บทที่ 2
วรรณกรรมและ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลกระทบของการใช้ประโยชน์น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรเพื่อการเกษตรต่อระบบนิเวศดิน ซึ่งมีการตรวจเอกสารและ ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ปัญหาที่เกิดจากฟาร์มสุกร

ปัญหามลภาวะที่เกิดขึ้นในฟาร์มเลี้ยงสุกรมีผลกระทบต่อสุขภาพคน สัตว์เลี้ยง และสิ่งแวดล้อม ปัญหาที่สำคัญได้แก่

(1) กลิ่นเหม็นและ ก๊าซพิษ ปฏิกิริยาของแบคทีเรียในการย่อยสลายสิ่งขับถ่ายของสุกรที่เกิดขึ้นในสภาพใช้ออกซิเจน ผลที่ได้คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไนไตรท์ ไนเตรท สารประกอบไนโตรเจน และสารประกอบซัลเฟต ส่วนในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน ผลที่ได้คือ ก๊าซมีเทน แอมโมเนีย ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ (Miller, 1980) โดยเฉพาะก๊าซแอมโมเนีย และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเป็นพิษต่อคน และสุกรที่เลี้ยง

(2) เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค หนอน แมลงวัน และยุง มูลสุกรที่สะสมอยู่ในฟาร์มนอกจากมีกลิ่นแล้วยังเป็นแหล่งแพร่เชื้อมาสู่คน เช่น โรคท้องร่วง (สุภัทร, 2531) โดยมีแมลงวันที่เกิดขึ้นในฟาร์มเป็นพาหะนำโรคมาสู่คน อีกทั้งแมลงวันจะสร้างความรำคาญให้แก่สุกรที่เลี้ยงในกรณีที่สุกรมีบาดแผล แมลงวันจะเข้าไปกินเนื้อเยื่อบาดแผลทำให้แผลหายช้า (อุดมและบุญเสริม, 2526)

(3) ทำลายสิ่งแวดล้อมในฟาร์ม และบริเวณใกล้เคียง ของเสียที่เกิดขึ้นจากฟาร์มเลี้ยงสุกร โดยเฉพาะมูลเหลว ปัสสาวะ รวมทั้งน้ำล้างคอก ถ้ามีวิธีการจัดการไม่เหมาะสมจะไหลลงสู่ คู คลอง หนอง และบึงที่อยู่ใกล้ฟาร์ม เกิดการปนเปื้อนจากสิ่งขับถ่ายของสุกร ทำให้ไม่สามารถนำมาอุปโภคบริโภคได้ แหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำตามธรรมชาติถูกทำลาย เนื่องจากน้ำเน่าเสีย ทำให้จำนวนสัตว์น้ำลดลง ความรุนแรงของปัญหานี้จะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูฝนซึ่งปริมาณน้ำเสียของฟาร์มสุกรที่ออกสู่สิ่งแวดล้อมในอัตราส่วน 10 ลิตรต่อตัวต่อวัน(นิรนาม ก, 2540)

ของเสียจากฟาร์มสุกรมี 2 ประเภทหลัก คือ ส่วนที่เป็นมูลสุกรและเศษอาหารที่ตกค้างในคอก อีกส่วนหนึ่งเกิดจากการล้างคอกด้วยน้ำ และปัสสาวะสุกรซึ่งจะกลายเป็นน้ำเสีย จากตารางที่1 และ 2 ซึ่งแสดงชนิดของของเสีย ปริมาณสิ่งขับถ่าย และปริมาณน้ำเสียจากฟาร์มจำแนกตามขนาดฟาร์ม

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของของเสียที่เกิดจากฟาร์มสุกรจำแนกตามกิจกรรม

กิจกรรม	ชนิดของของเสียที่เกิด
การให้อาหาร และน้ำ	อาหารที่เสียแล้ว และตกหล่น น้ำที่หกล้น มูลและปัสสาวะสุกร
การเลี้ยงสุกร และการป้องกันโรค	ขวดยา ขวดวัคซีน หลอดฉีดยา เข็มฉีดยา ซากสุกรที่ตาย
การทำความสะอาดโรงเรือน	น้ำเสีย และมูลสุกร
การผสมอาหาร	วัตถุดิบผสมอาหารที่ตกหล่น ถุงอาหาร
การผสมพันธุ์สุกร	ขวดน้ำเชื้อ
การทำคลอด	รก ลูกสุกรที่ตาย

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2542ก)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณสิ่งขับถ่ายต่อวันของสุกร

น้ำหนักสุกร (กิโลกรัม)	อุจจาระ (กิโลกรัม)	ปัสสาวะ (กิโลกรัม)	อุจจาระ+ ปัสสาวะ (กิโลกรัม)	%ของน้ำหนักตัว		
				อุจจาระ	ปัสสาวะ	อุจจาระ+ปัสสาวะ
40	1.02	2.60	3.62	2.4	6.2	8.6
60	1.51	2.57	4.08	2.5	4.3	6.8
90	1.90	2.55	4.45	2.1	2.8	4.9
130	2.15	2.74	4.89	1.7	2.1	3.8

ที่มา : บัณฑิต (2536)

ซึ่งจากข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นการแสดงให้เห็นถึงปริมาณของของเสียที่เกิดขึ้นในฟาร์มสุกรในแต่ละวันซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการบำบัดเพื่อการปล่อยกลับคืนสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติแต่ต้องอยู่ภายใต้มาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษได้กำหนดมาตรฐานของน้ำทิ้งที่ออกจากฟาร์มสุกรไว้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 มาตรฐานเพื่อควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์มาตรฐานสูงสุด	
		มาตรฐาน ก	มาตรฐาน ข
1.ความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	5.5-9	5.5-9
2. บีโอดี (BOD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	60	100
3.ซีโอดี (COD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	300	400
4.สารแขวนลอย (SS)	มิลลิกรัมต่อลิตร	150	200
5.ไนโตรเจนรวม (TKN)	มิลลิกรัมต่อลิตร	120	200

ที่มา : ดัดแปลงจากกรมควบคุมมลพิษ (2544)

ถึงอย่างไรก็ตามความสามารถในการที่จะบำบัดน้ำเสียให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้นั้นมีเพียงฟาร์มสุกรขนาดใหญ่เท่านั้นที่สามารถบำบัดตามมาตรฐานได้ ส่วนในฟาร์มสุกรขนาดกลางและขนาดเล็กอาจจะไม่สามารถบำบัดน้ำเสียได้ตามมาตรฐานที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

2.2 การจัดการของเสียจากฟาร์มสุกร

การแก้ปัญหาโดยการนำมูลสุกรไปใช้ประโยชน์ เช่น การนำไปทำปุ๋ยใช้ในการปลูกพืช สิ่งขับถ่ายของสุกรที่เป็นของแข็งจะต้องผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เสียก่อน ธาตุอาหารต่างๆจึงจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ ส่วนธาตุอาหารที่อยู่ในสิ่งขับถ่ายที่เป็นของเหลว ส่วนใหญ่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทันที และยังใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ นำไปเลี้ยงปลา นำไปเพาะหนอนแมลงวันเพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนทดแทน และยังสามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้จากการนำไปผ่านกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

การจัดการของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรสมัยใหม่ มีการนำวิธีการป้องกันไม่ให้เกิดมลพิษ (Pollution Prevention) มาใช้ซึ่งถือเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง และเป็นแนวทางนำ ไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development) ต่อไป (สมชัย และคณะ, ม.ป.ป.; กรมควบคุมมลพิษ, 2542ก) ซึ่งสามารถ แบ่งวิธีการจัดการของเสียได้เป็น 3 วิธี ได้แก่

