ตารางที่ 9 อิทธิพลของแหล่งน้ำ ชนิดพืช และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อค่าเฉลี่ยบีโอดีของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้ง

ก. ค่า F value MS error และCV(%)

| SOV | df | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| Water(W) | 1 | $0.64^{NS}$ | $1.11^{NS}$ | $1.21^{NS}$ | $1.55^{NS}$ | $6.96^{NS}$ | $4.87^{NS}$ |
| MS error a | 2 | 2.3516 | 3.1879 | 0.4717 | 0.7529 | 0.0663 | 1.5942 |
| CV(a) | | 58.9 | 123.8 | 59.1 | 73.6 | 50.1 | 92.8 |
| Plant(P) | 3 | $1.11^{NS}$ | $1.49^{NS}$ | $2.19^{NS}$ | $0.53^{NS}$ | $1.51^{NS}$ | $1.30^{NS}$ |
| W x P | 3 | $0.86^{NS}$ | $0.40^{NS}$ | $0.26^{NS}$ | $0.74^{NS}$ | $0.36^{NS}$ | $0.32^{NS}$ |
| MS error b | 12 | 2.6545 | 0.6369 | 0.4933 | 0.8501 | 0.1133 | 0.6659 |
| CV(b) | | 62.6 | 55.4 | 60.4 | 78.2 | 65.4 | 60.0 |

ข. อิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในหน่วยทดลองต่อค่าเฉลี่ยบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)

| แหล่งน้ำ | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| น้ำเสียชุมชน | 2.8 | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 0.6 | 1.9 |
| น้ำชลประทาน | 2.4 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.4 | 0.8 |

ค. อิทธิพลอิสระของชนิดพืชต่อค่าเฉลี่ยบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)

| ชนิดพืช | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 2.0 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 0.8 | 1.9 |
| พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 3.2 | 1.7 | 1.7 | 0.8 | 0.4 | 1.3 |
| พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู | 3.2 | 1.6 | 0.9 | 1.3 | 0.4 | 1.2 |
| ดินเปล่า | 2.0 | 0.8 | 0.8 | 1.1 | 0.5 | 1.1 |

1) การทดสอบความแตกต่าง

ตารางที่ 9ก แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลอิสระของน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานไม่ส่งผลให้ค่าบีโอดีภายหลังการบำบัดแตกต่างกันถึงระดับนัยสำคัญ ส่วนอิทธิพลอิสระของชนิดพืชและอิทธิพลร่วมของแหล่งน้ำกับชนิดพืชนั้น ก็ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะมีความปรวนแปรของข้อมูลดิบระหว่างซ้ำภายในตำรับทดลองเดียวกันและไม่เป็นระบบที่ดีทำให้ไม่เกิดอิทธิพลอิสระของซ้ำได้ดังแสดงโดยค่าสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปรสูงมาก (> 50%) ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์อิทธิพลร่วมอีกต่อไป เพราะการกระจายของค่าเฉลี่ยของตำรับย่อย (subplots) ภายในตำรับใหญ่ (mainplot) ในแต่ละรอบทั้ง 11 รอบในตารางที่ 8 และอธิบายไว้แล้วนั้นชัดเจนอยู่แล้ว อิทธิพลอิสระสามารถอธิบายได้ดังนี้

2) อิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำ

ตารางที่ 9ข ชี้ให้เห็นชัดเจนว่าทั้งค่าบีโอดีของน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานภายหลังจากถูกบำบัดแล้วทุกรอบ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน กล่าวคือน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดมีค่าเฉลี่ยบีโอดีต่ำมากคือเพียงอยู่ในพิสัย 0.6-2.8 และ 0.4-2.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำเสนอค่าเฉลี่ยของแต่ละรอบรวม 11 รอบ (ตารางที่ 9ข) มาศึกษาการกระจายตัวของข้อมูลพบว่า ส่วนใหญ่ผันแปรอยู่ในพิสัย $1.6 \pm 0.7$ และ $1.1 \pm 0.1$ มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่าต่ำมากแม้จะมีสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปรสูงมากคือ 45.7 และ 61.1 % สำหรับน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทาน ตามลำดับ การที่ค่าบีโอดีภายหลังการบำบัดมีค่าลดต่ำลงมากและเป็นที่น่าพอใจอย่างยิ่ง เนื่องจากมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนมาก ที่เป็นเช่นนี้เพราะในการทดลองนี้ใช้ดินเหนียว (clay; C) ซึ่งทำให้เป็นดินร่วนเหนียว (clay loam, CL) ด้วยการเติมทรายลงไปให้มีสัดส่วนดินเหนียว: ทรายหยาบ 3: 1 ทำให้มีปริมาณ active Fe มากตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาค clay มีความสัมพันธ์กับปริมาณ active Fe และ active Mn (Prabuddham, 1975) ดินที่ใช้ในการทดลองนี้ทุกแปลงจึงมีตัวรับอิเล็กตรอนเพียงพอที่จะให้จุลินทรีย์พวกที่ไม่ต้องการแกสออกซิเจนใช้ในการหายใจแล้วย่อยสลายสารอินทรีย์กลุ่มคาร์โบไฮเดรตซึ่งน่าจะเป็นน้ำตาลซูโครสมากที่สุดสำหรับน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีนี้ เพราะมีอุตสาหกรรมทำขนมอยู่หลายแห่งไปเป็นแกสคาร์บอนไดออกไซด์ได้เกือบหมด เพราะว่าน้ำเสียก่อนการบำบัดสำหรับงานวิจัยนี้มีค่าบีโอดีอยู่ไม่เกิน 48.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งยังต่ำกว่าผลการศึกษาของสิทธิชัย (2538) ซึ่งพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียด้วยดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชนี้สามารถ

