บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การตรวจเอกสารดำเนินการโดยมีหัวข้อเรียงลำดับดังต่อไปนี้

- น้ำเสียและแหล่งกำเนิด
- เกณฑ์วัดคุณภาพน้ำเสีย
- ปัญหาของน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม
- ความสำคัญของน้ำเสียชุมชน
- แนวทางการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดไปใช้ประโยชน์
  1. การนำน้ำเสียไปใช้ทางการเกษตร
  2. การนำน้ำเสียไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น
- ผลกระทบของการนำน้ำเสียไปใช้ทางการเกษตร
  1. การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตพืช
  2. ผลกระทบต่อลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน
  3. ผลกระทบทางชีวภาพของดิน
  4. บทบาทของดินต่อลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

น้ำเสียและแหล่งกำเนิด

น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ มาแล้ว ซึ่งทำให้ลักษณะสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม กลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการ และน่ารังเกียจของคนทั่วไป เนื่องจากมีสิ่งสกปรกต่างๆ ทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ถ่ายเทลงมาเจือปนอยู่ในน้ำปริมาณมากน้อยแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิด ซึ่งสามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

1. น้ำเสียจากแหล่งชุมชน (Sewage) ได้แก่ น้ำเสียที่ผ่านการใช้งานจากกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น การชำระร่างกาย การซักเสื้อผ้า การขับถ่าย ฯลฯ น้ำเสียเหล่านี้มาจากบ้านพักอาศัย อาคาร ร้านค้า ตลาด ฯลฯ สิ่งสกปรกต่าง ๆ ในน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ พวกเศษอาหาร สบู่ และปัสสาวะ เป็นต้น อาจมีเชื้อโรคและพยาธิเจือปนอยู่ด้วย

2. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการต่างๆ ในการผลิตทางอุตสาหกรรม ได้แก่ การหล่อเย็น (cooling water) การล้างวัตถุดิบ น้ำจากกระบวนการผลิต และน้ำเสียอย่างอื่น เช่น น้ำคอนเดนเซอร์ น้ำเสียจากหม้อน้ำ ฯลฯ สิ่งสกปรกในน้ำเสียอุตสาหกรรมมีทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์ ขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของโรงงานอุตสาหกรรรม น้ำเสียประเภทนี้เป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดตามข้อบังคับของกรมโรงงานอุตสาหกรรม แต่มีเพียงร้อยละ 60 ที่สามารถบำบัดได้ตามมาตรฐานน้ำเสียอุตสาหกรรม ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 40 ไม่มีการบำบัดก่อนที่จะระบายน้ำเสียสู่ลำน้ำ

3. น้ำเสียจากการเกษตร (Agricultural wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียจากปศุสัตว์และการประมงที่ดำเนินการอย่างเป็นล่ำเป็นสัน เช่น บ่อเลี้ยงปลา บ่อเลี้ยงกุ้ง และฟาร์มสุกร มีการปล่อยของเสียลงแหล่งน้ำ ซึ่งในปัจจุบันกลายเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่สำคัญ เนื่องจากมีพื้นที่การเกษตรอย่างกว้างขวางกระจัดกระจายอยู่จำนวนมาก ส่วนการใช้ยาฆ่าแมลง เช่น ดีดีที และอิลดริน ในการเพาะปลูกพืชจะทำให้เกิดสารตกค้างในดิน ทำให้เกิดการชะล้างลงสู่แม่น้ำลำคลอง

นอกจากน้ำเสียทั้ง 3 ประเภทแล้วยังมีน้ำเสียจากแหล่งอื่นๆ อีก เช่นน้ำเสียจากกองขยะที่มีการเทกองกลางแจ้ง และน้ำเสียจากคราบน้ำมันที่มาจากการรั่วไหลของการคมนาคมขนส่งทางน้ำ เป็นต้น

เกณฑ์วัดคุณภาพน้ำเสีย

กฎหมายได้กำหนดคุณภาพของน้ำเสียที่มีตัวชี้วัด (Parameter) ดังนี้

1. พีเอช (pH) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นกรดด่างของน้ำเสีย โดยทั่วไปสิ่งมีชีวิตในน้ำหรือจุลินทรีย์จะดำรงชีพได้ดีในสภาวะเป็นกลาง ถ้าค่า pH สูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้ระบบนิเวศน์น้ำเสียหาย สัตว์และพืชน้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้

2. BOD (Biochemical Oxygen Demand) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสารอินทรีย์ ค่านี้ใช้เป็นค่าบอกความสกปรกของน้ำเสีย ถ้าค่า BOD สูงแสดงว่าความต้องการออกซิเจนสูง นั่นคือมีความสกปรกมาก

3. ปริมาณของแข็ง (Solids) หมายถึงปริมาณของสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย ทั้งในลักษณะที่ไม่ละลายน้ำและที่ละลายน้ำ ของแข็งบางชนิดมีน้ำหนักเบาและแขวนลอยอยู่ในน้ำ แต่บางชนิดจะหนักและจมตัวลงเบื้องล่าง ของแข็งเหล่านี้ถ้าปล่อยทิ้งไว้ในปริมาณมากจะทำให้ลำน้ำธรรมชาติตื้นเขิน และบดบังแสงแดดที่ส่องลงสู่ท้องน้ำ

4. ซัลไฟด์ (Sulfide) เป็นสารประกอบกำมะถันที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ และมีอยู่ในน้ำเสียจากบ้านเรือนโดยเฉพาะกากอุจจาระ เมื่อสารประกอบอินทรีย์จากเศษอาหาร ทั้งพืชและสัตว์ถูกจุลินทรีย์ย่อยในสภาวะไม่มีอากาศ เช่น ในบ่อส้วมหรือท้องร่อง จะกลายเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งมีกลิ่นเหม็น แต่ถ้ามีออกซิเจนเพียงพอก็จะถูกแปรสภาพต่อไปเป็นสารที่มีชื่อเรียกว่า ซัลเฟต ($SO_4^=$) ซึ่งไม่มีกลิ่นเหม็น

5. ไนโตรเจน เป็นธาตุที่จำเป็นในการสร้างเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เป็นองค์ประกอบสำคัญของโปรตีน เมื่อสารประกอบอินทรีย์ถูกย่อยสลายไนโตรเจนจะเปลี่ยนสภาพเป็นแอมโมเนียม ถ้าหากในน้ำมีออกซิเจนเพียงพอ แอมโมเนียมก็จะถูกย่อยต่อไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท ดังนั้นการปล่อยน้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนสูง จึงทำให้ออกซิเจนที่มีอยู่ในลำน้ำน้อยลง

6. ออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen, DO) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำ สามารถบ่งชี้บอกคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ ถ้าออกซิเจนมากก็เป็นน้ำที่มีคุณภาพดี ปลาและสัตว์น้ำสามารถอาศัยอยู่ได้

7. ฟอสเฟต ฟอสฟอรัสซึ่งเป็นรูปฐานของฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบหนึ่งในเซลพืชและสัตว์ เมื่อซากของสิ่งมีชีวิตถูกย่อยโดยจุลินทรีย์จะกลายเป็นฟอสเฟต สามารถพบฟอสฟอรัสในสารซักฟอก ซึ่งเมื่อลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดฟองที่กีดขวางการแทรกซึมของออกซิเจนในอากาศสู่ผิวน้ำ ฟอสเฟตเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการแพร่ระบาดของสาหร่าย(Algae)จำนวนมากในแหล่งน้ำ น้ำจึงเป็นสีเขียวมีสภาพไม่น่าดู

8. COD (Chemical Oxygen Demand) เป็นค่าปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยวิธีการทางเคมี มักใช้สำหรับเทียบหาค่า BOD ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการวิเคราะห์หาค่า BOD ต้องใช้เวลานานถึง 5 วัน แต่ของ COD ใช้เวลาเพียงประมาณ 2-3 ชั่วโมง โดย COD:BOD ของน้ำเสียชุมชนประมาณ 2-4 เท่า

ปัญหาของน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม

ถ้าน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ ถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเป็นจำนวนมากโดยไม่มีการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียออกไปก่อนจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ ดังนี้

1. สภาพน้ำเน่าเสียมีสีดำ เกิดก๊าซพิษ และมีกลิ่นเหม็น อันเนื่องมาจากสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่มีสารประกอบของคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นหลัก สารอินทรีย์เหล่านี้ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ประเภทใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิต (aerobic bacteria) จึงเกิดผลกระทบต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยปกติปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (DO) จะมีค่าสูงสุดอิ่มตัวที่ 7.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อออกซิเจนถูกจุลินทรีย์ใช้ไป

ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ค่า DO จะลดลง หากค่า DO ต่ำกว่า 4 mg/l (ซึ่งถือว่าเป็นค่าต่ำสุดที่สิ่งมีชีวิตในน้ำจะดำรงชีวิตอยู่อย่างปกติสุข) แต่สารอินทรีย์ยังมีเหลืออยู่มาก ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ไปจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งอยู่ในสภาพขาดออกซิเจน จุลินทรีย์ในกลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนจึงมาทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่อ ผลจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะได้ก๊าซต่างๆที่ไม่พึงประสงค์ เช่น ก๊าซมีเธน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และอื่นๆ ขึ้นอยู่กับว่าจุลินทรีย์นั้นจะใช้สารใดเป็นตัวรับอิเลคตรอนตัวสุดท้ายของกระบวนการหายใจ ส่วนใหญ่ใช้กำมะถันจึงได้ผลผลิตเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มีกลิ่นเหม็น ขณะเดียวกันอิออนซัลไฟด์จากกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์จะรวมตัวเกิดปฏิกริยากับโลหะต่างๆ ที่อยู่ในน้ำทำให้น้ำมีสีดำคล้ำหมดความสวยงาม และก่อให้เกิดความรำคาญแก่ผู้ที่อยู่อาศัยใกล้แหล่งน้ำ (พิสิฎฐ์ เจริญสุดใจ, 2538)

