

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย

2.1.1 ปริมาณน้ำเสีย

ความเจริญของชุมชน เป็นผลให้อัตราการใช้น้ำสูงขึ้นเพราะความสะดวกสบายของการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค มีมากกว่าชุมชนที่ยังไม่เจริญปกติของชุมชนที่มีปัญหาเกี่ยวกับการจัดการน้ำเสีย มักเป็นชุมชนที่ไม่ขาดแคลนเกี่ยวกับน้ำที่อุปโภคและบริโภคจึงทำให้ชุมชนหลายแห่งที่เป็นชุมชนเมือง และมีการพัฒนาอย่างมากนั้นประสบปัญหาเกี่ยวกับปริมาณการเกิดน้ำเสียที่มีมากจนธรรมชาติไม่สามารถจัดการได้เองส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจนเป็นเสียต่อการดำรงชีวิตและสุขภาพจึงเกิดความจำเป็นที่ทำให้ชุมชนทุกชุมชนต้องพยายามบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆก่อนปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อม เพราะน้ำเสียเป็นต้นเหตุสำคัญอันดับหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำ (Water Pollution) ซึ่ง น้ำเสียที่ถูกปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมจะทำให้เกิดสภาพน้ำเสียในลำน้ำต่างๆโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมืองขนาดใหญ่ และมีจำนวนประชากรมาก โอกาสของการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งรับน้ำธรรมชาตินั้น ก็ยิ่งมากขึ้น ดังเช่นกรณีของตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำท่าจีน ที่เกิดการเน่าเสียอย่างรุนแรงซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการระบายน้ำเสียทิ้งโดยไม่ได้ผ่านการบำบัดหรือบำบัดแล้วแต่ไม่ได้คุณภาพ จึงทำให้สารอินทรีย์เกิดการสะสมอยู่ในลำน้ำธรรมชาติจนมีปริมาณมากจนทำให้ลำน้ำเน่าเสียรุนแรง

เกี่ยวกับปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกจากชุมชนนั้น WWW.Pcd.go.th (2548) ได้สรุปไว้ว่าอัตราการเกิดน้ำเสียในชุมชนภาคกลางอยู่ระหว่าง 170-288 ลิตรต่อคนต่อวันในปี พ.ศ.2545 และคาดการณ์การเกิดน้ำเสียประมาณ 183-406 ลิตรต่อคนต่อวัน ในปี พ.ศ.2555 ส่วนในชุมชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นั้นคาดการณ์ว่า จะมีอัตราการเกิดน้ำเสียระหว่าง 239-277 ลิตรต่อคนต่อวันและ 291-306 ลิตรต่อคนต่อวัน ในปี พ.ศ. 2545 และ 2555 ตามลำดับ จากข้อมูลนี้พอสรุปได้ว่า อัตราการเกิดน้ำเสียจะมากขึ้น เมื่อชุมชนเจริญขึ้น แสดงให้เห็นว่าชุมชนที่เจริญขึ้นนั้นจะมีศักยภาพในการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมมาก แต่ถ้าพิจารณาเฉพาะท้องถิ่นเช่นจากการรายงานของ WWW.member.thai.net ได้รายงานไว้ว่าปริมาณน้ำเสียของเทศบาลเมืองจะเชิงเตาในปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณ 19,922 ลูกบาศก์เมตรต่อวันและคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2556 จะมีน้ำเสียเพิ่มขึ้นเป็นประมาณวันละ 23,780 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานการใช้น้ำและการขยายตัวของประชากร เพราะนอกจากอัตราการเพิ่มของการใช้น้ำต่อคนต่อวันแล้วการเพิ่มขึ้นของประชากรในชุมชนก็เช่นกัน ซึ่งข้อมูลทั้งสองได้สนับสนุนการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำเสียของชุมชนเพราะจากข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (2537) ได้รายงานว่าในปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยมีประชากร 62.23 ล้านคน และในปี

พ.ศ. 2548 มี 64.76 ล้านคน โดยมีอัตราการเพิ่มระหว่าง 5-7 % เป็นผลให้ปริมาณน้ำเสียถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นตามจำนวนของการใช้น้ำต่อคนต่อวัน ในเรื่องนี้ปริมาณน้ำเสียนี้ อยู่ในเขตเทศบาล เอ็นจิเนียริง (2538) เคยได้ศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำเสียจากเทศบาลเมืองลพบุรี มีอัตราการเกิดเท่ากับ 160 ลิตรต่อคนต่อวัน การศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับเอ็นไวรอนเมนทอลแคร์ เซ็นเตอร์ (2538) ที่ได้ศึกษาไว้ว่าอัตราการเกิดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองหนองคาย ยโสธร และกาฬสินธุ์ มีอัตราการเกิดอยู่ระหว่าง 150-250 ลิตรต่อคนต่อวันเช่นกัน ดังนั้น เราจะเห็นว่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของชุมชนมีปริมาณมากจนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อพิจารณาในกรณีของประเทศไทยที่มีประชากร 65 ล้านคนในปี 2548 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2547) จะทำให้เกิดน้ำเสียทั่วประเทศไทยมากถึงวันละ 9.75-13.32 ล้านลูกบาศก์เมตร เฉพาะในส่วนที่มาจากน้ำอุปโภคบริโภคของประชากร

ในชุมชนมักจะมีโรงพยาบาลและสถานพยาบาลอยู่ด้วยเสมอ ดังนั้นโรงพยาบาลจึงมีอยู่ทั่วไป และสิ่งสำคัญที่สุดของโรงพยาบาลต่างๆ คือ ของเสียจากกิจกรรมการให้บริการ โดยเฉพาะน้ำเสียซึ่งจะมีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่ในปริมาณค่อนข้างมาก ดังเช่น การศึกษาของ ชัยวัฒน์ เครือชะเอม (2531) ได้ศึกษาปริมาณน้ำเสียจากโรงพยาบาลเอกชนในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล พบว่า มีปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยเท่ากับ 1.265 ลูกบาศก์เมตรต่อเตียงต่อวัน ส่วนสมชาติ อัครวิชิตานนท์ (2531) ทำการศึกษาน้ำเสียจากโรงพยาบาลในเขตกรุงเทพมหานคร เช่นเดียวกัน พบว่าอัตราการเกิดน้ำเสียมี 0.766 ลูกบาศก์เมตรต่อเตียงต่อวัน และในเรื่องนี้ ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2531) ก็ได้ศึกษาปริมาณน้ำเสียจากโรงพยาบาลเช่นกัน พบว่าสถานพยาบาลทั่วไปจะเกิดน้ำเสียระหว่าง 0.500-0.900 ลูกบาศก์เมตรต่อเตียงต่อวัน นอกจากนี้ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ (2536) ก็ได้ทำการศึกษาในเรื่องนี้เช่นกันพบว่าน้ำเสียจากโรงพยาบาลมีปริมาณระหว่าง 0.250 ถึง 1.500 ลูกบาศก์เมตรต่อเตียงต่อวัน เมื่อพิจารณาในเรื่องของความสกปรกของน้ำเสียนั้น ธาณี ประดับหยิว (2539) เสนอไว้ว่า ถ้าวัดความสกปรกของน้ำเสียจากโรงพยาบาลในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) จะมีค่า บีโอดี เฉลี่ยเท่ากับ 94 กรัมต่อเตียงต่อวัน ซึ่งพักตร์วิมล เพียรล้ำเลิศ & ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2537) ก็ได้เสนอไว้เช่นกันว่า ความสกปรกของน้ำเสียจากโรงพยาบาลจะมีค่าบีโอดีระหว่าง 32.8 ถึง 47.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นเดียวกับ ศาณี ทิพย์ทะเปียนการ (2533) รายงานเรื่องความสกปรกของน้ำเสียโรงพยาบาลในรูปบีโอดีว่ามีค่าประมาณ 70 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากข้อมูลการเกิดน้ำเสียของโรงพยาบาล แสดงให้เห็นว่า อัตราการเกิดน้ำเสียจากโรงพยาบาล สัมพันธ์กับจำนวนเตียงของโรงพยาบาล จำนวนเตียงและจำนวนผู้ป่วยของโรงพยาบาล ก็จะสัมพันธ์กับจำนวนประชากรในชุมชน ซึ่งลักษณะของน้ำเสียจากโรงพยาบาลทั้งลึ้นนั้น จะมีองค์ประกอบเด่นคล้ายกันคือ การปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคเป็นปัจจัยหลักที่ต้องนำมาพิจารณา เกี่ยวกับเรื่องนี้ Kannikar & Paktarrawimol (1989) ได้ศึกษาปริมาณเชื้อโรคในน้ำทิ้งของโรงพยาบาล พบว่าจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำทิ้งมีสูงถึง 10^9 ตัวต่อปริมาณน้ำทิ้ง

100 มิลลิลิตร ในขณะที่ปริมาณแบคทีเรียซึ่งความสะอาดของน้ำทิ้งคือโคลิฟอร์มและฟิคัลโคลิฟอร์มก็มีสูงเป็นสัดส่วนกันคือมีถึง 10^7 ตัวต่อปริมาณน้ำทิ้ง 100 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นจำนวนที่สูงมาก

จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นชัดว่า ปริมาณน้ำเสียจากชุมชน โดยเฉพาะน้ำเสียจากโรงพยาบาลเกิดขึ้นมีสัดส่วนสัมพันธ์กับจำนวนประชากร ที่เพิ่มขึ้นอยู่ตลอดเวลาประกอบกับในน้ำทิ้งของโรงพยาบาล ยังประกอบไปด้วยสิ่งสกปรกมากมายรวมอยู่กับเชื้อโรคจำนวนมาก ทำให้การปล่อยน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นออกสู่สภาพแวดล้อมโดยเฉพาะแหล่งน้ำธรรมชาติของชุมชน จึงเป็น สิ่งที่สำคัญเป็นที่พึงภาครัฐและเอกชนที่จะต้องหาแนวทางแก้ไขโดยด่วน

2.1.2 ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมชุมชน โดยทั่วไปจะมีความแตกต่างจากน้ำเสียที่มาจากกิจกรรมอุตสาหกรรม เพราะน้ำเสียจากชุมชนเกิดจากกิจกรรมการดำรงชีวิตการปนเปื้อนต่าง ๆ จึงมาจากการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น การซักล้างของเสียที่เป็นสารอินทรีย์ต่าง ๆ แต่ถ้าเป็นน้ำเสียจากโรงพยาบาลก็จะมีเชื้อโรคประกอบอยู่ด้วย องค์ประกอบอย่างอื่นก็คล้ายกัน โดยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นอินทรีย์สาร ดังนั้น การบำบัดน้ำเสียที่มาจากโรงพยาบาลจึงมักเลือกใช้การบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ เนื่องจากส่วนที่ต้องกำจัดหรือแยกออกจากน้ำเสียส่วนมากเป็นส่วนที่จุลินทรีย์สามารถย่อยสลายเปลี่ยนรูปหรือนำไปใช้ได้

ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับชุมชนที่เป็นโรงพยาบาล โดยกระบวนการทางชีววิทยา (Biological Process) นั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ กระบวนการใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ (Aerobic Process) และกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ (Anaerobic Process) (ปรีดา แยมเจริญวงศ์, 2534) ส่วนประกอบระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนภายในระบบจะต้องมีถึงปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจนเพื่อเป็นหน่วยสำหรับการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย ซึ่งในเรื่องรูปแบบของการบำบัดน้ำเสียนั้น สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2545) กล่าวว่า การบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นต้นเป็นการใช้กระบวนการทางกายภาพในการแยกสารมลพิษต่าง ๆ ออกจากน้ำเสียเช่นการตกด้วยตะแกรง การตกตะกอน การทำให้ลอย ในขั้นที่สองเป็นการกำจัดสารอินทรีย์ และสารแขวนลอยต่าง ๆ ออกจากน้ำเสียโดยกระบวนการทางชีววิทยา และกระบวนการทางเคมี และในขั้นที่สามเป็นการกำจัดสารแขวนลอยหรือสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่หลงเหลือจากการบำบัดจากขั้นที่สอง เช่นการกำจัดสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากน้ำเสีย โดยมักจะมีวัตถุประสงค์เพื่อให้น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วสามารถนำกลับมาใช้ได้

ในการบำบัดน้ำเสียขั้นที่สองนั้น ไม่ว่าจะ เป็นกระบวนการบำบัดแบบมีออกซิเจนหรือแบบไม่มีออกซิเจนก็ตาม ภายในระบบจะต้องมีถึงปฏิกิริยาเพื่อทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เกิดการเปลี่ยนรูปไป ถ้าเป็นถึงปฏิกิริยาที่มีออกซิเจนสารอินทรีย์จะเปลี่ยนรูปไปเป็นเซลล์แบคทีเรียที่สำคัญ แต่ถ้าเป็นถึงปฏิกิริยาแบบไร้ออกซิเจน สารอินทรีย์ก็จะเปลี่ยนรูปไปเป็น

ก๊าซเป็นสำคัญ การเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงพยาบาลนั้น สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดขอนแก่น (2544) รายงานไว้ว่า ในจังหวัดขอนแก่นมีระบบบำบัดสำหรับโรงพยาบาลทั้งสิ้น 16 โรงพยาบาล ซึ่งใน 14 โรงพยาบาลนั้น เป็นระบบที่มีถังปฏิกรณ์แบบใช้ออกซิเจน ส่วนอีก 2 โรงพยาบาล เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังปฏิกรณ์แบบไร้ออกซิเจนตั้งที่ พัทธวิมล เพียรกล้าเลิศ & ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2537) รายงานไว้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียจำนวน 20 โรงพยาบาล ที่ทำการสำรวจเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนทั้งสิ้น

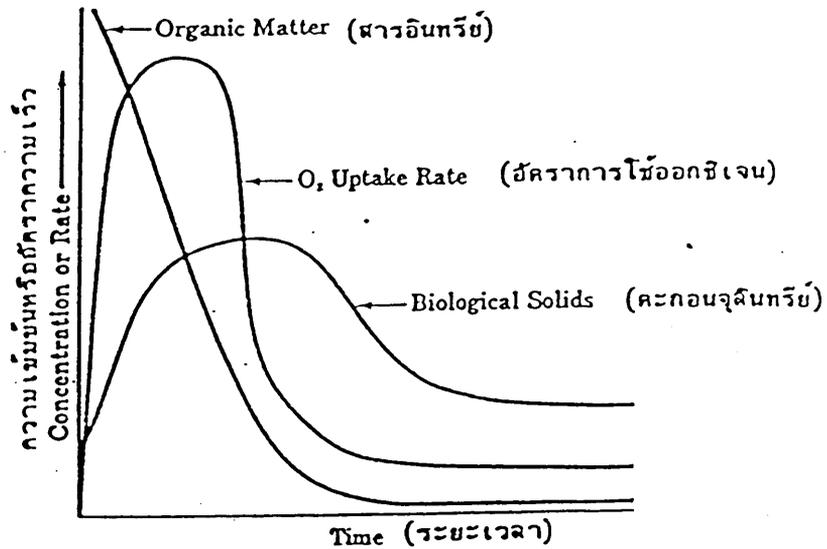
เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน การควบคุมการทำงานของระบบยากกว่า ดังเช่น รายงานของ สินีสุข ศศิยศชาติ & มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์ (2545) ได้เสนอไว้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะต้องควบคุมระดับพีเอช ในระบบให้ดี โดยค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของระบบบำบัดแบบไม่ใช้ออกซิเจนต้องอยู่ระหว่าง 6.70-7.40 เท่านั้น ถ้า พีเอช สูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้ระบบล้มเหลวได้ อีกทั้งผลผลิตของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบจะได้ก๊าซหลายชนิดรวมทั้งก๊าซมีเทนด้วย ซึ่ง สุจินดา ลักษณะอดิสร และคณะ (2545) ได้รายงานไว้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนในแบบชั้นตะกอนน้ำเสีย แอนแอโรบิคไหลขึ้น (Upflow Anaerobic Sludge Blanket; UASB) นั้น ผลผลิตจากการย่อยในระบบจะได้พลังงานในรูปของก๊าซมีเทน แต่มีเทนจะสร้างภาวะเรือนกระจก (Green House Effect) จำเป็นต้องควบคุมปัญหาเหล่านี้ให้ดี ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้หลายแห่งหันมาใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน โดยเฉพาะระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก

2.1.3 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง

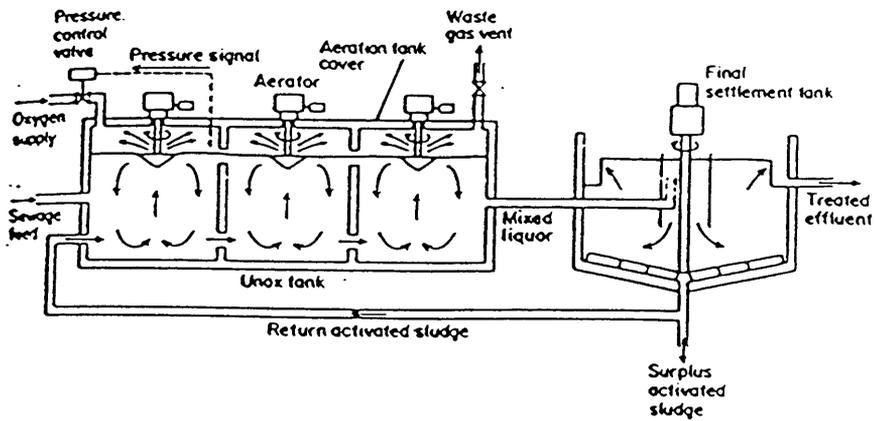
ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียปฏิกริยาทางเคมีของกระบวนการเป็นดังนี้



สารมลพิษ (Pollutant) ที่ปนมากับน้ำถูกจุลชีพใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโต ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ จะลอยสู่อากาศสารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของมวลจุลชีพ (Sludge) ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำทำให้เกิดการตกตะกอนได้ในถังตกตะกอน ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในการทำงานของระบบจะเป็นกระบวนการทำงานแบบเป็นช่วง (Batch Process) เนื่องจากมีการหมุนเวียนมวลจุลชีพ (Sludge Recycle) กลับเป็นช่วงๆ สามารถแสดงได้ดังนี้