2.2.1 การป้องกันมลพิษ (Pollution prevention) หรือการลดของเสียให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด (waste minimization) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีการหลัก คือ การลดของเสียที่แหล่งกำเนิดและการใช้ซ้ำหรือการใช้หมุนเวียน (กรมควบคุมมลพิษ, 2542ก)

2.2.2 การบำบัดของเสีย (Treatment) คือ กระบวนการหรือการกระทำใดๆที่มีผลทำให้ของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรมีคุณภาพดีขึ้น (ความเข้มข้นของสารมลพิษน้อยลง) โดยมีปริมาณของเสียไม่เปลี่ยนแปลง เช่น ระบบไบโอแก๊ส, การใช้อีเอ็ม (Effective Microorganism; EM), ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2542ก)

2.2.3 การนำไปใช้ประโยชน์ หรือทิ้งทำลาย (Utilization or Disposal) การใช้ประโยชน์ คือ กระบวนการที่นำ ของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรไปใช้ประโยชน์ โดยของเสียเหล่านั้นได้ผ่านกระบวนการบำบัดแล้ว จัดเป็นวิธีการกำจัดของเสียแบบหนึ่ง เช่น การนำมูลสุกรหรือน้ำมูลสุกรที่ผ่านระบบไบโอแก๊สไปเป็นปุ๋ยสำหรับพืชหรือ สารปรับปรุงดิน เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2542ก) แตกต่างจากการกำจัด คือ กระบวนการหรือการกระทำ ใดๆที่มีผลทำ ให้ของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกรหมดไปหรือลดปริมาณได้มาก เช่น การเผาทำลาย การฝังกลบ เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2542ก) ถึงแม้การกำจัดจะเห็นผลได้ไวกว่า และลดปริมาณได้มากกว่าแต่หากนำกลับมาใช้ประโยชน์ก็จะทำให้ประหยัดทั้งเวลาในการกำจัดและยังได้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้นด้วย

2.3 การใช้ประโยชน์น้ำเสียเพื่อการเกษตร

น้ำเสีย หมายถึง น้ำหรือของเหลวที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในปริมาณสูงจนกระทั่งเป็นน้ำที่ไม่ต้องการ และน่ารังเกียจสำหรับคนทั่วไป เป็นมลพิษทางทัศนียภาพ และก่อให้เกิดผลเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม น้ำเสียมาจากแหล่งดังต่อไปนี้ ได้แก่ น้ำเสียจากชุมชนที่เป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำ วันของประชาชนในชุมชน โดยมีแหล่งกำเนิดมาจาก อาคารบ้านเรือน ร้านค้าพาณิชย์กรรม ตลาดสด ร้านอาหาร สถาบันการศึกษา สถานที่ราชการ โรงแรม โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น น้ำเสียจากอุตสาหกรรมเป็นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำล้างในกระบวนการผลิตต่างๆ ซึ่งมีสมบัติแตกต่างกันตามประเภทของอุตสาหกรรม และน้ำเสียจากการเกษตรเป็นน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร เช่นน้ำเสียจากการล้างคอกสัตว์เลี้ยง เช่น คอกหมู คอกวัว เล้าไก่ น้ำเสียจากนาข้าว จากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง เป็นต้น โดยน้ำเสียจากเกษตรกรรมส่วนใหญ่จะปนเปื้อนสารเคมี สารฆ่าแมลง หรือปุ๋ย (สุรีย์ และณัษฐพงศ์, 2551)

การใช้ประโยชน์น้ำเสียเพื่อการเกษตร คือ การนำน้ำเสียหรือน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการบำบัดหรือทำให้มีระดับความสกปรกที่ลดลงกลับมาใช้เพื่อการเกษตร โดยการจัดสรรน้ำเสียเหล่านั้นเป็นแบบการชลประทาน ซึ่งมีความเป็นมาจากการที่ปัญหาน้ำเสียจากชุมชน อุตสาหกรรม หรือแม้กระทั่งการเกษตรมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี โดยที่การแก้ปัญหาก็ไม่เพียงพอเนื่องจาก

กระบวนการในการบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนดไว้นั้นจำเป็นที่จะต้องใช้งบประมาณในระดับสูงจึงจะสามารถสนองความต้องการได้ซึ่งสำหรับเกษตรกรรายย่อยนั้นถือเป็นปัญหาที่ใหญ่มาก และการใช้น้ำเสียเพื่อการเกษตรนั้นมีประโยชน์ซึ่งเกษตรกรรายย่อยมักจะชอบน้ำเสียเนื่องจากมีธาตุอาหารปริมาณสูงจะช่วยลดหรือขจัดความจำเป็นในการใช้ปุ๋ยเคมีราคาแพง

จากการศึกษาของ สายัณห์ (2551) เรื่อง "การประเมินผลกระทบจากการใช้น้ำเสียจากโรงอบ/ยางแผ่นเพื่อเกษตรกรรม" ความว่า การทดลองใช้น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมยางพาราในแปลงเกษตร โดยได้ทดลองทั้งในแปลงผักที่ใช้รับประทาน และพืชสวนไร่นา เช่น กวางตุ้ง ข้าว และยางพารา เป็นต้น ผลการวิเคราะห์น้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพาราพบว่ามีธาตุและโลหะหนักหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แมกกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) และมีไนโตรเจน (N) มากเป็นพิเศษซึ่งน่าจะนำมาใช้ ทดแทนปุ๋ยยูเรียเพื่อลดต้นทุนในการผลิตให้กับเกษตรกรได้ และเกษตรกรบางกลุ่มได้ปล่อยน้ำเสียดังกล่าวลงในนาขณะที่ข้าวกำลังออกรวง ทำให้ข้าวเมล็ดข้าวลีบ ทางผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์หาสาเหตุ และพบว่าที่น้ำเสียทำให้เมล็ดข้าวลีบนั้น เพราะว่าธาตุไนโตรเจนไปเร่งให้ต้นข้าวแตกกอจึงไม่มีสารอาหารเพียงพอไปบำรุง จึงแนะว่าควรจะปล่อยน้ำเสียลงนาในช่วงที่ข้าวยังไม่ออกรวง เพื่อเร่งให้ข้าวแตกกอ และได้ผลผลิตข้าวที่ดีตามมา และยางพาราที่ได้รับน้ำเสียก็จะมีใบที่ดกหนาขึ้น และได้น้ำยางมากขึ้นด้วย ส่วนในการทดลองกับพืชอื่นๆ นั้นกำลังอยู่ระหว่างการติดตามโลหะหนักในพืชที่กินได้ โดยในเบื้องต้นพบว่าอยู่ในระดับที่ไม่อันตราย นักสามารถนำน้ำเสียจากอุตสาหกรรมยางพารามาใช้ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้อย่างไร ซึ่งขณะนี้ขอแนะนำให้ใช้กับพืชที่ไม่ใช้บริโภคก่อนจะดีกว่า สำหรับนาข้าวก็สามารถใช้ได้แต่ควรใช้ในช่วงเวลาที่เหมาะสม

Oron et al. (1998) ได้ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสีย การปรับปรุง และนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อการเกษตรแบบชลประทานในชุมชนขนาดเล็ก เพื่อแก้ไขปัญหา ความขาดแคลนน้ำ จึงได้เกิดความพยายามที่จะกระตุ้นให้มีการนำน้ำเสียภายในบ้านกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งวัตถุประสงค์หลักก็เพื่อการเกษตรชลประทาน ซึ่งได้ผลดี ในการใช้น้ำเสียของชุมชนเล็กๆนั้นขึ้นอยู่กับลำดับของปัจจัย เช่น ขนาดของชุมชน เศรษฐกิจภายในชุมชน การมีปฏิสัมพันธ์กับชุมชนข้างเคียง และพื้นที่ที่สามารถใช้ประโยชน์สำหรับการนำน้ำเสียมาใช้ร่วมกับการเกษตร