2. เป็นอันตรายอย่างร้ายแรงต่อพืชและสัตว์ สารอินทรีย์เมื่อผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้วจะเปลี่ยนเป็นสารอนินทรีย์ เช่น ไนไตรท์ ไนเตรท แอมโมเนียม และฟอสเฟต ซึ่งเป็นแร่ธาตุอาหารที่ดีของพืช ถ้าหากมีมากเกินไปในแหล่งน้ำทำให้พืชน้ำ พวกสาหร่าย และผักตบชวาเกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ซึ่งพืชน้ำพวกนี้จะดึงออกซิเจนจากน้ำไปใช้ ทำให้สัตว์และพืชอื่น ๆ ขาดอากาศหายใจ(Eutrophication)เป็นการทำลายระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ นอกจากนี้ในน้ำเสียยังประกอบไปด้วยโลหะหนักต่างๆ เช่น ปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม เป็นต้น เมื่อสารเหล่านี้ละลายอยู่ในน้ำปริมาณมาก ๆ มีผลทำให้ สัตว์น้ำไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เช่นกัน

3. น้ำเสียเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน โดยเป็นพาหะนำโรคต่าง ๆ มาสู่มนุษย์ เชื้อจุลินทรีย์ เชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์มจะก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เช่น บิด ไทฟอยด์ และอหิวาตกโรค หรือเชื้อไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคผิวหนังเป็นแผลเน่าเปื่อยพุพอง รวมทั้งยังเป็นแหล่งแพร่เชื้อโรค หรือทำให้เกิดการผ่าเหล่าและเป็นมะเร็ง ดังกรณีน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษ ที่พบว่ามีสารไดออกซินอันเป็นสารที่อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งในตับ (จิรศักดิ์ จินดาโรจน์ และจักรกฤษณ์ หอมจันทน์, 2537) ในแหล่งน้ำต่าง ๆ ยังมีสารกำจัดศัตรูพืช และโลหะหนักชนิดต่างๆ ปนเปื้อนอยู่ทั้งในน้ำใต้ดิน และผิวดิน ถึงแม้จะยังมีปริมาณไม่เกินระดับอันตราย แต่ก็พบการสะสมตัวของโลหะหนักบางชนิดในตะกอนใต้ลำน้ำ สำหรับการปนเปื้อนตกค้างของสารพิษเหล่านี้โลหะหนักถือว่าเป็นสารที่มีอันตรายร้ายแรงที่สุด เช่น ปรอททำให้เกิดโรคมินามาตะ แคดเมียมทำให้เกิดโรคอิไตอิไต ตะกั่วทำให้มีอาการทางประสาท สารหนูทำให้เกิดโรคมะเร็งที่ผิวหนัง นอกจากนี้ยังมี สาร PCB_s (Polycholinated biphynyl compound)เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการกัดกร่อน สลายตัวยาก และมีการตกค้างสะสมตัวเป็นเวลานาน PCB_s ทำให้เกิดพิษเรื้อรัง โดยผิวหนังเป็นผื่นคล้ำขาดภูมิคุ้มกัน บวม และอาจตายได้ (ทัศนา เพชรวัชราไพบูลย์, 2539)

4. ทรัพยากรน้ำไม่เพียงพอ ประกอบ วิโรจนกูฏ และธิดารัตน์ ติยะจามร (2540) ได้จัดปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมเป็นปัญหาในการจัดการทรัพยากรน้ำ เนื่องจากทำให้มีน้ำสะอาดไม่เพียงพอต่อความต้องการซึ่งนับวันจะเพิ่มมากขึ้นจากการขยายตัวของเมืองอุตสาหกรรม และการพัฒนาคุณภาพชีวิตและการท่องเที่ยว ทำให้ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงในกระบวนการนำแหล่งน้ำดิบเหล่านั้นมาผลิตน้ำประปา นอกจากนี้ยังสร้างความเสียหายต่อการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีกรดหรือด่าง หรือมีเกลือแร่มากเกินไป

ความสำคัญของน้ำเสียชุมชน

สาเหตุของการเสื่อมคุณภาพน้ำในแม่น้ำสายหลักของประเทศ มาจากแหล่งใหญ่ที่สำคัญที่สุดคือน้ำเสียจากชุมชนที่มีการระบายน้ำเสียลงในแม่น้ำ (สุรวิชย์ เกียรติประจักษ์, 2533) ประมาณ 60-70% ของปริมาณของเสียที่ระบายลงแม่น้ำทั้งหมดเป็นน้ำเสียจากชุมชน ส่วนที่เหลือ 30-40% เป็นน้ำเสียจากอุตสาหกรรมและอื่นๆ น้ำเสียจากชุมชนนั้นมาจากน้ำในส้วมที่ผ่านบ่อเกรอะบ่อซึมแล้วถูกปล่อยลงรางระบายน้ำฝนเหลือความสกปรกประมาณร้อยละ 10 แต่น้ำจากการอาบ ซักผ้า และจากครัว มีความสกปรกรวมกันถึงร้อยละ 88 ของความสกปรกจากครัวเรือนทั้งหมด (ปรียาพร พรหมพิทักษ์, 2532)

สิ่งที่ควบคุมลักษณะและส่วนประกอบของน้ำเสียจากชุมชน ได้แก่ ลักษณะของชุมชน ถ้าเป็นชุมชนที่มีอัตราการใช้น้ำต่อบุคคลจำกัดก็จะทำให้มีความเข้มข้นของสิ่งโสโครกมาก แต่ถ้าเป็นชุมชนที่มีอัตราการใช้น้ำต่อบุคคลสูงก็ทำให้มีความเข้มข้นของสิ่งสกปรกไม่มากนัก และถ้ามีระบบท่อระบายน้ำเสียจากบ้านเรือนแยกกับน้ำล้นผิวถนนหรือผิวดิน และไม่มีน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมย่อยมาปะปนแล้ว ความเข้มข้นและส่วนประกอบของน้ำเสียจะคงที่ แต่ถ้าอัตราการไหลภายในท่อของแต่ละวันไม่เท่ากัน ก็อาจมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเสียได้ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, 2536)

ลักษณะทั่วไปของแหล่งน้ำเสียจากชุมชนประกอบไป ด้วย Total nitrogen 15-60 mg/l, Total phosphorus 0.5-1.0 mg/l (Atkins,1968) โดยมีค่า pH ค่อนข้างเป็นกลาง สิ่งเจือปนในน้ำเสียมีทั้งสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ที่เป็นของแข็งและสารละลาย นอกจากนี้ยังอาจมีเชื้อโรคและพยาธิปนอยู่ด้วย แต่สิ่งสกปรกที่สำคัญที่สุดได้แก่ สารอินทรีย์ซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ (เสริมพล รัตสุข และไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2518) จึงมีอาหารเสริมสร้างสำหรับจุลินทรีย์ เช่น ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอ (สมบูรณ์ ลุวีระ, 2530) ปริมาณของไนโตรเจนในน้ำเสียจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ฤดูหนาวจะมีรูปของไนเตรตมาก แต่ในฤดูร้อนจะมีแอมโมเนียมมาก (Anderson, Pepper, and Kneebone, 1981) และมีการสูญเสียไนโตรเจนมากในช่วงฤดูร้อน(Allhands et al.,1995)

น้ำเสียจากชุมชนเป็นน้ำเสียที่บำบัดได้ง่ายเนื่องจากส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีธาตุอาหารครบถ้วนตามความต้องการของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนจึงนิยมใช้การบำบัดทางชีวภาพ เช่น กระบวนการเร่งตะกอน บ่อผึ่ง เป็นต้น (มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์, 2538) สำหรับน้ำเสียชุมชนมหาวิทยาลัยขอนแก่น ใช้ระบบบำบัดแบบ บ่อผึ่ง (oxidation pond) และมีการตรวจโลหะหนักจากน้ำเสียไม่ผ่านการบำบัด (น้ำเสียบ่อที่ 1) พบว่าไม่ปรากฏโลหะหนักพวกตะกั่วและแคดเมียม (ฉัตรชัย และคณะ, 2536)

แนวทางการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดไปใช้ประโยชน์

น้ำเสียสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้หลายแบบ อาจเป็นน้ำเสียหลังการบำบัดเพียงขั้นต้น ขั้นที่ 2 หรือขั้นที่ 3 ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ทั้งด้านสิ่งแวดล้อม สาธารณสุข และด้านงบประมาณ จากการศึกษาพบว่าได้มีการนำน้ำเสียกลับไปใช้ประโยชน์แบ่งเป็น 2 หัวข้อ ดังนี้