ภาพที่ 2.1 ปฏิกริยาและการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นใน Batch Reactor
 ที่มา: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2537)



ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง
 ที่มา: Gray (1990)

การทำงานของระบบประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กหลายชนิด ที่ถูกควบคุมให้เจริญเติบโตอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและแหล่งพลังงานในการดำรงชีพ ดังนั้นเมื่อเริ่มต้นการทำงานค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะมีค่าสูง ส่วนปริมาณจุลินทรีย์จะมีความเข้มข้นและอัตราการใช้ออกซิเจนต่ำ ต่อจากนั้นเมื่อจุลินทรีย์เริ่มทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ ระบบก็จะเริ่มใช้ออกซิเจนมากขึ้นและเจริญเติบโตมากขึ้นด้วย เป็นผลให้มีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเวลาผ่านไปอาหารเริ่มขาดแคลนจนไม่เพียงพอในการดำรงชีพของจุลินทรีย์ ปริมาณจุลินทรีย์และอัตราความต้องการออกซิเจนของระบบก็จะลดลงตามลำดับ แต่สำหรับในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำเสียไหลเข้าระบบอย่างต่อเนื่อง จุลินทรีย์ก็จะย่อยสลายสารอินทรีย์และเพิ่มปริมาณอยู่ตลอดเวลา ทำให้ระบบมีอัตราการใช้ออกซิเจนสูงตลอดเวลาเช่นเดียวกัน

2.2 ตะกอนน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสีย

2.2.1 การเกิดตะกอนน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสีย

ในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้ออกซิเจนและให้จุลินทรีย์ที่ใช้อากาศเจริญเติบโตอยู่ภายในถังปฏิกรณ์ เพื่อให้จุลินทรีย์เหล่านั้นเกิดการย่อยสลายสารอินทรีย์จนเปลี่ยนไปเป็นมวลชีวภาพของแบคทีเรียที่เรียกว่าตะกอนน้ำเสียของน้ำเสียนั้น ในเรื่องนี้ทำให้พบว่าการบำบัดน้ำเสียแบบการใช้ออกซิเจนโดยให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตแบบแขวนลอย (Suspended Growth) และตกตะกอนรวมเป็นตะกอนน้ำเสียนั้น เมื่อวัดในรูปของแข็งที่ตกตะกอนอันเนื่องมาจากผลผลิตของเซลล์ (Cell) วงศ์พันธ์ ลิมปะเสนีย์ (2527) รายงานว่ามีค่าประมาณ 0.1% โดยน้ำหนักหรือประมาณ 1 กิโลกรัมต่อน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร โดยถ้ามองด้วยตาเปล่าจะเห็นตะกอนน้ำเสียนั้นเป็นสีน้ำตาลแดงแขวนลอยอยู่ แต่ถ้าตะกอนน้ำเสียนั้นตายจากปัจจัยใดๆ และค้างอยู่ภายในถังปฏิกรณ์นานเกินไปจะทำให้ตะกอนน้ำเสียนั้นเป็นสีดำ เนื่องจากการตายของจุลินทรีย์ ซึ่งตะกอนน้ำเสียนี้อาจสามารถเกิดการตกตะกอนได้ทั้งที่ส่วนตกตะกอนหรือถึงตกตะกอน

เกี่ยวกับการศึกษาเรื่องของการเกิดตะกอนน้ำเสียนั้น Aitken et al. (1994) พบว่าลักษณะของกลุ่มตะกอนน้ำเสียในการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยรูปแบบของตะกอนแรง พบว่าตะกอนน้ำเสียในระบบตะกอนแรง เมื่อมีการควบคุมระยะพักตัวของตะกอนน้ำเสียภายในถังปฏิกรณ์ (Sludge Retention Time; SRT) แล้วปัจจัยจำกัดในการเกิดกลุ่มตะกอนแรง (Activated Sludge) หรือ ฟล็อก (Floc) ได้แก่ ค่าความหนาแน่นของกลุ่มเซลล์ (Density) และพื้นที่ผิวสัมผัสของเซลล์ (Specific Surface Area) เองซึ่งการศึกษาดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า นักวิชาการพยายามศึกษาความสามารถในการสร้างตะกอนน้ำเสียภายในระบบบำบัดน้ำเสีย เพราะการเกิดตะกอนน้ำเสียในปริมาณมากย่อมทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบมีค่าสูงมาก เนื่องจากสารอินทรีย์ถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของตะกอนน้ำเสีย ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับการแยกตะกอนน้ำเสียออกจากน้ำจึงเป็นสิ่งที่มีความสนใจอย่างมาก เช่น Cowan et al. (1997) รายงานว่าการเกิด Fine Talc และคลอไรด์ (Chlorides) ลงไปในตะกอนแรงทำให้ตะกอนมีความแข็งแรงในการ

ตกตะกอนเพิ่มขึ้น ซึ่งการศึกษาดังกล่าว แสดงให้เห็นว่านักวิชาการได้พยายามทำให้ตะกอนน้ำเสีย ตกตะกอนให้ได้ภายหลังเกิดตะกอนเร่ง ซึ่งเป็นแนวทางการแยกสารอินทรีย์ออกจากน้ำได้

2.2.2 ชนิดของตะกอนน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสีย

ชนิดของตะกอนน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียนั้น สุรพล สายพานิช (2537) ได้จัดแบ่งไว้ดังนี้

2.2.2.1 ตะกอนน้ำเสียอินทรีย์ (Organic Sludge) เกิดจากของแข็งที่เป็นของแข็งอินทรีย์ (Organic Solids) ซึ่งส่วนใหญ่มาจากองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งสารสังเคราะห์ที่เป็นสารอินทรีย์ตะกอนน้ำเสียเหล่านี้ มีคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และออกซิเจน ในปริมาณมากบางครั้งอาจมีฟอสฟอรัสรวมอยู่ด้วย โดยสารประกอบเหล่านี้มาจากโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นส่วนใหญ่ สารประกอบเหล่านี้จะถูกย่อยสลาย (Decomposition) โดยจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ เมื่อรวมกันเป็นตะกอนน้ำเสียแล้วสามารถนำไปกำจัดโดยการทำให้แห้ง (Sludgethickening) และเผา (Combustion)ต่อไป

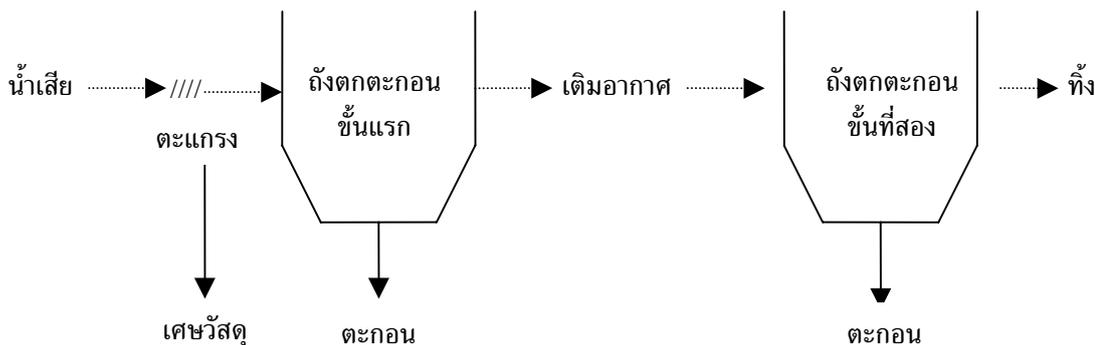
2.2.2.2 ตะกอนน้ำเสียอนินทรีย์ (Inorganic Sludge) เกิดจากของแข็งที่เป็นของแข็งอนินทรีย์ (Inorganic Solids) เป็นสารที่มีความเฉื่อย (Inert) เช่น พวกเศษหิน ดินทราย สิ่งเหล่านี้ไม่ถูกย่อยสลาย ยกเว้นพวกที่มีแร่ธาตุหรือเกลือเป็นองค์ประกอบ เช่น ซัลเฟต (Sulfate) ซึ่งเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมจะถูกย่อยสลายกลายเป็นซัลไฟด์ (Sulfide) ได้ ลักษณะของตะกอนในน้ำเสียจากระบบบำบัดนั้น จะพิจารณาจากจำนวนของตะกอนน้ำเสียที่มีอยู่ในถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) เป็นสำคัญ ซึ่งปริดา แยมเจอร์ญวงค์ (2534) ได้สรุปลักษณะของของแข็งที่เป็นองค์ประกอบตะกอนน้ำเสียไว้ดังนี้

1) ตะกอนแขวนลอย (Suspended Solid; SS) ได้แก่ ของแข็งพวกที่สามารถมองเห็นได้มีลักษณะเป็นตะกอนลอยอยู่ในน้ำ สามารถแยกออกจากน้ำเสียโดยการทำให้ตกตะกอนหรือกรองออก แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ Settleable Solids และ Colloidal Suspended Solid

(1) Settleable Solids คือพวกของแข็งที่มีขนาดและน้ำหนักที่สามารถตกตะกอนได้เองเมื่ออยู่ในถังตกตะกอนและมีระยะเวลาที่เหมาะสม (ประมาณ 1 ชั่วโมง) ตะกอนประเภทนี้สามารถตรวจสอบปริมาณได้โดยการใช้กรวยตกตะกอน (Imhoff Cone)

(2) Colloidal Suspended Solids ได้แก่ ของแข็งที่เป็นตะกอนละเอียดมากละลายเจือปนอยู่ในน้ำและไม่สามารถตกตะกอนได้เองแม้จะใช้เวลาหลายวัน นอกจากจะใช้สารเคมีช่วยในการตกตะกอน

2) ตะกอนละลาย (Dissolved Solids) เป็นของแข็งพวกที่เจือปนอยู่ในน้ำในลักษณะของสารละลายสามารถผ่านเครื่องกรองที่มีตัวกรองประเภทเอสเบสตอส ฟิลเตอร์ (Asbestos Filter) ได้ส่วนใหญ่ (ประมาณ 60%) เป็นพวกสารอินทรีย์ของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำเรียกว่าของแข็งหมด (Total Solids; TS หรือ Total Suspended Solid; TSS)



ภาพที่ 2.3 แสดงที่มาของตะกอนน้ำเสีย

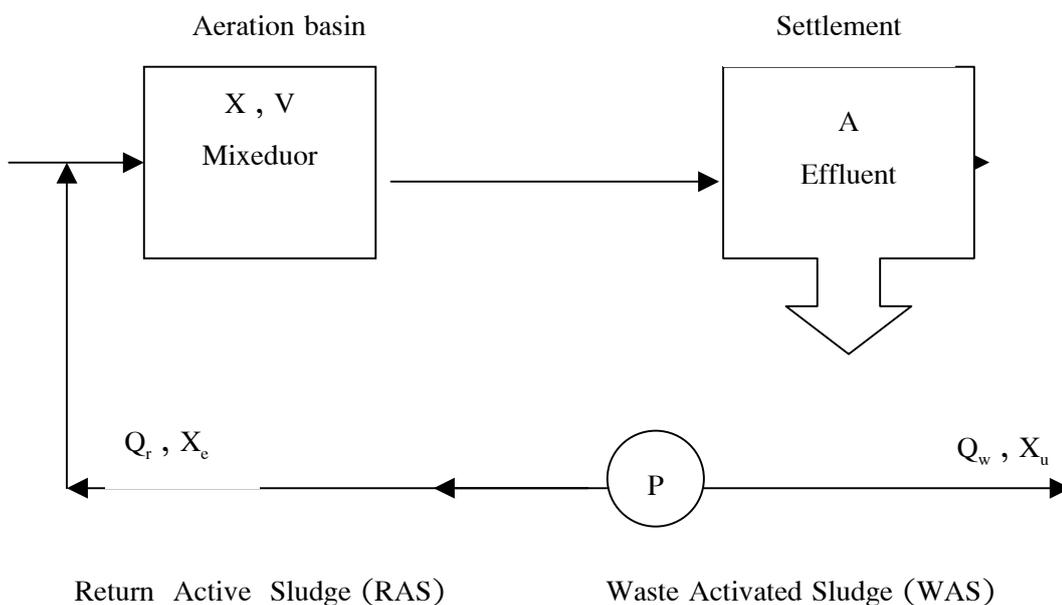
ที่มา: ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537

2.2.3 ปริมาณการเกิดตะกอนน้ำเสีย

การเกิดตะกอนน้ำเสียในระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นอยู่กับปริมาณของสารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบ ถ้าเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ อัตราการเกิดตะกอนน้ำเสียจะมีเพียง 20–30 % เท่านั้น แต่ถ้าเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบที่ใช้ ออกซิเจนอิสระเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ ระบบจะประกอบด้วยถังเติมอากาศ (Aerated Tank) และ ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) ชั้นแรกน้ำเสียจะถูกสูบเข้าถังเติมอากาศ เพื่อทำการเพิ่ม ปริมาณของออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen) ให้สูงขึ้นและอัตราการเกิดตะกอนในระบบ อาจมีสูงถึง 60–80 % มีผลให้เกิดความเหมาะสมสำหรับแบคทีเรียในการทำปฏิกิริยากับอินทรีย์ สาร เป็นเหตุให้อัตราการทำลายสารอินทรีย์ ซึ่งวัดได้ในรูปของ บีโอดี ถูกเร่งให้เร็วขึ้น อันเนื่อง มาจากการเพิ่มปริมาณออกซิเจนและสภาวะที่เอื้อให้เกิดปริมาณของแบคทีเรียในน้ำเสียนั้น เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว อีกทั้งจะเพิ่มจำนวนอย่างมากจนจับเป็นก้อนใหญ่ขึ้นมีสีน้ำตาลเข้มเรียกว่า แอคติเวจเตดตะกอนน้ำเสีย (Activated Sludge) หรือตะกอนเร่ง ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่าง น้ำเสียกับตะกอนเป็นสภาพเตรียมแยกตะกอนแบคทีเรียที่เรียกว่า Mixed Liquor หลังจากผ่าน กระบวนการเติมอากาศแล้วจะเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกเอาตะกอนแบคทีเรียออก ทำให้น้ำเสีย นั้นมีค่า บีโอดี ต่ำลง แต่ปริมาณตะกอนแบคทีเรียบางส่วนจะถูกสูบกลับเข้าถังเติมอากาศ เพื่อรักษาปริมาณแบคทีเรียไว้ส่วนตะกอนแบคทีเรียส่วนเกินและสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลาย แล้วจะถูกสูบทิ้งเพื่อนำไปกำจัดแล้วน้ำทิ้งจะถูกปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมต่อไป ซึ่งในเรื่องนี้ Braungart et al (1997) ได้ รายงานไว้ว่า ค่าระยะพักตัวของน้ำเสียในถังปฏิกริยา (Hydraulic Retention Time; HRT) และระยะพักตัวของตะกอนน้ำเสียในถังปฏิกริยา (Sludge Retention Time; SRT) และ ค่าของน้ำตะกอน (MLSS; Mass Liquor Suspended Solid) นั้น มีผลต่อ การลดสารประกอบอินทรีย์ทั้งสิ้น เมื่อเป็นเช่นนั้นแสดงว่าในระยะแรกปริมาณแบคทีเรียจะมี น้อยมาก เมื่อเทียบกับอาหารหรือค่าบีโอดีในน้ำทิ้ง ดังนั้นอัตราส่วนของอาหารต่อจำนวนจุลินทรีย์

(F/M; Food–Microorganism Ratio) จะสูงกว่า 2.5 เพราะมีอาหารมากแบคทีเรียจะเจริญเติบโตอย่างไม่มีขีดจำกัด อัตราการลดค่า บีโอดี ก็สูงขึ้นด้วย แบคทีเรียแต่ละตัวมีพลังมาก ถ้าสัมผัสกันก็สามารถผลัดจากกันได้ ทำให้ระยะนี้ไม่เกิด แอ็ดติเวจเต็ดตะกอนน้ำเสีย

เมื่อเวลาผ่านไปการย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งเป็นสารอาหารจะทำให้ค่า บีโอดี ต่ำลง ทุกขณะ แต่กระนั้นปริมาณแบคทีเรียยังคงสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในขณะที่สัดส่วนของอาหารต่อจำนวนจุลินทรีย์ ลดลงอย่างรวดเร็ว จนถึงจุดหนึ่งปริมาณของแบคทีเรียถูกกำจัดด้วยปริมาณของสารอาหาร ส่งผลต่อแบคทีเรียบางตัวจะตายและจับกันเป็นกลุ่มเล็กๆเรียกว่า ฟล็อก (Flocs) ด้วยเหตุนี้แบคทีเรียส่วนใหญ่จึงมีพลังงานลดลงเมื่อสัมผัสกันจะจับกันจึงรวมเป็นกลุ่มเกิดเป็น แอ็ดติเวจเต็ดตะกอนน้ำเสีย เพราะเหตุผลนี้เองในการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบดังกล่าวจะต้องควบคุมอัตราการเจริญเติบโตของแบคทีเรียด้วยการแยกแอ็ดติเวจเต็ดตะกอนน้ำเสียบางส่วนออก และเติมน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และมีค่า บีโอดี สูงเข้าไปใหม่ในอัตราที่เหมาะสมและนำเอา แอ็ดติเวจเต็ดตะกอนน้ำเสีย Activated Sludge เดิมของระบบไปหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่เพื่อรักษาสมดุลของปริมาณสารอาหาร หรือค่าบีโอดีกับปริมาณของแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ในถังปฏิกริยา



Definition :

- A = Clarifier Surface
- V = Aeration Basin Volume
- Q = Influent Flowrate
- Q_r = RAS Flowrate
- QW = WAS Flowrate
- X = Aeration Basin MLSS Concetration
- X_r = RAS Suspended Solids Concentration
- X_c = Effluent Suspended Solids Concentration

ภาพที่ 2.4 แสดงกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนรูปแบบของ แอ็ดติเวจเต็ดสลัดจ์

ตารางที่ 2.1 ปริมาณตะกอนน้ำเสียและเปอร์เซ็นต์ของแข็งในตะกอนน้ำเสีย

กรรมวิธี	ตะกอนน้ำเสียของแข็ง (กก.ต่อ 100 ม ³ / น้ำเสีย)	เปอร์เซ็นต์ของแข็งใน ตะกอนน้ำเสีย
ถึงตกตะกอนชั้นแรก	110 - 170	5
ตะกอนจากถังเติมอากาศ	70 - 100	0.75

ที่มา: ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2531)

ในเรื่องปริมาณตะกอนน้ำเสียที่เป็นของแข็งนั้น รุ่งศักดิ์ ออมศรี (2536) ได้รายงานไว้ว่า ถ้าควบคุมเวลาพักตัวของตะกอนน้ำเสีย (Solid Retention Time; SRT) ให้อยู่ในช่วง 2-22.7 วัน พบว่าของแข็งแขวนลอยระเหยง่าย (Mixed liquor Volatile Suspended Solid; MLVSS) จะมีค่าอยู่ในช่วง 585-3,402 ppm.