Mutengu et al.(2007) ได้ทำการศึกษาการประเมินทางด้านสาธารณสุขของความเป็นไปได้ที่จะเป็นอันตรายจากการนำน้ำเสียกลับมาใช้เพื่อการผลิตพืชไร่ซึ่งทำการศึกษาที่เมือง Bulawayo ประเทศ Zimbabwe พบว่า Bulawayo เป็นพื้นที่เล็กๆ มีค่าเฉลี่ยน้ำฝนประมาณ 460 มิลลิเมตรต่อปี และประสบปัญหาภัยแล้งบ่อยครั้ง การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ที่จะ

เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ จากการนำน้ำเสียกลับมาใช้เพื่อการผลิตพืชไร่ เกษตรกร 110 คนใช้น้ำเสียเพื่อปลูกผัก พืชไร่ ในพื้นที่ของแต่ละคนประมาณ 500 ตารางเมตร ตัวอย่างถูกรวบรวมจากน้ำเสียในพื้นที่ศึกษาจากผักที่ปลูก และทำการวิเคราะห์ สำหรับเลือกคุณภาพปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อสุขภาพ ผลได้ถูกเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานระดับชาติ และนานาชาติสำหรับใช้น้ำเสียเพื่อการชลประทาน จากการสัมภาษณ์ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของการใช้น้ำเสียเพื่อการชลประทาน ไม่มีการระบาดของเชื้อโรค ค่าเฉลี่ยของค่า pH คือ 8.1 และ 7.3 ของน้ำเสีย และดินในพื้นที่ศึกษา ซึ่งอยู่ภายใต้ช่วงที่ FAO กำหนดสำหรับการชลประทานคือ 6.5-8.5 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิคือ 22.6 °C ค่าการนำกระแสไฟฟ้า (EC) จะอยู่ในช่วง 784 ถึง 957 μS/cm น้อยกว่าค่ามาตรฐานซึ่งกำหนดไว้ 2000 μS/cm ค่า Total coliforms ในน้ำเสีย พบที่ 7291 cfu/100 มิลลิลิตร ซึ่งมีค่า faecal coliforms เป็น 5836 cfu/100 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับ WHO ซึ่งกำหนดไว้ที่ 1000 cfu/100 มิลลิลิตร เพื่อการชลประทาน สำหรับน้ำเสียพบค่า แคดเมียม 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และเกินกว่ากำหนดการเริ่มต้นในระยะยาวที่ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตรซึ่งค่า ตะกั่ว อยู่ภายใต้ที่กำหนดที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรกับค่าเฉลี่ยที่ 7.2 มิลลิกรัมต่อลิตรไม่มี แคดเมียม และตะกั่วถูกพบในผัก ซึ่งสามารถที่จะสรุปคือทางด้านสุขภาพที่ใช้น้ำเสียในพื้นที่ ซึ่งสำหรับการบริโภคผักเหล่านั้นปรากฏว่าไม่มีความเสี่ยง มันเป็นการเสนอแนวทางที่เหมาะสมในการเป็นกลไกในการบำบัดน้ำเสีย ผลกระทบในระยะยาวจำเป็นมีการศึกษาต่อในอนาคต

Murray and Ray (2009) ได้ทำการศึกษาน้ำเสียเพื่อการเกษตร:กรณีศึกษาในรอบๆชุมชนในประเทศจีน พบว่า ประโยชน์ของการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างบูรณาการ (IWRM) เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง การออกแบบโรงงานบำบัดน้ำเสียสำหรับการนำกลับมาใช้ในการชลประทาน สามารถเป็นไปได้ที่จะเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร, การเก็บรักษาน้ำผิวดิน, ชดเชยความต้องการปุ๋ยเคมี และลดความเสียหายของน้ำเสียที่บำบัดโดยกระบวนการดึงธาตุอาหารออก งานวิจัยนี้เสนอแบบจำลองแผนที่ใหม่ ประกอบด้วยการประเมินพฤติกรรมการนำกลับมาใช้ และแบบจำลองที่ทำให้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเพื่อช่วยออกแบบโรงงานบำบัดน้ำเสียสำหรับนำกลับมาใช้เพื่อการเกษตร การประเมินผลและน้ำมาใช้ในพื้นที่ โดยรอบของชุมชน Pixian ของประเทศจีน ผลการศึกษาทำให้รู้การส่งเสริมน้ำเสียสามารถเพิ่มผลกำไรเป็น 20 ล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ($)ทุกปี อีกทางหนึ่งการเข้ามาแทนที่น้ำของน้ำเสียในการใช้เพื่อการเกษตรสามารถเก็บรักษาน้ำในแม่น้ำไว้ได้ถึง 35 ล้านลูกบาศก์เมตรแต่ละปี

Salgot et al. (2006) ได้ทำการศึกษาการนำน้ำเสียกลับมาใช้ และความเสี่ยง พบว่า การบำบัดน้ำเสียที่เห็นความสำคัญของทรัพยากรแหล่งน้ำที่ต้องการจะพัฒนาบริเวณที่แล้งที่ความต้องการที่ดินเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องต่อทรัพยากรน้ำที่มีอย่างจำกัด อย่างไรก็ตามการใช้น้ำเสียมี

ความสำคัญ ที่ต้องการการศึกษาและการจัดการความเสี่ยง และความปลอดภัย กับการใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์มีความสำคัญ การวิเคราะห์ และการเสนอข้อคิดเห็น ปัจจัยทางชีวภาพมีการแสดงความเป็นไปได้ทั้งหมดของสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดโรคประกอบด้วย ไวรัส แบคทีเรีย และปรสิตจากแหล่งกำเนิดต่างกัน การเลือกดัชนีทางชีวภาพมีบทบาทเป็นปัจจัยในการใช้มากที่สุด และการควบคุม coliform และ *Escherichia* coli ทำให้รู้การเกิดการปนเปื้อนของ former faecal และความเป็นไปได้ที่แสดงการเกิดโรคทั้งหมดใน faeces ของสัตว์เลือดอุ่น ในการศึกษาของการนำน้ำเสียกลับมาใช้ ปัจจัยทางชีวภาพทำให้รู้ความเป็นไปได้ในการเกิดโรคทั้งหมดที่จะก่อให้เกิดการติดเชื้อ และ หรือความมึนเมา ในการมีอยู่ของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยพืชและสัตว์ ตัวเลขจำนวนมากของปัจจัยทางเคมีที่เป็นไปได้ในความสัมพันธ์กับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดและการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ประยุกต์ และความเอาใจใส่ต่อแหล่งกำเนิดของเสียน้อย ขอบเขตของกระบวนการบำบัด และใช้อย่างมีความหมาย ปัจจัยเหล่านี้ต้องครอบคลุมการศึกษาของพิษนิเวศวิทยา และความเสี่ยงทางนิเวศวิทยา (Ecological Risk Assessment)

