ของเราต่ำกว่านั้นยังไม่ทราบ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาค่าบีโอดีในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีเหมือนกันกับที่เคยมีการศึกษามาก่อนแล้วทั้งผลงานของสิทธิชัย (2538); อาภรณ์ (2539); และอังษณา (2540) พบว่ามีค่าต่ำกว่ากัน กล่าวคือ ในอดีตมีค่าบีโอดีเฉลี่ยอยู่ในพิสัย 45.3-69.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้เพราะน้ำเสียชุมชนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้ถูกส่งมาตามท่อจากบ้านคลองยางจนถึงบริเวณพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยฯ เป็นระยะทางถึง 18.5 กิโลเมตร จึงเป็นไปได้ที่จะเกิดการบำบัดขึ้นระหว่างทางในขณะที่การวิจัยในอดีตใช้วิธีการขนน้ำเสียโดยรถบรรทุกน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าบีโอดีในผลงานของสุกัญญา (2548) ซึ่งมีวิธีการส่งน้ำเสียมาตามท่อแบบเดียวกันและพบว่ามีค่าบีโอดีอยู่ในพิสัย 32.8-42.3 มิลลิกรัมต่อลิตร นั้นก็จะเห็นได้ว่าใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้มากแต่ต่ำกว่างานวิจัยในอดีต ซึ่ง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนค่าบีโอดีในการศึกษานี้มีค่าค่อนข้างมากทั้งนี้น่าจะเนื่องมาจากในการเก็บตัวอย่างน้ำในรอบที่ 1 และในรอบที่ 3 ของงานวิจัยนี้อยู่ในช่วงเดือนปลายเดือนพฤศจิกายนจนถึงต้นเดือนธันวาคม 2548 ซึ่งเป็นช่วงที่ประเทศไทยมีฝนตกและเกิดน้ำท่วมฉับพลัน เพราะมีร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมประเทศไทยและอ่าวไทยส่วนใหญ่มีกำลังแรง ประกอบกับมีหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงในทะเลจีนใต้เคลื่อนเข้าปกคลุมภาคใต้ตอนกลางและตอนล่าง ความสกปรกของน้ำเสียจึงเจือจางลง มีค่า 17 มิลลิกรัมต่อลิตร(รอบที่ 1) และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร(รอบที่ 3) ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ความแรงของลมหนาวที่เพิ่มขึ้นๆ (แต่หมดฝนแล้ว) อาจชักนำให้น้ำในบ่อบำบัดน้ำเสียที่บ้านคลองยางระเหยไปมากขึ้นๆ ความเข้มข้นของค่าบีโอดีจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นซึ่งจะได้นำเสนอต่อไป แต่อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยบีโอดีที่ศึกษา 6 รอบนี้ก็ยังสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งของกรมควบคุมมลพิษ (2539) ซึ่งกำหนดไว้ให้มีค่าไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร

ส่วนค่าบีโอดีในน้ำชลประทานก่อนการบำบัด พบว่ามีค่าผันแปรอยู่ในพิสัย 2.5-4.9 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 3.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีลักษณะการกระจายแบบระฆังคว่ำเช่นเดียวกับของน้ำเสียเพราะค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าจุดศูนย์กลางซึ่งมีค่า 3.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในพิสัย 3.8 $\pm$ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรสูง คือมีค่า CV ร้อยละ 27.2 คุณภาพของน้ำชลประทานเมื่อใช้ค่าบีโอดีเป็นตัวชี้วัดนี้ต่ำกว่าของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนกลาง (อ. พระนครศรีอยุธยา จ. พระนครศรีอยุธยา ถึง อ. เมือง จ. นนทบุรี) ซึ่งมีค่าพิสัย ค่าเฉลี่ย และปริมาณส่วนใหญ่ 1.0-3.4 1.5 และ 1.5 $\pm$ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่ดีกว่าของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง (อ. บางกรวย จ. นนทบุรี ถึง อ. เมือง จ. สมุทรปราการ) ซึ่งอยู่ในพิสัย 1.1-9.4 และมีค่าเฉลี่ย 4.8 โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในพิสัย 4.8 $\pm$ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งศึกษาในช่วง พ.ศ. 2536-2538 (วิไลวรรณ, 2540) แต่อย่างไรก็ตามค่าบีโอดีของน้ำชลประทานก็ไม่สูงถึงระดับ

ของน้ำเสียชุมชนจึงไม่ควรจะมีปัญหาใดๆ ถ้าไหลลงไปปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติ เพราะน้ำชลประทานดังกล่าวมีค่าบีโอดีเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 4 ซึ่งกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2535) กำหนดไว้ว่ามีค่าตั้งแต่ 4 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไป ค่าบีโอดีไม่ควรจะมีปัญหาต่อการเกษตรใดๆ แต่กลับจะดีต่อการเกษตรกรรมด้วย เพราะเมื่อค่าบีโอดีสูงก็จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงตามไปด้วย น้ำที่มีโปรตีนปนอยู่สูงเมื่อถูกผันเข้าพื้นที่เกษตร อินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกผู้ย่อยสลายในดินเปลี่ยนให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมเมื่ออยู่ในสภาพน้ำท่วมขังและอยู่ในรูปแอมโมเนียมกับไนเตรทเมื่อน้ำไม่ขังและอากาศถ่ายเทดี

1.1.2 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

ความเป็นกรด-ด่าง เป็นลักษณะทางเคมีของน้ำอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญมากต่อระบบนิเวศเพราะควบคุมการเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหารของผู้ผลิต (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) และต่อเมตตาบอลิซึ่มของทั้งผู้บริโภคและผู้ย่อยสลาย (กรรณิการ์, 2544) ดังนั้นในงานวิเคราะห์น้ำจึงมักจะวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยทุกครั้ง เนื่องจากสามารถวัดได้ง่าย วิศวกรสิ่งแวดล้อมใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นตัวควบคุมของกระบวนการต่างๆ ทั้งในน้ำดีและน้ำเสีย เช่น ระบบผลิตน้ำประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย การตกตะกอน กระบวนการโคแอกกูเลชัน การกัดกร่อน เป็นต้น (พัฒนา, 2539) ค่าพีเอชสามารถใช้หาค่าคาร์บอนไดออกไซด์และสมดุลกรด-ด่างอื่นๆ ได้ ในทางทฤษฎีถือว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าอยู่ในช่วง 0-14 น้ำบริสุทธิ์มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 น้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 ถือว่าเป็นด่าง ส่วนน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 7 ถือว่าเป็นกรด ซึ่งเกิดขึ้นจากการแตกตัวของกรดในน้ำ (กรรณิการ์, 2544)