จากการศึกษาที่ผ่านมา ทำให้เราทราบว่าปริมาณการเกิดตะกอนน้ำเสียขึ้นอยู่กับลักษณะของระบบบำบัดน้ำเสียและลักษณะสมบัติของน้ำเสีย ซึ่งชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายในชุมชนปัจจุบันส่วนใหญ่ เป็นแบบใช้ออกซิเจนเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ เกี่ยวกับเรื่องปริมาณการเกิดตะกอนน้ำเสียถ้าพิจารณาในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งสถาบันเอไอที (AIT) ได้รายงานไว้ว่า กรุงเทพมหานครต้องรับภาระในการบำบัดน้ำเสียวันละ 1,000,000 ลูกบาศก์เมตร โดยใช้โรงบำบัดน้ำเสียจำนวน 24 แห่งนั้น จะทำให้เกิดตะกอนน้ำเสียไม่น้อยกว่า 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวันหรือเดือนละ 30,000 ลูกบาศก์เมตร (ปริดา พากเพียร และคณะ, 2543) แต่ถ้าหากพิจารณาเฉพาะในส่วนของน้ำเสียที่มาจากสถานพยาบาลนั้น ชัชชาย แจ่มใส (2543) ได้สำรวจปริมาณตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนในเขตจังหวัดขอนแก่นพบว่า มีอัตราการเกิดตะกอนน้ำเสียสูงสุดวันละ 25 กิโลกรัม ที่โรงพยาบาลชุมชนอุบลรัตน์และต่ำสุดวันละ 15 กิโลกรัม ที่โรงพยาบาลชุมชนพระยืนถ้าคาดการณ์ปริมาณตะกอนน้ำเสียที่เกิดขึ้นตามภาระการรับสารอินทรีย์ (Organic Loading) ของระบบจะพบว่าในโรงพยาบาลชุมชนในเขตจังหวัดขอนแก่นมีปริมาณการเกิดตะกอนน้ำเสียประมาณ 1-2 กิโลกรัมตะกอนน้ำเสียต่อน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร จากรายงานดังกล่าวนี้สอดคล้องกับ วงศ์พันธ์ ลิ้มปะเสนีย์ (2538) ที่ รายงานว่า ในกระบวนการของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งจะมีของแข็งอันเนื่องมาจากผลผลิตของเซลล์ (Cell) อยู่ประมาณ .01 % โดยน้ำหนักหรือประมาณ 1 กิโลกรัมต่อน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร โดยปริมาณการเกิดตะกอนน้ำเสีย นั้นจะสัมพันธ์กับภาระการรับสารอินทรีย์ของระบบ กรณีนี้ก็จะเกิดตะกอนน้ำเสียขึ้นมาก ถ้าหากน้ำเสียที่นำมาบำบัดมีความเข้มข้นสูง เป็นเหตุให้ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง มีความจำเป็นที่จะต้องทำให้สารอินทรีย์ในน้ำเสียเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของตะกอนน้ำเสียโดยตั้งปฏิกิริยาแบบใช้ออกซิเจน (Aerated Tank) แล้วแยกตะกอนน้ำเสียออกจากน้ำเสียที่ผ่านตั้งปฏิกิริยา

มาแล้วด้วยถึงตกตะกอน ทำให้นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรจำนวนมากได้พยายามพัฒนาถึงตกตะกอน เพื่อให้ถึงมีความสามารถในการรองรับน้ำจากถึงปฏิกิริยาและสามารถแยกตะกอนออกจากน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ถึงตกตะกอน ซึ่ง Cowan et al. (1997) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการจมตัวของตะกอนน้ำเสีย โดยการเติมสารเคมีบางอย่างลงไป ในถึงตกตะกอน เพื่อให้ตะกอนน้ำเสียจมตัวเร็วขึ้นซึ่งในการทดลองเขาได้ใช้ปูนขาวละเอียด (Fine Talc) และคลอไรด์ (Chloride) เติมลงไป ในถึงตกตะกอน พบว่าหลังจากนั้นตะกอนตกเร็วขึ้น

ดังนั้นเราจะเห็นได้ว่านักวิทยาศาสตร์และวิศวกรจำนวนมาก พยายามที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการตกตะกอน ของตะกอนน้ำเสียในถึงตกตะกอนเพื่อแยกเอาตะกอนน้ำเสียออกจากน้ำเสียที่ผ่านถึงปฏิกิริยา ซึ่งผ่านการสร้างฟล็อกของตะกอนน้ำเสียมาแล้ว ทำให้ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนนั้นเกิดตะกอนน้ำเสียในปริมาณมาก เพราะคุณภาพของน้ำทิ้งขึ้นอยู่กับความสามารถในการแยกตะกอนน้ำเสียของระบบ ซึ่งถ้าสามารถแยกตะกอนน้ำเสียออกได้มากเท่าใดก็เป็นเหตุให้คุณภาพน้ำทิ้งดีขึ้นด้วยแต่อย่างไรก็ตาม ผลที่เกิดขึ้นมาจากกระบวนการดังกล่าวคือ จะเหลือตะกอนน้ำเสียที่เป็นสารอินทรีย์ที่ต้องกำจัดเป็นปริมาณมากด้วยเช่นกัน

2.2.4 การจัดการตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ตะกอนน้ำเสียที่เป็นผลจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบแล้วถูกแยกออกจากน้ำเสียไป ทำให้น้ำเสียมีปริมาณสารอินทรีย์ปนเปื้อนน้อยลง ทำให้ออกซิเจนน้ำเสียมีจำนวนมากขึ้น จำเป็นต้องมีการจัดการกับตะกอนน้ำเสียที่เกิดขึ้นมานั้นให้เหมาะสม มิฉะนั้นตะกอนน้ำเสียจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกี่ยวกับเรื่องนี้ วรรณศรี บุญรัตพันธ์ (2536) รายงานว่าจุดประสงค์ของการบำบัดตะกอนน้ำเสียนั้นมีจุดประสงค์อยู่ 2 อย่างคือเพื่อลดปริมาณของตะกอนน้ำเสียโดยการแยกน้ำออกบางส่วน และเพื่อให้สารอินทรีย์ที่ยังมิได้นำเสียเปลี่ยนสภาพเป็นสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่มีสภาพเฉื่อย หรือคงรูปทำให้ปริมาณของแข็งลดลง

ส่วน วงศ์พันธ์ ลิ้มปะเสนีย์ (2538) ได้เสนอว่ากระบวนการกำจัดตะกอนน้ำเสียนั้นมีหลายขั้นตอนและในแต่ละขั้นตอนอาจเลือกวิธีที่แตกต่างกันแต่ที่นิยมมีใช้กันอยู่ 2 กระบวนการคือกระบวนการทางชีวภาพและกระบวนการทางกายภาพซึ่งสรุปได้ดังนี้

ตะกอนน้ำเสีย ----> ปฏิบัติการขั้นต้น -----> การทำให้ตะกอนเข้มข้น
เช่น การเก็บตะกอน, การบดตะกอน เช่น การตกตะกอน

----> การเปลี่ยนสารอินทรีย์ เปลี่ยนสภาพ ---> การปรับสภาพ --> การฆ่าเชื้อโรค
การใช้คลอรีน , ใช้ปูนขาว , ใช้ความร้อน ใช้สารเคมี , ใช้ความเฉื่อย
การย่อยสลายแบบมีอากาศและไม่มีอากาศ ใช้ความร้อน

---->การแยกน้ำออก --->การทำให้แห้งและการเผา --->การกำจัดตะกอนขั้นสุดท้าย
 เช่น กรองด้วยสุญญากาศ เช่น การต้มที่, การนำไปใช้ประโยชน์
 การกรองด้วยสายพาน, การเหวี่ยง การฟื้นฟูสภาพดิน
 และการตากตะกอน

จากข้อมูลข้างต้นเราพบว่า การกำจัดตะกอนน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นการทำให้ตะกอนน้ำเสียแห้งและมีปริมาณลดลง เนื่องจากตะกอนน้ำเสียประกอบด้วยเซลล์ของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เป็นสำคัญเมื่อทำให้แห้งปริมาณจึงลดลง การแยกน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียมีอยู่หลายวิธี แต่ที่นิยมใช้กันคือการทำให้น้ำระเหยออกพร้อมกับให้น้ำจากตะกอนซึมผ่านชั้นทราย และวิธีการใช้เครื่องจักรกลแยกน้ำออกจากตะกอน ได้แก่ การกรอง, การบีบคั้น, การดูดน้ำแบบสุญญากาศ และการหมุนเหวี่ยง เป็นต้น การจะเลือกวิธีการใดขึ้นอยู่กับ ปริมาณตะกอนน้ำเสีย พื้นที่ที่จะดำเนินการ การดูแลรักษาระบบและทุนในการดำเนินการ ซึ่งในแต่ละวิธีการมีรายละเอียดดังนี้ (เกรียงศักดิ์ อุทมสินโรจน์, 2536)

1) การกรองแบบสุญญากาศ (Vacuum Filtration) มีหลักการทำงานคือ เป็นการแยกน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียโดยผ่านแผ่นกรอง ซึ่งอาจจะเป็นผ้ากรอง หรือวัสดุอื่น ที่นำมาห่อหุ้มอยู่รอบๆ ตัวโครงถึงทรงกระบอกจากนั้นดูดน้ำออกด้วยสุญญากาศ ตะกอนน้ำเสียที่ถูกแยกน้ำออกแล้วจะถูกส่งออกจากแผ่นกรอง ในขณะที่ส่วนที่เป็นน้ำจะถูกส่งเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้น การใช้วิธีนี้ควรเติมสารเคมีได้แก่ $FeCl_3$ และ CaO เพื่อช่วยเพิ่มส่วนที่เป็นของแข็ง การกรองแบบสุญญากาศจะมีความสามารถกรองได้เท่ากับ 10-40 กก./ตร.ซม. ความเข้มข้นของตะกอนที่ผ่านระบบนี้จะมีค่า 15-45 %TS

2) การหมุนเหวี่ยง (Centrifugation) ใช้หลักการคือ การเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียในแนวนอน มีความเร็วหมุนเท่ากับ 1,600-2,000 รอบต่อนาที ตะกอนน้ำเสียที่ผ่านระบบนี้แล้ว จะมีความเข้มข้นของตะกอนน้ำเสีย 20-35 %TS จากนั้นเติมสารโพลีเมอร์ผสมลงไปประมาณ 1-7.5 กก.ต่อ 1,000 กก. ของ TS ตะกอนน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบเครื่องหมุนเหวี่ยงสำหรับแยกน้ำออกจากตะกอน จะต้องการพื้นที่ในการติดตั้งระบบน้อยกว่าวิธีการอื่น และขณะทำงานของวิธีการนี้ ตะกอนน้ำเสียจะต้องอยู่ในระบบที่ปิดมิดชิด เพื่อให้การทำงานขณะเหวี่ยงจะไม่เกิดกลิ่นออกมารบกวน เครื่องหมุนเหวี่ยงที่นิยมใช้มี 2 ชนิด คือ แบบ Solid Bowl และแบบ Imperforate Basket

3) สายพานรีด (Belt Filter Press) เป็นระบบที่ตะกอนน้ำเสียถูกส่งโดยแผ่นผ้าที่เคลื่อนที่ด้วยลูกกลิ้งเพื่อนำเข้ากระบวนการบีบตะกอนน้ำเสียให้น้ำไหลลงข้างล่าง มีการเติมสารโพลีเมอร์ประมาณ 2-5 กก./1,000 กก. ของTS ระบบมีความสามารถในการกรองเท่ากับ 20-40 กก./ตร.ซม. สามารถบีบตะกอนน้ำเสียได้ค่อนข้างแห้ง 3,000-4,000 กก. ภายในระยะเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อใช้แผ่นผ้าขนาดกว้าง 1.00 ม. จะได้ความเข้มข้นของตะกอนน้ำเสียที่ผ่านระบบ

นี้แล้ว เท่ากับ 20-40 %TS ขณะทำงานจะเห็นตะกอนน้ำเสียเคลื่อนที่ ดังนั้นตะกอนน้ำเสียที่นำมาใช้ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายเรียบร้อยแล้ว มิฉะนั้นจะมีปัญหากลิ่นเหม็นรบกวน และควรมีแผงกั้นไม่ให้อวัยวะส่วนใดของร่างกายถูกลากเข้าไปในสายพาน

4) การอัดกรอง (Filter Press) เป็นระบบที่ใช้แผ่นผ้าทำการบีบตะกอนน้ำเสียที่ได้ ให้ไหลเข้าไปในระหว่างแผ่นผ้าที่ติดกันไว้หลาย ๆ แผ่น มีการสูบตะกอนน้ำเสียด้วยเครื่องสูบลบตะกอนที่มีความดัน 690-1,550 กิโลนิวตัน/ตร.ม. มีความสามารถในการกรองเท่ากับ 5-12 กก./ตร.ซม. เติมนสารเคมีได้แก่ $FeCl_3$ และ CaO เพื่อช่วยเพิ่มส่วนที่เป็นของแข็ง โดยปกติจะได้ตะกอนน้ำเสียที่มีความเข้มข้นประมาณ 40 %TS

5) ลานตากตะกอน (Drying Bed) ใช้แยกน้ำออกจากตะกอนน้ำเสียที่ย่อยสลายแล้วโดยปล่อยให้ตะกอนน้ำเสียในลานให้ความหนาประมาณ 20-30 ซม. แล้วปล่อยให้แห้ง

ซึ่งเกี่ยวกับเรื่องนี้ List et al. (1998) ได้เคยศึกษารูปแบบของการสูบตะกอนน้ำเสียเพื่อแยกตะกอนน้ำเสียออกจากน้ำเสียพบว่า ตะกอนน้ำเสียจะต้องสูบด้วยเครื่องสูบลบประเภท Displacement ที่มีลูกสูบถึง 2 ลูก จึงจะสามารถสูบตะกอนน้ำเสียที่มีความข้นเหนียวนั้นได้ และในเรื่องของการแยกตะกอนน้ำเสียออกจากน้ำเสียนั้น Hermanowicz (1998) ได้รายงานไว้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของของแข็งและความเร็วในการจมตัวของของแข็งจะมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแยกของแข็งออกจากน้ำ

หลังจากการแยกตะกอนน้ำเสียเพื่อปรับปรุงคุณภาพในระบบบำบัดน้ำเสียสามารถกระทำสำเร็จ อันเป็นผลมาจากการศึกษาของนักวิชาการหลายแขนง ขณะเดียวกันก็ได้มีนักวิชาการอีกจำนวนมาก ที่ได้พยายามทำลายตะกอนน้ำเสียนั้นให้เหมาะสม เพราะตะกอนน้ำเสียที่แยกออกมานั้น เป็นผลพวงของสิ่งสกปรกและสิ่งปนเปื้อนรวมทั้งอนุภาคที่ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ มากมาย เช่น Kemp (1997) ได้รายงานการทำตะกอนน้ำเสียให้ขึ้น ว่ามีอยู่หลายวิธี เช่น การใช้สายพานรีดตะกอนน้ำเสีย (Belt Filter Process) การกรองด้วยแผ่นกรอง และการปั่นให้ตกตะกอน และในการศึกษา เช่นเดียวกันนั้น Sawayama et al. (1995) ได้พบว่า ในตะกอนน้ำเสียที่สูบลบออกจากระบบบำบัดน้ำเสียมีความชื้นสูงถึง 84.4 % แต่ถ้าจะทำตะกอนน้ำเสียนั้นให้แห้งจะต้องใช้อุณหภูมิถึง $175^{\circ}C$ ซึ่งในการเผาตะกอนน้ำเสียนั้น พอลลูชัน แคร่ (2544) ได้รายงานไว้ว่า การเผาตะกอนน้ำเสียจะต้องใช้พลังงานคิดเป็นเงินประมาณ 0.15 บาทต่อวัสดุเผา 1 กิโลกรัม ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองไม่น้อย

เราจะเห็นว่า การทำตะกอนน้ำเสียให้มีปริมาณน้อยลงเพื่อสะดวกต่อการกำจัดและการจัดการนั้นเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังเช่นการศึกษาของ Higgins & John (1997) ที่ได้ศึกษาการลดลงของปริมาตรของตะกอนน้ำเสีย โดยการใส่ไอออนบวก (Cation) ลงไปในตะกอนน้ำเสีย มีจุดประสงค์ให้ตะกอนน้ำเสียเกิดการอิมตัวมากขึ้น ให้เกิดผลของปริมาณของตะกอนน้ำเสียที่น้อยลง จากผลดังกล่าวพบว่า หลังใส่ไอออนบวกแล้วปริมาณของกลุ่มโพลิเมอร์ ในตะกอนน้ำเสียลดลงถึง 30-75% จึงกล่าวได้ว่า การจัดการตะกอนน้ำเสียให้มีปริมาณน้อยลงจึงต้องกระทำอยู่