Muñoz et al.(2009) ได้ทำการศึกษาการประเมินทางเคมีของการปนเปื้อนในน้ำเสีย และความเสี่ยงทางสิ่งแวดล้อมจากการนำน้ำเสียกลับมาใช้ในการเกษตร พบว่า ความเหมาะสมต่อการเพิ่มขึ้นของความสนใจในการนำน้ำเสียกลับมาใช้บริเวณที่ขาดแคลนน้ำ เราเสนอการประเมินความเสี่ยงทางสิ่งแวดล้อมเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมที่จะประเมินความเสี่ยงความเป็นไปได้จากตามรอยมลพิษในการชลประทาน เราเสนอวิธีการง่ายๆเพื่อเป็นการป้องกัน การประเมินความเสี่ยงทางสิ่งแวดล้อมกับการนำน้ำเสียกลับมาใช้ซึ่งสามารถที่จะทำนายความเสี่ยงที่เป็นไปได้ในระบบนิเวศดินบนพื้นฐานของความเข้มข้นของมลพิษในน้ำเสียที่นำกลับมาใช้ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าน้ำเสียจากโรงงานบำบัดน้ำเสียเหล่านี้เป็นไปได้ที่จะไม่เกิดผลกระทบ ปัญหาเกี่ยวกับสารปฏิชีวนะและโลหะหนัก จากการนำน้ำเสียกลับมาใช้ในการเกษตรเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทำการศึกษา

2.4 การใช้น้ำเสียฟาร์มสุกรเพื่อการเกษตร

การทำฟาร์มสุกรก่อให้เกิดของเสีย ซึ่งของเสียฟาร์มสุกรจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่สุกรได้รับ เพศ อายุของสุกร ปริมาณ และคุณภาพของอาหารที่กิน ระยะเวลาในการให้อาหาร และประสิทธิภาพของการใช้อาหารของสุกร โดยของเสียที่เกิดจากฟาร์มสุกรแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นของแข็ง ได้แก่มูลสุกร และเศษอาหารที่ตกค้างในคอก ซึ่งผู้เลี้ยงสามารถเก็บรวบรวมมูลสุกรไปทำปุ๋ยได้ ของเสียอีกส่วนคือ ส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำที่ใช้ในการทำ ความสะอาดคอก โรงเรือน และตัวสุกร ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำ ความสะอาดล้างตัวสุกรแต่ละวันมีค่าในช่วง 30-40ลิตรต่อตัว (สุชาติ, 2531; สุชาติ และ ไชยยุทธ, 2534)

น้ำเสียฟาร์มสุกรส่วนใหญ่เกิดจากการล้างทำ ความสะอาดคอกและโรงเรือนสุกร ปริมาณและลักษณะของน้ำเสียขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะวิธีการทำ ความสะอาดคอก เช่น ถ้ามีการเก็บกวาดมูลสุกรออกจากพื้นคอกก่อนใช้น้ำฉีดล้าง ความสกปรกของน้ำเสียจะ ต่ำกว่าเมื่อใช้น้ำฉีดล้างพื้นคอกเลย โดยไม่มีการเก็บกวาดมูล (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) การทำความสะอาดคอกสุกรจะแตกต่างกันไปตามท้องถิ่น ฟาร์มสุกรขนาดเล็กที่อยู่ห่างไกล หรือขาดแคลนน้ำมักจะไม่ทำการฉีดน้ำล้างทำ ความสะอาดคอกหากแต่จะทำความสะอาดโดยการเก็บกวาดมูลสุกรออกจากคอกนำไปตากแห้งเพื่อขายต่อไป ในกรณีนี้ไม่เกิดปัญหามลพิษต่อแหล่งน้ำมากนักส่วนฟาร์มสุกรที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำหรือไม่ประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำจะทำความสะอาดคอกสุกรด้วยการฉีดน้ำล้างคอกทุกวันน้ำที่ล้างคอกแล้วจะมีของเสียที่เป็นองค์ประกอบของมูล และปัสสาวะของสุกรการจัดการน้ำเสียที่เกิดขึ้นเกษตรกรมักปล่อยลงสู่แหล่งน้ำที่อยู่ใกล้ ๆ (สุชาติ, 2531; สุชาติ และไชยยุทธ, 2534) ถึงแม้ฟาร์มสุกรส่วนใหญ่จะมีช่องพักท้ายคอกหนึ่งบ่อ ส่วนมากเป็นบ่อขนาดเล็ก ดังนั้นของเหลวที่ล้นก็จะไหลออกไปสู่คูคลอง และแม่น้ำทำให้เกิดน้ำเสียที่ก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อแหล่งน้ำธรรมชาติอย่างมาก (จรัญ, 2540) เช่น ปัญหาที่เกิดขึ้นในคลองเจดีย์บูชา, แม่น้ำท่าจีนช่วงที่ผ่านอำเภอสามพราน และแม่น้ำบางประกงในภาคตะวันออก

สุชาติ (2531) ได้รายงานว่าปริมาณน้ำเสียฟาร์มสุกรที่ทำความสะอาดคอกสุกรโดยการฉีดล้างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.2 ลิตรต่อตัวต่อวัน และปริมาณ BOD ที่เกิดจากฟาร์มสุกรเท่ากับ103.36 กรัมต่อตัวต่อวัน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม โดยกรมควบคุมมลพิษ(2543)ได้ดำเนินการสำรวจลักษณะน้ำเสียจากฟาร์มสุกรทั่วประเทศพบว่า โดยทั่วไปฟาร์มสุกรจะมีการล้างคอกวันละ 1 ครั้ง ปริมาณน้ำที่ใช้ล้างคอกประมาณวันละ 10-20 ลิตรต่อตัวต่อวัน ฟาร์มสุกรขนาดเล็กจะใช้น้ำมากกว่าฟาร์มสุกรขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดยใช้น้ำประมาณ 20 ลิตรต่อตัวต่อวัน ขณะที่ฟาร์มสุกรขนาดกลางและ ขนาดใหญ่จะใช้น้ำ 15 และ 10 ลิตรต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ น้ำเสียจากฟาร์มสุกรขนาดเล็กมีค่าความสกปรกในรูป BOD โดยเฉลี่ยประมาณ 1,500 มิลลิกรัมต่อลิตรส่วนน้ำเสียจากฟาร์มสุกรขนาดกลางและ ขนาดใหญ่มีค่าความสกปรกในรูป BOD โดยเฉลี่ยประมาณ 2,500 และ 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ จากการประเมินความสกปรกรวมที่เกิดขึ้นจากฟาร์มสุกรพบว่า มีทั้งหมดประมาณ 122.6 กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน ฟาร์มขนาดเล็กทำให้เกิดปริมาณความสกปรกประมาณ 22.0 กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 18 ของปริมาณความสกปรกที่เกิดขึ้นทั้งหมด ขณะที่ฟาร์มสุกรขนาดกลางและ ขนาดใหญ่ทำให้เกิดปริมาณความสกปรกรวมประมาณ 54.6 และ 46.0 กิโลกรัมบีโอดีต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 45 และ 37 ของปริมาณความสกปรกรวมที่เกิดขึ้นทั้งหมด

จากการศึกษาของกนิษฐา (2542) รายงานว่าการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยผ่านระบบการหมักก๊าซชีวภาพสามารถลดปัญหาทางด้านอินทรียสารได้ระดับหนึ่ง แต่ยังคงเหลืออินทรียสาร

และธาตุอาหารต่างๆ อยู่อีก จำนวนมากซึ่งอาจจะนำมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี เป็นการประหยัดน้ำชลประทานและลดปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อม การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรเปรียบเทียบกับการใช้น้ำชลประทานทั่วไป ต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าวโพด และเพื่อศึกษาถึงผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และมลภาวะทางดิน โดยมีการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block ประกอบด้วย 5 ตำรับ 4 ซ้ำ พบว่าการใช้น้ำทิ้งจากระบบก๊าซชีวภาพในฟาร์มสุกรมาใช้ในการเพาะปลูกมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของการเจริญเติบโตทางด้านความสูง และการให้ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังทำให้มีธาตุอาหารสะสมในดินมากขึ้นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม ไม่พบการสะสมของทองแดงและสังกะสี ค่าการนำไฟฟ้าของดินเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่พบว่ามีการสะสมของธาตุโซเดียมสูงขึ้น