1.การนำน้ำเสียไปใช้ในทางการเกษตร

Patrick (1984) แนะนำว่าการนำน้ำเสียมาใช้ในการปลูกพืชมีข้อดี คือ ให้ปุ๋ยและธาตุอาหารซึ่งทำให้เพิ่มผลผลิต และเหมาะสำหรับใช้ทางการเกษตรในช่วงหน้าร้อน การทำเกษตรกรรมต้องใช้น้ำในปริมาณมาก ในพื้นที่ซึ่งขาดแคลนน้ำมีน้ำไม่เพียงพอต่อการอุปโภคบริโภคและการทำเกษตรกรรม การนำน้ำเสียกลับมาใช้ในทางการเกษตรจึงน่าจะบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำ อย่างไรก็ตามน้ำเสียบางประเภทอาจมีสารพิษปะปนมาอันอาจทำให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้ จึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำเสียในการนำไปใช้ทางการเกษตรให้มีปริมาณสารต่างๆ ไม่เกินกำหนด (Shende et al., 1988)

น้ำเสียถูกนำมาใช้ในทางการเกษตรครั้งแรกในศตวรรษที่ 16 ประเทศเยอรมนี และเมืองเมลเบอร์น ประเทศออสเตรเลีย มีการนำน้ำเสียชุมชนมาใช้เลี้ยงสัตว์ในทุ่งหญ้า ส่วนที่ประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำน้ำเสียมาใช้ทางการเกษตรมากกว่า 5.7 ล้านลบ.เมตร/วัน (Robert et al.,1994)

สำหรับการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการนำไปใช้ ที่ประเทศอิสราเอล เมือง Beer-Sheva โดยเปรียบเทียบการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 ไปใช้ในทางการเกษตรระหว่างการให้น้ำแบบหยดกับการให้น้ำแบบ Sprinkler พบว่าการให้น้ำแบบหยดจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ผิวดินน้อยกว่าการให้น้ำแบบ Sprinkler (Oron et al., 1992)

Croce et al. (1992) ศึกษาการใช้ประโยชน์จากน้ำเสียเพื่อการชลประทาน โดยการปลูกถั่วพุ่ม (cowpeas) แล้วให้น้ำเสียจากชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 พบว่าสามารถนำไปใช้ได้ปลอดภัย แต่ต้องมีการระมัดระวัง ตัวอย่างดินตลอดฤดูปลูกอาจมีการปนเปื้อนของแบคทีเรีย

ในประเทศไทยมีการนำน้ำเสียมาใช้เพื่อการเกษตรแล้วหลายแห่ง เช่น โรงงานเยื่อกระดาษของบริษัทฟินิกส์ พัลพ์ แอนด์ เพเพอร์จำกัด ซึ่งเรียกว่า โปรเจคกรีน (Project green) ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2536 เป็นต้นมา พื้นที่ของโครงการมีประมาณ 4,000 ไร่ อยู่รอบ ๆ บริเวณโรงงาน พืชที่ปลูก คือ ยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นวัตถุดิบของโรงงาน (วินัย ศรีอำพร, 2540)

ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์ (2537) รายงานว่า น้ำเสียทางการเกษตร เช่น น้ำเสียจากฟาร์มสุกรและน้ำเสียจากบ่อเลี้ยงปลาช่อน สามารถใช้เป็นอาหารเสริมแก่พืชหรือเป็นอาหารแก่สาหร่ายที่ใช้เป็นอาหารในบ่อเลี้ยงปลาชนิดกินพืชได้ จึงสามารถทำการบำบัดโดยนำน้ำเสียไปเลี้ยงปลานิลพบว่าสามารถเปลี่ยนน้ำเสียที่มีสีดำและเต็มไปด้วยสารตะกอนแขวนลอย มี DO เพียง 0-1 mg/l ให้เป็นน้ำที่มี DO สูงถึง 9.6 mg/l ได้ในช่วงบ่ายที่มีแดดจัด และสามารถปล่อยน้ำเสียจากบ่อปลานิลไปสู่คลองสาธารณะได้โดยไม่มีปัญหา

การนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาใช้ในทางการเกษตรมีประเด็นที่ต้องพิจารณาคือ

-การปนเปื้อนของสารจุลชีพและสารพิษต่อพืช ดิน น้ำใต้ดิน และ น้ำบนดิน ที่อาจไหลชะล้างเอาสิ่งปนเปื้อนออกจากพื้นที่

-การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นต่อดิน โดยเฉพาะการเพิ่มของเกลือและสารเคมีต่างๆ ในดินจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อพืช และเกิดความเสียหายต่อดินในระยะยาว

-การทำให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นและเปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำใต้ดิน รวมถึงผลกระทบต่อคุณภาพน้ำใต้ดิน (จิรศักดิ์ จินดาโรจน์, 2537)

2.การนำน้ำเสียไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น

นอกจากการน้ำเสียกลับไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรแล้ว ยังมีผู้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการนำน้ำเสียไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ไว้มากมายดังนี้

-การนำน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงไรแดง มารศรี นวนรเศรษฐ์(2527) ได้ทำการทดลองนำน้ำเสียจากชุมชนที่ยังไม่ผ่านการบำบัดจากโรงงานกำจัดน้ำเสียห้วยขวางของการเคหะแห่งชาติมาเพาะเลี้ยงไรแดงที่สามารถใช้เป็นอาหารปลา ผลการเพาะเลี้ยงพบว่าไรแดงสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อค่า BOD อยู่ระหว่าง 165-440 mg/l ส่วนน้ำเสียที่มีค่า BOD 822.8 mg/l และ 932.7 mg/l ไม่สามารถเพาะเลี้ยงไรแดงได้

-การนำน้ำเสียมาใช้ผลิตแก๊สชีวภาพ Cox and Nuttal (1985) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมาใช้ในการบำบัดของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ซึ่งทำให้ได้ก๊าซชีวภาพคือก๊าซมีเธนจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำ มาใช้เป็นพลังงานในการหุงต้มให้แสงสว่าง และใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเตา

-การนำน้ำเสียมาเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง มรกต ตันติเจริญ (2532) รายงานว่า น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดในบ่อหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน เมื่อนำมาถ่ายลงบ่ออีก 2-3 บ่อ แล้วทิ้งไว้จนสารอินทรีย์ในน้ำถูกย่อยสลายเหลือเป็นสารพวกแร่ธาตุ สามารถทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายเกลียวทอง (spirulina) เพื่อการประกอบอาชีพเสริมได้

-การนำน้ำเสียมาใช้ในด้าน Landscape ที่ Walt Disney World รัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา มีการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว มาใช้ในการปรับปรุงภูมิทัศน์และความสวยงามของสถานที่ (Harkness et al., 1993) นอกจากนี้ยังมีการนำไปใช้ในสนามกอล์ฟ (Takashi Asano, 1994)

-การนำน้ำเสียมาทำน้ำดื่ม ที่เดนเวอร์ โคโรลาโด มีโครงการในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการต่างๆ มากมาย เพื่อนำมาทำเป็นน้ำดื่ม โดยเฉพาะในการบำบัดขั้นที่สาม ได้แก่ Lime clarification, reverse osmosis และ Ultraviolet เพื่อทำการกำจัดเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว สารอนินทรีย์ และโลหะหนักออกไปให้หมด (Lauer, 1991)

-การนำน้ำเสียกลับมาใช้ในทางอุตสาหกรรมนั้น น้ำเสียจากชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 สามารถนำมาใช้ในการCooling และอื่นๆ ที่ไม่ต้องการน้ำคุณภาพสูง เช่น น้ำเสียจากอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ อุตสาหกรรมเคมี และโลหะ เป็นต้น ในญี่ปุ่นมีการนำน้ำเสียจากอุตสาหกรรมมาใช้ถึง 75% ในปี 1987 และมีแนวโน้มของอัตราการใช้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, 2537)

-การนำกากตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ในรูปของปุ๋ยทางการเกษตร

การนำกากตะกอนจากน้ำเสียมาใช้ประโยชน์มีงานวิจัยอย่างกว้างขวางดังต่อไปนี้

ในการศึกษาวิจัยของอรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2533) ได้วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสียชุมชนห้วยขวาง กรุงเทพมหานครพบว่า ในหนึ่งตันกากตะกอนแห้งมีธาตุอาหารหลักของพืช คือ ไนโตรเจน 19.24 กก. ฟอสฟอรัส 245.8 กรัม โปแตสเซียม 440 กรัม และการเติมกากตะกอน 3,200 กก/ไร่จนถึง 12,800 กก./ไร่ ให้กับพืชผักจะทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น และการใช้ตะกอนน้ำเสียเป็นปุ๋ยในพืชผักสามารถทำให้พืชผักมีผลผลิตเท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 อัตรา 96 กิโลกรัมต่อไร่ (ศิราณี ศิริโนดม, 2534)

Furrer และ Gupta (1989) ได้ทดลองใช้กากที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพของมูลสุกรในระบบปลูกพืชหมุนเวียนต่างๆ เป็นเวลา 8 ปี พบว่าการใช้กากในอัตรา 5 ตันต่อเฮกตาร์ มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี และหญ้าได้สูงสุด ซึ่งการใช้กากในอัตราเดียวกันนี้จะมีผลต่อปริมาณการดูดธาตุฟอสฟอรัสของหญ้าได้สูงถึง 64.3 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อเฮกตาร์

สุจินต์ พนาปวุฒิกุล (2535) นำกากแห้งที่เหลืออยู่บนผิวดินจากการบำบัดน้ำเสียบนผิวดินมาวิเคราะห์พบว่ามีค่า N:P:K สูงถึง 5:1:4 ซึ่งเหมาะจะนำมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์แทนปุ๋ยเคมีได้มาก กากแห้งเหล่านี้เคยนำไปใช้ประโยชน์โดยตรงกับการปลูกพืชกว่า 100 ชนิดในรอบ 15 ปีที่ผ่านมา