น้ำผิวดินมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 น้ำใต้ดินซึ่งมีความกระด้างชั่วคราวสูงมักมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 เพราะจะมีเกลือไบคาร์บอเนตของแคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมสูง น้ำในบ่อหรืออ่างเก็บน้ำอาจมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงได้ถึง 9.0 หรือมากกว่าถ้ามีสาหร่ายสีเขียวเจริญเติบโตและทำการสังเคราะห์แสงภายในแหล่งน้ำนั้น (กรรณิการ์, 2544) ความแตกต่างของค่าความเป็นกรด-ด่างของแหล่งน้ำธรรมชาติขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะพื้นดินและหิน ปริมาณน้ำฝน ตลอดจนการใช้ที่ดินในบริเวณแหล่งน้ำนั้น ระดับความเป็นกรด-ด่างของน้ำจะผันแปรตามระดับพีเอชของดินในบริเวณที่ดินมีสภาพเป็นกรดก็จะทำให้น้ำมีสภาพเป็นกรดตามไปด้วย (กรรณิการ์, 2544)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียชุมชนก่อนการบำบัดมีค่าผันแปรอยู่ในพิสัย 7.3-8.1 มีค่าเฉลี่ย 7.8 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าศูนย์กลาง (midpoint) ดังนั้นการกระจายของข้อมูลจึงเป็นแบบการกระจายปกติ (normal distribution) ซึ่งมีลักษณะแบบระฆังคว่ำและส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในพิสัย 7.8$\pm$0.3 มีค่าสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปรค่อนข้างต่ำเพียงร้อยละ 4.1 เท่านั้น และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างกับผลงานที่เคยมีการศึกษามาก่อนแล้วทั้งผลงานของสิทธิชัย (2538); อาภรณ์ (2539); อังษณา (2540) และสุกัญญา (2548) ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.8-8.0 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงเดียวกัน

ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำชลประทานเมืองเพชรบุรี พบว่ามีค่าผันแปรอยู่ในพิสัย 7.9-8.4 มีค่าเฉลี่ย 8.1 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าศูนย์กลาง (8.15) จึงมีการกระจายแบบระฆังคว่ำเช่นเดียวกันกับน้ำเสียชุมชน ส่วนใหญ่จะกระจายอยู่ในพิสัยแคบๆ คือ 8.1 $\pm$ 0.2 ทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์ความปรวนแปรต่ำมากเพียงร้อยละ 2.7 เท่านั้น

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทาน พบว่ามีความเป็นด่างเล็กน้อย แสดงว่าความแรง (strength) ของความเป็นด่างของอนุมูลบวกสูงกว่าความแรงของความเป็นกรดของอนุมูลลบ กล่าวคือ อนุมูลบวกหลักน่าจะเป็นโซเดียม (Na^+) และ/หรือโพแทสเซียม(K^+) ในขณะที่อนุมูลลบน่าจะเป็นไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และ/หรือคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) อนุมูลโซเดียมมักจะมาจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่มีมากในน้ำทะเล เนื่องจากจังหวัดเพชรบุรีเป็นจังหวัดที่ติดชายทะเลจึงต้องมีการประกอบอาชีพทางด้านประมงทะเลของประชากร การล้างทำความสะอาดของผลผลิตทางประมงจึงควรจะเป็นแหล่งที่มาของน้ำเสียที่มีเกลือปนเปื้อนอยู่สูงมาก ปกติแล้วเกลือโซเดียมคลอไรด์จะเป็นกลางมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.0 เพราะความแรงของความเป็นกรดของอนุมูลคลอไรด์สมดุลพอดีกับความแรงของความเป็นด่างของอนุมูลโซเดียม การเสียสมดุลของอนุมูลบวกของด่างและอนุมูลลบของกรดจะทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงไปด้วย การลดหายไปของอนุมูลคลอไรด์และการมีบทบาทของอนุมูลคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตเข้ามาแทนที่นี้ อาจเกิดจากอนุมูลคลอไรด์ถูกพืชน้ำดูดเอาไปใช้เพราะเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ของพืช (ผู้ผลิต) การเกิดอนุมูลไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตนี้น่าจะมาจากปฏิกิริยาของแกสคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจของจุลินทรีย์กับน้ำเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งเป็นกรดอ่อนและจะแตกตัวเป็นอนุมูลไบคาร์บอเนตและอนุมูลไฮโดรเจนจึงทำให้ทั้งน้ำเสียและน้ำชลประทานก่อนการทดลองมีค่าความเป็นด่างเล็กน้อย

1.1.3 ไนโตรเจนทั้งหมด

ไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์แต่อาจมีแอมโมเนียมซึ่งเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งถูกผู้ย่อยสลายพวก ammonifiers เปลี่ยนสารอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียม ซึ่งในน้ำเสียชุมชนก่อนการบำบัดมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดผันแปรอยู่ในพิสัย 17.0-29.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 22.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่าศูนย์กลาง (23.0) คล้ายกับค่าความเป็นกรด-ด่าง และบีโอดีที่ได้กล่าวแล้ว ส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในพิสัย 22.7$\pm$5.3 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า CV ร้อยละ 23.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดนี้มีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก (ขนาดชุมชนมากกว่า 2,501 คนขึ้นไป) ที่กำหนดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไว้ไม่เกิน 35.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2539) และไม่มีทางที่จะเกิดการ blooming ของพวกสาหร่ายได้ เพราะประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้นมีผู้บริโภคพืชอยู่ตลอดเวลาทำให้สามารถควบคุมปริมาณสาหร่ายไม่ให้มีมากจนเกินไปได้ เมื่อเปรียบเทียบค่าพิสัยของไนโตรเจนทั้งหมดที่วิจัยได้นี้กับการรวบรวมของ Metcalf and Eddy (1991) ที่ว่าความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียชุมชนของสหรัฐมีค่า 20 40 หรือ 85 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับความเข้มข้นระดับน้อย ปานกลาง และสูง ตามลำดับแล้วจะเห็นว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียชุมชนของงานวิจัยนี้ยังต่ำมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ใกล้เคียงกับสภาวะต่ำ (20) ของสหรัฐอเมริกามาก ความยากจนและวัฒนธรรมในการบริโภคอาหารซึ่งเน้นอาหารคาร์โบไฮเดรตเมื่อเปรียบเทียบกับเขาซึ่งบริโภคโปรตีนสูงโดยเฉพาะมีการดื่มนมกันมากกว่าในประเทศเรามาก น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นี้ ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนนี้กลับจะเป็นประโยชน์ต่อพืชที่นำมาใช้บำบัดน้ำเสียร่วมกับดินในสภาพเปียกสลับแห้ง เพราะจะถูกผู้ย่อยสลายในดินซึ่งเป็น anaerobes เอาไปใช้สร้างโปรตีนเพื่อการแบ่งเซลล์และขับถ่ายของเสียออกมาเป็นแอมโมเนียมซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชซึ่งจะได้นำเสนอต่อไป

ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำชลประทาน มีความผันแปรอยู่ในพิสัย 1.5-1.9 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 1.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในพิสัย 1.7 $\pm$ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า CV ร้อยละ 10.6 ซึ่งมีปริมาณน้อยมากและไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก (ขนาดชุมชนมากกว่า 2,501 คนขึ้นไป) ที่กำหนดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไว้ไม่เกิน 35.0 มิลลิกรัมต่อลิตร การมีอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำชลประทานต่ำนี้เป็นสิ่งปกติเพราะไม่มีโอกาสปนเปื้อนจากสารอินทรีย์ซึ่งมักจะต้องมีโปรตีนปนอยู่ด้วยเสมอเหมือนกับน้ำเสียชุมชน การมีอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำชลประทานนี้ น่าจะเป็นวัฏจักรปกติของไนโตรเจนในระบบ

นิเวศเกษตร โดย เฉพาะอย่างยิ่งในเขตที่มีการผลิตพืชดอน (upland crops) ที่มีอายุสั้นซึ่งต้องมีการเตรียมดิน (cultivated crops) ซึ่งจะต้องมีการสูญเสียหน้าดินในฤดูฝนของทุกปี เพราะการเตรียมดินซึ่งเป็นต้นเหตุของการแตกเป็นก้อนๆ ของแผ่นดิน (detachment) ซึ่งจะถูกเม็ดฝนตกลงมากระแทกให้แตกออกเป็นก้อนเล็กๆ ซึ่งบางส่วนจะถูกน้ำพาลงไปในดินแล้วก่อให้เกิดการอุดตันของช่องว่างขนาดใหญ่ในดิน และก้อนดินอีกส่วนหนึ่งก็จะถูกเม็ดฝนกระแทกต่อไปจนแยกตัวออกจากกันเป็นอนุภาคปฐมภูมิ (primary particles) หมดแล้วแยกตัวออกจากกันโดยอนุภาคทรายและทรายแป้งซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าจึงหนักกว่าและจมลงไปในดินกลบทับผิวหน้าดินซึ่งช่องว่างขนาดใหญ่ถูกอุดตันหมดแล้วอีกทอดหนึ่ง น้ำฝนซึ่งซึมลงไปในดินไม่ได้ก็จะพาอนุภาคดินเหนียวซึ่งแขวนลอยอยู่ (เพราะมีขนาดเท่ากับคอลลอยด์) ไหลบ่าไปบนหน้าดิน (run off) ลงสู่พื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่าเสมอ จึงเห็นน้ำขุ่นไหลออกมาจากพื้นที่เกษตรเสมอ แม้ว่าพื้นที่เกษตรในที่ดอนนั้นมีสภาพภูมิประเทศแบบเป็นที่ราบ ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายแบบแผ่นกระดาษ (sheet erosion) แต่ถ้าพื้นที่เกษตรกรรมนั้นเป็นที่ลาดเท ก็จะเกิดการชะล้างพังทลายของดินแบบเป็นร่อง (chanel erosion) ถ้ารุนแรงน้อยก็จะเกิดเป็นร่องเล็กๆ (rill erosion) แต่ถ้ารุนแรงมากก็จะเกิดเป็นร่องกว้างและลึกกว่า 1 ฟุต (gully erosion) เพราะน้ำไหลบ่าหน้าดินจะมีความเร็วมากขึ้นจนมีพลังงานกัดเซาะเพิ่มขึ้นแทนที่จะเป็นตัวพาเพียงอย่างเดียว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) การสูญเสียหน้าดินเมื่อนำเอาที่ดอนมาใช้ปลูกพืชล้มลุกเป็นต้นเหตุที่ทำให้ดินเสื่อมที่สำคัญที่สุด เพราะจะสูญเสียทั้งธาตุอาหารพืชและความโปร่งของดิน (ไพบูลย์, 2543) เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวมีประจุลบซึ่งจะ ต้องดูดซับไอออนบวกซึ่งเป็นธาตุอาหารพืชเสมอ นอกจากนี้อนุภาคดินเหนียวยังจะดูดซับฮิวมัสซึ่งเป็นสารคอลลอยด์อินทรีย์ซึ่งมีคุณค่าทางเคมีของดินที่สูงยิ่ง เพราะมีค่าความจุไอออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้สูง และมีประจุบวกได้ด้วยขึ้นอยู่ระดับความเป็นกรด-ด่างของดิน กล่าวคือ ปกติจะมีประจุลบแต่เมื่อความเป็นกรดของดินเพิ่มขึ้นก็จะเกิดการเติมโปรตอน(protonation) เข้าไปที่บริเวณที่มีสารอินทรีย์ไนโตรเจน อยู่ทำให้จุดนั้นๆ มีประจุบวกเกือบถาวรถ้ายังไม่มีกลุ่มไฮดรอกซิล (OH^-) จากด่างมาสะเทินไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือโปรตอนให้กลายเป็นน้ำไปเสียก่อน ดินในเขตร้อนชื้นที่มิได้เกิดจากภูเขาหินปูนมักจะเป็นกรดเสมอ ฮิวมัสจึงมีประจุบวกและดูดซับไอออนลบไม่ว่าจะเป็นซัลเฟต ($SO_4^{=}$) ไนเตรท (NO_3^-) และโมโนฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) เสมอ (ไพบูลย์, 2528) พื้นที่ลุ่มน้ำของเขื่อนเพชรบุรีซึ่งเป็นแหล่งน้ำชลประทานของโครงการแหลมผักเบี้ยนี้ถูกบุกรุกเข้าทำการเกษตรเป็นพื้นที่กว้างขวาง ดังนั้นตะกอนที่ถูกพัดพามาในอ่างเก็บน้ำนี้จึงมีธาตุอาหารพืชปนมาด้วยและถูกพืชน้ำและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเอามาใช้ประโยชน์และเมื่อทั้งคู่ตายลงก็จะถูกผู้ย่อยสลายเปลี่ยนให้เป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจนปนมากับน้ำชลประทานด้วย