ต่อไป แต่การทำให้ตะกอนน้ำเสียที่มีน้ำอยู่มากมาอยู่ในสภาพน้ำน้อยจนข้นหรือเกือบแห้งก็ต้องใช้พลังไม่น้อยเช่นกัน ดังนั้นเกี่ยวกับเรื่องนี้ได้มีผู้ศึกษา เพื่อจะทำลายปริมาณของตะกอนน้ำเสีย โดยการนำตะกอนน้ำเสียนั้นไปบดเสียก่อน เพราะการจัดการตะกอนน้ำเสียโดยใช้การย่อยสลายสารอินทรีย์จากของเสียที่เป็นของแข็ง โดยกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Fermentation) นั้น สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายออกเป็นส่วนๆ ก่อนนำตะกอนน้ำเสียนั้นไปลดปริมาณโดยวิธีอื่นๆ (Masoud & Dan 1996) และการศึกษาที่สนับสนุนเรื่องนี้เป็น, Chung & Neethling (1988) ได้ศึกษาสารประกอบ ATP (Adenosine Triphosphate) ในกระบวนการหมักตะกอนน้ำเสีย เพื่อดูการแตกตัวทางชีวเคมี (Biochemical Breakdown) ที่ผลมาจากการหมักตะกอนน้ำเสียแบบไร้อากาศ พบว่า ATP ที่พบอยู่ในเซลล์ของ จุลินทรีย์นั้น จะเปลี่ยนสภาพไปตามอายุและตามลักษณะทางกายภาพของการหมักและยังพบอีกว่าถ้าเซลล์นั้น อยู่ในช่วงการเจริญเติบโต (Logarithmic) จะตรวจพบ ATP ระหว่าง 1-6 ATP ต่อ มิลลิกรัม ของเซลล์ แต่ถ้าเซลล์นั้นอยู่ในช่วงไม่เพิ่มการเติบโต (Stationary Phase) ก็จะมีพบ ATP ลดลงเหลือเพียง 0.05-0.80 ATP ต่อ มิลลิกรัม ของเซลล์เท่านั้น ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวจึงทำให้เราทราบว่า เซลล์ของจุลินทรีย์เมื่อมีการเจริญเติบโตสูงสุดแล้วพลังงานในเซลล์จะลดน้อยลงจนเกิดการจับตัวเป็นฟล็อกและตกตะกอนลงสู่ก้นถังโดยแรงโน้มถ่วงของโลก และสามารถแยกออกจากน้ำได้ นักวิชาการจึงพยายามแยกตะกอนน้ำเสียเหล่านี้ออกจากน้ำเสียเพื่อให้ น้ำที่ผ่านถังปฏิกรณ์มาแล้วนั้นมีคุณภาพดีขึ้น

ถ้าเราพิจารณาถึงความพยายามในการจัดการกับตะกอนน้ำเสียที่ผ่านมาเราพบว่า กระบวนการจัดการกับกากตะกอนน้ำเสียโดยเฉพาะตะกอนน้ำเสียนั้น มีขั้นตอนยุ่งยากและสิ้นเปลืองพลังงานจนเรื่องนี้เป็นปัญหาในการจัดการตะกอนน้ำเสีย โดยเฉพาะในเรื่องปัญหาของการกำจัดตะกอนน้ำเสียโดยการเผาไหม้ก็มีปัญหาในเรื่องความชื้นของตะกอนน้ำเสีย เพราะถ้าตะกอนน้ำเสียมีความชื้นสูงในกระบวนการเผาก็จำเป็นต้องใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลือง จึงทำให้ผู้ประกอบการหรือชุมชนบางแห่งที่ประสบปัญหาในการกำจัดตะกอนน้ำเสีย พยายามแก้ปัญหาโดยการนำไปทิ้งที่ทะเล แต่กระนั้นการทิ้งกากตะกอนลงทะเลก็ใช้ว่าจะไม่มีปัญหาเพราะ US.Ocean Dumping Act. (1988) เคยได้กำหนดไว้ว่า การนำตะกอนน้ำเสียไปทิ้งลงทะเลนั้นตะกอนน้ำเสียจะต้องผ่านการบำบัดเสียก่อน ทำให้บางแห่งได้จัดการกับตะกอนน้ำเสียโดยการทำให้ตะกอนน้ำเสียมีปริมาณน้อยลงก่อนการขนส่งไปทิ้งทะเล แม้กระนั้นก็ตามกระบวนการดังกล่าวก็ไม่สามารถทำให้ปัญหาหมดไป เพราะในเรื่องของการอัดตะกอนน้ำเสียให้แน่นจับกันเป็นก้อน (Sludge Cake) ก็ยุ่งยากเช่นกันซึ่ง List et al. (1998) ได้รายงานไว้ว่า การอัดกากตะกอนเพื่อลดปริมาตรนั้น เครื่องอัดจะต้องมีองค์ประกอบพิเศษในเรื่องความดันของการไหล, ความเค้น, แรงที่ใช้ในการอัดจึงสามารถอัดกากตะกอนให้แน่นจับกันเป็นก้อนได้ ซึ่งถ้าหากตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการทำให้ข้นและรีดน้ำมาแล้วนั้น ไม่จำเป็นต้องนำมาอัดอีก สามารถขนส่งเพื่อไปทิ้งหรือไม่ก็จะทำการเผาเพื่อ

กำจัดต่อไป ซึ่งในเรื่องนี้ Ponugoti et al. (1997) มีรายงานว่า การเผาเป็นขั้นตอนที่ทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากที่สุดในกระบวนการจัดการตะกอนน้ำเสีย

เราจะเห็นว่าการจัดการกับตะกอนน้ำเสียโดยการนำไปทิ้ง จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดกับตะกอนน้ำเสียก่อนและยังเสียค่าขนส่งนำไปทิ้งด้วย แต่ถ้าไม่นำไปทิ้งก็จะเสียค่าใช้จ่าย ในการเผาเพราะการใช้ตะกอนน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดเลยในสภาพอ้อมน้ำจะทำให้ น้ำเสียไหลออกมาจากตะกอนนั้นจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก (Hrudey & Elizabeth, 1989) และถ้านำไปเผาก็จะเสียค่าใช้จ่ายมากด้วย ได้มีการรายงานว่ ปัจจุบันประเทศไทยต้องอาศัยพลังงานจากปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน และไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นพลังงานถึง 81.36% จากพลังงานทั้งหมดในประเทศไทย (สุจินดา ลักขณาอดิศร และคณะ, 2545)ทำให้ประเทศไทย จำเป็นต้องลดการใช้พลังงานทุกชนิดในสภาวะที่พลังงานมีราคาสูงขึ้นตลอดเวลา ซึ่งการแก้ไข ปัญหาดังกล่าวคือการหันมาใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

2.3 ความต้องการธาตุอาหารของพืชทางการเกษตร

2.3.1 สภาพความเสื่อมโทรมของดินทำการเกษตร

ประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 321 ล้านไร่ แบ่งออกเป็นภาคต่างๆ ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 106 ล้านไร่ ภาคเหนือ 106 ล้านไร่ ภาคกลาง 65 ล้านไร่ และภาคใต้ 44 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 33,33,20 และ 14 ของพื้นที่ทั้งหมดตามลำดับ ในจำนวนดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่ถือครองทางการเกษตร 131 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่อื่นๆ 190 ล้านไร่ ไม้ผล และไม้ยืนต้น 20 ล้านไร่ สวนผักและไม้ดอก 0.8 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 52,25,15 และ 0.64 ของพื้นที่ที่ถือครองทางการเกษตรตามลำดับ (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2538)

ในปี พ.ศ. 2537 ประเทศไทยมีประชากรประมาณ 59.3 ล้านคน และในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528-2537 มีประชากรเพิ่มขึ้น 6.5 ล้านคน โดยจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นคิดเป็นอัตราเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.2 ต่อปี เมื่อพิจารณาประชากรที่อยู่ในภาคเกษตร พบว่า มีมากกว่าร้อยละ 62 ซึ่งเพิ่มขึ้นจาก 34 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2528 เป็น 37 ล้านคนในปี พ.ศ. 2536 และเพิ่มเป็น 39 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2539 ส่วนผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นผลผลิตที่ได้มาจากพืช คิดเป็นร้อยละ 60 จึงทำให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งออกสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญประเทศหนึ่ง ถึงแม้ว่าในช่วง 20 ปีที่ผ่านมาผลผลิตทางการเกษตรจะได้เพิ่มขึ้นบ้าง แต่ด้วยพื้นที่เพาะปลูกของประเทศมีอยู่จำนวนจำกัดทางเลือกของการเพิ่มผลผลิตจึงจำเป็นต้องเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น เพื่อให้เพียงพอสำหรับการบริโภคภายในประเทศและส่งออกเป็นสินค้าออกไปขายยังต่างประเทศ ด้วยเหตุนี้เกษตรกรจำเป็นต้องอาศัยปุ๋ยเคมีและสารเคมีหลายประเภท เพื่อเพิ่มผลผลิตอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายสิบปี

เกี่ยวกับเรื่องนี้ ประสาท เกศวพิทักษ์ (2535) ได้รายงานว่ ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 70 % เป็นดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งมีอินทรีวัตถุ (Organic Matter; OM) ต่ำกว่า 1:5% มีค่า CEC ต่ำกว่า 5 me/100 g มีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus; Avai-P) ต่ำกว่า 10 ppm และมีค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium)ระหว่าง 30-90 ppm เท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของจักรพงษ์ เจริญศิริ และคณะ (2532) ที่ได้รายงานไว้ว่า ดินนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก เนื่องมาจากในช่วง 15 ปี ที่ผ่านมามีการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อขยายพื้นที่เพาะปลูกในอัตราไม่ต่ำกว่าปีละ 4-5 ล้านไร่ แม้ว่าในระดับประเทศจะมีผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่ฐานะทางเศรษฐกิจของประชากรส่วนใหญ่ไม่ได้ดีขึ้น ป่าไม้ที่ใช้ทำเป็นพื้นที่เพาะปลูกเริ่มลดลง ดินขาดความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น (วรสิทธิ์ วัชรโรทยาน, 2528) เช่นเดียวกับการรายงานของ ออมทรัพย์ นพอมรบดี (2542) ที่ได้รายงานไว้ว่า ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เสื่อมโทรมลงจากการเพาะปลูกต่อเนื่องกันเป็นเวลาหลายปีนี้เป็นปัจจัยหลักของการประสบปัญหาต่าทางเศรษฐกิจ เนื่องจากธาตุอาหารสูญเสียไปกับพืชที่ถูกเก็บเกี่ยวออกไป และในการฟื้นฟูสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินให้กลับคืนมาต้องเสียค่าใช้จ่ายมหาศาล (ทัศนีย์ อัดตะนันท์, 2542)

ดังนั้น จะเห็นว่าดินและพื้นที่ทำการเกษตรของประเทศไทยกำลังขาดความอุดมสมบูรณ์มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพัฒนาพื้นที่ทำการเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตและความอยู่รอดของเกษตรกร

2.3.2 สถานการณ์การใช้ปุ๋ยเคมีในประเทศไทย

พรรณพิมล ชัญญานุวัตร & พรชัย สุภาวิตา (2539) ได้รายงานไว้ว่าประเทศไทยใช้ปุ๋ยเคมี ในปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 1.25 ล้านเมตริกตัน ในปี พ.ศ. 2527 เป็น 3.2 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2536 ดังที่ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจการค้า กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ (2542) รายงานว่า ประเทศไทยได้สั่งปุ๋ยเคมีเข้าจากต่างประเทศในปี พ.ศ. 2540 จำนวน 2.99 ล้านเมตริกตัน ในปี พ.ศ. 2541 จำนวน 3.1 ล้านเมตริกตัน คิดเป็นเงินหลายหมื่นล้านบาทต่อปี ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สถานการณ์การสั่งปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศ

ปี พ.ศ.	ปริมาณปุ๋ยเคมีที่นำเข้า (ล้านเมตริกตัน)	เปลี่ยนแปลง (ตัน)
2527	1.24	-
2528	1.25	+10,000
2529	1.35	-
2530	1.55	+200,000
2531	1.99	+440,000
2532	2.29	+300,000
2533	1.65	+640,000
2534	2.48	+830,000
2535	2.81	+330,000
2536	3.19	+380,000
2540	2.99	-200,000
2541	2.88	+110,000
2542	3.17	-290,000

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจการค้า กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ (2532; 2537; 2543)

ปริมาณของปุ๋ยเคมีที่ใช้กับพืชในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมานั้น ข้าวคือพืชที่ใช้ปุ๋ยเคมีมากที่สุด รองลงมาคือ พืชไร่ สวนผลไม้ ไม้ยืนต้น พืชผักและไม้ดอก มีการใช้ปุ๋ยเคมีใกล้เคียงกันโดยเกษตรกรไทยต้องใช้ปุ๋ยสำเร็จรูปเป็นปุ๋ยเชิงประกอบและปุ๋ยเชิงผสมสูตรต่างๆ ร่วมกับปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในนาข้าวส่วนใหญ่เป็นสูตร 16-20-0 และ 16-16-8 โดยใช้กับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย ส่วนพืชไร่สูตร 15-15-15 และ 15-20-0 ร่วมกับยูเรียเพียง เล็กน้อย พืชผักและไม้ดอกจะใช้ปุ๋ย ยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟตร่วมกับ 16-20-0 หรือ 15-15-15 เป็นส่วนใหญ่ มีเกษตรกรส่วนน้อยมากที่เพิ่มผลผลิตโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ (พรรณพิมล ชัญญานุวัตร & พรชัย สุภาวิตา, 2539)

จากสถิติการเกษตรของประเทศไทยที่ผ่านมา เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 2.3 โดยนำพื้นที่เพาะปลูก ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่มาพิจารณาร่วมกันจะเห็นว่า ในกรณีของข้าวซึ่งเป็นพืชอาหารหลักของประเทศไทย ในช่วงระยะเวลา 10 ปี ที่ผ่านม้อัตราการเพิ่มผลผลิตมีน้อยมากจนเกือบจะไม่มีเลยหรือในบางช่วงพบว่าผลผลิตลดลงต่ำกว่าจากปีก่อน ๆ ดังเช่นกรณีของพืชเศรษฐกิจอย่างอื่น (ในตารางที่ 2.4) ก็พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้าย ๆ กันกับกรณีของผลผลิตข้าว

โดยมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ผลผลิตของข้าวต่อไร่ เมื่อปี พ.ศ. 2526 มีประมาณ 262 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากนั้นประมาณ 10 ปี ผลผลิตเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 300 กิโลกรัมต่อไร่และในปัจจุบันผลผลิตไม่ได้เพิ่มขึ้นมากนัก อัตราการเพิ่มมีน้อยมาก มีลักษณะคล้ายกับข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง อ้อย ถั่วเขียว และถั่วลิสง เช่นเมื่อปี พ.ศ. 2526 มีผลผลิตต่อไร่เป็น 337, 197, 2220, 7127, 103 และ 220 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากนั้นประมาณ 10 ปี ผลผลิตเปลี่ยนแปลงเป็น 435, 205, 2189, 5829, 109 และ 218 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จากนั้นจนถึงปัจจุบันผลผลิตดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพียงร้อยละ 1.052 เท่านั้น

ตารางที่ 2.3 ข้าว: พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิตรวม และผลผลิตต่อไร่ ของข้าวนาปีระหว่างปี 2531/32-2541/42

ปี พ.ศ.	พื้นที่เพาะปลูก (ล้านไร่)	ผลผลิต (ล้านตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)
2531/32	59.372	17.882	301
2532/33	59.195	18.477	312
2533/34	58.205	14.902	2.56
2534/35	55.177	17.518	317
2535/36	56.295	17.302	307
2536/37	56.153	16.483	294
2537/38	56.373	18.161	322
2538/39	57.407	17.729	309
2539/40	57.291	17.782	310
2540/41	56.958	18.789	330
อัตราเพิ่มร้อยละ	-0.348	0.387	1.052

ตารางที่ 2.4 ผลผลิตของพืชไร่บางชนิดในประเทศไทย

ปี พ.ศ.	ผลผลิต กิโลกรัม /ไร่						
	ข้าว	ข้าวโพด	ข้าวฟ่าง	มันสำปะหลัง	อ้อย	ถั่วเขียว	ถั่วลิสง
2526	292	337	197	2,220	7,127	103	220
2529	290	290	353	1,969	7,521	96	217
2532	312	393	197	2,394	7,823	115	215
2535	307	435	205	2,189	5,829	109	218
2538	309	498	219	2,084	7,569	107	230
2542	320	540	240	2,390	8,613	116	240

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจการค้า กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ (2536)

รายงานของ เล็ก มอญเจริญ & สุนันท์ อุณาภรณ์ (2535) ได้รายงานไว้ว่า ประเทศไทยมีการทำนาและปลูกพืชบนดินที่ไม่เหมาะสมประมาณ 28 ล้านไร่ เป็นผลให้ผลผลิตต่ำลง จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อการเกษตรเพิ่มขึ้นปีละ 9.7 % ซึ่งเรื่องนี้ วิศิษฐ โชลิตกุล (2528) ได้เสนอไว้เช่นกันว่า การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรสามารถทำได้ 2 แนวทางคือ การขยายพื้นที่เพาะปลูก และการเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สอดคล้องกับ พิชิต หงษ์สกุล (2528) ที่ได้รายงานไว้ว่าผลผลิตของพืชจะไม่เพิ่มขึ้นถ้าปริมาณธาตุอาหารของพืชไม่เพียงพอและการใช้ปุ๋ยในปริมาณต่ำทำให้เป็นปัจจัยจำกัดของผลผลิต อีกทั้งยังทำให้พื้นดินเสื่อมโทรมลงทุกที ดังนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีจึงเป็นส่วนช่วยอีกทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้ได้ตามเป้าหมาย (สุพันธ์ รัตนะรัต & ปรีดา พากเพียร, 2527)

จากข้อมูลที่กล่าวมาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ประเทศไทยจะต้องใช้ปุ๋ยเพื่อพื้นที่การเกษตร โดยเฉพาะปุ๋ยเคมี ซึ่งต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบันมีปุ๋ยใส่ทางดินถึง 82 สูตร ปุ๋ยทางใบ 52 สูตร และปุ๋ยน้ำอีก 19 สูตร (อรุณี เจริญศักดิ์ศิริ, 2539) ซึ่งเห็นว่าประเทศไทยมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นผลให้มีการสั่งซื้อปุ๋ยเคมีมาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ดังเช่นรายงานของ ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจการค้า (2543) ได้ชี้ว่าประเทศไทยมีการสั่งซื้อปุ๋ยจากต่างประเทศในปี 2542 จำนวน 3.56 ล้านตันคิดเป็นเงินถึง 17,190 ล้านบาท และในปีต่อมาก็มีการสั่งซื้อปุ๋ยจากต่างประเทศอีกจำนวนปีละ 3.50 ล้านตันเป็นเงินปีละ 21,608 ล้านบาท (ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจการค้า, 2545) จนถึงปี 2545 ประเทศไทยสั่งซื้อปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศถึง 3.67 ล้านตัน คิดเป็นเงิน 22,112 ล้านบาท และในปี 2547 ก็มีการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นเป็นถึง 4.71 ล้านตัน คิดเป็นเงินถึง 26,403 ล้านบาท (ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจการค้า, 2546; 2547)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า ประเทศไทยกำลังประสบภาวะพื้นดินเสื่อมโทรมเป็นผลให้ผลผลิตของประเทศโดยรวมลดลงจำเป็นต้องเพิ่มผลผลิตโดยการใช้ปุ๋ยเคมีทดแทนธาตุอาหารที่หายไป จากการเก็บเกี่ยวอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