สามารถเพิ่มผลผลิตของพืช แต่มีที่ไม่ได้ผลบ้างเนื่องจากการใช้มากหรือน้อยไป จึงต้องรู้จักวิธีใช้ด้วยจึงจะได้ผล

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา (2538) รายงานการใช้ตะกอนน้ำเสียเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกบนดินชุดกำแพงแสนพบว่า ตะกอนน้ำเสียเป็นปุ๋ยสำหรับข้าวโพดหวานได้ดี

ผลกระทบของการนำน้ำเสียไปใช้ทางการเกษตร

การนำน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อดิน น้ำ และพืช ซึ่งสามารถแยกผลกระทบออกเป็นด้านต่างๆดังต่อไปนี้

1.การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช

น้ำเสียที่นำมาใช้ทางการเกษตรในการปลูกพืชชนิดต่างๆจะมีคุณภาพแตกต่างกันไป โดยพิจารณาจาก ค่า pH, BOD, ปริมาณของแข็ง (SS,TS,TDS), Sulfide, Nitrogen, DO, Phosphate และค่า COD เมื่อในน้ำเสียมีสารต่างๆ ปะปนอยู่จึงอาจส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันไปตามชนิดของน้ำเสีย โดยการศึกษาของ Terry and Tate (1981) รายงานว่าการนำน้ำเสียชุมชนมาใช้ในการปลูกหญ้านั้น ทำให้หญ้าในแปลงที่ได้รับน้ำเสียมีน้ำหนักแห้ง (212 g/m^2) มากกว่าหญ้าในแปลงที่รับน้ำปกติ (48 g/m^2) ถึง 4 เท่า โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)ในหญ้าแปลงรับน้ำเสียมากกว่าหญ้าแปลงน้ำปกติด้วย หญ้าแต่ละชนิดให้ผลผลิตแตกต่างกันทั้งนี้หญ้า ryegrass clipping ที่ปลูกในฤดูหนาวให้ผลผลิตสูงกว่าหญ้า bermudagrass ที่ปลูกในฤดูร้อน เมื่อได้รับน้ำเสียผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 จากแหล่งเดียวกัน (Anderson et al., 1981) นอกจากนี้หญ้าที่ได้รับน้ำเสียจะมีการเจริญเติบโตในส่วนของลำต้น (shoot) สูงกว่าและมีใบสีเขียวเข้มกว่าหญ้าที่ได้รับน้ำปกติด้วย (Hayes et al., 1990)

นอกจากการศึกษาในพืชตระกูลหญ้าแล้วยังมีการศึกษาในพืชอื่นๆ อีกหลายชนิด การศึกษาที่ Tallahasse ฟลอริดา พบว่าน้ำเสียมีการตอบสนองต่อพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด, ถั่วเหลือง (soybeans), bermudagrass, และ canola (Overman and Leseman, 1982) ส่วนในทูนีเซีย (Tunisia) ได้มีการนำน้ำเสียมาใช้ในการปลูกพืชต่างๆเป็นเวลานานหลายสิบปี เช่น ข้าวสาลี, ข้าวบาร์เลย์, ฝ้าย, และข้าวโพด (Bahri and Brissaud, 1996)

พืชแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อธาตุอาหารแตกต่างกัน โดยทั่วไปพืชได้รับไนโตรเจนจากการดึงดูดไนโตรเจนจากดิน แต่ในพืชประเภทถั่วนอกจากจะได้รับไนโตรเจนจากดินแล้วยังได้จากกระบวนการตรึงไนโตรเจนจากอากาศอีกทางหนึ่งด้วย อย่างไรก็ตามพืชตระกูลถั่วยังมีการดึงดูดไนโตรเจนจากดินมาใช้ด้วย (Boudin et al., 1979) ถ้าในดินมีไนโตรเจนเพียงพอ ถั่วจะใช้

ไนโตรเจนส่วนมากจากดิน แต่ถ้าในดินมีไนโตรเจนอยู่น้อยถั่วจะใช้ไนโตรเจนส่วนมากจากกระบวนการตรึงไนโตรเจน

พืชต่างชนิดกันใช้โปแตสเซียมได้ไม่เท่ากัน เพราะรูปแบบการแผ่ขยายของระบบราก และเมตาบอลิซึมของราก เช่นหญ้าสามารถใช้โปแตสเซียมได้ดีกว่าถั่ว เพราะหญ้าสามารถใช้โปแตสเซียมจากส่วนที่เป็นโปแตสเซียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ แต่ถั่วไม่สามารถใช้ได้ (ปัทมา วิตยากร, 2538)

ผลการศึกษาส่วนใหญ่ของการนำน้ำเสียมาใช้ในการเกษตรมักทำให้ผลผลิตของพืชสูงขึ้น Peterson et al. (1981) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้น้ำเสีย และน้ำฝนในการปลูกข้าวโพด โดยไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าต้นข้าวโพดที่ได้รับน้ำเสียมีการเจริญเติบโตสูงกว่าข้าวโพดที่ได้รับน้ำฝนอย่างชัดเจน จากการศึกษาของ Campbel et al. (1983) พบว่าพืชที่ได้รับน้ำเสียจะให้ผลผลิตสูง แต่การศึกษาของ Barton (1984) รายงานว่าการนำน้ำเสียจากครัวเรือนมาใช้ในการปลูกป่า (*Pinus Radiata*) เป็นระยะเวลานาน 21 เดือนพบว่าน้ำเสียมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชดีขึ้นเพียงเล็กน้อย ส่วนการศึกษาของ Jimenez-Cisneros (1995 อ้างจาก Commision Nacional del Agua, CNA. 1994)พบว่า Alfafa, พริก ข้าวโพด ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ เมื่อได้รับน้ำเสียให้ผลผลิตมากกว่า 50 % ของผลผลิตที่ได้รับน้ำปกติ ยกเว้นถั่วที่ผลผลิตจากน้ำปกติสูงกว่าผลผลิตที่ได้รับน้ำเสีย 25 % ส่วน Varquez-Montiel, Horan and Mara (1996) พบว่าข้าวโพด (maize) ที่ได้รับน้ำเสียจะให้ผลผลิต(10.01 t/ha) สูงกว่าข้าวโพดที่ได้รับน้ำปกติ (7.5 t/ha)

น้ำเสียที่นำมาใช้ทางการเกษตรนั้นอาจเลือกน้ำเสียดิบที่ยังไม่ผ่านการบำบัดเลยหรือผ่านการบำบัดมาบ้างแล้ว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแตกต่างกันคือ น้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัด และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วนำไปใช้รดพืชทั้งผักและผลไม้ พบว่าผลผลิตของพืชจากน้ำเสียทั้งสองแหล่งมีความแตกต่างกัน โดยน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดให้ผลผลิตของมะละกอ แครอท มันฝรั่ง และมะเขือเทศ เท่ากับ 33,036, 10,494, 8,331, และ 11,948 lb/acre ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตที่ได้รับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด (8,670, 5,465, 23,856, และ 9,000 lb/acre ตามลำดับ) และเมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลานานโดยใช้น้ำเสียที่มีการเจือจางเปรียบเทียบกับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงโดยไม่เจือจาง ในช่วง 3 ปีแรก พืชจะให้ระดับการตอบสนองใกล้เคียงกันในทุกตำรับทดลอง แต่เมื่อระยะเวลานานขึ้นระดับผลผลิตของพืชที่ได้รับน้ำเสียเจือจาง 34.05 quintals/hectare จะสูงกว่าน้ำเสียเข้มข้น 33.37 quintals/hectare (Shende et al., 1988)

Singh (1989) ได้นำส่วนที่เป็นของเหลวที่ได้จากการหมักก๊าซชีวภาพของมูลสุกรมาทดลองใช้เป็นปุ๋ยในนาข้าว พบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้อย่างน้อย 30% เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย

Singh et al. (1991) ทำการศึกษาในประเทศอินเดีย พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของ berseem เพิ่มขึ้นตามปริมาณของน้ำเสียที่พืชได้รับ และปริมาณโลหะหนักเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำเสียเช่นกัน

Juwarkar (1991) รายงานการนำน้ำเสียจากชุมชนที่มี N 52-58 mg/l, ความเข้มข้นของโลหะต่ำ มาใช้ในการปลูกธัญพืช ผัก และไม้ดอกไม้ประดับ พบว่าให้ผลผลิตดีกว่าผลผลิตของพืชที่ได้รับน้ำปกติ อย่างไรก็ตามหากในน้ำเสียมีปริมาณธาตุอาหารบางอย่างมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อพืชได้ Gur and Salem (1992) รายงานว่าในน้ำเสียที่มีปริมาณธาตุบางอย่างมากเกินไปจะส่งผลกระทบต่อพืชบางชนิดได้ดังนี้

1.ถ้าความเข้มข้นของคลอไรด์สูงอาจมีผลต่อพืชซึ่งไวต่อคลอไรด์ เช่น อาโวกาโด stone fruit, berries และสตอร์เบอรรี่ เป็นต้น

2.ถ้าความเข้มข้นของโซเดียมสูง ในขณะที่ความชื้นในดินต่ำกว่า 30% จะทำให้พืชดูดซึมโซเดียมเข้าสู่ใบพืชมากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อพืชที่ไวต่อโซเดียม