1.1.4 แอมโมเนียมไนโตรเจนและแอมโมนิฟิเคชั่น

ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในน้ำเสียชุมชนก่อนการบำบัดผันแปรอยู่ในพิสัย 14.0-27.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในพิสัยปกติ (12-50 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่ง Metcalf and Eddy (1991) รายงานไว้ว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำเสียชุมชนที่ระดับความเข้มข้นน้อย ปานกลาง และสูงนั้นมีค่า 12 25 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ย 19.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในระดับความเข้มข้นค่อนข้างต่ำของปริมาณที่ Metcalf and Eddy (1991) ได้รายงานไว้ ทั้งนี้น่าจะเนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ต่ำดังได้กล่าวแล้ว และเนื่องจากค่าเฉลี่ยของงานวิจัยนี้ใกล้เคียงกับค่าศูนย์กลาง (20.5) จึงขอนำเสนอการกระจายเชิงปกติซึ่งจะมีพิสัยของข้อมูลส่วนใหญ่ระหว่าง 19.5$\pm$5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 29.5 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดแล้วพบว่า ขบวนการแอมโมนิฟิเคชั่นของน้ำเสียนี้ซึ่งอยู่ในพิสัยร้อยละ 73.7-89.7 ซึ่งสูงกว่าร้อยละ 60 62.5 และ 58.8 ที่ระดับความเข้มข้นน้อย ปานกลาง และมาก ของ Metcalf and Eddy (1991) ที่คำนวณได้ตามลำดับ การเกิดแอมโมนิฟิเคชั่นที่สูงมากนี้อาจเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและปริมาณน้ำตาลที่สูงกว่าของน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีซึ่งมีอุตสาหกรรมทำขนมอยู่มาก อุณหภูมิที่เหมาะสมกว่าของประเทศไทยเราและการมีน้ำตาลที่สูงกว่าน่าจะเร่งให้เกิดขบวนการไกลโคไลซีส (glycolysis) เกิดเป็นกรดไพรูวิกโดยขบวนการหายใจแบบมีออกซิเจน (Clifton, 1957, White et al, 1959 and Strafford, 1959) เกือบจะทันทีที่เกิดน้ำเสีย และเมื่อออกซิเจนถูกใช้หมดไปแล้วขบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนของผู้ย่อยสลายโดยใช้กรดไพรูวิกเป็นตัวรับอิเลคตรอน (Ponnamperuma, 1965) ทำให้สารอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสียถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมได้และได้สูงมากถึงพิสัยร้อยละ 73.7-89.7 ได้ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 82.3 ซึ่งสูงกว่าค่าศูนย์กลาง (81.7 %) เล็กน้อยซึ่งก็ควรจะอนุโลมได้ว่าเป็นการกระจายของข้อมูลปกติได้ โดยมีพิสัยของประชากรส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 82.3 $\pm$ 6.7 และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปรต่ำมากเพียงร้อยละ 8.1

ส่วนแอมโมเนียมไนโตรเจนในน้ำชลประทาน มีความผันแปรอยู่ในพิสัย 0.4-0.9 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำดังได้กล่าวแล้ว มีค่าเฉลี่ย 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งใกล้เคียงกันมากกับค่าศูนย์กลาง (0.7) จึงทำให้มั่นใจได้ว่าพิสัยของปริมาณส่วนใหญ่จะอยู่ในระหว่าง 0.6 $\pm$ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปรร้อยละ 27.7 ปริมาณแอมโมเนียมสัมพัทธ์เมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในพิสัยระหว่างร้อยละ 24.7-48.2 ซึ่งต่ำกว่าของน้ำเสียชุมชนมาก และต่ำกว่าค่าที่คำนวณได้จากตัวเลขของ Metcalf and

Eddy (1991) ทั้งนี้คงจะเนื่องจากโอกาสมีน้ำตาลในน้ำชลประทานนั้นน้อยมาก ค่าเฉลี่ยของการเกิดแอมโมนิฟิเคชั่นในน้ำชลประทานนี้คือร้อยละ 38.0 ซึ่งพออนุโลมว่ามีการกระจายแบบปกติ เพราะสูงกว่าค่าศูนย์กลาง (36.4%) เพียงเล็กน้อย โดยมีข้อมูลส่วนใหญ่กระจายอยู่ในพิสัยร้อยละ 38.0 ± 9.8 แต่มีสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปร (25.7 %) สูงกว่าในน้ำเสียชุมชนมาก

ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนที่พบในน้ำเสียชุมชนมีค่าสูงกว่าปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนสูงสุด คือ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ยอมให้มีได้ในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 (กรมควบคุมมลพิษ, 2539) ส่วนในน้ำชลประทานพบปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนสูงสุด ที่ยอมให้มีได้ในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 การพบแกสแอมโมเนียมไนโตรเจนเป็นไปได้ในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เพราะกุ้งกุลาดำมีราคาดี เกษตรกรมักอยากได้ผลกำไรมากๆ โดยปล่อยลูกกุ้งและให้อาหารมากเกินไป ของเสียที่กุ้งปล่อยออกมารวมทั้งอาหารกุ้งส่วนเกินจะถูก aerobes ในน้ำย่อยสลายโดยเอาโปรตีนไปเป็นอาหารเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ และใช้แกส ออกซิเจนในน้ำที่ได้จากเครื่องตีน้ำเพื่อการหายใจอย่างรวดเร็วจนเกินกำลังการเติมแกสออกซิเจนของเครื่องเติมอากาศที่ใช้อยู่ ขณะเดียวกันก็จะขับถ่ายสารอนินทรีย์ไนโตรเจนออกมาซึ่งเป็นไปได้ที่จะอยู่ในรูปของแกสแอมโมเนีย แต่แกสนี้จะทำปฏิกิริยากับน้ำกลายเป็นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าหากสิ่งขับถ่ายออกมาเป็นยูเรียซึ่งปนมากับของเสียที่เป็นน้ำ ยูเรียจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นแอมโมเนียได้ แต่ในชุมชนเมืองเพชรบุรีนี้ไม่พบว่ามีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ดังนั้นอนินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสียชุมชนของเมืองนี้จึงน่าจะเกิดขึ้นช้าๆ และกลายเป็นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์มากกว่า เพราะแกสแอมโมเนียน่าจะละลายน้ำกลายเป็นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ได้ง่ายมาก เนื่องจากปริมาณน้อยจึงไม่ได้ทำให้ความเป็นกรด-ด่างสูงนัก แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์น่าจะถูกแพลงตอนก์พืชดูดเอาไปใช้ได้จึงไม่ควรจะเป็นพิษใดๆ ในระบบนิเวศร้อนชื้นอย่างประเทศไทย