บำบัดสารอินทรีย์ซึ่งมีค่าบีโอดีส่วนใหญ่อยู่ในพิสัย 69.7 $\pm$ 22.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ลดลงเหลือส่วนใหญ่อยู่เพียงในพิสัย 10.0 $\pm$ 2.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่า และเมื่อไม่นานมานี้ยุพเยาว์ (2544) เสนอไว้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียนี้จะสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีค่าบีโอดีสูงถึง 400 มิลลิกรัมต่อลิตรได้ก็ตาม แต่ควรจะได้วิจัยเพื่อยืนยันขีดความสามารถของระบบนี้กับน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูงแต่อยู่ในรูปอื่นๆ และอาจมีสมบัติทางเคมีอื่นๆ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง และความเค็มสูงโดยมีและไม่มีการจัดการความเป็นกรด-ด่าง และความเค็มนั้นต่อไปด้วย

3) อิทธิพลอิสระของชนิดพืช

ตารางที่ 9ค ชี้ให้เห็นว่าพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9ก) โดยมีค่าบีโอดีหลังการบำบัดต่ำมากในพิสัย 0.4 – 3.2 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่านั้น เมื่อนำเอาค่าเฉลี่ยของอิทธิพลของพุทธรักษาแต่ละพันธุ์และของดินเปล่าของแต่ละรอบของทั้ง 11 รอบ (ตารางที่ 9ค) มาศึกษาการกระจายของข้อมูลพบว่ามีการกระจายอยู่ในพิสัย 1.4 $\pm$ 0.5 1.5 $\pm$ 1.0 1.4 $\pm$ 1.0 และ 1.1 $\pm$ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่าต่ำมากและต่ำกว่าที่เคยมีรายงานกันไว้ในอดีต แม้จะมีสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปรสูงมาก คือ 34.9 64.0 67.8 และ 48.9 สำหรับพุทธรักษา 3 พันธุ์ คือ ต้นสูงใบม่วงดอกแดง ต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง ต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่าค่าเฉลี่ยของบีโอดีในดินเปล่ามีแนวโน้มต่ำกว่าเมื่อมีพืชอย่างชัดเจน ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่ากลไกหลักที่ทำให้เกิดการบำบัดสารอินทรีย์หรือบีโอดีในระบบนี้คือ การหายใจแบบ anaerobic respiration ของ facultative anaerobes ในดินโดยใช้ active Fe และ active Mn ในดินแห้งก่อนการทดลอง และ $Fe(OH)_3$ ซึ่งเกิดขึ้นในวันที่ 6-7 ของแต่ละรอบของการบำบัด เมื่อน้ำที่ขังอยู่ถูกระบายออกหมดแล้วและปล่อยให้แห้งจนดินแตกระแหงเป็นเวลาอีก 2 วัน เป็นตัวรับอิเล็กตรอนตั้งแต่วันที่ 1-5 ที่มีการขังน้ำโดยใช้สารอินทรีย์กลุ่มคาร์โบไฮเดรตเป็นตัวให้อิเล็กตรอนกลายเป็นแกสคาร์บอนไดออกไซด์หายไป ส่วนสาร อินทรีย์กลุ่มโปรตีนทั้งโปรตีนธรรมดาและฟอสโฟโปรตีนน่าจะถูกนำเอาไปใช้เป็นอาหารเพื่อการสร้างเซลล์เป็นการเพิ่มประชากรของจุลินทรีย์กลุ่มนี้ซึ่งจะได้กล่าวถึงในตอนต่อไป สำหรับประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์ที่แท้จริงจะได้นำเสนอต่อไป การไม่แตกต่างกันทางสถิติของแปลงทดลองที่มีพุทธรักษาและไม่มีพืชเลยนี้แสดงว่าระบบบำบัดคาร์โบไฮเดรตน้ำเสียนี้เป็นผลงานของ facultative anaerobes ในดินโดยใช้ Fe (III) และ Mn (IV) เป็นตัวรับอิเลคตรอนเพื่อ