2.3.3 สถานการณ์ปุ๋ยอินทรีย์

จำลอง กกรมย์ (2538) รายงานไว้ว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำกว่า 1 % เนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ ได้แก่ สภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นทำให้อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์วัตถุในดินเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว อีกทั้งการทำเกษตรอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานโดยไม่มีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินเลย ประกอบกับดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายทำให้ดินเกิดการชะล้างหน้าดินสูง รวมทั้งการใช้ที่ดินอย่างไม่ถูกต้องเหล่านี้คือปัจจัยหลักที่ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการใส่ปุ๋ยที่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ให้กับดินจึงเป็นแนวทางเดียวที่จะช่วยยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินให้กลับคืนมาได้ ดังเช่นพัชรี แสนจันทร์ และคณะ (2535) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอินทรีย์วัตถุประเภทฟางข้าวที่ใส่ลงไป ในดินเป็นเวลานานถึง 17 ปี ทำให้ดินมีคุณสมบัติทางกายภาพดีกว่าดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าว ซึ่งพบธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มมากขึ้น แล้วยังมีผลต่อการยกระดับ pH ของดินอีกด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ วรณลดา สุนันทพงษ์ศักดิ์ และคณะ (2532) ที่ได้รายงานไว้ว่า ปุ๋ยหมักมีผลต่อการเพิ่มคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน โดยพบว่า ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินเพิ่มสูงขึ้น ความหนาแน่นรวมของดินลดลงและเกี่ยวกับเรื่องปุ๋ยหมักนั้น เสียงแจ้ว พิริยพณฑ์ และคณะ (2532) ก็ได้ศึกษาผลของการใช้วัสดุต่างๆ ในการทำปุ๋ยหมักต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์โดยใช้ฟางข้าว กากอ้อย เศษปอ และผักตบชวา ผลการทดลองพบว่า วัสดุต่างชนิดกัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และสูงสุดเมื่อวัสดุหมักมีค่า C/N ต่ำ ในลักษณะเดียวกันกับที่ พิทยากร ลิ้มทอง (2535) ได้เสนอไว้ว่าการใส่อินทรีย์วัตถุ โดยเฉพาะปุ๋ยหมักลงในดิน ทำให้ดินมีปริมาณของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (Microorganism) โดยเฉพาะแบคทีเรียอย่างชัดเจนซึ่ง สุจินต์ พนาปวุฒิกุล (2540) ก็ได้รายงานไว้ว่า การใช้กากถั่วเพื่อทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์นั้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง เช่นเดียวกับที่ นันทกร บุญเกิด (2535) ได้เสนอไว้ว่าปุ๋ยอินทรีย์เป็นปัจจัยสำคัญในการที่จะทำให้ภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินคงอยู่หรือเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ อรพรรณ วิเศษสังข์ & จุมพล สารระภาค (2541) ก็ได้รายงานไว้ว่า จุดประสงค์หลักของการเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงในดินอาจจะไม่เป็นเพียงการเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงในดินอย่างเดียว แต่เป็นการเร่งหรือกระตุ้นให้จำนวนประชากรของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มมากขึ้น และเมื่อกระบวนการนั้นเกิดขึ้นแล้วจะส่งผลในการยับยั้งการออกของสปอร์และการเจริญของเส้นใยของเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคพืชบางชนิดได้ และยังสามารถไปย่อยสลายส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อสาเหตุโรคพืชบางชนิดได้ด้วย เช่นที่ไบเฟิร์น (2542) ได้ทดลองใช้ปลาหมักมาทดลองแทนธาตุไนโตรเจนที่ให้กับพืช ผลการทดลองพบว่า ปุ๋ยปลาหมักมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทดลองได้จริง โดยข้อดี

ของปลานอกจากจะมีไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักของพืชแล้ว ไนโตรเจนที่ติดมากับชิ้นส่วนปลา ยังทำหน้าที่เป็นสารจับใบช่วยทำให้การใช้ปุ๋ยทางใบมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ส่วน เอกนิศย์ หาญศักดิ์ (2538) ได้รายงานเกี่ยวกับอินทรีย์วัตถุในดินไว้เช่นกันว่าใบไม้หรือซากใบไม้ที่หล่นลงสู่ดินจะถูกสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กช่วยกันย่อยสลายแล้วเปลี่ยนสภาพโปรตีนในใบไม้ให้อยู่ในรูปแอมโมเนียและกลายเป็นไนเตรด ซึ่งพืชสามารถดูดใช้ได้

จากการศึกษาที่ผ่านมามีข้อสรุปที่ชัดเจนว่า การใส่อินทรีย์วัตถุลงในดินไม่ได้มุ่งหวังเพื่อให้ธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้นเป็นวัตถุประสงค์หลักเพราะอินทรีย์วัตถุไม่ใช่ธาตุอาหารของพืช แต่อินทรีย์วัตถุเป็นเศษซากพืชซากสัตว์เมื่อสลายตัวแล้วจะให้ธาตุซึ่งเป็นองค์ประกอบแห่งชีวิตที่เคยมีมา ซึ่งบทบาทของอินทรีย์วัตถุในการปรับปรุงดิน และให้ธาตุอาหารพืชข้างนั้นเป็นที่รู้จักกันเป็นเวลานานแล้ว (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2527) และยิ่งในปัจจุบันประเทศไทยที่มีอาชีพทางเกษตรกรรมเป็นหลักมีการใช้ที่ดินเพื่อการผลิต ผลผลิตทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง เป็นสาเหตุให้ดินมีอัตราการเสื่อมโทรมทางอินทรีย์วัตถุอย่างรวดเร็วพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศมีอยู่ไม่น้อยกว่า 215 ล้านไร่ นั้น มีอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำมาก (ดาวรุ่ง สังข์ทอง และคณะ, 2539) โดยอินทรีย์วัตถุนั้นสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดความเสื่อมโทรมของดินได้ ดังที่ สมญา ตั้งตระกูลพงษ์ & ปัทมา วิทยากร (2547) ได้รายงานว่าการใช้ที่ดินและการจัดการดินมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งสอดคล้องกับ ปัทมา วิทยากร (2534) ที่รายงานไว้ว่าการใช้ที่ดินและการจัดการดินมีอิทธิพลอย่างสูงต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินและในระบบนิเวศน์ที่ได้รับอินทรีย์วัตถุกลับคืนสม่ำเสมอ เช่น ดินป่าไม้หรือระบบที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จะมีอินทรีย์วัตถุความจุของการแลกเปลี่ยนไอออนบวกและปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและแมกนีเซียมสูงกว่าดินที่มีการให้อินทรีย์วัตถุกลับคืนน้อยกว่า ดังนั้น การใช้อินทรีย์วัตถุใส่ในดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินและแก้ไขปัญหาคือการเสื่อมโทรมของดินเกษตรกรรมนั้น สมญา ตั้งตระกูลพงษ์ (2543) ได้สรุปไว้ว่า ปริมาณของอินทรีย์วัตถุจะต่ำลงเมื่อใช้ที่ดินทำการเกษตร การเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินจึงเป็นสิ่งที่ไม่อาจหลีกเลี่ยง เช่นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเป็นอินทรีย์วัตถุให้กับดินนั้น จะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการย่อยสลาย (พิทยากร ลี้มทอง, 2535)

ในปัจจุบัน นโยบายของรัฐบาลเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์เพื่อพัฒนาความยั่งยืนของการทำการเกษตรนั้น ถูกนำมาพิจารณาชัดเจนขึ้น โดยรัฐบาลได้จัดคณะทำงานจัดทำยุทธศาสตร์ปุ๋ยชีวภาพเป็นวาระแห่งชาติ 2547 ซึ่งยุทธศาสตร์ดังกล่าว ได้กำหนดแผนการขับเคลื่อนเป็นช่วงๆไว้ 3 ระยะคือ ในปี 2548 จะมีแผนการหยุดและลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรจนถึงปี 2550 ทำการฟื้นฟูสมรรถภาพของดินและในปี 2552 มีแผนในการสร้างความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการใช้เกษตรอินทรีย์เป็นสำคัญ (คณะทำงานจัดทำยุทธศาสตร์ปุ๋ยชีวภาพ เป็นวาระแห่งชาติ ภายใต้การกำกับดูแลของรองนายกรัฐมนตรี นายจตุรนต์ ฉายแสง, 2547) ดังนั้น การเกษตรที่ลดการใช้สารเคมีจึงเป็นแนวทางที่นักวิชาการได้ศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบาย

ดังกล่าวที่ผ่านมา เพราะการเกษตรแบบนี้เชื่อว่าจะต้องทำให้พื้นที่เพาะปลูกมีความอุดมสมบูรณ์อย่างไม่มีที่สิ้นสุดประกอบกับการใช้ทรัพยากรจะต้องพยายามทำให้กลับคืนสู่สภาพที่ใช้ใหม่ได้รวมทั้งให้เกิดการค้ำจุนรักษาพลังงานชีวิตหรือกิจกรรมทางชีวภาพได้เป็นอย่างดี

2.4 การศึกษาเกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์

จากกระแสของการนำมวลชีวภาพกลับคืนสู่ดิน เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินในเชิงของการเกษตรธรรมชาตินั้น กอบแก้ว ตรังคงสิน (2536) เสนอว่า เกษตรที่มีการลดและหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีรวมทั้งสารสังเคราะห์ถือเป็นเกษตรธรรมชาติทำให้มีผู้หันมาใช้ปุ๋ยชีวภาพทดแทนปุ๋ยเคมีเพื่อเป็นการลดการใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้น เช่น พีชฉัตตา ธาราณกุล & ธนพร ขจรผล (2547) ได้ทดลองใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเป็นการลดการใช้ปุ๋ยเคมีโดยทดลองในดาวเรือง ผลการทดลองพบว่า หน่วยการทดลองที่ได้รับปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าหน่วยทดลองที่ได้รับปุ๋ยคอกเพียงอย่างเดียวหรือปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกันกับ ประสงค์ เชาวน์ปรีชา & เจริญ พลปักพี (2538) ได้ทดลองใช้ปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนใส่ไบหม่อน ซึ่งผลการทดลองพบว่า หม่อนที่ได้รับปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมีมีอัตราการเจริญมากกว่าหน่วยทดลองที่ได้รับปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวและสอดคล้องกับงานทดลองของ นิรันดร์ สิงหบุตรา (2539) ที่ได้เสนอไว้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีนั้น ปุ๋ยอินทรีย์จะส่งเสริมให้ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพสูงสุดเพราะปุ๋ยอินทรีย์มีจุลินทรีย์อยู่มากมายเกี่ยวกับเรื่องนี้ นันทวัน ฤทธิเดช (2547) รายงานว่า ในการหมักอินทรีย์วัตถุเป็นปุ๋ยชีวภาพนั้นจะมีแบคทีเรีย เชื้อรา และเอนไซม์ในมัยชีสมากมาย ในการทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์จึงทำให้เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์ในดินทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น

ในเรื่องปริมาณธาตุอาหารจากปุ๋ยอินทรีย์นั้น พบว่า การศึกษาที่ผ่านมาได้ทดสอบปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยดังกล่าว แต่พบในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ เช่น ประไพ ชัยโรจน์ (2536) ได้ตรวจสอบปุ๋ยอินทรีย์จากเทศบาลพบว่า มีไนโตรเจนรวม (Total-N) เพียง 0.88 % เท่านั้นและพิทยากร ลิ้มทอง & ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวโรจน์ (2535) ได้ศึกษาระดับธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักพบว่า มีไนโตรเจน 1.07 % (± 0.53) ปริมาณฟอสฟอรัส 0.37 % และโพแทสเซียม 2.92 % (± 1.82) สอดคล้องกับการศึกษาของ ซอบ คณะฤกษ์ (2546) ที่รายงานไว้ว่า ธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ มีค่า N : P₂O₅ : K₂O ประมาณ 1 : 0.5 : 0.7 และถ้าต้องการให้ได้ธาตุอาหารหลัก 10 : 5 : 7 ต้องใช้ปุ๋ยอินทรีย์ประมาณ 1,500 kg / ไร่

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นเห็นว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีนั้นมีการตื่นตัวสูงสุดในช่วงเวลานี้ ทำให้ของเสียที่เป็นอินทรีย์สารถูกจับตามองอย่างมีคุณค่าในเชิงเศรษฐกิจ เพราะการนำของเสียกลับมาใช้นอกจากลดภาระในการกำจัดแล้วยังได้ประโยชน์จากการใช้ของเสียอีกด้วย

2.5 การใช้ของเสียในทางการเกษตร

2.5.1 ความเป็นไปได้ของการใช้ของเสีย

สาเหตุของความเสื่อมโทรมของที่ดินในการทำการเกษตรและความพยายามในการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ร่วมกับการศึกษาเพื่อนำวัตถุชีวภาพต่างๆ เช่น สารอินทรีย์ หรือเศษซากอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตกับการใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีอย่างสูงสุดที่ต้องการทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมีนั้น ทำให้ความเป็นไปได้ในการนำของเสียจากชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ เพื่อทดแทนธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีปรับปรุงอินทรีวัตถุในดินและคาดหวังว่าของเสียเหล่านั้นจะสามารถทดแทนธาตุอาหารที่มาจากปุ๋ยเคมีได้บ้างถึงแม้ว่าจะต้องใส่ในอัตราที่สูงมากก็ตาม เกี่ยวกับเรื่องนี้ ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา (2528) ได้เสนอว่า การนำเอาวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ (Organic Waster Material) มาใช้เป็นปุ๋ยข้าวโดยทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนพบว่า ในหน่วยทดลองที่ได้รับวัสดุอินทรีย์นั้น มีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าหน่วยทดลองที่เป็นชุดควบคุม เช่นเดียวกับ สุจินต์ พนาปุฒิกุล (2540) ที่เคยรายงานไว้ว่าการใช้กากถั่วเพื่อทำปุ๋ยอินทรีย์นั้น สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้โดยตรง และในกรณีของ ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา (2538) ได้ทดลองใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับผักกวางตุ้งผลการทดลองพบว่า ผักกวางตุ้งที่ได้รับปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำทิ้งมีอัตราการเจริญเท่ากับปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่วนทรงขาว อินสมพันธ์ และคณะ (2545) ได้รายงานไว้ว่า การใช้น้ำเสียจากเทศบาลนครเชียงใหม่ปลูกข้าวเปรียบเทียบกับการปลูกด้วยน้ำบาดาลผลการทดลองพบว่า ผลการเจริญเติบโตของข้าวนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับ ไชคชัย ไชยมงคล และคณะ (2545) ได้ทดลองปลูกผักคะน้า โดยใช้น้ำทิ้งเปรียบเทียบกับน้ำธรรมชาติ ผลการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตของผักนั้นไม่แตกต่างกัน

ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาทำให้เห็นว่า ความพยายามในการนำของเสียกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเป็นการกำจัดของเสีย แต่กลับได้ผลตอบแทนทางด้านธาตุอาหารพืชและการปรับปรุงความเสื่อมโทรมของดินได้อีกทางหนึ่งด้วย ดังนั้น แนวคิดของการใช้ของเสียดังกล่าวจึงเป็นแนวทางที่มีผู้สนับสนุนอยู่มาก

2.5.2 การนำตะกอนน้ำเสียมาใช้ทางการเกษตร

ด้วยเหตุที่ การนำของเสียอินทรีย์กลับมาใช้ในทางการเกษตรกำลังเป็นที่นิยม จึงทำให้มีนักวิชาการหลายท่าน นำเอาตะกอนน้ำเสียมาใช้เป็นวัสดุบำรุงดินเพราะเป็นการนำเอาทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ อีกทั้งเป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นมานานในเรื่องของการจัดการกับตะกอนน้ำเสียนั้นเรื่องนี้ Dcmijian et al. (1984) รายงานว่า การจัดการกับตะกอนน้ำเสียโดยการทำให้แห้งแล้วนำไปเผาในเตาจะทำให้เป็นปัญหาหลังจากการเผา เพราะเถ้าของตะกอนน้ำเสีย อาจจะมีปัญหาเกี่ยวกับโลหะหนักที่ผสมอยู่ ซึ่งถ้าเถ้าของตะกอนน้ำเสียมีโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ด้วย จะมีความยากลำบากในการนำไปกำจัด เป็นผลให้วิธีการเผาตะกอนในเตาเผาไม่เป็นที่นิยมเท่าที่ควร เมื่อเป็นดังนี้วิธีการจัดการตะกอนน้ำเสียจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่ใช้ในงานศึกษาในเรื่องนี้นั้น Crites & David (1987) ได้รายงานว่าการนำตะกอนน้ำเสียมาเพื่อใช้ใน