1.1.5 ฟอสฟอรัสทั้งหมด

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียชุมชนก่อนบำบัดส่วนใหญ่น่าจะอยู่ในรูปของอินทรีย์ฟอสฟอรัส เพราะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญชนิดหนึ่งของอาหารมนุษย์ซึ่งจะเป็นมลสารหลักของน้ำเสียชุมชน พบว่ามีความผันแปรอยู่ในพิสัย 3.9-4.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับพิสัย 4-15 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ Metcalf and Eddy (1991) รวบรวมไว้ว่าที่ระดับความเข้มข้นน้อย ปานกลาง และมากนั้นมีความเข้มข้น 4 8 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

การมีฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์น้อยนี้ คล้ายกับของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้กล่าวแล้ว เพราะเศรษฐกิจและวัฒนธรรมในการบริโภคอาหารของคนไทยเรากับคนอเมริกันนั้นแตกต่างกันมาก กล่าวคือ คนอเมริกันรวยกว่าและกินโปรตีนมากกว่าคนไทยเรา ในอาหารโปรตีนนั้นย่อมจะต้องมี ฟอสโฟโปรตีนปนอยู่ด้วยเสมอเพราะฟอสโฟโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของนิวเคลียสของเซลล์ทุกเซลล์ ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสทั้งหมดในงานวิจัยนี้มีค่า 4.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอนุโลมว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติได้ เพราะมีค่าใกล้เคียงกับค่าศูนย์กลาง (4.02) มาก ดังนั้นจึงสามารถพูดได้อย่างมั่นใจได้ว่าส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในพิสัย 4.0$\pm$0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปรต่ำมากเพียงร้อยละ 2.2 เท่านั้น งานวิจัยนี้มิได้ศึกษาปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัสด้วย เพราะเชื่อมั่นว่าปริมาณจะต้องต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะเกลือฟอสเฟตของทั้งไตรฟอสเฟต (PO_4^{-3}) และไดฟอสเฟต (HPO_4^{-2}) ส่วนใหญ่ละลายน้ำยาก ยกเว้นเป็นเกลือของโซเดียมและโปแตสเซียม ในน้ำทะเลแม้ว่าจะมีโซเดียมมากแต่ปรากฏว่าปริมาณฟอสเฟตฟอสฟอรัสในน้ำทะเลนั้นมีเพียง 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่านั้น (Krauskopf, 1967) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอนุมูลฟอสเฟตในน้ำทะเลอาจถูกทั้งผู้ผลิต (สาหร่ายและแพลงตอนก์พืช) และผู้ย่อยสลายดูดซึมเอาไปใช้ประโยชน์ สำหรับดินนาที่มิได้ปลูกข้าว Ponnamperuma (1965) รายงานว่าความเข้มข้นของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสจะผันแปรอยู่ในพิสัย 0.02-0.6 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่านั้น

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำชลประทาน พบว่ามีค่าต่ำมากโดยมีความผันแปรอยู่ในพิสัย 0.05-0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะน่าจะถูกสิ่งที่มีชีวิตทั้งผู้บริโภคกับผู้ย่อยสลาย (อินทรีย์ฟอสเฟต) และผู้ผลิต (อนินทรีย์ฟอสฟอรัส) ในอ่างเก็บน้ำและในน้ำชลประทานเอาไปใช้ประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเท่ากับค่าศูนย์กลางของข้อมูลพอดี ดังนั้นจึงมีการกระจายของข้อมูลแบบปกติ และส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในพิสัย 0.05 $\pm$ 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่า CV ร้อยละ 32.1 และเหตุที่ไม่มีการศึกษาปริมาณอนินทรีย์ฟอสฟอรัสก็อธิบายได้เช่นเดียวกับในน้ำเสียชุมชน

1.2 ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับคุณภาพน้ำก่อนการบำบัด

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับคุณภาพน้ำก่อนการบำบัด โดยเริ่มดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2548 ถึงเดือนมกราคม 2549 รวมระยะเวลาการทดลอง 3 เดือน โดยนำข้อมูลในตารางที่ 4 และ 5 มาใช้ และกำหนดให้ดัชนีที่ศึกษาเป็นตัวแปรตาม (Y) และมีระยะเวลาซึ่งบ่งบอกถึงฤดูกาลเป็นตัวแปรอิสระ (X) มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) แล้วนำเสนอค่า intercept ของแกนตั้ง (a) และ slope (b) ของสมการเชิงเส้นตรง $Y = a + bX$ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่คำนวณได้มีค่าสูงถึงระดับนัยสำคัญไว้ด้วย ดังแสดงในตารางที่ 6 และตารางที่ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับดัชนีคุณภาพน้ำเสียชุมชนก่อนการบำบัด พบว่าดัชนีคุณภาพน้ำ ได้แก่ บีโอดี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด มีความสัมพันธ์ทางบวกสูงมากถึงระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเกือบทั้งหมดโดยยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์ในระดับนัยสำคัญ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.870** 0.952** 0.938** และ 0.604* ตามลำดับ แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าความสัมพันธ์ไปในทางลบที่สูงมากถึงระดับนัยสำคัญยิ่ง โดยพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.765 **