Gray et al. (1991) ได้ทำการวิจัยการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมฟาร์มสุกรในประเทศรัสเซียที่มีการผลิตสุกรปีละ 12,000-216,000 ตัว โดยลักษณะสมบัติน้ำเสียมีค่า COD 5-44 กรัมต่อลิตร, BOD 1.2-33 กรัมต่อลิตร, SS 40.2 กรัมต่อลิตร, TN 1.7-4.4 กรัมต่อลิตร และ TP 0.5-1.6 กรัมต่อลิตร นำน้ำเสียอุตสาหกรรมฟาร์มสุกรมาบำบัดโดยผ่านตะแกรงกรอง, ถังเติมอากาศ 2 ขั้นตอน ลักษณะสมบัติน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดมีค่า COD 300-1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร, BOD 55-920 มิลลิกรัมต่อลิตร, SS 35-780 มิลลิกรัมต่อลิตร, TN 100-500 มิลลิกรัมต่อลิตรและ TP 35-200 มิลลิกรัมต่อลิตร และยังทำการศึกษาการบำบัดโดยผ่านตะแกรงกรอง, ถังเติมอากาศ และบ่อผึ่ง ลักษณะสมบัติน้ำเสียหลังผ่านการบำบัดมีค่า COD 150-200 มิลลิกรัมต่อลิตร, BOD 30-80 มิลลิกรัมต่อลิตร, NH3-N30-40 มิลลิกรัมต่อลิตร และ TP 40-50 มิลลิกรัมต่อลิตร ในปี 2000 Costa, Bavaresco, Medri, and Philippi ได้ทำการวิจัยการบำบัดน้ำเสียฟาร์มสุกรในบ่อผักตบชวา พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัด COD, BOD, TN, TP ประมาณ 50 % เมื่อเวลากักเก็บน้ำเท่ากับ 20 วัน

น้ำเสียจากฟาร์มสุกรส่วนใหญ่จะมีการปนเปื้อนของปริมาณทองแดงจากการใช้เพื่อเป็นอาหาร เร่งการเจริญเติบโต หรือรักษาโรคพิการให้กับสุกร ซึ่งทำให้การศึกษานี้ต้องมีการศึกษาถึงผลของปริมาณทองแดงต่อสิ่งแวดล้อมโดยมีดังนี้

ทองแดงเป็นที่รู้จักกันดีในการเป็นสารออกฤทธิ์ของสารเคมี และได้รับรายงานบ่อยครั้งว่าเป็นหนึ่งในโลหะที่เป็นพิษมากที่สุดต่อจุลินทรีย์ดิน และคุณสมบัติของดิน(Baath, 1989; McGrath et al., 2002; Sauvé, 2006 อ้างโดย Dussault et al., 2008). หลายการศึกษาพยายามที่จะประเมินผลกระทบจากมลพิษของโลหะต่อจุลินทรีย์ดิน โดยการติดตามกิจกรรมของจุลินทรีย์และกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น กิจกรรมของเอนไซม์ การหายใจ อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Dumestre et al., 1999; Stuczynski et al., 2003; Effron et al., 2004 อ้างโดย Dussault et al., 2008).

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เมื่อทองแดงลงสู่ในดินจะยึดติดกับอินทรียวัตถุ และแร่ธาตุ ทองแดงในน้ำผิวดินสามารถเกาะกับอนุภาคแขวนลอยกากตะกอนหรือเป็นไอออนอิสระ ทองแดงจะไม่สลายตัวในสภาพแวดล้อม และเนื่องจากการที่มันสามารถสะสมในพืชและสัตว์เมื่อมีการพบในดิน ในดินที่มีการปนเปื้อนด้วยทองแดงจะมีผลต่อจำนวนพืชที่รับ นั่นคือเหตุผลที่มีความหลากหลายของพืชไม่มากใกล้โรงงานกำจัดทองแดงแน่นอนที่อิทธิพลที่มีต่อพืชของทองแดงเป็นภัยคุกคามร้ายแรงต่อการผลิตของพื้นที่การเกษตรทองแดงสามารถนำเข้ากระบวนการอย่างจริงจังของพื้นที่การเกษตรแน่นอน ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดของดิน และสถานะของอินทรียวัตถุ โดยไม่คำนึงถึงการใช้มูลสัตว์ที่ยังคงมีทองแดงปนอยู่ในระบบการเกษตร ทองแดงสามารถยับยั้งกิจกรรมในดินเนื่องจากในทางลบมีอิทธิพลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ และไส้เดือนดิน การสลายตัวของอินทรียวัตถุอาจชะลอตัวลงอย่างจริงจัง เนื่องจากการนี้ เมื่อดินของพื้นที่การเกษตรถูกปนเปื้อนด้วยทองแดง, สัตว์จะดูดซับความเข้มข้นที่จะสร้างความเสียหายต่อสุขภาพของพวกเขา แกะส่วนใหญ่ได้รับพิษจากทองแดงอย่างมาก เพราะอิทธิพลของทองแดงมีแสดงโดยความเป็นจริงถึงระดับความเข้มข้นที่ค่อนข้างต่ำ (Lenntech, 2009)

สุพจน์ และศุภเกียรติ(2005) ได้ทำการศึกษารูปแบบของโลหะหนักที่สกัดได้ในมูลสุกรและกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียของฟาร์มสุกร พบว่าโดยทั่วไปแล้วในกากตะกอนมีค่าความเข้มข้นของโลหะหนักสูงกว่าในมูลสุกร โดยพบความเข้มข้นของทองแดงในปริมาณที่มากเมื่อเทียบกับโลหะหนักชนิดอื่น และมีปริมาณที่สูงกว่ามาตรฐานข้อจำกัดของการใช้ประโยชน์ของกากตะกอนในทางเกษตรกรรมได้อย่างปลอดภัย จากการวิเคราะห์รูปแบบของทองแดง ที่สกัดแสดงให้เห็นถึงปริมาณของทองแดงในมูลสุกร และกากตะกอนส่วนใหญ่ถูกตรึงในรูปสารอินทรีย์

2.5 การประเมินผลกระทบทางนิเวศ (Ecological Risk Assessment)

ปัญหามลพิษทางดินและความเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินในประเทศไทยกำลังเป็นปัญหาที่ควรให้ความสำคัญ และการเพิ่มขึ้นของปัญหาสารเคมี โลหะหนักที่ตกค้างในระบบนิเวศดิน จึงมีความจำเป็นต้องการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม การใช้สิ่งมีชีวิต และการตอบสนองทางสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิต เพื่อเป็นตัวชี้วัดสภาพการปนเปื้อนของสารเคมีการเกษตรร่วมกับการวิเคราะห์ทางเคมี เป็นที่ยอมรับมากขึ้น เนื่องจากสามารถบอก และทำนายผลกระทบที่มีต่อระบบนิเวศได้ชัดเจน จึงได้มีการพัฒนาใช้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่นั้นควบคู่ไปกับการใช้วิธีการทางเคมี ซึ่งวิธีการทางชีวภาพสามารถติดตามปริมาณสารพิษตกค้างในระบบนิเวศทางดินได้จากหลายวิธีโดยใช้ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในระดับต่างๆ ทางชีววิทยา และระบบนิเวศ เช่น อัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุของสิ่งมีชีวิตในดิน ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในดิน และความเป็นพิษของสารพิษต่อสิ่งมีชีวิตในดิน เป็นต้น และวิธีการนี้จะทำให้ทราบถึงแนวโน้มของปริมาณ