ทางการเกษตรนั้นจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะนำมาสู่ผลกำไรทางการเกษตร โดยระบบจะผลิตตะกอนแขวนลอย (Suspended Solid) ออกมาถึง 75 % ของปริมาณน้ำเสีย ซึ่งในเมือง Santiago จะมีปริมาณมากถึง 122–136 ตัน/ วัน ส่วน Abekrand & Ozaki (1998) ก็ได้รายงานไว้เช่นกันว่าการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียให้มีค่าใช้จ่ายในการบำบัดถูกลงนั้น จะต้องเอากระบวนการของธรรมชาติมาใช้ให้มากที่สุด เช่น การลดไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในน้ำเสียก็ต้องใช้พืชในการลด แต่ถ้าเป็นตะกอนน้ำเสียก็จะใช้เป็นธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มคุณค่า จึงทำให้มีผู้สนใจนำตะกอนน้ำเสียมาใช้ปรับปรุงดินและการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมากยิ่งขึ้น โดยในส่วนของตะกอนน้ำเสียเองก็มีศักยภาพเพียงพอที่จะสามารถนำมาใช้ในการเกษตรได้ เช่น เมื่อนำตะกอนน้ำเสียที่ผ่านการหมักแล้วใส่ลงไปในดินแล้วพบว่าดินที่ pH สูงๆ จะลดลง อีกทั้งดินที่รับทรีทเมนต์ดังกล่าวยังมีค่า CEC สูงขึ้นด้วย (Mareno et al., 1997) เพราะสัดส่วนของ C/N ในตะกอนน้ำเสียจากถังตกตะกอนชั้นแรกจะมีค่า C/N เท่ากับ 11.65 ส่วนในแอ็คติเวจเต็ดตะกอนน้ำเสีย มีค่าเพียง 6.25 เท่านั้นปรากฏการณ์ที่พบเป็นผลมาจาก ในตะกอนน้ำเสียมีค่าของสารประกอบไนโตรเจนสูงมาก จากการศึกษาของ Gilmour & Clark (1988) ได้รายงานเกี่ยวกับเรื่องนี้ไว้ว่าไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (Available Nitrogen) ในตะกอนน้ำเสียมีค่าสูงที่สุดถึง 20 % ของอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen) แต่การนำไปใช้นั้นก็มีหลายกระบวนการที่จะทำให้เกิดประโยชน์และปลอดภัย ดังเช่น มีรายงานว่า ก่อนนำตะกอนน้ำเสียมาใช้ประโยชน์จะต้องฆ่าเชื้อโรคด้วยการปรับ pH ให้มีค่าสูงขึ้นก่อนใส่ดิน ซึ่งหลังจากใส่ดินแล้ว ดินนั้นจะมีค่าความหนาแน่นรวม (Bulk Density) ลดลงเหลือเพียง 0.59 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และยังมีพรุนรวม (Total Porosity) มากขึ้นถึง 70% ซึ่งน่าจะเป็นผลดีหลังจากใส่ทรีทเมนต์ ส่วนในเรื่องคุณภาพของตะกอนน้ำเสียได้มีการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบไม่น้อยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น Lerch et al. (1993) ได้พยายามสกัดโปรตีนออกมาจากตะกอนน้ำเสีย เพื่อดูความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในตะกอนน้ำเสีย ก่อนนำไปใช้เพื่อเป็นวัสดุทางการเกษตร ซึ่งเราจะเห็นว่าการเลือกใช้ตะกอนน้ำเสียเพื่อให้เกิดประโยชน์ จะเป็นทางเลือกที่ดีในการจัดการตะกอนน้ำเสียที่มีอยู่ในปัจจุบัน

2.5.3 องค์ประกอบของตะกอนน้ำเสีย

นิตยา มหาผล (2532) เคยสำรวจคุณลักษณะของตะกอนน้ำเสียแห่งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียนโรงพยาบาลชลบุรี พบลักษณะของตะกอนน้ำเสียดังนี้

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของตะกอนน้ำเสียแบบคลองวนเวียนในโรงพยาบาล

Parameter	ค่าที่วัดได้
การตรวจวิเคราะห์ NPK	
Total Nitrogen (N)	5.3%
Total Phosphorus (P ₂ O ₅)	4.3%
Total Potassium (K ₂ O)	0.06%
Organic Matter	43%
Phosphorus (Available by Bray II) P ₂ O ₅	2.5%
Potassium (NH ₄ Extract) K ₂ O	0.04%
ปฏิกิริยาความเป็นกรด - ด่าง และปริมาณ	
เกลือละลายของตัวอย่างตะกอน	
pH (Water, Paste)	59
pH (Water, 1: 5)	6.0
Elect, Conductivity of Sat, Extract Millimhos/cm	15
Saturation Extract Cation Na	27 mg / 100 g
Ca	120 mg / 100 g
Mg	75 mg / 100 g
K	100 mg / 100 g
Anions	
CO ₃	0 mg / 100 g
HCO ₃	44 mg / 100 g
CL	15 mg / 100 g
SO ₄	638 mg / 100 g
Saturation Percentage	233%
Total Soluble Salt	1.02%

George (1991 อ้างถึงใน ผกาวดี นารอง, 2542) ได้ศึกษาองค์ประกอบของตะกอน น้ำเสีย จากน้ำเสียชุมชนที่ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง พบว่ามีคุณลักษณะดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 องค์ประกอบของตะกอนน้ำเสียชุมชน

Parameter	ค่าที่วัดได้
Nitrogen (%)	2.40–5.0
Phosphorus (Available, %)	2.80–11.0
Potassium (Exchangeable, %)	0.5–0.7
pH	6.5–8.0

ศรัณยา เปี้ยแดงและสุภัจฉรี วงศ์สุบรรณ (2535) ได้ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในตะกอนน้ำเสียจากโรงพยาบาลชุมชน พบว่ามีธาตุอาหารหลักดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ปริมาณธาตุอาหารหลักในตะกอนน้ำเสียจากโรงพยาบาลชุมชน

Parameter	ค่าที่วัดได้
Nitrogen (%)	1.92–5.96
Phosphorus (%)	0.3–8.5
Potassium (%)	0.3–0.4

การศึกษา ที่ผ่านมามีนักวิชาการหลายท่านได้ศึกษาองค์ประกอบของตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อดูความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการปรับปรุงดินและใช้ประโยชน์ในทางเกษตรซึ่ง Sommer (1997) ทำการสำรวจองค์ประกอบตะกอนน้ำเสีย โดยทำการรวบรวมข้อมูลจำนวน 30 องค์ประกอบ ในตัวอย่างตะกอนน้ำเสียมากกว่า 250 ตัวอย่าง ที่นำมาจากระบบบำบัดน้ำเสียประมาณ 150 แห่ง แล้วนำมาตรวจสอบ พบว่าในกรณีของค่า N, P, K นั้นค่าเฉลี่ยของ N เท่ากับ 4.2% , P เท่ากับ 3.0 % และ K เท่ากับ 0.3% และจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนแบบ Aerobically Digested Sludge มี N เท่ากับ 4.8%,P เท่ากับ 2.7% และ K เท่ากับ 0.4% จากการศึกษาในครั้งนั้น พบว่าคุณลักษณะของตะกอนน้ำเสียขึ้นอยู่กับแหล่งผลิตตะกอนน้ำเสียเป็นสำคัญส่วน Rydin & Otabbong (1997) รายงานเกี่ยวกับปริมาณโพแทสเซียมในตะกอนน้ำเสียว่า ในตะกอนน้ำเสียที่นำมาจากระบบบำบัด น้ำเสียชุมชนมีค่าโพแทสเซียม ระหว่าง 30–35 gm/kg และ Martensson & Torstensson (1996) ได้ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจน ในตะกอนน้ำเสียชุมชนจำนวน 6 แห่ง พบว่ามีค่าไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen) เท่ากับ 1.4–3.7% ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ กัลยา สุนทรวงศ์สกุล และคณะ (2536) ที่ได้รายงานไว้ว่า ในตะกอนน้ำเสียชุมชนมีค่าไนโตรเจนรวมระหว่าง 2.5–5.0% ฟอสฟอรัส ระหว่าง 1.5–2.0% และโพแทสเซียมระหว่าง 0.02–0.5% กรณีของการศึกษา

ปริมาณไนโตรเจนอีกเช่นกัน Elvira et al. (1997) ได้รายงานว่ ในตะกอนน้ำเสียมี่ค่าไนโตรเจนรวมเท่ากับ 2.75% ส่วน ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา (2538) ได้นำเอาตะกอนน้ำเสียมาจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งแล้วตรวจสอบผลการศึกษพบว่า มีค่าไนโตรเจนรวมทั้งหมดเท่ากับ 2.24% ฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.34 % และโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 0.19 % เช่นเดียวกันกับศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา และคณะ (2528) ที่ได้รายงานเกี่ยวกับคุณภาพตะกอนน้ำเสียที่นำมาทดลอง พบว่า ในตะกอนน้ำเสียนั้นมีไนโตรเจนทั้งหมด 4.70 % ฟอสฟอรัส 1.25 % และโพแทสเซียม 0.50 % จากข้อมูลดังกล่าวมาจึงอาจสรุปได้ว่าในตะกอนน้ำเสียมีปริมาณธาตุอาหารหลักอยู่ทุกชนิด อีกทั้งยังมีปริมาณเพียงพอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ต่อพืชเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรและปรับปรุงดินได้

2.5.4 ความเป็นประโยชน์ของตะกอนน้ำเสียในทางการเกษตร

จากการประมวลผลการศึกษาที่ผ่านมาทำให้เราสามารถสรุปได้ว่า ดินขาดความอุดมสมบูรณ์มาจากปัจจัยหลักอย่างหนึ่งคืออินทรีย์วัตถุในดิน ถ้าหากมีการแก้ไขเรื่องปริมาณอินทรีย์วัตถุแล้วจะทำให้เกิดการแก้ปัญหาได้ และเหตุนี้เอง จึงได้มีผู้พยายามแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์มาแทนปุ๋ยเคมีและการหาอินทรีย์วัตถุที่มีคุณค่าของธาตุอาหารพืชเทียบเท่าปุ๋ยเคมีมาใช้ ถึงแม้ว่าจะใช้ปริมาณมากกว่าเมื่อนำมาใส่ให้พืชก็ตาม เมื่อเป็นเช่นนี้ จึงทำให้ผู้สนใจนำเอาตะกอนน้ำเสียมาใส่ให้กับพืชในดิน เช่น Ibekwe et al. (1995) ได้เสนอการนำตะกอนน้ำเสียใส่ให้กับพืช พบว่าตะกอนที่นำมาใส่นั้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชตระกูลถั่ว 3 ชนิด เช่นเดียวกันกับ Terry et al. (1979) ได้ทำการตรวจสอบ จุลชีพในดินหลังจากใส่ตะกอนน้ำเสีย ผลการศึกษา พบว่าตะกอนน้ำเสียที่ใส่ในดินนั้นมีผลต่อการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดิน โดยเฉพาะในช่วงสองสัปดาห์แรกของการใส่ตะกอนน้ำเสียลงในดิน และ Chung & Neethling (1988) ได้รายงานไว้ว่า กิจกรรมของจุลชีพในดินที่เนื่องมาจากการใส่ตะกอนน้ำเสียลงในดินนั้นสามารถตรวจสอบได้โดยการวัดกิจกรรมของจุลชีพในรูปสารประกอบ ATP และกิจกรรมนั้นจะเปลี่ยนไปตามอายุของตะกอนน้ำเสียที่นำมาใส่ในดิน และผลงานที่สนับสนุนเรื่องของกิจกรรมทางจุลชีพในดิน เช่น Martensson & Torstensson (1996) ได้รายงานไว้ว่ากิจกรรมของจุลชีพที่ตรึงไนโตรเจนในดินได้ สามารถถูกกระตุ้นโดยการใส่ตะกอนน้ำเสียในดินที่ทำการเพาะปลูกและ Hattori (1988) ได้นำตัวอย่างตะกอนน้ำเสีย จำนวน 6 ตัวอย่างผสมในดินในอัตรา 5% และ 1% ก่อนทำการวัดจำนวนของจุลชีพและกิจกรรมของจุลชีพในดินด้วยวิธีการวัดน้ำย่อย (Enzyme) ในดินที่เกิดจากกิจกรรมของจุลชีพ ผลปรากฏว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนสูงอย่างรวดเร็วในช่วง 3 วันแรกของการบ่ม (Incubate) ที่ 28 ° C ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำย่อยประเภท Protease ของแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของแบคทีเรียในดิน อีกทั้งฟังไจ (Fungi) และ แอ็ดดิโนมายซีมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังจากนั้น 2-3 สัปดาห์ ก่อนที่จะมีปริมาณคงที่ในสัปดาห์ต่อมา ด้วยการเปลี่ยนแปลงนั้นแสดงว่า การใช้ตะกอนน้ำเสียใส่ลงในดิน โดยมีจุดประสงค์ในการปรับปรุงคุณภาพของดินและเพื่อเป็นธาตุอาหารจำเป็นสำหรับพืช ซึ่งตะกอนน้ำเสียจะส่งผลต่อ

กิจกรรมจุลินทรีย์ดินและอัตราของการเกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ด้วย เมื่อเป็นเช่นนั้นจึงมีผู้ให้ความสนใจในเรื่องดังกล่าวค่อนข้างมาก ดังเช่น Lerch et al. (1992) รายงานว่า การศึกษาตะกอนน้ำเสียอินทรีย์เพื่อวัตถุประสงค์ประกอบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงคาร์บอน (Carbon Mineralization) และ การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจน(Nitrogen Mineralization) ของตะกอนน้ำเสียนั้น โดยการนำเอาตะกอนน้ำเสียจำนวน 7 ชนิด มาทดสอบดูโปรตีนที่ไม่อยู่ตัว พบว่าอัตราการเกิดโปรตีนจะสัมพันธ์กับการเกิดการเปลี่ยนแปลงคาร์บอน และเป็นเพราะในตะกอนน้ำเสียนั้นมีค่า C/N ต่ำมาก

เราจึงเห็นว่าองค์ประกอบของตะกอนน้ำเสียที่นักวิชาการได้ทำการสำรวจนั้นมีคุณลักษณะเหมาะสมเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการเกษตรได้ จึงเป็นแนวทางให้นักวิชาการพยายามศึกษาและเสนอความคิดไว้หลายท่าน เช่น Terry et al. (1979) ได้ศึกษาตะกอนน้ำเสียที่ใส่ลงในดินแล้วดูผลของจุลินทรีย์ดินในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินผลการศึกษาพบว่า อินทรีย์วัตถุมีการย่อยสลายได้ดีเมื่อดินนั้นได้รับตะกอนน้ำเสียและ Barbarick & Ippolito. (2000) ได้เสนอว่า 1 Mg ของของเสียชุมชนที่เป็นของแข็งมีปริมาณของไนโตรเจนเทียบเท่าปุ๋ยไนโตรเจน 8 กิโลกรัมโดยประมาณ ส่วน Kladvko & Nelson (1979) ได้ศึกษาความเป็นประโยชน์ของ ของเสียชุมชนโดยใช้ตะกอนน้ำเสียจากชุมชนทดสอบต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางฟิสิกส์ของดิน ผลการศึกษาพบว่า ค่าความหนาแน่นรวม ของดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อดินนั้นใส่ด้วยตะกอนน้ำเสียคล้ายกับการทดลองของ Kelling et al. (1977) ที่ได้รายงานไว้ว่า ผลของตะกอนน้ำเสียต่อความชื้นในดิน และความหนาแน่นรวมในดินนั้น พบว่า ความชื้นของดินทดสอบมากขึ้น แต่ความหนาแน่นรวมของดินทดสอบลดลง ซึ่งจากลักษณะสมบัติของตะกอนน้ำเสียดังกล่าว แสดงว่าตะกอนน้ำเสียสามารถส่งเสริมความเป็นประโยชน์และความเหมาะสมของระบบเกษตรได้ นอกจากนั้นแนวโน้มการนำตะกอนน้ำเสียมาใช้ประโยชน์จะเป็นวิธีหนึ่งในการลดภาระในการกำจัดตะกอนน้ำเสียในปริมาณสูงนี้ได้ เช่นเดียวกันกับ Hall & Williams (1986) ที่ได้เสนอไว้ว่าตะกอนน้ำเสียที่นำไปใช้ในทางเกษตรนั้นเป็นที่ยอมรับได้ในต่างประเทศ ส่วนในประเทศไทยนั้น ปรีดา พากเพียร และคณะ (2543) ได้รายงานที่ กรุงเทพมหานครฯ ได้ประสานงานกับสถาบัน เอไอที (AIT) เพื่อศึกษาเรื่องนี้ และได้ข้อสรุปว่า ตะกอนน้ำเสียของกรุงเทพมหานคร ฯ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่มาจากชุมชน จะเป็นตะกอนที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในทางเกษตร และตะกอนที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นตะกอนที่ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เพื่อการเกษตร การศึกษาในเรื่องนี้นั้น อวยชัย บุญญานุกพงศ์ และคณะ (2541) ได้รายงานไว้ว่า การใช้ตะกอนน้ำเสียอัตรา 0.75 ตันต่อไร่ ใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ จะทำให้ผลผลิตของข้าวมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่วนศิริราณี ศิริโนดม (2534) ได้เคยทดลองใช้ตะกอนน้ำเสียเพิ่มธาตุอาหารในดินเช่นกัน โดยใช้ในอัตรา 1,600 และ 3,200 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า ตะกอนน้ำเสียส่งผลให้ผักคะน้าและผักบุ้งจีนที่นำมาทดลองมีผลผลิตเท่ากับการเติมปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 ในอัตรา 96 กิโลกรัมต่อไร่ ฉะนั้นการเติมตะกอนน้ำเสียลงในดิน

น่าจะเป็นการพัฒนาคุณภาพของดินได้ ไม่เพียงแต่เท่านั้น การศึกษาของ Bierman et al. (1995) เคยได้ใช้เถาของกกตะกอนน้ำเสียใส่ในดินเพื่อเพิ่มธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองให้กับพืชเป็นเวลา 4 ปี ทดสอบสารละลายดิน (Soil Solution) ในกรณีของฟอสฟอรัส (Phosphorus) พบว่ามีปริมาณอยู่ในสารละลายดินมาก อีกทั้งในพืชเมื่อตรวจสอบก็ยังมี ฟอสฟอรัสอยู่เช่นกัน แสดงว่า พืชสามารถดูดฟอสฟอรัสจากเถาของตะกอนน้ำเสียไปใช้ได้ ซึ่งเหตุการณ์นั้นชี้ชัดว่า พืชสามารถใช้ธาตุอาหารหลักจากตะกอนน้ำเสียได้ดี ยิ่งทำให้มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้กันอย่างกว้างขวาง

จากการทดลองที่ผ่านมาหลายครั้งเกี่ยวกับการนำตะกอนน้ำเสียไปใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรนั้นพอที่จะประมาณการได้ว่า ในตะกอนน้ำเสียมีธาตุอาหารของพืชอยู่เพียงพอกับความต้องการของพืช อีกทั้งมีปริมาณของตะกอนน้ำเสียนั้นมากพอที่จะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ยิ่งไปกว่านั้นยังเป็นวิธีที่ใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับการจัดการตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียได้ดีอีกด้วย