การเพิ่มขึ้นของค่าบีโอดี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมด เมื่อจำนวนรอบของการทดลองเพิ่มขึ้น น่าจะสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงฤดูกาล การเก็บตัวอย่างน้ำในรอบที่ 1 และในรอบที่ 3 อยู่ในช่วงเดือนปลายเดือนพฤศจิกายนจนถึงต้นเดือนธันวาคม 2548 ซึ่งเป็นช่วงที่ประเทศไทยมีฝนตกและเกิดน้ำท่วมฉับพลัน เพราะมีร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมประเทศไทยและอ่าวไทยส่วนใหญ่มีกำลังแรง ประกอบกับมีหย่อมความกดอากาศต่ำกำลังแรงในทะเลจีนใต้เคลื่อนเข้าปกคลุมภาคใต้ตอนกลางและตอนล่าง สภาพอากาศดังกล่าวทำให้ค่าบีโอดี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนลดลง เพราะน้ำฝนทำให้มลสารในน้ำเสียเจือจางลง แต่หลังจากนั้นลมหนาวที่พัดแรงขึ้นๆ แต่ไม่มีฝนตกทำให้น้ำเสียระเหยเร็วขึ้นๆ ตัวชี้วัดทั้งสี่จึงมีความเข้มข้นสูงขึ้นๆ ถึงระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ยกเว้นในปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดซึ่งสูงถึงระดับนัยสำคัญ การมีแนวโน้มของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในรอบที่ 1 สูงกว่ารอบที่ 3 (ตารางที่ 4) อาจเกิดมาจากความขุ่นของน้ำเสียที่บำบัดแล้วมาทำให้มองดูว่าความเข้มข้นเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับดัชนีคุณภาพน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีก่อนการบำบัด

ตัวแปรตาม(Y)			สมการ	r
บีโอดี	BOD	=	11.84 + 3.24 Cycle	0.870**
ความเป็นกรด-ด่าง	pH	=	8.19 – 0.065 Cycle	-0.765**
ไนโตรเจนทั้งหมด	TN	=	14.61 + 1.34 Cycle	0.952**
แอมโมเนียมไนโตรเจน	NH_4-N	=	10.84 + 1.44 Cycle	0.938**
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	TP	=	3.92 + 0.014 Cycle	0.604*

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับดัชนีคุณภาพน้ำชลประทานเมืองเพชรบุรีก่อนการบำบัด

ตัวแปรตาม(Y)			สมการ	r
บีโอดี	BOD	=	4.86 – 0.18Cycle	-0.657*
ความเป็นกรด-ด่าง	pH	=	8.37 – 0.004Cycle	-0.757*
ไนโตรเจนทั้งหมด	TN	=	-	0.359^{ns}
แอมโมเนียมไนโตรเจน	NH_4-N	=	-	-0.174^{ns}
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	TP	=	-	0.028^{ns}

อาจเป็นต้นเหตุของความสัมพันธ์ที่ลดลงเล็กน้อยก็ได้ การลดลงของความเป็นด่างของน้ำเสียชุมชนก่อนการบำบัดเมื่อจำนวนรอบของการบำบัดเพิ่มขึ้นนี้ น่าจะเกิดจากการเพิ่มขึ้นของกรดไพรูวิก ซึ่งเกิดจากขบวนการไกลโคไลซีสของน้ำตาลซึ่งควรจะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนรอบมากขึ้น เพราะมีการระเหยของน้ำมากขึ้น เนื่องจากลมแรงขึ้น เพราะอยู่ในช่วงฤดูหนาวดังได้กล่าวแล้วในเรื่องบีโอดี แต่ฤดูหนาวในประเทศไทยไม่ควรทำให้อุณหภูมิของน้ำต่ำลงมากนักจนมีปัญหาต่อการทำกิจกรรมของ mesophilic microbes ซึ่งจะทำกิจกรรมได้ดีในพิสัย 25-35 °C (Alexander, 1961) เพราะวิไลวรรณ (2540) พบว่าอุณหภูมิของแม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูหนาวในช่วงปี พ.ศ.2536-2538 ผันแปรอยู่ในพิสัย 25-29 °C น้ำในจังหวัดเพชรบุรีก็ไม่ควรจะต่ำไปกว่านี้มากนัก และไม่ควรจะส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของผู้ย่อยสลายกลุ่มดังกล่าว เพราะ Alexander (1961) ยังกล่าวไว้ด้วยว่าจุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถทำกิจกรรมได้ในช่วงอุณหภูมิ 15-45 °C กรดไพรูวิกที่เพิ่มขึ้นนี้เองส่งผลให้ความเป็นด่างของน้ำเสียชุมชนลดลง เพราะไฮโดรเจนไอออนจากกรดจะไปสะเทินไฮดรอกซีไอออนจากด่าง

ส่วนตารางที่ 7 แสดงผลการวิคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับดัชนีคุณภาพน้ำชลประทานก่อนการบำบัด พบว่าค่าบีโอดีและ ความเป็นกรด-ด่างมีความสัมพัธ์ทางลบถึงระดับนัยสำคัญและนัยสำคัญยิ่งทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.657* และ -0.757* ตามลำดับ ส่วนดัชนีที่เหลือให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่จะถึงระดับนัยสำคัญมาก คือเพียง 0.359^{ns} -0.174^{ns} และ0.028^{ns} สำหรับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมด ตามลำดับ

การลดลงของค่าบีโอดีในน้ำชลประทานซึ่งตรงกันข้ามกับน้ำเสียชุมชนที่ได้กล่าวแล้วนี้น่าจะเนื่องมาจากความเข้มข้นของค่าบีโอดีในน้ำชลประทานต่ำกว่าในน้ำเสียชุมชนมากและน่าจะมีสัดส่วนของน้ำตาลน้อยกว่าในน้ำเสียชุมชนมาก การเข้มข้นขึ้นของปริมาณน้ำตาลที่เกิดจากการระเหยไปของน้ำเพราะลมแรงขึ้นๆ เมื่อรอบของการขังน้ำมากขึ้นๆ เพราะเข้าสู่ช่วงฤดูหนาวดังกล่าวแล้วน่าจะทำให้เกิดขบวนการไกลโคไลซีสได้สัดส่วนที่มากกว่าในน้ำเสียชุมชนจึงเกิดกรดไพรูวิกขึ้นมา และกรดไพรูวิกนี้จะไปเป็นตัวรับอิเลคตรอนสำหรับผู้ย่อยสลายที่ไม่ต้องการแกสออกซิเจนแล้วใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นตัวให้อิเลคตรอนเกิดการหายใจแบบไร้แกสออกซิเจนขึ้นกลายเป็นแกสคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ความเข้มข้นของค่าบีโอดีจึงลดลงเมื่อรอบของการบำบัดเพิ่มขึ้น สำหรับการพบความสัมพันธ์ทางลบในความเป็นกรด-ด่างในน้ำชลประทานนี้สามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับที่อธิบายแล้วกับน้ำเสียชุมชน แต่อัตราการลดลงของความเป็นด่าง (-0.044)