26 S.A. 2555
203355

สารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในระบบนิเวศทางดิน และผลกระทบของสารพิษในดินต่อระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อม อันจะนำมาซึ่งการจัดการ และแก้ไขปัญหามลพิษที่จะเกิดขึ้นในระบบนิเวศดินต่อไป (ชุลีมาศ, 2551)

ชุลีมาศ (2545) กล่าวไว้ว่าการติดตามประเมินสภาวะแวดล้อม โดยอาศัยวิธีการใช้สิ่งมีชีวิต (biomornitor) นั้นเริ่มมีบทบาทสำคัญในการจัดการสิ่งแวดล้อม เนื่องด้วยบางครั้งวิธีการตรวจสอบทางเคมีหรือกายภาพอาจให้ผลหรือแสดงผลกระทบที่มีต่อระบบนิเวศนั้นๆ ได้ แต่การใช้วิธีความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) หรือการใช้การตอบสนองทางสภาพชีววิทยาจากภายในสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมในขณะนั้น ซึ่งเรียกว่า ตัวชี้วัดมลพิษสิ่งแวดล้อม (biomarker)

ชุลีมาศ และคณะ (2549) พบว่าการประเมินผลกระทบทางชีวภาพ เช่น การศึกษาความหลาก หลายทางชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในดินในรูปแบบการใช้ที่ดินต่างๆกันทั้งภาคสนาม และแปลงทดลอง การทดสอบทางนิเวศพิษวิทยา เช่น การศึกษาพิษเฉียบพลัน และพิษรองเฉียบพลัน การเปลี่ยน แปลงทางสรีระวิทยา การเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางชีววิทยาของดิน และตัวชี้วัดทางนิเวศวิทยาของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในดิน จากการศึกษา พบว่าความหลากหลายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในดิน และอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความสมบูรณ์ทางนิเวศวิทยาของดิน เช่น ความชื้น อินทรียวัตถุในดิน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน และทางลบกับระดับการปนเปื้อนในระบบนิเวศ ส่วนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบจำนวน และชนิดก็มีความแตกต่างกันไปตามแต่ละการใช้ที่ดิน และจากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างนิเวศวิทยาดินของการใช้ที่ดินแต่ละแบบ

ระดับการปนเปื้อนของมลพิษ และการประเมินทางชีวภาพ พบว่าการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในดิน เช่น แมลงหางดีด ไส้เดือนดิน แมงกะปี เป็นตัวชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศทางดินที่มีความเป็นไปได้ และเหมาะสมในการติดตามผลกระทบจากมลพิษสิ่งแวดล้อม ซึ่งการติดตามผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้ตัวชี้วัดทางชีวภาพ สามารถทำได้ง่าย มีขั้นตอนไม่ยุ่งยาก มีราคาถูกเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ทางเคมี และสามารถบอกถึงสถานภาพของระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อมนั้นๆ ได้ดี ทำให้ทราบถึงระดับความเข้มข้นต่ำสุดของสารบางชนิดที่ปนเปื้อนในดินที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในดิน และยังช่วยเป็นตัวเตือนภัยในสิ่งแวดล้อม (early warning) ข้อมูลจากการวิจัยนี้เป็นประโยชน์ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในดินจากการปนเปื้อนของมลพิษดิน อีกทั้งข้อมูลที่ได้ยังเป็นประโยชน์ต่อการจัดการแก้ไขปัญหา และฟื้นฟูทรัพยากรที่ดิน และสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืนต่อไป

ชุลีมาศ (2548) กล่าวว่า การติดตามประเมินสภาวะแวดล้อมโดยวิธีการใช้สิ่งมีชีวิต (biomonitor) นั้นเริ่มมีบทบาทสำคัญในการจัดการสิ่งแวดล้อม เนื่องด้วยบางครั้งวิธีการตรวจสอบ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ทางเคมีหรือกายภาพมิอาจให้ผลหรือแสดงผลกระทบที่มีต่อระบบนิเวศนั้นๆ การใช้วิธีการทางชีวภาพโดยใช้สิ่งมีชีวิตสามารถทำได้หลายทาง โดยการใช้ความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) หรือการใช้การตอบสนองทางสภาพชีววิทยาจากภายในสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ต่อสิ่งแวดล้อมในขณะนั้น ซึ่งเรียกว่า biomarker (ตัวชี้วัดมลพิษสิ่งแวดล้อม)

การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในดินในการติดตามผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ชุลีมาศ (2545) กล่าวว่า การติดตามประเมินสภาวะแวดล้อมโดยวิธีการใช้สิ่งมีชีวิต (biomonitor) นั้นเริ่มมีบทบาทสำคัญในการจัดการสิ่งแวดล้อม เนื่องด้วยบางครั้งวิธีการตรวจสอบทางเคมีหรือกายภาพมิอาจให้ผลหรือแสดงผลกระทบที่มีต่อระบบนิเวศนั้นๆได้ การใช้วิธีการทางชีวภาพโดยใช้สิ่งมีชีวิตสามารถทำได้หลายทาง โดยการใช้ความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) **หรือการใช้การตอบสนองทางสภาพชีววิทยาจากภายในสิ่งมีชีวิตนั้นๆต่อสิ่งแวดล้อม** ในขณะนั้น ซึ่งเรียกว่า biomarker (ตัวชี้วัดมลพิษสิ่งแวดล้อม)

แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การสะสมของสารพิษทางชีวภาพของตัวชี้วัดมลพิษสิ่งแวดล้อม (Bioindicators of bioaccumulation)

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการที่สิ่งมีชีวิตได้รับ และกักเก็บสารพิษจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกาย โดยผ่านกลไกหรือวิธีใดก็ตาม ซึ่งสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีกระบวนการสะสม และกำจัดสารพิษที่แตกต่างกัน ข้อมูลการสะสมสารพิษในสิ่งมีชีวิตสามารถที่จะนำไปใช้ในการติดตามการปนเปื้อนของมลพิษในสิ่งแวดล้อมก่อนที่จะมีการเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ ซึ่งสามารถวัดปริมาณความเข้มข้นของสารพิษโดยใช้วิธี gas chromatography (GC) หรือ atomic absorption spectrophotometry และได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการสะสมของสารอินทรีย์ และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์บางชนิด บางชนิด เช่น Hunter et al., (1987) ได้ทำการศึกษาการสะสมปริมาณทองแดงในแมลงหางดีด พบว่าในแมลงหางดีดที่อยู่ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมมีปริมาณทองแดงสูงกว่าแมลงหางดีดในพื้นที่ที่ไม่มีการปนเปื้อนสารพิษถึง 45 เท่า

2. การศึกษาผลกระทบของมลพิษต่อตัวชี้วัดมลพิษสิ่งแวดล้อม (Bioindicators of effects)

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองต่อสารพิษของสิ่งมีชีวิตเพื่อจะนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามอิทธิพลของมลพิษที่จะเกิดขึ้นในระบบนิเวศในทุกๆระดับ ซึ่งการทดสอบสามารถแบ่งเป็น 2 รูปแบบ ดังนี้

2.1 ตัวบ่งชี้ทางนิเวศพิษวิทยา (Toxicological indicators)

เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารพิษกับปฏิกิริยาที่สิ่งมีชีวิตแสดง