ส่วนการศึกษาถึงการนำน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ทางการเกษตร เช่น น้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษซึ่งมี Na และ Cl สูง แต่มีปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) และธาตุอาหารต่างๆ เช่น N, Ca และ Mg ให้กับพืช ในประเทศอเมริกาเหนือได้นำน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษมาใช้ปลูกพืชพวก ถั่วแดง, ถั่วเขียว, ข้าวโพดหวาน, ladinoclover และ lucerne พบว่าสามารถเจริญเติบโตได้แต่ผลผลิตยังไม่เป็นที่น่าพอใจนัก แต่เมื่อปลูกในระยะเวลานานขึ้น ladinoclover และ lucerne จะสามารถให้ผลผลิตสูงขึ้น (Percival, 1984) แต่การศึกษาของ Juwarkar and Subrahmanyan (1987) พบว่าผลผลิตของมวลชีวภาพไม่ลดลงหรือไม่มีความแตกต่างระหว่างผลผลิตของพืชที่ได้รับน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษและน้ำปกติ ทั้งนี้ pH ของน้ำเสียยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Garcia and Charbaji. 1993) โดย Howe and Wagner (1996) รายงานว่าพืชที่ได้รับน้ำเสียที่ถูกจัดเตรียมให้มีค่า pH ต่างกัน น้ำเสียที่มีค่า pH 8.0 จะให้ผลผลิตมวลชีวภาพมากที่สุด

การเจริญเติบโตของพืช 2 ชนิด คือ *Acacia nilotica* และ *Casuarina equisetifolia* เมื่อได้รับน้ำเสียจากสีย้อมผ้า (Dyestuff wastewater) ที่มี ฟีนอล เมธิลไวโอเล็ต ค่า pH และคลอไรด์สูง พบว่าพืชทั้ง 2 ชนิดเจริญเติบโตในน้ำปกติได้ดีกว่าน้ำเสียจากสีย้อมผ้า แสดงว่าน้ำเสียจากสีย้อมผ้ามีผลไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 2 ชนิด ทั้งนี้ต้นไม้ 2 ชนิดยังตอบสนองต่อน้ำเสียจากสีย้อมผ้าแตกต่างกัน โดยต้น *Acacia nilotica* สามารถทนทานสภาพน้ำเสียที่มีฟีนอลและคลอไรด์สูงได้ดีกว่า *Casuarina equisetifolia* (Kanekar et al., 1993)

ในประเทศไทย จากการศึกษาวิจัยของธีระศักดิ์ พงศ์พนาไกร (2520) เกี่ยวกับการนำน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาลมาใช้ในการเกษตร โดยเอาน้ำเสียจากบ่อหมักบ่อผึ่งจากบ่อแรกและบ่อสุดท้ายมาเปรียบเทียบกับน้ำจากคลองชลประทานในการปลูกต้นอ้อยพบว่า ต้นอ้อยที่ได้รับน้ำเสียจากทั้งสอง

บ่อมีอัตราการเจริญเติบโต 47.00 และ 44.99 cm/month สูงกว่าต้นอ้อยที่ได้รับน้ำจากคลองชลประทานซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 34.17 cm/month

ในการศึกษาโดยให้น้ำปกติแก่พืช เปรียบเทียบกับน้ำเสียที่เจือจาง 50% และน้ำเสียเข้มข้น (จิรศักดิ์ และคณะ, 2536) พบว่า ข้าว และหญ้าอาหารสัตว์สามารถเจริญเติบโตได้ดีในน้ำเสีย ส่วนยูคาลิปตัสมีการเจริญเติบโตต่ำกว่าพืชที่ได้รับน้ำปกติ สำหรับพืชตระกูลถั่ว ถั่วเขียวเป็นพืชที่ได้รับความกระทบกระเทือนมากเมื่อได้รับน้ำเสีย โดยมีใบเหลือง และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล นอกจากนี้พืชส่วนใหญ่ที่ได้รับน้ำเสียร่วมกับปุ๋ยให้ผลผลิตสูงกว่าพืชที่ได้รับน้ำธรรมดาร่วมกับปุ๋ย โดยเฉพาะกระถินเทพา (*Acacia mangium*)

จามิกร ศรีสุมล (2537) รายงานการใช้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นปุ๋ยกับข้าวโพดหวาน เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีพบว่า น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพเทียบเท่าปุ๋ยเคมีกล่าวคือ ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน รวมทั้งปริมาณไนโตรเจนในตอซังและในเมล็ด ส่วนในกรณีที่ใช้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี พบว่า สามารถให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว

ชัยสิทธิ์ ทองจู (2538) ได้ทดลองใช้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพเป็นปุ๋ยไนโตรเจนให้กับผักกวางตุ้งและข้าวโพดฝักอ่อน ซึ่งสามารถทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนได้ 86 - 90% ของอัตราปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และการให้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างละครึ่งอัตราให้ผลผลิตของต้นกวางตุ้งทัดเทียมกับปุ๋ยเคมีเต็มอัตรา ส่วนข้าวโพดฝักอ่อนทั้งที่ได้รับเฉพาะน้ำเสีย และใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีเมื่อใช้ติดต่อกันสามารถให้ความเจริญเติบโตด้านความสูง อายุเก็บเกี่ยว น้ำหนักผลผลิต อัตราส่วนน้ำหนักฝักทั้งเปลือกต่อน้ำหนักฝักปอกเปลือก และปริมาณไนโตรเจนในตอซังและในฝักทัดเทียมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 15 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่

บัญชา รัตนีทู (2538) ศึกษาการใช้น้ำเสียจากก๊าซชีวภาพสำหรับหญ้ากินนีและถั่วเขียวที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่าทำให้ผลผลิตของหญ้ากินนีเพิ่มขึ้นเทียบเท่าปุ๋ยเคมีไนโตรเจนอัตรา 25 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ส่วนกรณีถั่วเขียว การให้น้ำเสียจากจากการผลิตก๊าซชีวภาพ ทั้งในระดับเทียบเท่าอัตรา 3 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ หรือให้ทดแทนน้ำชลประทานตลอดฤดูปลูกให้ผลผลิตทั้งน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ผลผลิตจำนวนฝัก จำนวนเมล็ด และน้ำหนักเมล็ดที่ได้รับน้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพไม่แตกต่างจากการให้ปุ๋ยเคมีและไม่ลดจำนวนปมของถั่วเขียว

นอกจากนี้พืชยังมีความสำคัญในการบำบัดน้ำเสียผ่านดิน โดย 69% ของฟอสฟอรัส และไนโตรเจนในน้ำเสียถูกเคลื่อนย้ายไปเป็นองค์ประกอบของพืช (Terry and Tate, 1981) ในชั้นดินที่มีความลึกระหว่าง 25-50 ซม.จากผิวดิน น้ำเสียจะไหลผ่านช่องว่างดินไปตามร่องรอยที่เคยเป็นที่อยู่ของรากพืช และธาตุอาหารในน้ำเสียจะถูกรากพืชดูดซับทำให้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+)

และไนเตรต (NO_3^-) ลดลง (Anderson et al., 1981; Pepper et al., 1981) พืชที่ปกคลุมยังช่วยรักษาโครงสร้างดิน น้ำเสีย 70 % ถูกเคลื่อนย้ายสู่อากาศโดย evapotranspiration จึงลดจำนวนของน้ำเสียที่ไหลลงสู่ ground water โดยสัดส่วนการเคลื่อนย้ายแบบ evapotranspiration ขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ใช้ อัตราการเจริญเติบโต และจำนวนน้ำเสียที่ให้ ถ้าน้ำมี BOD สูงเกินไปจนกลายเป็นสภาวะไร้อากาศ การเจริญของพืชจะลดลง (Patrick, 1984)

มนพ รุ่งสุข (2538) รายงานว่าหญ้าแฝกสามารถใช้บำบัดน้ำเสีย จากการศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกหอม 5 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อินเดีย บราซิล ศรีลังกา อินโดนีเซีย และราชบุรีเมื่อรดด้วยน้ำเสียชุมชน พบว่าในส่วนลำต้น(shoot)พันธุ์ราชบุรีสะสมธาตุอาหารพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมได้สูงสุด ส่วนราก(root) พันธุ์บราซิลสะสมไนโตรเจน และแมกนีเซียมสูงสุด และพันธุ์อินโดนีเซีย ราชบุรี และศรีลังกา สะสมฟอสฟอรัส โปแตสเซียม และแคลเซียมได้สูงสุด ตามลำดับ

2. ผลกระทบต่อลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

การนำน้ำเสียมาใช้ทางการเกษตรจะทำให้เกิดการกรองน้ำเสียผ่านดินมีการเคลื่อนย้ายอนินทรีย์สารต่างๆ เช่น แคทอิออน และแอนไอออนบางตัว (รวมทั้งฟอสเฟต) และอินทรีย์สารจะถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในดิน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีภายในดินดังนี้