ในน้ำชลประทานนี้ต่ำกว่าในน้ำเสียชุมชน (-0.065) อย่างชัดเจนทั้งนี้น่าจะเนื่องจากการมีสัดส่วนของน้ำตาลในน้ำชลประทานที่น้อยกว่านั่นเอง

สำหรับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมด ซึ่งมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ชัดเจน กล่าวคือ เพิ่มขึ้นบ้างลดลงบ้างในน้ำชลประทานนี้น่าจะเป็นเพราะน้ำชลประทานได้มาจากเขื่อนเพชรบุรี ที่อยู่ไกลออกไปทางทิศตะวันตกของจังหวัดน่าจะได้อิทธิพลของฝนและลมแรงน้อยกว่าบริเวณอำเภอเมืองซึ่งเป็นที่มาของน้ำเสียโดยตรงความสัมพันธ์จึงไม่ชัดเจนเหมือนของน้ำเสียที่ได้กล่าวแล้ว

2. <u>สมบัติของน้ำภายหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช</u>

2.1 สมบัติของน้ำภายหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

ในการทดลองนี้ใช้ค่าบีโอดี ความเป็นกรด-ด่าง ไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมด เป็นดัชนีในการวิเคราะห์น้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์และดินเปล่า รอบละ 7 วัน รวมทั้งสิ้น 11 รอบ ในแต่ละรอบนั้นจะทำการขังน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานเป็นเวลา 5 วัน แล้วปล่อยให้ดินแห้งแตกระแหงเป็นเวลาอีก 2 วัน การเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว 5 วันมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำทุกสองสัปดาห์ คือ สัปดาห์ที่ 1 3 5 7 9 และ 11 รวม 6 รอบข้อมูลจากห้องปฏิบัติและภาคสนามที่ได้จะถูกนำมาประเมินการกระจายว่าเป็นแบบปกติหรือไม่โดยใช้ค่าพิสัย (renge) ค่าศูนย์กลาง(mid point) ค่าเฉลี่ย(mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน($\pm$SD) สัมประสิทธิ์ความปรวนแปร(CV) เช่นเดียวกับของน้ำก่อนบำบัด และประสิทธิภาพการบำบัดโดยสังเขป (approximate efficiency, Ap.eff.) ที่อนุมานว่าปริมาณน้ำที่ใส่ในแปลงเท่ากับน้ำที่ระบายออกจากแปลง กับทั้งจะได้นำข้อมูลดิบภายในแต่ละรอบของการเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์นัยสำคัญทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ Split Plot Design นำเสนอค่า F-value และผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่สำคัญ ตลอดจนอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในการทดลองและชนิดของพืชต่อค่าเฉลี่ยบีโอดี ความเป็นกรด-ด่าง ไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมด ตามลำดับโดยใช้อักษร a b และ c แสดงความแตกต่างเมื่อพบว่ามีอิทธิพลสูงถึงระดับนัยสำคัญขึ้นไปด้วยค่า LSR ดังได้กล่าวแล้วในวิธีการ และหากพบว่าอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง (แหล่งน้ำ x ชนิดพืช)

ในรอบใดรอบหนึ่งหรือมากกว่านั้นสูงถึงระดับนัยสำคัญ และ/หรือนัยสำคัญยิ่ง ก็จะแสดงความแตกต่างด้วยอักษร a b และ c ไว้ในตารางสรุปด้วย

2.1.1 บีโอดีของน้ำภายหลังการบำบัด

ตารางที่ 8 แสดงอิทธิพลของตัวรับอิเล็กตรอนที่มีอยู่ในดินและรากของพุทธรักษา 3 พันธุ์ ที่มีต่อการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำที่ระบายออกในวันที่ 6 แล้วปล่อยให้แห้งแตกระแหงรวม 2 วันของการให้น้ำในแต่ละรอบ ซึ่งมีการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนการทดลองทุกสองสัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 11 รอบ มีข้อมูลดิบอยู่ในตารางผนวกที่ 1 ผลการศึกษาการกระจายของข้อมูลตลอด 11 รอบ (สัปดาห์) พบว่าค่าบีโอดีของน้ำที่ระบายออกจากแปลงพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า ผันแปรอยู่ในพิสัย 0.9-2.4 0.5-4.2 0.4-2.8 และ 0.8-2.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งล้วนมีค่าต่ำมากและดีกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ที่กำหนดไว้ว่าต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2539) ทั้งนั้นและส่วนใหญ่จะกระจายอยู่ในพิสัย 1.6 ± 0.6 1.9 ± 1.2 1.5 ± 0.9 และ 1.4 ± 0.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่า CV ร้อยละ 35.6 65.8 57.3 และ 51.1 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีโดยสังเขปสูงมากคือมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 95 94 95 และ 95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การลดลงของค่าบีโอดีภายหลังการบำบัดเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าสารอินทรีย์พวกคาร์โบไฮเดรตจะถูก facultative anaerobes เอาไปใช้เป็นตัวให้อิเล็กตรอนแล้วกลายเป็นแกสคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปจากระบบน้ำเสีย โดยจุลินทรีย์ประเภทที่ไม่ใช้แกสออกซิเจนจะใช้ active Fe(III) และ active Mn (IV) เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในขบวนการ anaerobic respiration งานวิจัยนี้ยืนยันได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียนี้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้สูงมากและเหมาะสมต่อประเทศไทยมาก เพราะประหยัดค่าใช้จ่ายได้สูงมากหรือสูงที่สุดและหากมีผังเมืองที่ดีก็สามารถติดตั้งระบบนี้ในสวนสาธารณะของทุกชุมชนได้