2.6 สิ่งปนเปื้อนในตะกอนน้ำเสีย

2.6.1 เชื้อโรคและสารพิษในของเสียชุมชน

จากการที่นักวิชาการหลายคนพยายามจัดการตะกอนน้ำเสียโดยวิธีที่ได้ประโยชน์มากที่สุด คือการนำมาใช้ในการเกษตรทำให้เกษตรกรหลายคนก็กำลังตื่นตัวกับคุณสมบัติของตะกอนน้ำเสีย นอกจากนั้นตะกอนน้ำเสียดังกล่าวยังเป็นสิ่งที่ไม่ต้องจัดหามาโดยทุนทรัพย์ยิ่งไปกว่านั้น ยังเป็นการทำให้การใช้ของเสียจากชุมชนเพื่อประโยชน์ในทางการเกษตรเป็นที่สนใจมากขึ้น แต่การนำของเสียชุมชนกลับมาใช้เพื่อประโยชน์ทางการเกษตรใหม่นั้น ก็ต้องระวังเรื่องของสิ่งปนเปื้อนที่มาจากตะกอนน้ำเสียด้วย ดังเช่น สุรีย์ บุญญานุพงศ์ & เสนีย์ กาญจนวงศ์ (2545) ได้รายงานเกี่ยวกับทัศนคติการยอมรับของประชาชนต่อการนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการเกษตรกรรม ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีทัศนคติที่ดีต่อการใช้น้ำทิ้งเพื่อการเกษตร โดยมีความเชื่อมั่นว่า การเจริญเติบโตและความปลอดภัยของผลผลิตของพืชที่ปลูกด้วยน้ำทิ้งนั้นมีสูง แต่ในกลุ่มผู้บริโภคก็ยังกังวลกับคุณภาพของสินค้าทางการเกษตรอยู่บ้าง นอกจากนั้นถึงแม้ว่าของเสียชุมชนจะมีคุณภาพ คุณค่า และมีประโยชน์ในทางการเกษตรก็ตาม แต่ในเรื่องของความปลอดภัยนั้นก็ยังคงต้องควรเอาใจใส่ด้วย ดังเช่น Groff & Mclaughlin (1994) ได้รายงานไว้ว่า ในตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งพบพวก Ciliate Protozoan มากมาย แต่เมื่อนำตะกอนน้ำเสียดังกล่าว ไปหมักในถังหมักพบว่า มีจุลชีพหลายกลุ่มเปลี่ยนมาอยู่ในสภาพของ ซีสต์ (Cyst) มากกว่า 99% ในเรื่องเดียวกันนี้ Smith (1997) ได้รายงานไว้เช่นกันว่า การใช้ตะกอนน้ำเสียเพื่อการเกษตรเพิ่มธาตุอาหารของพืชนั้น ต้องนำมาใช้อย่างระมัดระวังเพราะอาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและปนเปื้อนเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ได้ นอกจากนั้น Gaspard et al. (1995) ยังได้รายงานไว้ว่า การสกัดเพื่อแยกเอาไซของ

หนองพวยจากตะกอนน้ำเสีย เพื่อตรวจสอบการพัฒนาไปเป็นตัวอ่อน พบว่า การหมักแบบใช้ออกซิเจนทำให้ไข่อยู่รอดเพียง 25 % แต่ถ้านำไปหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนไข่สามารถอยู่รอดได้ 93 % ถึงแม้จะมีการใส่ด้วยปูนขาวในระบบหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนก็ทำให้ไข่มีอัตราการอยู่รอดได้ถึง 66 % เช่นกัน เมื่อเป็นเช่นนี้ การนำของเสียอีกทั้งตะกอนน้ำเสียเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรจำเป็นต้องมีการตรวจสอบความปลอดภัยทางด้านสาธารณสุขให้เสียก่อน ดังรายงานของ Zyman & Sorber (1988) ที่เคยเสนอว่า ในตะกอนน้ำเสียเมื่อตรวจทางห้องปฏิบัติการจะพบทั้งฟีคัล โคลิฟอร์ม (Fecal Coliform) และโททัล โคลิฟอร์ม (Total Coliform) ในปริมาณที่สูงมาก แต่การกำจัดและจำกัดอัตราการอยู่รอดคือ ความชื้นในตะกอนน้ำเสียนั้นเพียงอย่างเดียว และบางครั้งการนำตะกอนน้ำเสียมาเพื่อใช้ในทางการเกษตรยังพบปัญหาเกี่ยวกับโลหะหนักในตะกอนน้ำเสียอีกด้วย เช่น แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี (อดุง ศิลป์ประเสริฐ และคณะ, 2545) ทำให้นักวิชาการต้องศึกษาผลกระทบจากการใช้ตะกอนน้ำเสียอย่างถี่ถ้วน

2.6.2 โลหะหนักในตะกอนน้ำเสีย

โดยปกติในตะกอนน้ำเสียที่เกิดจากน้ำเสียชุมชน ที่มาจากกิจกรรมในชุมชนมักถูกปนเปื้อนด้วยโลหะหนัก เช่น กิจกรรมซ่อมรถ จำหน่ายแบตเตอรี่ ฯลฯ ทำให้ในตะกอนน้ำเสียนั้นถูกปนเปื้อนคราบโลหะหนัก ดังเช่นการศึกษาของ กัลยา สุนทรวงค์ และคณะ, (2538) ได้ศึกษาปริมาณโลหะหนักในตะกอนน้ำเสียชุมชนมีปริมาณโลหะหนักดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ปริมาณโลหะหนักในตะกอนน้ำเสียชุมชน

Parameter	ปริมาณ (ppm)
แคดเมียม	0.84
ทองแดง	25.60
เหล็ก	39.91
แมงกานีส	17.24
นิเกิล	13.18
ตะกั่ว	0.89
สังกะสี	530

และปัทมา ยอดสันติ (2543) ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติและโลหะหนักในตะกอนน้ำเสียจากโรงบำบัดน้ำเสียสี่พระยา พบมีลักษณะดังตาราง 2.9

ตารางที่ 2.9 ลักษณะสมบัติของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียสีพระยาและโรงบำบัดน้ำเสีย
ห้วยขวาง

คุณลักษณะของกากตะกอน	โรงบำบัดน้ำเสีย	
	สีพระยา	ห้วยขวาง
pH	6.7615	7.0074
Moisture content (%)	82.357	85.802
Total Solids (%)	17.648	14.197
Volatile Solids (%)	8.9515	8.4743
Ash content (%)	8.6985	5.7004
Nitrogen (%)	2.3722	2.7107
Phosphorus (%)	0.0603	0.0202
Potassium (%)	0.1629	0.0856
Organic Matter (%)	8.9442	8.4975
Organic Carbon (%)	4.9724	4.7203
Heating value (%)	2385.6	3288.5
Sulfur (%)	0.0716	0.1786
Cadmium (mg/kg)	3.2740	3.0433
Lead (mg/kg)	1.0010	0.9505
Mercury (mg/kg)	0.5107	0.7925

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของคุณลักษณะสมบัติต่าง ๆ ในตารางคิดจากจำนวนตัวอย่างกากตะกอน
จากโรงบำบัดน้ำเสียละ 27 ตัวอย่าง

ส่วนในกรณีของตะกอนน้ำเสียจากโรงพยาบาลชุมชนนั้น มีผู้ศึกษาน้อยมาก โดยเฉพาะกรณีของโลหะหนัก อีกทั้งกิจกรรมภายในโรงพยาบาลโดยทั่วไป ไม่เอื้อต่อการปนเปื้อนของโลหะหนัก ยกเว้นการเกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงานของผู้ให้บริการและมีการแตกของปรอทวัดไข้ ทำให้เกิดการปนเปื้อนของปรอทนั้น ลงไปสู่ตะกอนน้ำเสียได้ ส่วนโลหะหนักอื่น ๆ นั้นมีความเป็นไปได้ในการปนเปื้อนน้อยมาก

2.6.3 พยาธิในตะกอนน้ำเสีย

นอกจากการปนเปื้อนด้วยเชื้อโรค โลหะหนักต่าง ๆ แล้วตะกอนน้ำเสียชุมชนยังอาจปนเปื้อนโดยพยาธิและปรสิตอื่น ๆ ได้อีกด้วย ดังเช่นรายงานของ Braungarf et al. (1997) ได้กล่าวว่า การนำน้ำเสียกลับมาใช้ให้ระวังการปนเปื้อนจากเชื้อที่ทำให้ก่อโรคและปรสิตต่าง ๆ เหมือนกับการศึกษาของ ศรีธยา เปี้ยแดง & สุภัจฉริ วงศ์สุบรรณ (2541) ได้รายงานว่ ตะกอน

น้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียของ โรงพยาบาลชุมชนมีธาตุไนโตรเจนระหว่าง 1.92–5.96% ทำให้สามารถนำเอาตะกอนน้ำเสียดังกล่าวไปใช้ทำปุ๋ยได้ก็จริง นอกเหนือจากการนำตะกอนน้ำเสียไปหมუნเวียนใช้เป็นประโยชน์นั้น ยังมีข้อจำกัดประการหนึ่งคือ ตะกอนน้ำเสียมีเชื้อโรคและพยาธิลำไส้ปนเปื้อนอยู่ ซึ่งเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์และยิ่งไปกว่านั้น ศรัณยา เปี้ยแดง & สุภจักรี วงศ์สุบรรณ (2541) ได้มีรายงานการตรวจพบเชื้อโรคลำไส้ *Salmonella* ชื่อ *Shigella*, *Escherichia coli*, *Mycobacterium spp.* และ *Leptospira spp.* ในตะกอนน้ำเสียชุมชนถึง 72.59% ซึ่งเชืวดังกล่าวทำให้เกิดโรคท้องร่วง ยกเว้น *Mycobacterium sp.* ทำให้เกิดโรคผิวหนังโรคส่วน *Leptospira* ทำให้เกิดโรค Leptospirosis นอกจากนี้ยังมีรายงานการตรวจพบพยาธิลำไส้จากระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลและชุมชนถึง 55% โดยพบพยาธิไส้เดือนกลม 42.12% พยาธิปากขอ 19.14% พยาธิแส้ม้า 15.89% พยาธิตีตคน 3.97% และพยาธิตีตหมู 3.3% พยาธิใบไม้ตับในวงศ์ *Opisthorchidae* 0.66% ซึ่งพยาธิดังกล่าวทำให้เกิดโรคในคนได้ เกี่ยวกับเรื่องนี้ Yeager & O'Brien (1983) ก็เคยได้รายงานไว้เช่นกันว่า ไช้และ Cyst ของพวก Protozoan เหล่านี้ รวมทั้งหนอนพยาธิต่าง ๆ นั้น สามารถทนต่อสภาพทางกายภาพและทางเคมีได้ดี พวกปรสิตของคนและสัตว์ซึ่งมักพบอยู่มากในตะกอนน้ำเสีย หลายชนิดมักพบเป็นประจำ ได้แก่ *Ascaris sp.*, *Trichuris sp.*, *Taenia sp.*, *Echinococcus sp.*, *Entamoeba Histolytica* และ *Tiardia lamblia* แต่ในจำนวนนี้หลายชนิดถูกทำลายโดยกระบวนการจัดการตะกอนน้ำเสียขั้นพื้นฐาน เช่น การทำให้แห้ง การหมักแบบต่างๆ แต่มีอยู่บางชนิดที่ถูกทำลายได้ยาก เช่น พวก *Ascaris sp.* โดยไช้ของพยาธิประเภทนี้จะทนต่อสภาพการเปลี่ยนแปลง pH และทั้งทนต่อสารประกอบคลอรีนได้อีกด้วย แต่ที่สำคัญคือ ไช้ของพยาธิไส้เดือนถูกพบในตะกอนน้ำเสียในปริมาณที่สูงมากที่สุด เมื่อเทียบกับไช้พยาธิชนิดอื่นๆ รวมทั้งการทำลายก็ต้องใช้ความพยายามมากเช่นกัน งานศึกษาเรื่องนี้ของ สารสิน อุทยานนท์ (2532) ที่ได้รายงานไว้ว่า ระยะเวลาของการมีชีวิตอยู่รอดของไช้พยาธิชนิดนี้ในตะกอนน้ำเสียนั้น ถ้าเป็นการตากแดดไว้บนลานตากตะกอน (Sand Drying Bed) ในฤดูฝน ไช้พยาธิจะฝ่อเมื่อเวลาผ่านไปไม่น้อยกว่า 9 วัน และความชื้นของตะกอนน้ำเสียจะต้องลดลงเหลือไม่เกิน 2.28 % และถ้าในฤดูร้อนไช้พยาธิจะฝ่อเมื่อเวลาผ่านไปไม่น้อยกว่า 5 วัน และความชื้นของกากตะกอนจะต้องลดลงเหลือไม่เกิน 0.56 % แต่ถ้าเป็นในถังหมักแบบไร้ออกซิเจนแม้เวลาจะผ่านไปถึง 28 วัน ก็ยังตรวจพบไช้พยาธิชนิดนี้ในระยะติดต่อดี ถ้าเป็นเช่นนั้นแสดงว่าไช้พยาธิต่างๆ ที่อยู่ในตะกอนน้ำเสียไช้ของ *Ascaris sp.* จะสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดีที่ซึ่งงานทดลองที่สนับสนุนเรื่องนี้ ได้แก่ ศรัณยา เปี้ยแดง และคณะ (2533) ได้รายงานไว้เช่นกันว่า ได้ทดลองเติมไช้พยาธิ 3 ชนิดคือไช้พยาธิไส้เดือนกลม ไช้พยาธิปากขอ และไช้พยาธิแส้ม้า ในการหมักกากตะกอนแบบไร้ออกซิเจนนั้น เมื่อเวลาผ่านไปถึง 8 วัน พบว่า ไช้พยาธิไส้เดือนกลมและไช้พยาธิแส้ม้ายังมีชีวิตอยู่และเมื่อนำมาฉายรังสีฆ่าไช้พยาธิทั้งสองแล้ว ไช้พยาธิไส้เดือนกลมใช้ปริมาณรังสีมากกว่า แสดงว่าไช้พยาธิไส้เดือนกลมตายยากกว่า ดังนั้น การนำตะกอนชุมชนไปใช้จำเป็นต้องผ่านกระบวนการจัดการที่ถูกต้องตาม

หลักการสาธารณสุขที่ดีเสียก่อน ซึ่งเกี่ยวกับเรื่องนี้ ศรัณยา เปี้ยแดง & สุภัจจรี วงศ์สุบรรณ (2541) รายงานว่า องค์การคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาได้ออกกฎหมาย Clean Water Act โดยกำหนดว่า กากตะกอนชุมชนเมื่อผ่านกรรมวิธีลดสารพิษลงให้อยู่ในระดับต่ำ แล้วจะต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคคือ กระบวนการลดเชื้อที่สำคัญ (Process of Significantly Reduce Pathogen: PSRP) โดยวิธีการย่อยแบบมีอากาศ การตากแห้งด้วยลม การย่อยแบบไร้อากาศ การหมักที่อุณหภูมิต่ำและเทคนิคอื่นๆ ที่สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ จึงจะอนุญาตให้มีการนำเอาไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.7 หนอนพยาธิในตะกอนน้ำเสีย

2.7.1 พยาธิไส้เดือนในตะกอนน้ำเสีย

พยาธิไส้เดือนกลม (*Ascaris*) มีขนาดใหญ่อยู่ในลำไส้คน พบได้บ่อยในเขตร้อนและเขตอบอุ่นที่มีสภาพชื้นแฉะ ลักษณะโดยทั่วไปเป็นพยาธิตัวกลม ยาว หัวและหางเรียวยาวเล็กลง พยาธิตัวเมียมีขนาดใหญ่กว่าตัวผู้เล็กน้อย ลักษณะปากเป็นแบบ Three Lip มีฟันเล็กๆ เรียงกันแบบ Irregula ปากส่วนบนมีปุ่มสัมผัส 2 ปุ่ม (2 Sensory Papillae) ปากส่วนล่างมีปุ่มสัมผัสข้างละ 1 อัน ทวารหนักเปิดเกือบถึงปลายหลัง พยาธิตัวผู้ ยาว 150–200 มม. กว้าง 2–4 มม. ตัวผู้มีปลายหลังงอมาทางข้างหน้า ช่องทวารหนักมีปุ่มเป็นจำนวนมากและมี Spicule 2 อัน ขนาด 2–3.5 มม. ขนาดใกล้เคียงกันโผล่เห็นได้ที่ Cloaca หรือใกล้ปลายหางหรือหุดอยู่ภายในมองไม่เห็นก็ได้ ส่วนพยาธิตัวเมียยาว 200–350 มม. กว้าง 3–6 มม. หางไม่งอมี Vagina อยู่ตำแหน่งประมาณ 1/3 ท่อนกลางและ 1/3 ท่อนหัวต่อกัน มองเห็นเป็นรอยคอดอยู่ทางด้าน Ventral ถ้าพิจารณาจะพบว่ามีลักษณะคล้ายเข็มหมุดเจาะ ภายในตัวมีอวัยวะสืบพันธุ์ 2 ชุด โดยมีมดลูก 2 อันมารวมเปิดที่ Vagina

ตัวแก่ของพยาธิอาศัยอยู่ในลำไส้เล็ก ตัวเมียอาจยาวถึง 50 ซม. (เฉลี่ย 27 ซม.) ตัวผู้ยาว 22 ซม. กว้าง 2–4 มม. ปลายหาง (Posterior End) โค้งงอ ในคนหนึ่งอาจมีพยาธิ 2–3 ตัวถึงหลายร้อยตัว เมื่อออกมากับอุจจาระใหม่ๆ มีสีชมพูเรื่อๆ ปาก (Mouth Part) มีลักษณะริมปาก (Lip) 3 อัน แต่ละ Lip มีปลายประสาท (Papillae) ทางเดินอาหารเริ่มต้นจาก Mouth Part → Oesophagus → Mid Gut ซึ่งทอดไปเกือบตลอดตัว → Rectum → Anus ในตัวเมียสำหรับในตัวผู้ Rectum มารวมกับ Cloaca → Anus