การเปลี่ยนแปลงค่า pH และปริมาณไนโตรเจนในดิน เมื่อพิจารณาระยะเวลาเฉพาะในช่วงฤดูปลูกพืช pH ของดินที่ได้รับน้ำเสียมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากสิ่งต่างๆ ที่ปะปนในน้ำเสีย (Kardos and sopper, 1973) แต่จะลดลงเนื่องจากปฏิกริยาไนตริฟิเคชันในดิน (nitrification) ที่ให้ H^+ จากการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ในน้ำเสียเป็น NO_3^- (Tam and Wong, 1994) ดังนั้นน้ำเสียที่ไหลซึมผ่านดินออกมาจึงมีปริมาณแอมโมเนียมเพียงเล็กน้อยแต่มีปริมาณไนโตรเจนส่วนใหญ่เป็นไนเตรต และเมื่อสิ้นสุดการเก็บเกี่ยวพืช pH ของดินเพิ่มขึ้นเนื่องจากไนโตรเจนในดินอยู่ในรูปไนเตรต ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว Allhands et al. (1995) ได้ศึกษาพื้นที่ทางการเกษตรที่ได้รับน้ำเสียนานกว่า 13 ปี พบว่า ค่า pH ของดินในปี คศ.1980 - 1988 มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ แต่หลังจากนั้นค่า pH ของดินคงที่ 7.0 เพราะสมดุลย์ของปฏิกริยา ที่ให้ H^+ จาก nitrification และ OH^- จากปฏิกริยาการตรึงฟอสฟอรัส และแคทอิออนของ Ca และ Mg ส่วนงานวิจัยของ Vazquez-Montiel et al. (1996) รายงานถึงระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในดินที่ได้รับน้ำเสียมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในรูปของ NO_3^- โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองมี NO_3^- สะสมอยู่ในดินมากถึง 12.38 mg/kg ซึ่งเป็นปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืช ส่วนในดินที่รับน้ำปกติมีความเข้มข้นของไนโตรเจนลดลงจากดินก่อนทดลอง 8.96 mg/kg เป็น 5.03 mg/kg

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ดินที่ได้รับน้ำเสียจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มมากขึ้น (Reynolds et al., 1980) ซึ่งเมื่อศึกษาคุณภาพน้ำเสียที่ไหลผ่านพื้นที่ปลูกหญ้าพบว่าน้ำเสียที่ซึมออกมามีปริมาณฟอสฟอรัสหลงเหลืออยู่น้อยกว่า 0.5 mg/l (Vaisman et al., 1981) โดย Barton (1984) กล่าวว่าฟอสฟอรัสยังตกค้างอยู่ในดิน เนื่องจากการตรึงฟอสฟอรัสของเหล็กและอะลูมินัม ส่วนงานวิจัยของ Vazquez-Montiel et al. (1996) ได้นำน้ำเสียจากบ้านเรือนซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่สูง (ortho-P 9.34 mg/l) มาใช้ในการเกษตรพบว่าดินที่รับน้ำเสียจะมีปริมาณฟอสฟอรัส 7.06 mg/kg สูงกว่า ดินที่รับน้ำปกติ(5.53 mg/kg)

ส่วนการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีอื่นๆ ได้มีงานวิจัยที่ศึกษาค้นคว้าดังต่อไปนี้

ธีระศักดิ์ (2520) ทำการศึกษาวิเคราะห์ดินที่ได้รับน้ำเสียจากจากบ่อหมักบ่อผึ่งในบ่อแรกที่ยังไม่ผ่านการบำบัด และน้ำเสียจากบ่อสุดท้ายที่ผ่านการบำบัดแล้วของโรงงานน้ำตาลมาใช้ในการปลูกอ้อยเปรียบเทียบกับน้ำปกติ พบว่าดินที่ได้รับน้ำเสียมีปริมาณ OM, Total N, Total P, และ CEC (3.1%, 0.42%,748 ppm, และ 108.53 me/100gm) มากกว่าดินที่ได้รับน้ำปกติ (3.0%, 0.2%, 630 ppm, และ 94.76 me/100gm) ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุและแร่ธาตุอาหารต่างๆ ระหว่างน้ำเสียบ่อแรกและบ่อสุดท้ายไม่แตกต่างกันนัก ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะดินเดิมก่อนปลูกอ้อยพบว่าดินที่ได้รับน้ำเสียมีคุณสมบัติดีขึ้น

Hayes et al. (1990) ศึกษาการใช้น้ำเสียในการปลูก Bermuda grass ในสนามกอล์ฟพบว่าระดับฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมของดินที่ได้รับน้ำเสียมีมากกว่าดินที่ได้รับน้ำปกติ โดยเมื่อเวลาผ่านไป 9 เดือน ระดับฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมของพื้นที่ปลูกหญ้าที่ได้รับน้ำเสียเป็น 30 mg/kg และ ~300 mg/kg ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แต่ในพื้นที่ที่ได้รับน้ำปกติจะมีระดับฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมลดลงมาก เหลือน้อยกว่า 5 mg/kg และ ~200 mg/kg ตามลำดับ ส่วนไนโตรเจนของดินทั้ง 2 ตำรับทดลอง มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะดินในพื้นที่ศึกษามีระดับไนโตรเจนทั้งหมดต่ำอยู่แล้ว โดยน้อยกว่า 0.5% ไนโตรเจนที่มีอยู่ในน้ำเสียจึงถูกพืชดูดไปใช้

Mancino and Pepper (1992) ได้ทำการศึกษาการใช้น้ำเสียเพื่อการปลูกหญ้าเป็นระยะเวลา 3.2 ปีในพื้นที่เดิมของ Hayes et al. พบว่าในน้ำเสียมีปริมาณธาตุอาหารพืช N, P และซัลเฟต เรียงตามลำดับดังนี้ 244 kg/ha/yr, 244 kg/ha/yr และ 293 kg/ha/yr และมีโปแตสเซียมเพียงเล็กน้อย เมื่อนำไปใช้กับพื้นที่ปลูกหญ้าจะทำให้ลักษณะสมบัติทางเคมีดีขึ้นดังนี้ P 26 mg/kg, K 50 mg/kg, EC 0.2 dS/m, pH ของดินไม่เปลี่ยนแปลง ส่วน Fe, Mn, Zn, และ Cu มีอยู่ในระดับปกติของดินทางการเกษตรทั่วไป สำหรับแนวโน้มของธาตุอาหารต่างๆ ในช่วงเวลา 3 ปี พบว่า ระดับฟอสฟอรัสสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาที่ผ่านไป ส่วนระดับไนโตรเจนและโปแตสเซียมมีแนวโน้มไม่เพิ่มขึ้น เนื่องจากพืชดูดไนโตรเจนไปใช้ และในน้ำเสียมีโปแตสเซียมเพียงเล็กน้อย

สำหรับการนำน้ำเสียจากการย้อมสีไปใช้ทางการเกษตรพบว่า ดินที่ได้รับน้ำเสียชนิดนี้มีปริมาณฟีนอลที่ได้จากการย้อมสี และปริมาณสีเหลืออยู่น้อยมาก แสดงว่าฟีนอลได้รับการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดิน แต่พบปริมาณคลอไรด์ในดินสูง (Kanekar et al., 1992)

Gur and Salem (1992) รายงานว่าการนำน้ำเสียมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมีข้อดีคือ ป้องกันมลพิษของน้ำ เคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากน้ำเสียโดยดินและพืช ประมาณ 90% เคลื่อนย้ายฟอสฟอรัส 85% เคลื่อนย้ายสารอินทรีย์และของแข็งแขวนลอย

Siebe (1995) กล่าวว่าปริมาณโลหะหนักในดิน Cd, Pb, Cu, Zn เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ได้รับน้ำเสีย แต่ในการศึกษาครั้งนี้ที่ประเทศเม็กซิโกมีเพียง Cd เท่านั้นที่เกินมาตรฐานเพียงเล็กน้อย

Tam and Wong (1996) รายงานว่าระดับ N, P, K ในดิน mangrove ที่ได้รับน้ำเสียจะสูงกว่าในดินที่ได้รับน้ำปกติ โดยระดับไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะลดลงตามความลึกของดิน แต่ระดับโปแตสเซียมจะเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน โดยความสามารถของดินในการเพิ่มอินทรียวัตถุ และดูดซับธาตุอาหารแปรผันไปตามชนิดของดิน เช่น ดิน Shenzen มีอินทรียวัตถุ และ ปริมาณ clay มากกว่าดิน Saikeng จึงมีระดับ N, P, K มากกว่าตามไปด้วย น้ำเสียเพิ่ม EC และ OM ให้แก่ดิน OM ในดินชั้นล่าง (ลึกกว่า 10 ซม.)ไม่แตกต่างจากดินชั้นบนของดินชุดควบคุม แสดงว่า OM ของน้ำเสียจะติดอยู่ที่ชั้นบนไม่ลงสู่ชั้นล่าง

Howe and Wagner (1996) รายงานว่าการนำน้ำเสียไปใช้ทางการเกษตรจะส่งผลดีต่อลักษณะสมบัติของดินโดยเฉพาะดินเค็ม โดยพบว่าดินที่มีพืชปกคลุมจะมี Total Na น้อยกว่าดินที่ไม่มีพืชปกคลุมที่บริเวณชั้นผิวดิน

ชัยสิทธิ์ ทองจู (1995) ทดลองให้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพในการปลูกพืช พบว่าในการปลูกกวางตุ้ง 5 ครั้ง หรือข้าวโพดฝักอ่อนติดต่อกัน 3 ครั้ง มิได้มีผลต่อลักษณะสมบัติทางเคมีของดิน เช่น ปฏิกริยาดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แมกนีเซียม สังกะสี และทองแดง แต่มีแนวโน้มทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น เช่น ความหนาแน่นรวมของดิน และปริมาณเม็ดดินที่มีขนาดโตกว่า 0.25 มิลลิเมตร

บัญชา รัตนีทู (2538) พบว่าการใช้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพติดต่อกันทำให้ดินมีคุณสมบัติทางเคมีที่ดีขึ้น และมีการสะสมธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี และมีแนวโน้มปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินโดยไม่ทำให้ปริมาณไนเตรตในน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นรวมของดินที่ได้รับน้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพ และการใช้ปุ๋ยเคมี และดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือเท่ากับ 1.77 กรัม/ลบ.ซม.ทั้งหมด การใช้น้ำเสียร่วมกับปุ๋ยเคมีในระยะยาวมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน โดยมีแนวโน้มทำให้ pH ของดินลดลง (6.8) แต่การใช้น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพให้ผลไม่แตกต่างจากดินที่ไม่ใส่อะไรเลยมากนักโดยมีค่า pH