ออกมา โดยศึกษาในระดับโมเลกุล เซลล์ สิ่งมีชีวิต และกลุ่มสิ่งมีชีวิต ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการเตือนภัยล่วงหน้าว่าระบบนิเวศมีการปนเปื้อนสารพิษ (Early warning)

2.2 ตัวชี้วัดทางนิเวศวิทยา (Ecological indicators)

การทดลองส่วนมากเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการแล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปประมาณหรือใช้แบบจำลองเพื่อประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับระบบนิเวศ ซึ่งจากการทดลองของ Spurgeon (1997) พบว่าไส้เดือนดิน *Eisenia fetida* สามารถดำรงชีวิตอยู่ในดินที่มีการปนเปื้อนของสารโลหะหนักในระดับความเข้มข้นที่สูงกว่าค่า LC_{50} และ EC_{50} ในห้องปฏิบัติการ เพราะมีปัจจัยอื่นๆในธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมได้เข้ามาเกี่ยวข้องจึงทำให้ต้องมีการใช้ ecological indicators ร่วมด้วย

ระบบนิเวศเป็นหน่วยที่สำคัญที่สุดในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม เพราะประกอบไปด้วยสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด มีการแลกเปลี่ยนสสาร แร่ธาตุ และพลังงานกับสิ่งแวดล้อม โดยผ่านห่วงโซ่อาหาร (food chain) มีลำดับของการกินเป็นทอด ๆ ทำให้สสาร และแร่ธาตุมีการหมุนเวียนไปใช้ในระบบจนเกิดเป็นวัฏจักร ทำให้มีการถ่ายทอดพลังงานไปตามลำดับขั้นเป็นช่วง ๆในห่วงโซ่อาหารได้ การจำแนกองค์ประกอบของระบบนิเวศ ส่วนใหญ่จะจำแนกได้เป็นสององค์ประกอบใหญ่ ๆ คือ องค์ประกอบที่มีชีวิต และองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต การจำแนกองค์ประกอบของระบบนิเวศแยกตามหน้าที่ในระบบ ได้แก่พวกที่สร้างอาหารได้เอง (autotroph) และสิ่งมีชีวิตได้รับอาหารจากสิ่งมีชีวิตอื่น (heterotroph) อย่างไรก็ตามการจำแนกองค์ประกอบของระบบนิเวศโดยทั่วไปมักประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่มีชีวิต (biotic) และองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต (abiotic)(คงฤทธิ์, ม.ป.ป.)

2.6 ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ใช้ในการทดลอง

ซึ่งในการนำน้ำเสียฟาร์มสุกรมาใช้ประโยชน์นี้ได้ทำการศึกษาทดสอบร่วมกับชุดดินซึ่งเป็นชุดดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 2 ชุดดิน คือ ชุดดินร้อยเอ็ด และชุดดินน้ำพอง และได้ทำการศึกษาร่วมกับสิ่งมีชีวิตในดินเพื่อทดสอบทางด้านพิษของทองแดงที่ตกค้างมากับน้ำเสียฟาร์มสุกรต่อระบบนิเวศวิทยาคือ ไส้เดือนดิน และแมลงหางดีด ซึ่งมีข้อมูลดังนี้

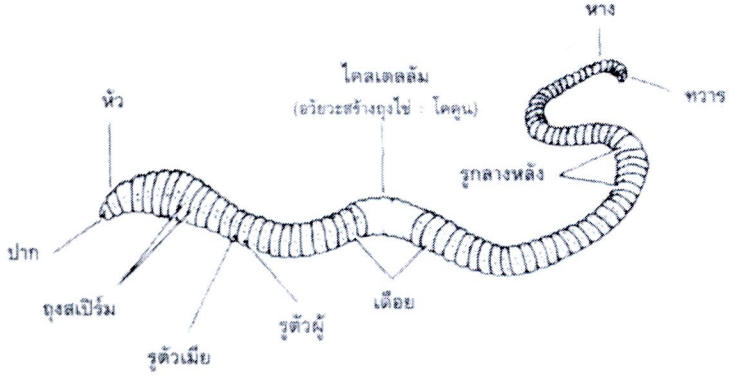
2.6.1 ไส้เดือนดิน

ชื่อภาษาไทย: ไส้เดือนดิน ชื่อสามัญ(common name):African Nightcrawler

ชื่อวิทยาศาสตร์:Eudrilus eugeniae ไส้เดือนดินจัดอยู่ในไฟลัมแอนนิลิดา (Phylum Annelida) ชั้นโอลิโกซีทา (Class Oligochaeta) ตระกูลโอพิสโทโพรา (Order Opisthopora) วงศ์ลัมบริซิดี (Family Lambricidae) อานัฐ (2548)รายงานว่าไส้เดือนดินชนิดต่างๆ เท่าที่รู้จักกันมีประมาณ 1,800

ชนิด ไส้เดือนดินที่พบมากในแถบยุโรป และอเมริกาเป็นไส้เดือนดินชนิดลัมบริคัส เทอเรสทริส (*Lumbricus terrestris*) ส่วนไส้เดือนดินที่พบมากในประเทศไทย และในแถบเอเชียอาคเนย์ได้แก่ ฟีเรตทิมา พีกัวนา (*Pheretima peguana*) และฟีเรตทิมา โพสทูมา (*Pheretima posthuma*) แต่โดยทั่วไปแล้วอาจจะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ไส้เดือนแดง และไส้เดือนเทา ไส้เดือนแดง ชอบอาศัยในที่ที่มีอินทรียวัตถุสูง ในกองมูลสัตว์ กองเศษพืชที่กำลังสลายตัวชอบอยู่ใกล้ผิวดิน ไส้เดือนเทาสามารถอยู่ได้ที่ผิวดินเช่นกัน แต่ไม่ชอบอยู่ผิวดิน(ธงชัย, 2547)

ลักษณะภายนอก ลักษณะภายนอกที่เด่นชัดที่สุดคือ ลักษณะการเป็นข้อปล้องตั้งแต่หัวจนถึงส่วนท้ายของร่างกาย ไส้เดือนดินมีรูปร่างทรงกระบอกยาว หัวท้ายเรียวแหลมยาวประมาณ 10-20 เซนติเมตร เมื่อโตเต็มที่จะมี 120 ปล้อง มีช่องระหว่างปล้อง (intersegmental groove) คั่นแต่ละปล้องไว้ แต่ละปล้องมีเดือยเล็กๆเรียงอยู่โดยรอบปล้องประมาณปล้องละ 56 อัน ไม่มีส่วนหัวที่ชัดเจน ไม่มีตา ไม่มีหนวดเหมือนตัวแม่เพรียง แต่มีไคลเตลลัม(clitellum) เมื่อถึงระยะสืบพันธุ์ ไคลเตลลัม จะเห็นได้ชัดเจนอยู่บริเวณปล้องที่ 14-16 บนร่างกายมีส่วนต่างๆที่สำคัญ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะอวัยวะต่างๆภายนอกของไส้เดือนดิน
ที่มา: อานัฐ (2548)

วงจรชีวิตของไส้เดือนดิน วงจรชีวิตของไส้เดือนดินประกอบด้วยถุงไข่ ตัวอ่อน และตัวเต็มวัย ในระยะที่เป็นตัวเต็มวัย ไส้เดือนดินจะมีอวัยวะสืบพันธุ์ทั้งเพศผู้ และเพศเมียอยู่ภายในตัวเดียวกัน แต่จะมีต้องมีการจับคู่ผสมพันธุ์กับตัวอื่นแบบผสมข้ามตัว หลังจากผสมแลกเปลี่ยนสเปิร์มแล้วรอให้ไข่สุกมาผสมกับสเปิร์มภายในถุงไข่ ก่อนถุงไข่จะเคลื่อนตัวออกมาจากบริเวณหัวของไส้เดือน และฟักเป็นตัวด้านนอก กินอาหารจำพวกเศษซากอินทรียวัตถุและเติบโตจนเต็มวัยพร้อมที่จะสืบพันธุ์ต่อไป ไส้เดือนดินที่เป็นตัวเต็มวัยจะผลิตถุงไข่ในอัตราที่แตกต่างกัน และถุงไข่แต่ละถุงจะมีตัวอ่อนของไส้เดือนดินอยู่ภายในเป็นจำนวนมาก วงจรชีวิตของไส้เดือนดิน (ภาพที่ 2)