ส่วนค่าบีโอดีในน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลืองพุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า พบว่าคุณภาพน้ำทางด้านสารอินทรีย์ยิ่งมีคุณภาพดีขึ้นอีกโดยทำให้มีค่าบีโอดีส่วนใหญ่มีค่าผันแปรอยู่ในพิสัย 0.6-2.2 0.3-2.3 0.3-3.5 และ 0.3-1.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และส่วนใหญ่กระจายอยู่ในพิสัย 1.2 ± 0.6 1.2 ± 0.7 1.3 ± 1.2 และ 0.7 ± 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่า CV ร้อยละ 48.7 62.9 88.6 และ 57.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ค่าบีโอดีในน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ชนิดพืช	รอบที่						Mid point	Mean	SD	CV (%)	Ap.eff (%)
	1	3	5	7	9	11					
ในน้ำเสียชุมชน											
ก. ก่อนบำบัด	17.0	15.0	36.0	27.0	48.5	44.0	31.8	31.2	13.9	44.5	
ข. เมื่อผ่านการบำบัดแล้วใน											
(ก.) พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง	1.6	1.0	1.5	2.1	0.9	2.4	1.7	1.6	0.6	35.6	95
(ข.) พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง	4.2	2.1	1.9	1.1	0.5	1.6	2.3	1.9	1.2	65.8	94
(ค.) พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู	2.8	1.9	0.8	1.1	0.4	1.9	1.6	1.5	0.9	57.3	95
(ง.) ดินเปล่า	2.7	1.0	1.0	1.2	0.8	1.8	1.7	1.4	0.7	51.1	95
ในน้ำชลประทาน											
ก. ก่อนบำบัด	4.9	4.8	3.9	2.5	2.6	4.0	3.7	3.8	1.0	27.2	
ข. เมื่อผ่านการบำบัดแล้วใน											
(ก.) พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง	2.2	1.0	0.9	0.9	0.6	1.4	1.4	1.2	0.6	48.7	69
(ข.) พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง	2.3	1.3	1.5	0.6	0.3	0.9	1.3	1.2	0.7	62.9	69
(ค.) พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู	3.5	1.3	0.9	1.4	0.3	0.4	1.9	1.3	1.2	88.6	65
(ง.)ดินเปล่า	1.4	0.7	0.6	1.0	0.3	0.4	0.9	0.7	0.4	57.5	81

และมีประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีโดยสังเขปเฉลี่ยเท่ากับ 69 69 65 และ 81 เปอเซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพการบำบัดโดยสังเขปแม้มิได้มีการวิเคราะห์ทางสถิติในดินเปล่า คือสูงถึง 81 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อมีพืชอยู่ด้วยซึ่งแตกต่างกันอยู่ในพิสัย 65-69 เปอร์เซ็นต์ เฉพาะในน้ำชลประทานหลังผ่านการบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียเท่านั้นนี้น่าจะได้รับการบันทึกไว้ว่า พืชที่ปลูก (พุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์) น่าจะดูดเอาแอมโมเนียมในน้ำชลประทานซึ่งแม้จะมีปริมาณสัมพัทธ์ (เมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนทั้งหมด) ในพิสัย 38 $\pm$ 9.8 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็มีปริมาณจริงอยู่ในพิสัย 0.6 $\pm$ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5) ดังได้กล่าวแล้วไปใช้สร้างความเจริญเติบโตของพืชมากเสียจนกระทั่งเหลือปริมาณไนโตรเจนให้จุลินทรีย์ดินที่ไม่ต้องการแกสออกซิเจนเอาไปใช้ในการสร้างเซลล์ได้น้อยกว่าเมื่อไม่มีพืช เมื่อจำนวนจุลินทรีย์ในแปลงที่มีพืชมีน้อยกว่าการหายใจโดยรวมจึงย่อมจะต้องน้อยกว่าตามไปด้วย การสูญหายไปของคาร์โบไฮเดรตไปเป็นแกสคาร์บอนไดออกไซด์จึงน้อยกว่าอย่างชัดเจน ส่วนในระบบบำบัดที่ใช้น้ำเสียชุมชนนั้นเกิดการแปรรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียมก่อนนำเข้าสู่ระบบบำบัดซึ่งอยู่พิสัยสูงมากถึง 82 $\pm$ 6.7 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณแอมโมเนียมที่วัดได้สูงถึงพิสัย 19.5 $\pm$ 5.8 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4) ดังได้กล่าวแล้ว ปริมาณแอมโมเนียมจริงในแปลงที่มีพืชน่าจะมากเกินความต้องการของพืช ปริมาณแอมโมเนียมทั้งในแปลงที่มีพืชและในดินเปล่า รวมทั้งปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสียชุมชนจึงมีปริมาณที่มากพอที่จะทำให้ จุลินทรีย์ดินที่ไม่ต้องการแกสออกซิเจนนำเอาไปใช้ในการสร้างเซลล์ในขบวนการแบ่งเซลล์และทำกิจกรรมการหายใจซึ่งจะต้องใช้คาร์โบไฮเดรต ซึ่งควรจะเป็นองค์ประกอบหลักของมลสารสารอินทรีย์ซึ่งประเมินได้โดยค่าบีโอดี (เพราะใช้เวลาเพียง 5 วัน และที่อุณหภูมิ 20 °C)

เมื่อนำข้อมูลดิบในตารางผนวกที่ 1 มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่สำคัญแล้วเสนอไว้ในตารางที่ 9โดยตารางที่ 9ก วิเคราะห์ความปรวนแปร แล้วนำเสนอค่า F-value ของแหล่งของความแปรปรวนและ CV ตลอดจน MS error ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการคำนวณค่า MS ของปัจจัยต่างๆ และค่า Standard Error ซึ่งจำเป็นต่อการประเมินความแตกต่างโดยใช้วิธี DMRT (Duncun's New Mutiple Range Test) ในกรณีมีค่า F สูงถึงระดับนัยสำคัญเข้าไว้ด้วย ส่วนตารางที่ 9ข นำเสนอค่าเฉลี่ย บีโอดีที่ได้รับอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในการทดลอง และตารางที่ 9ค นำเสนอค่าเฉลี่ยบีโอดีที่ได้รับอิทธิพลอิสระของชนิดพืช ขณะที่อิทธิพลร่วมนั้นสามารถนำข้อมูลในตารางที่ 8 มาใช้ได้ สามารถอธิบายผลการทดลองได้ดังนี้