7.4 และ 7.3 ตามลำดับ ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณโปแตสเซียมในดินที่ใส่น้ำเสียจากการผลิตก๊าซชีวภาพไม่แตกต่างจากที่ไม่ใส่ แต่ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีนั้นมีแนวโน้มทำให้โปแตสเซียมในดินลดลง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่าการใส่น้ำเสียทำให้ดินมีแนวโน้มของปริมาณฟอสฟอรัสมากขึ้น ส่วนการใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มทำให้ฟอสฟอรัสในดินลดลงเมื่อเทียบกับตำรับควบคุมที่ไม่ใส่อะไรเลย

แต่ผลของการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษโดยสถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2538) พบว่าการใช้น้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษไม่มีผลทำให้ปริมาณ OM เปลี่ยนแปลง ส่วนปริมาณธาตุฟอสฟอรัสมีค่าลดลงจาก 12.5 ppm เป็น 5.8 ppm ในขณะที่ Cl, Na, และ EC เพิ่มขึ้นเป็น 44.9 ppm, 40-86.20 ppm, และ 0.9 dS/m ตามลำดับ แต่ค่าของ EC ยังต่ำกว่า 2 จึงถือว่าไม่มีผลกระทบทำให้ดินเค็ม

3. ผลกระทบทางชีวภาพของดิน

จุลินทรีย์ดินหรือมวลชีวภาพของดิน เป็นองค์ประกอบที่มีชีวิตที่ดำรงอยู่ภายในดิน ซึ่งมีปริมาณ 1-4% ของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน แต่เป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากจุลินทรีย์ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปของธาตุอาหารจากสารประกอบอินทรีย์ซึ่งพืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ทำให้มีการหมุนเวียนของธาตุอาหารในดิน นอกจากนั้นจุลินทรีย์สะสมธาตุอาหารไว้ในเซลล์ที่มีชีวิต และจะปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างรวดเร็วเมื่อจุลินทรีย์ตาย ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์มีอัตราย่อยสลายเร็วกว่าอินทรียวัตถุอื่น (สุวลักษณ์ เธียรสุคนธ์, 2537 อ้างจาก John et al.,1989)

แบคทีเรียในดินส่วนใหญ่เป็น Heterotrophs ซึ่งได้รับคาร์บอนและพลังงานจากอินทรียวัตถุหรือสารประกอบอินทรีย์บางชนิด ดังนั้นการเจริญเติบโตหรือการเพิ่มมวลชีวภาพ ตลอดจนระดับกิจกรรมของแบคทีเรียในดินจึงขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุที่มีอยู่แล้วหรือใส่เพิ่มลงไปในดิน

กระบวนการทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดิน

ปฏิกริยาให้พลังงาน (Energy yielding reactions) ของจุลินทรีย์พวก aerobic heterotrophs จะได้พลังงานจากการ oxidize สารประกอบอินทรีย์ เช่น น้ำตาลกลูโคส พร้อมกับมีการปล่อยน้ำ (H_2O) และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ดังสมการ

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{พลังงาน}$$

แหล่งที่มาของอินทรียวัตถุในดินมาจาก 3 แหล่ง คือ จุลินทรีย์ที่ตาย ซากสัตว์ และพืช โดยคาร์บอนในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ จะกลายเป็นคาร์บอนในอินทรียวัตถุในดิน ประมาณ 20-40% ถูกจุลินทรีย์นำไปใช้เพื่อกระบวนการชีวะสังเคราะห์หรือเป็นคาร์บอนในเซล แต่อีก 60-80% ถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และมีพลังงานเกิดขึ้นด้วย การปลดปล่อย CO_2 กลับคืนสู่

บรรยากาศโดยกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ และกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุ จุลินทรีย์พวก Heterotrophs จึงมีบทบาทสำคัญยิ่งในการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน (จักรกฤษณ์, 2533)

การสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ที่ปลดปล่อยคาร์บอนออกมาในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ถูกควบคุมโดยปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ ความชื้น pH แร่ธาตุต่างๆ ปริมาณอินทรียวัตถุ และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนของสารอินทรีย์ที่ใส่ลงไป เป็นต้น

ด้วยเหตุผลข้างต้นนี้ การตรวจสอบและประเมินระดับประชากรของจุลินทรีย์ดินในสถานะหนึ่งๆ จึงสามารถทำได้โดยการตรวจสอบและเปรียบเทียบกิจกรรมการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน

Mancino and Pepper (1992) ศึกษาจำนวนประชากรแบคทีเรียในดินที่ได้รับน้ำปกติเปรียบเทียบกับดินที่ได้รับน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 โดยวิธี Direct plate count พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างประชากรแบคทีเรียในดินทั้ง 2 ตำรับทดลอง น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจึงไม่มีผลส่งเสริมหรือยับยั้งแบคทีเรียหรืออาจกล่าวว่าปริมาณสารอินทรีย์และไนโตรเจนในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดไม่มีผลต่อจำนวนประชากรแบคทีเรีย

กัลยา สุนทรวงศ์สกุล (2537) ได้ศึกษาอิทธิพลของโลหะหนักในกากตะกอนน้ำเสียชุมชนต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ดินโดยใช้ CO_2 เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน ในดิน 2 ชุด คือดินเหนียวและดินร่วน ร่วมกับการเติมกากตะกอน 4 ระดับ คือ 20, 40, 60, และ 80 เมตริกตัน/เฮกตาร์ พบว่าดินทั้ง 2 ชุดเมื่อเติมกากตะกอนที่ระดับ 20 และ 40 เมตริกตัน/เฮกตาร์ ไม่มีผลต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ดินโดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง CO_2 , C:N จุลินทรีย์ดิน และ pH เมื่อเปรียบเทียบกับดินทดลองในตำรับควบคุม ส่วนการเพิ่มกากตะกอนในดินทดลองที่อัตรา 80 เมตริกตัน/เฮกตาร์ ไม่มีผลทำให้ C:N เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่มีผลทำให้ pH ลดลง และมีการเพิ่มขึ้นของ CO_2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นมากที่สุดในประมาณ 4 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นค่าที่วัดได้ค่อนข้างคงที่จนถึงสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งเป็นระยะเวลาหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูกพืชผัก (กากตะกอนอัตรา 20 เมตริกตัน/เฮกตาร์ เทียบเท่ากับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ในพืชผักทั่วไป)

กัลยาและคณะ (2538) ศึกษาการใช้กากตะกอนจากน้ำเสียใส่ในแปลงทดลองพบว่ากิจกรรมของจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับการเติมปุ๋ยอินทรีย์ตัวอื่น โดยในตะกอนประกอบด้วย ไนโตรเจนระหว่าง 2.5-5.0% ฟอสฟอรัส 1.5-2.0 % และโปแตสเซียม 0.02-0.5 %

ส่วนการศึกษาของสถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช (2538) ที่นำน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษไปใช้ทางการเกษตรพบว่า ปริมาณของแบคทีเรียในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เช่นเดียวกับแปลงควบคุม จึงเป็นไปได้ว่าน้ำเสียไม่ได้มีผลต่อสภาพนิเวศน์ของจุลินทรีย์ดิน แต่การแปรผลให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ควรมีการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในดินอย่างน้อย 3 ปี จึงจะทราบผลกระทบที่เกิดขึ้น

4. บทบาทของดินต่อลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย Patrick (1984) ศึกษาการใช้น้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษ ในอเมริกาเหนือ สามารถลด BOD, สี และเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของแคทอิออน (Ca, Mg, Na, K) โดยระดับของสีที่ลดลงขึ้นอยู่กับลักษณะสีของน้ำเสีย ปริมาณน้ำเสียที่ปล่อย ธรรมชาติของดิน และพืชที่ปกคลุม ดิน clay loam สามารถลดสีได้ดีกว่า sandy loam

ในการศึกษาถึงคุณภาพของน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษที่ผ่านการบำบัดแล้วและนำไปใช้ทางการเกษตร โดยการปลูกพืชในกระถาง (จิรศักดิ์ จินดาโรจน์, 2537) พบว่าน้ำที่ผ่านดินที่ใช้ทำเกษตรกรรมคุณภาพจะดีขึ้น โดยค่า BOD, COD และสี จะลดลงจาก 5-9 mg/l, 250-320 mg/l, 600-800 Pt-Co เป็น 0.8 mg/l, 7.2 mg/l, <1.0 Pt-Co ตามลำดับ

สถาบันวิจัยวลัยรุกขเวช (2538) รายงานถึงการใช้น้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษในการปลูกพืชภาคสนามพบว่า ค่า pH ของน้ำเสียที่ผ่านพื้นที่ทางการเกษตร มีความเป็นกรดสูง มีค่า EC, ปริมาณ Na และ Cl สูง และเมื่อผ่านพื้นที่การเกษตรแล้วจะมีค่า EC และ Na ในน้ำลดลงจาก 2.8 dS/m และ 312 mg/l เป็น 2.28 dS/m และ 167 mg/l

การบำบัดน้ำเสียของดิน ดินสามารถบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยกลไกทางกายภาพ เคมี และชีวภาพร่วมกันดังนี้