ลำตัวของ *Ascaris lumbricoides* มี Cuticle แข็งแรงประกอบด้วย Fibrous Protein เป็นส่วนใหญ่ Carbohydrate และมี Lipid เป็นส่วนน้อยมี Water Content ร้อยละ 74 Cuticle มี 3 ชั้น ได้แก่

Outer Cortex ทนต่อ Trypsin และ Pepsin

Soften Middle Layer Spongy, Pepsin & Trypsin ย่อยได้

Collagen Fibre Pepsin ย่อยได้ Trypsin

อวัยวะสืบพันธุ์ของตัวเมีย ตรง Testis, Collecting Tubule, Ejeculatory Duct เปิดสู่ Cloaca ด้านหนึ่งของ Duct มีอวัยวะช่วยในการสืบพันธุ์ (Spicule) 2 อัน มี Preanal and Postanal Papillae อยู่มาก อวัยวะสืบพันธุ์ของตัวผู้ตรง Anterior 1/3 ต่อกับ middle 2/3 มี Vulva ถัดจาก Vulva → Vagina แล้วแยกไปเป็น Genital Tabules 2 ข้าง → Ovary → Oviduct → Seminal Receptacle → Uterus Reproductive Organ เป็น Tube คดเคี้ยวอยู่เต็ม 2/3 Posterior ของร่างกาย Uterus เป็นส่วนที่กว้างที่สุด ไขใน Uterus มี 2 ชนิดคือ Fertilized Egg and Unfertilized Egg ไขออกมากับอุจจาระของ Host Fertilized Egg (ไขที่ถูกผสมพันธุ์) ขนาด 60 x 45 ไมครอน (Microns) มีเปลือก 3 ชั้น คือ

- 1) Coarsely Mammilated Albuminous Layer สีนํ้าตาลอ่อน
- 2) Thick Transparent Layer
- 3) Delicate Vitelline Lipoidal Membrane ภายในไขเป็น Unsegemented Lecithin Granule เมื่อออกมากับอุจจาระใหม่ๆ Unfertilized Egg (ไขที่ไม่ได้รับการผสมพันธุ์) รูปร่างยาวกว่า Irregular Albuminous Coating เปลือกบางกว่า ภายในประกอบไปด้วย Amorphous Mass ไขทั้งสองชนิดบางที่ Albuminous Coat หลุดไปเรียกว่า Decorticated Egg ปกติ *Ascaris lumbricoides* อาศัยอยู่ในลำไส้เล็ก (Lumen of Small Intestine) กินอาหารที่ย่อยแล้วของคนเป็นอาหารและชอบเคลื่อนที่ขึ้นลงตามลำไส้เล็ก บางครั้งออกมาทางปากหรือออกมากับอุจจาระ

ปกติพยาธิไส้เดือนจะปนอยู่กับตะกอนน้ำเสียที่ถูกกริดออกมาจากระบบบำบัดน้ำเสีย และมีชีวิตอยู่ในตะกอนน้ำเสียนั้น เป็นเวลาหลายปีตามวงจรชีวิตช่วงระยะติดต่อกัน

2.7.2 วงชีวิตของพยาธิไส้เดือน

Ascaris lumbricoides มีวงชีวิตที่ค่อนข้างง่ายและตรงไปตรงมา มีคนเป็นโฮสต์ซึ่งทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเข้าไปเจริญเติบโตและอยู่อาศัย ตัวเต็มวัยอาศัยอยู่บริเวณส่วนต้นของลำไส้เล็ก เนื่องจากปรสิตไม่มีอวัยวะพิเศษใด ๆ สำหรับใช้เกาะกับลำไส้ของโฮสต์ การทรงตัวอยู่ในลำไส้จึงต้องอาศัยลักษณะโครงสร้างของลำตัวซึ่งโค้งงอเป็นรูปตัวอักษรเอส (S) ไปตามความยาวของลำไส้ และการเคลื่อนไหวลำตัวต้านการขยับตัวของลำไส้ที่อยู่ตลอดเวลา ตัวเต็มวัยกินอาหารที่ย่อยแล้วบางส่วนในลำไส้ของโฮสต์ หลังจากการผสมพันธุ์ปรสิตเพศเมียจะสามารถสร้างไข่ได้จำนวนมาก ตลอดเวลาที่มีชีวิต เคยมีรายงานไว้ถึงวันละ 240,000 ฟอง (Sinniah, 1982) การสร้างไข่ได้เป็นจำนวนมากนี้ทำให้ *A. lumbricoides* สามารถดำรงชีวิตและแพร่กระจายออกไปได้ดี โดยเฉพาะในบริเวณที่สภาวะแวดล้อมเหมาะสมอย่างเช่นในตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ไขของ *A. lumbricoides* ลักษณะกลมรี ตรวจพบได้ในอุจจาระภายในเวลา 45-60 วัน หลังจากผู้ป่วยกินไข่ระยะติดต่อกันเข้าไป (Prepatent Period) ไขที่ตรวจพบในอุจจาระแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ

1) ไข่ที่ได้รับการผสมสเปิร์ม (Fertilized Egg) พบได้ส่วนใหญ่ในอุจจาระของโฮสต์ ลักษณะรูปร่าง สีน้ำตาลขนาด $35-50 \times 45-70$ ไมโครเมตร ภายในมีเซลล์ไข่ที่ยังไม่มีการแบ่งตัวหรืออาจเริ่มมีการแบ่งตัวบ้างแล้ว เปลือกไข่แบ่งออกเป็นสามชั้น ชั้นนอกสีน้ำตาลลักษณะตะปุ่มตะป่ำเคลือบด้วยสารอัลบูมิน (Albuminous Coat) มีความแข็งทำหน้าที่ป้องกันไข่จากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมภายนอก เปลือกไข่ชั้นกลางหนาใสประกอบด้วยสารจำพวกไคติน (Chitin) เสริมให้แข็งแรงและช่วยรักษารูปร่างของไข่ชั้นในสุดเป็นเยื่อบาง ๆ (Vitelline Membrane) หุ้มเซลล์ไข่และสิ่งที่อยู่ภายในไข่ที่ไม่ได้รับการผสมกับสเปิร์ม (Unfertilized Egg) ไข่ประเภทนี้มีลักษณะยาวเรียวยาวขนาดใหญ่กว่าไข่ที่มีการผสมตามปกติเล็กน้อย ขนาดประมาณ $39-44 \times 88-94$ ไมโครเมตร เปลือกชั้นนอกที่หุ้มไข่อาจมีบ้างแต่ไม่สม่ำเสมอภายในไข่ไม่มีเซลล์ของตัวอ่อน

ภาพที่ 2.5 แสดงวัฏจักรชีวิตของพยาธิไส้เดือน *Ascaris lumbricoides*

ไข่ที่มีการผสมกับสเปิร์มเมื่อออกจากโฮสต์และไปอยู่ในบริเวณสภาวะแวดล้อมเหมาะสม เช่น บนดินที่ชื้นหรือกากตะกอนหรือตะกอนน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ถูกนำไปใส่ในดิน มีความชื้นไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 อุณหภูมิอยู่ในช่วง 28-32 องศาเซลเซียส มีปริมาณออกซิเจนเพียงพอ ตัวอ่อนภายในจะเริ่มแบ่งตัวเจริญจนเกิดตัวอ่อนระยะที่หนึ่งขึ้นในไข่ ตัวอ่อนระยะที่หนึ่งลอกคราบเป็นตัวอ่อนระยะที่สองและเจริญเป็นไข่ระยะติดต่อกายในเวลา 10-14 วัน การเจริญของไข่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิภายนอก กล่าวคือถ้าอุณหภูมิต่ำไข่จะใช้เวลาในการเจริญนานขึ้น ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น ในน้ำเสีย *A. lumbricoides* อาจมีชีวิตอยู่ได้

นานหลายปี แต่ในกรณีที่สภาวะอากาศร้อนและแห้งแล้งจะมีชีวิตอยู่ได้เพียง 2-3 วัน (Wharton, 1979; Clarke & Perry, 1980)

2) ไช้ของ *A. lumbricoides* ที่มีตัวอ่อนเจริญอยู่แล้วภายในเท่านั้นที่เป็นระยะติดต่อกับสามารถเข้าไปเจริญต่อไปในโฮสต์ได้ ดังนั้นกรณีที่คนกินไช้ของปรสิตที่ยังไม่เจริญเต็มที่เข้าไปจึงไม่มีการเจริญของตัวอ่อนในไช้ ไช้จะผ่านออกมาในอุจจาระ โดยโฮสต์ไม่มีการติดเชื่อปรสิต พยาธิไส้เดือนมีการติดต่อสู่คนโดยไช้ระยะติดต่อบนเปื้อนอยู่ในอาหารและน้ำดื่มหรือการปลิวตามอากาศแห้ง ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้หลายวิธี เช่น การถ่ายอุจจาระไม่เป็นที่เป็นทาง แมลงวันอาจเป็นพาหะนำไช้ที่อยู่ในอุจจาระเข้ามาบนเปื้อนในอาหารและน้ำ หรือไช้อาจติดตามมือและเล็บ ซึ่งเกิดขึ้นได้มากในเด็กที่อยู่รวมกันมาก ๆ เช่นในโรงเรียนและสถานเลี้ยงเด็กนอกจากนั้นในบางแห่งยังมีการใช้อุจจาระทำปุ๋ยสำหรับรดผักหรือการนำตะกอนน้ำเสียเพื่อใช้ทำปุ๋ยอินทรีย์บำรุงดิน เมื่อมีการนำผักมากินดิบ ๆ ก็จะมีโอกาสติดเชื่อได้ง่ายและทำให้ยากแก่การควบคุม ไช้ที่อยู่ในระยะติดต่อเมื่อถูกกลืนลงไปในลำไส้เล็ก จะถูกน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้ย่อยเปลือกไช้บางส่วนออกจากรูปร่างตัวอ่อนระยะที่สองในไช้จึงดันเปลือกไช้ออกมาภายนอก ผิงตัวเข้าไปในผนังลำไส้เริ่มเดินทางออกจากลำไส้ โดยผ่านเข้าไปในหลอดเลือดและหลอดเลือดดำภายในเวลา 2-4 วัน จะเข้าไปอยู่ในตับ และต่อมาจะเดินทางเข้าไปอยู่ในปอด ปรสิตอาจใช้เวลาอยู่ในปอดนานได้ถึง 14 วัน การเดินทางไปตามอวัยวะต่างๆ ของโฮสต์นี้ เป็นวิวัฒนาการที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของปรสิตโดยตรง โดยตัวอ่อนจะมีการลอกคราบอีกสองครั้งเติบโตจากขนาดประมาณ 190-260 ไมโครเมตรจนกระทั่งขนาดประมาณ 2.2 มิลลิเมตร เมื่อเข้าไปอยู่ในปอด (Pawlowski & Arfaa, 1984) ตัวอ่อนที่อยู่ในปอดจะไช้ทะลุผนังถุงลมในปอดเข้ามาสู่ระบบทางเดินหายใจ ถูกกลืนลงไปในคอกลับเข้าไปในลำไส้เล็กจากนั้นจะลอกคราบอีกครั้ง เจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยในบริเวณส่วนต้นของลำไส้เล็กบริเวณเจจูนัม (Jejunum) แต่บางครั้งอาจพบอยู่ในบริเวณถัดมา (Makidono, 1956) ปรสิตเจริญเป็นตัวเต็มวัยและเริ่มสร้างไช้โดยจะมีอายุอยู่ได้ประมาณหนึ่งปี

2.7.3 อันตรายจากพยาธิไส้เดือน

การติดเชื่อพยาธิไส้เดือนอาจไม่มีอาการของโรคแสดงให้เห็นชัดเจน แต่กรณีผู้ติดเชื้อแสดงอาการของโรค ผู้ป่วยจะแสดงอาการได้หลายอย่าง ตั้งแต่ระยะแรกเมื่อตัวอ่อนของปรสิตเดินทางเข้าไปในอวัยวะต่างๆ จนเมื่อปรสิตเข้าไปเจริญเติบโตในลำไส้ อาการของโรคพยาธิไส้เดือนแบ่งออกได้ดังนี้ (Pawlowski & Arfaa, 1984)

1) โรคพยาธิไส้เดือนในปอด ผู้ป่วยมักจะไม่มีอาการใดๆ ในระยะแรกที่ตัวอ่อนของปรสิตเดินทางไปในอวัยวะต่างๆ จนกระทั่งเมื่อตัวอ่อนเดินทางเข้ามาในปอด ผู้ป่วยอาจมีอาการไอเล็กน้อย 2-3 วัน หรืออาจมีอาการปอดบวมและมีไข้ร่วมด้วย แต่อาการเหล่านี้มักจะหายไปตัวเองโดยไม่ต้องมีการรักษา

2) โรคพยาธิไส้เดือนในลำไส้ อาการของโรคที่พบในผู้ป่วยจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับจำนวนปรสิตในร่างกาย เด็กที่ได้รับเชื่อปรสิตน้อยอาจมีอาการเล็กน้อย เช่น ปวดท้องเป็น

ครั้งคราวแน่นท้องส่วนบน คลื่นไส้ อาเจียน กรณีที่มีปรสิตอยู่มากอาจแสดงอาการรุนแรง เช่น ปวดท้องมาก อาเจียน อุจจาระร่วง โลหิตจาง น้ำหนักตัวต่ำกว่าปกติผิวหนังและผมแห้ง ใบหน้ากลมคล้ายดวงจันทร์ (Moon Face) ซึ่งเป็นอาการของโรคขาดอาหาร “ควาชิโอกอร์” (Kwashiorkor)

อาการแทรกซ้อนจากโรคพยาธิไส้เดือนในลำไส้ เนื่องจากพยาธิไส้เดือนมีขนาดใหญ่ เมื่ออยู่รวมกันมากๆ ในลำไส้เล็กจึงอาจก่อให้เกิดอาการแทรกซ้อนต่างๆ ได้เช่น การอุดตันของลำไส้เล็ก (Blumenthal & Schultz, 1975) บางกรณีปรสิต อาจมีการเคลื่อนตัวออกจากลำไส้ไปในอวัยวะอื่น ซึ่งอาจเกิดจากอุทกกระตุ้นโดยยาที่ใช้รักษาโรคปรสิตอาจใช้ทะเลาะน้ำลำไส้เข้าไปในช่องท้อง เข้าไปในตับ ท่อน้ำดี ตับอ่อนหรือไส้ติ่ง ทำให้เกิดอาการรุนแรงและผู้ป่วยอาจถึงกับเสียชีวิตได้ อาการภูมิแพ้จากโรคพยาธิไส้เดือน ผู้ติดเชื้อ *A. lumbricoides* อาจมีอาการของโรคภูมิแพ้ เช่น เกิดผื่นแดงบนผิวหนัง หรือมีอาการบวมแดงที่ปอด หลอดลม หรือผนังลำไส้ ซึ่งมีสาเหตุจากการอุทกกระตุ้นโดยสารกระตุ้นภูมิแพ้หรืออัลเลอเจน (Allergen) ที่ปรสิตสร้างขึ้นแล้วหลุดเข้าไปในกระแสโลหิตของโฮสต์นอกเหนือจากนี้ยังเคยมีรายงานว่า ผู้ติดเชื้อพยาธิไส้เดือนมีแอนติบอดี IgE ในเลือดสูงกว่าปกติ (Turner et al., 1979) โดยทั่วไปอาการของโรคภูมิแพ้มักจะเกิดขึ้นโดยมีความสัมพันธ์กับพยาธิสภาพของผู้ป่วยขณะที่ตัวอ่อนของปรสิตเคลื่อนที่ไปในอวัยวะต่างๆ

2.7.4 ความอยู่รอดของไข่พยาธิไส้เดือน

ไข่พยาธิของไส้เดือนเมื่อได้รับการผสมแล้วจะมีขนาด 45-75×35-50 ไมครอน เปลือกไข่หนา ฝัวนอกซุขระมีสารพวกอัลบูมินปกคลุมอยู่ เมื่อไข่หลุดออกมาพร้อมอุจจาระแล้วจะกระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อม (อนันต์ สุกุลกิม, 2530) ถ้าสภาวะแวดล้อมมีความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสม ไข่พยาธินั้นอาจมีอายุอยู่ได้หลายปี แม้น้ำต่างที่ขมซึ่งเข้มข้นที่สุดก็ไม่สามารถฆ่าไข่พยาธิได้ (นงลักษณ์ กิตติรุ่งเรือง, 2531) แต่ถ้าอยู่ในสภาวะการหมักแบบไร้อากาศในถังนั้น สมโภชน์ ศรีอิสสร (2537) ได้ทดลองใส่ไข่พยาธิไส้เดือนหมูลงในถังหมัก พบว่า เมื่อเวลาผ่านไปมากกว่า 33 วัน จึงตรวจไม่พบไข่พยาธิ ซึ่งเรื่องนี้ นงลักษณ์ กิตติรุ่งเรือง (2531) ได้รายงานไว้ว่า ถ้าใช้สารละลายแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.2 กรัม ไม่มีผลในการทำลายไข่พยาธิไส้เดือนกลมในช่วง 30 วัน ส่วนการอยู่รอดของไข่พยาธิ ในตะกอนน้ำเสียของโรงพยาบาลนั้น วิรัช จันทนู & จีรวรรณ องค์กรจอนกุล (2542) ได้ทำการศึกษาความสามารถของปรสิต ในตะกอนน้ำเสีย จากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลศิริราช จำนวน 200 ตัวอย่างในเวลา 1 ปี พบว่าในตะกอนน้ำเสียนั้น ไข่พยาธิสามารถอยู่รอดได้คิดเป็นร้อยละ 42 ซึ่ง ศรีณยา เปี้ยแดง & สุภัจฉรี วงศ์สุบรรณ (2532) ได้ทำการสำรวจพยาธิจากตะกอนน้ำเสียของโรงพยาบาลห้วยขวาง รวม 162 ตัวอย่าง พบว่า 55.56 % เป็นพยาธิไส้เดือนกลม

ส่วนการทำลายไข่พยาธินั้นมักใช้วิธีการหมักแบบไร้อากาศเป็นเวลานาน หรือการใช้สารเคมีที่เข้มข้น และบางครั้งมีการใช้สารกัมมันตภาพรังสีเพื่อทำลายเซลล์ดังกล่าว (ศรีณยา เปี้ยแดง & สุภัจฉรี วงศ์สุบรรณ, 2532)