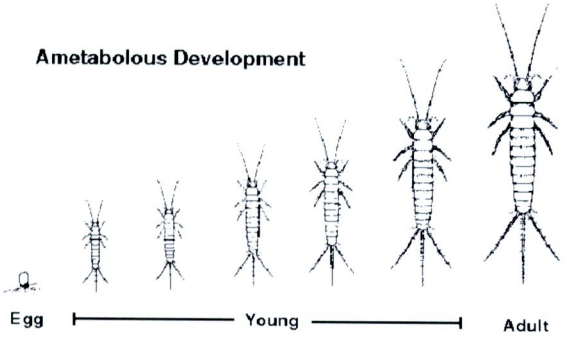
ภาพที่ 2 วงจรชีวิตไส้เดือนดิน

ที่มา: อานัฐ (2548)

2.6.2 แมลงหางดีด

ชื่อภาษาไทย: แมลงหางดีด ชื่อสามัญ (common name) : Springtails ชื่ออันดับ (order) : Collembola แมลงหางดีดเป็นแมลงที่ไม่มีปีก ตัวเต็มวัยมีขนาดตั้งแต่ 0.5-1.0 มิลลิเมตร ลำตัวอ่อนนุ่มส่วนใหญ่มีสีมัวไม่สดใส อาจมีบางชนิดมีสีขาว เขียว ชมพู แดงหรือเหลือง มักจะมีแถบสีหรือจุดสีตามลำตัว มีลำตัวเรียวยาว ลำตัวแบ่งออกได้ 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง แมลงหางดีดสามารถดีดตัวเองให้สูงขึ้นได้ถึง 30 เซนติเมตร แต่แมลงหางดีดพวกที่อาศัยอยู่ในดินจะไม่มีอวัยวะดีดหรือมีแต่เล็กมากจนเกือบมองไม่เห็น ไข่รูปร่างค่อนข้างกลม สีซีดผิวเรียบ วางเป็นฟองเดี่ยวหรือเป็นกลุ่มเล็ก มักพบวางไว้ในดินหรือกองใบไม้ที่ทับถม บางทีอาจพบซ่อนอยู่ตามรอยแยกหรือรอยแตกของดินหรือเปลือกไม้เพื่อหลีกเลี่ยงจากศัตรู ตัวอ่อนรุ่นแรกจะกินอาหารทันทีที่ฟักออกมาจากไข่มีรูปร่างลักษณะเหมือนตัวเต็มวัย ยกเว้นมีอวัยวะสืบพันธุ์ที่ไม่สมบูรณ์ และมีการเรียงตัวของเส้นขนแบบไม่สมบูรณ์เช่นตัวเต็มวัย การเจริญเติบโตปกติมีการลอกคราบ 5-10 ครั้ง จึงเจริญออกมาเป็นตัวเต็มวัย วงจรชีวิตตั้งแต่ไข่จนถึงตัวเต็มวัยระยะเวลาประมาณ 2-3 เดือน หรือบางชนิดอาจยาวนานได้ถึง 2 ปีหรือมากกว่า (ภาพที่ 3) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิดด้วยกัน แมลงหางดีดในเขตร้อนมีอายุสั้นกว่าในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว (วาลุลีและคณะ, 2545 ; Hopkin, 1997)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3 ลักษณะการเจริญเติบโตของแมลงหางดีด

ที่มา : Meyer (1996)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Bolan et al.(2003) ได้ทำการศึกษาการกระจาย และชีวประสิทธิผลของทองแดงในของเสียจากฟาร์มสุกร พบว่า น้ำเสีย และกากของเสียตัวอย่างจากจำนวนฟาร์มโคนม และฟาร์มสุกรที่ถูกเลือกในเกาะทางเหนือของนิวซีแลนด์ และวิเคราะห์หาทองแดงในรูปไอออนอิสระ(Cu^{2+}) และทองแดงในรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน ชีวประสิทธิผลของกากของเสียที่ปนเปื้อนทองแดงถูกทดสอบโดยการใช้กิจกรรมจุลินทรีย์ และการทดลองการเจริญเติบโตของพืช กิจกรรมจุลินทรีย์ซึ่งวัดที่ระดับต่างๆกันของทองแดง (0-1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และเพิ่มคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) และกากของเสียที่ปนเปื้อนทองแดง โดยใช้ Gilson differential respirometer การทดลองในเรือนกระจกเป็นการทดลองการเปลี่ยนรูปของทองแดงในดิน และภายหลังจากการถูกดูดยึดด้วยทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ สามแหล่งของทองแดงที่ใช้นั้นประกอบด้วย การปลดปล่อยแบบรวดเร็วของคอปเปอร์ซัลเฟต การปลดปล่อยแบบช้าของคอปเปอร์ออกไซด์ และกากของเสียที่ปนเปื้อนทองแดง ตัวอย่างจากทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์เป็นการวิเคราะห์ความเข้มข้นของทองแดง การเปลี่ยนรูปของทองแดงในดินติดตามโดยการวิเคราะห์ดินตัวอย่างหลายๆส่วนของทองแดง ตัวอย่างน้ำเสีย และกากของเสียที่เลือกจากฟาร์มซึ่งปกติใช้ทองแดงรักษาอาการพิการในฟาร์มโคนม และเป็นการกระตุ้นการเจริญเติบโตในสุกรมีความเข้มข้นของทองแดงสูงกว่า ทองแดงทั้งหมดมีช่วงความเข้มข้นจาก ประมาณ 0.1 ถึง 1.55 มิลลิกรัมต่อลิตร และ จาก 0.5 ถึง 10.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำเสียฟาร์มสุกร และฟาร์มโคนมตามลำดับ เช่นเดียวกันกับค่าของตัวอย่างกากของเสียเป็น 3.0-526 และ 25-105 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนมากของทองแดงทั้งในน้ำเสีย และกากของเสียเป็นสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน การวัดการ

หายใจแสดงให้เห็นว่ากากของเสียที่ปนเปื้อนทองแดงเป็นพิษต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินน้อยกว่าคอปเปอร์ซัลเฟต ผลจากการทดลองในเรือนกระจกชี้ให้เห็นว่าระดับของทองแดงกำลังเพิ่มขึ้นผ่านการใช้ปุ๋ย และกากตะกอนที่เพิ่มความเข้มข้นในพืช ในอัตราส่วนที่เท่ากันของการใช้ พืชดูดยึดจากกากตะกอน และคอปเปอร์ออกไซด์น้อยกว่าจากคอปเปอร์ซัลเฟต อย่างไรก็ตามการโยกย้ายของทองแดงที่เด่นจากรากถึงลำต้นที่อัตราส่วนสูงที่สุดของทองแดงผ่านการใช้กากตะกอน ทองแดงที่ศึกษาเป็นส่วนชี้ให้เห็นว่าเกิดการสะสมของทองแดงที่อินทรีย์เหนียวแน่นในดินที่ใส่กากตะกอนดีกว่า ดินที่ใส่ปุ๋ย