กลไกทางกายภาพ เมื่อน้ำเสียเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างในดิน ของแข็งแขวนลอยจะถูกกำจัดออกไปโดยการกรอง ประสิทธิภาพในการกรองขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคดิน เนื้อดิน และอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำ หากในน้ำเสียมีปริมาณของแข็งแขวนลอยที่เป็นชิ้นส่วนหยาบ ๆ มากเกินไป ทำให้ช่องว่างในดินเกิดการอุดตันลดอัตราการซาบซึมน้ำของดิน (Vinten et al., 1983) โดยอัตราการกรองลดลงมากที่สุดเมื่อน้ำเสียมีตะกอนแขวนลอยจำนวนมากสะสมอยู่บนผิวดิน (Abo-Ghobar, 1993) แต่ในระหว่างที่ไม่มีการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ระบบหรือในช่วงพักจะมีการย่อยสลายของของแข็งอินทรีย์ตามธรรมชาติ ทำให้อัตราการซาบซึมน้ำดีขึ้นได้ ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยดิน (soil aquifer treatment) อาจเกิดการอุดตันจากของแข็งแขวนลอยพวกสาหร่าย จึงควรหลีกเลี่ยงด้วยการ rapid turnover ของน้ำในบริเวณบำบัดเพื่อจำกัดการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Bouwer, 1992)

กลไกทางเคมี ปฏิกริยาทางเคมีภายในดินมีผลต่อความสามารถในการเคลื่อนที่ของสารประกอบต่างๆ หรือไอออนที่ละลายได้ทำให้สารประกอบบางอย่างถูกตรึงไว้ในดิน กลไกทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ การตกตะกอนทางเคมี (chemical precipitation) และกลไกในการดูดซับสาร(adsorption) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลไกในการดูดซับไอออนประจุบวก โดยทั่วไปดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) อยู่ในช่วง 10-30 cmole kg^{-1} ค่า CEC ของดินแต่ละชนิดแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปริมาณฮิวมัสและแร่ดินเหนียว ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มี CEC สูงสุด

(Polprasert, 1989) อัตราการกรองของดินที่บริเวณชั้นผิวดินถูกควบคุมโดยลักษณะสมบัติทางเคมีของน้ำเสียมากกว่าลักษณะสมบัติทางเคมีของดิน (Oster and Schroer, 1979)

แร่ดินเหนียวและฮิวมัสมีคุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญคือ มีประจุลบ ซึ่งมีสมบัติในการดูดซับประจุบวกหรือไอออนบวก (cation) เช่น NH_4^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} และ H^+ แต่จะไม่ดูดซับไอออนลบ (anion) เช่น NO_3^-, SO_4^{2-} ซึ่งการดูดซับไอออนบวกจะมีประสิทธิภาพเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของสารคอลลอยด์ เช่น ความสามารถในการดูดซับไอออนบวกของ Monmorillonite, Illite, Kaolinite และฮิวมัส จะมีประมาณ 80-100, 15-40, 3-15 และ 200 cmole kg^{-1} ตามลำดับ

ฟอสเฟตในน้ำเสียมากกว่า 94% ถูกดูดยึดอยู่ในดิน เนื่องจากฟอสเฟตถูกทำให้ตกตะกอน, ดูดซับโดยอนุภาคดิน หรือถูกจุลินทรีย์ใช้เพื่อการเจริญเติบโต (Terry and Tate, 1981) ฟอสเฟตเป็นไอออนลบที่ถูกดูดยึดไว้ในดินโดยทำปฏิกริยากับเหล็ก อลูมินัม และแคลเซียมเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อย ที่ pH ต่ำกว่า 6 ฟอสเฟตมักอยู่ร่วมกับเหล็กและอลูมินัมเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ เช่น strengite $[Fe(H_2PO_4)(OH)_2]$ และที่ pH สูงกว่า 7 ฟอสเฟตจะทำปฏิกริยากับแคลเซียมเกิดเป็น octacalcium phosphate $[Ca_4H(PO_4)_3 \cdot 3H_2O]$ (Ferguson, 1976) ดินที่มีเหล็กและอลูมินัมมากจึงสามารถดูดซับฟอสเฟตจากน้ำเสียได้ดีที่สุด (Stuanes, 1982)

กลไกทางชีวภาพที่เกิดขึ้นในดินในกระบวนการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินพวก Heterotrophic ในสภาพที่มีออกซิเจน จะเกิดกระบวนการที่เรียกว่า nitrification ทำให้แอมโมเนียมซึ่งได้จากการสลายตัวของอินทรีย์ไนโตรเจนถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรต์โดยแบคทีเรีย *Nitrosomonas* จากนั้นไนไตรต์จะถูกออกซิไดซ์ต่อเป็นไนเตรตโดยแบคทีเรีย *Nitrobacter* ซึ่งกระบวนการนี้เกิดได้ดีในสภาพที่มีสารอินทรีย์น้อย ของแข็งแขวนลอยสูง และมีอุณหภูมิสูง แต่ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนจะเกิดกระบวนการ denitrification ซึ่งมีความสำคัญในแง่การกำจัดไนเตรตออกไปจากน้ำ โดยไนเตรตจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นก๊าซไนโตรเจน โดยแบคทีเรียพวก *Pseudomonas, Micrococcus, Bacillus*, และ *Achromobactor* เป็นต้น กระบวนการนี้เกิดได้ดีในสภาพที่ดินมีเนื้อละเอียด อินทรียวัตถุสูง มีการขังน้ำอย่างต่อเนื่อง มี pH เป็นกลาง หรือเป็นด่างเล็กน้อย และมีอุณหภูมิปานกลาง

ชนิดของดินมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย การเลือกดินที่มีปริมาณ clay สูงจะทำให้น้ำที่ leach ออกมาสะอาดมากขึ้น (Anderson et al., 1981) แต่ดินที่มีเนื้อละเอียดมากและเป็นดินเหนียวจัดไม่เหมาะสมต่อการใช้ระบบซึมเพื่อบำบัดน้ำเสีย (สมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์, 2526) ส่วน Quanrud et al. (1996) ศึกษาการเคลื่อนย้ายสารอินทรีย์ในน้ำเสียเมื่อซึมผ่านท่อ (column) ที่บรรจุดินต่างชนิดกันพบว่าดินที่สามารถดูดซับสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดีที่สุดเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ sandy loam 56%, sand 48%, และ silt sand 44%

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี (2540) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงอาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้ทรายและชุดดินปากช่องผสมกับเศษเหล็กร้อยละ 20 แล้วผสมกับวัสดุอินทรีย์ (ฟางข้าว ปอแก้ว ขี้เลื่อย และซังข้าวโพด) ในอัตราร้อยละ 0 และ 20 บรรจุลงในท่อ แล้วปล่อยให้สารละลายไนเตรตไหลผ่าน พบว่าชุดดินปากช่องสามารถกำจัดไนเตรตได้ดีกว่าทราย นอกจากนี้ความเค็มของดินมีผลต่อการกรอง อัตราการกรองจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มของดินลดลง หรือความเค็มของน้ำเสียเพิ่มขึ้น (Baumhardt et al., 1992)

อัตราการให้น้ำเสียผ่านดินมีผลต่อประสิทธิภาพของการบำบัด Chin and Chen (1978)ได้ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยและ BOD โดยใช้ทราย เมื่อให้น้ำเสียในอัตรา 0.25, 0.50, และ 1.50 $m^3m^{-2}hr^{-1}$ พบว่าสามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 98, 96, และ 93 และสามารถกำจัด BOD ได้ร้อยละ 86, 84, และ 84 ตามลำดับ ส่วน Terry and Tate (1981) ได้นำน้ำเสียไหลผ่านดินซึ่งบรรจุอยู่ในท่อพีวีซีสูง 120 ซม. พบว่าอัตราการให้น้ำมีความสำคัญต่อการดูดซับธาตุอาหารของดินจากน้ำเสีย อัตราการให้น้ำ 2.5 cm./wk และ 5 cm./wk ทำให้น้ำเสียที่ออกมาจากท่อดินมีปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์น้อยกว่า 30% แต่หากให้น้ำเสียในอัตรา 7.5 cm/wk จะมีไนโตรเจนออกมากับน้ำถึง 75% ดังนั้นอัตราการให้น้ำมากเกินไปจะทำให้ดินดูดซับไนโตรเจนอนินทรีย์ได้น้อย

ดินสามารถดูดซับของแข็งแขวนลอย (SS), BOD, แบคทีเรีย (fecal bacteria) และฟอสฟอรัสได้ (Overman and Leseman, 1982) จากการศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยระบบ sand filter เมื่อใส่น้ำเสียลงไป 67 $l\,m^{-2}d^{-1}$ พบว่าน้ำที่ออกจาก sand filter มี COD ลดลงประมาณร้อยละ 91 และฟอสฟอรัสลดลงร้อยละ 83 (Pell and Nyberg, 1989) ส่วน Wakatsuki et al. (1993) รายงานว่าการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสออกจากน้ำเสียโดยระบบจัดเรียงดินหลายชั้นพบว่า ที่อัตราการให้น้ำ 110-150 $l\,m^{-3}d^{-1}$ ทำให้ของแข็งแขวนลอยลดลงร้อยละ 52.0-93.3, BOD ลดลงร้อยละ 64.1-81.4, ไนโตรเจนทั้งหมดลดลงร้อยละ 79.3-95.2 และฟอสฟอรัสทั้งหมดลดลงร้อยละ 73.3-95.9