การหายใจ กลายเป็น $CO_2$ หายไปแต่ต้องมีพืชเพื่อขนย้ายมลสารอื่นๆ ที่ผ่านขบวนการบำบัดแล้วออกไปจากระบบดินหลังจากเก็บเกี่ยวพืชเอาไปใช้ต่อไปทำให้ไม่เกิดการสะสมมลสารในดิน สมมติฐานที่ว่าควรจะมีการบำบัดสารอินทรีย์ในแนวนอนที่เป็นผลงานของ aerobes ที่มาใช้ $O_2$ ซึ่งถูกปลดปล่อยบางส่วนออกมาที่ผิวรากของพืชที่เหมาะสมแล้ว aerobes ในดินซึ่งน่าจะเป็น facultative anaerobes นำเอาไปใช้เป็นตัวรับอิเลคตรอนเพื่อการหายใจแล้วได้รับคาร์โบไฮเดรตในน้ำเสียซึ่งจะไหลมาหารากตลอดเวลากลางวันที่มีแสงอาทิตย์ เพราะพืชจะต้องดูดน้ำตลอดเวลาเพื่อเอาไปใช้ระบายความร้อนออกจากผิวใบ และเพื่อเอาไปใช้เป็นวัตถุดิบในขบวนการ photosynthesis โดยคาร์โบไฮเดรตประเภทกลูโคสจะถูกใช้เป็นตัวให้อิเลคตรอนโดยตรง ส่วนคาร์โบไฮเดรตอื่นๆ ก็จะถูกน้ำย่อยของ aerobes ที่ถูกปล่อยออกมาย่อยให้เป็นกลูโคสและถูกย่อยสลายกลายเป็น $CO_2$ หายไป ค่าบีโอดีจึงลดลงเพิ่มขึ้นจากที่กิจกรรมของ facultative anaerobes ซึ่งเป็นการบำบัดในแนวดิ่งดังได้กล่าวแล้ว จึงไม่ชัดเจนถึงระดับนัยสำคัญ ความแปรปรวนภายในที่สูงมากซึ่งแสดงได้โดยค่าสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปรของ sub plot ซึ่งสูงกว่า 50% (อยู่ในพิสัย 55.4-78.2%) มีส่วนลดความชัดเจนของการแตกต่างนี้

2.1.2 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำภายหลังการบำบัด

ตารางที่ 10 นำเสนอผลการวิเคราะห์โดยใช้สถิติแบบง่ายๆ สำหรับคุณภาพน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช ในสภาพให้น้ำท่วมขัง 5 วัน สลับปล่อยแห้ง 2 วัน ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียชุมชนจากการทดลอง 3 ซ้ำ ในแปลงพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า ผันแปรอยู่ในพิสัย 6.8-8.3 6.7-8.0 6.9-8.1 และ 6.9-8.2 ตามลำดับ ส่วนใหญ่จะกระจายอยู่ในพิสัย $7.3 \pm 0.6$ $7.2 \pm 0.5$ $7.4 \pm 0.5$ และ $7.4 \pm 0.5$ ตามลำดับ ซึ่งให้ค่า CV น้อยมากเพียงร้อยละ 7.8 6.5 7.1 และ 6.6 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนการบำบัดและภายหลังการบำบัด พบว่าค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างภายหลังการบำบัดในแปลงพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่ามีค่าลดลงกว่าในน้ำดิบก่อนการบำบัด ส่วนประสิทธิภาพในการบำบัดความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.3 7.1 5.5 และ 5.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การลดลงของความเป็นด่างของน้ำเสียชุมชนก่อนการบำบัดนี้ลงมาอยู่ระดับใกล้เป็นกลางมากขึ้นนี้สนับสนุนความดีของระบบบำบัดนี้ เพราะในขบวนการหายใจของ

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

| ชนิดพืช | รอบที่ | | | | | | Mid Point | Mean | SD | CV (%) | Ap.eff (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | | | | |
| ในน้ำเสียชุมชน | | | | | | | | | | | |
| ก. ก่อนบำบัด | 8.1 | 7.9 | 8.1 | 7.7 | 7.3 | 7.6 | 7.7 | 7.8 | 0.3 | 4.2 | - |
| ข. เมื่อผ่านการบำบัดแล้วใน | | | | | | | | | | | |
| (ก.) พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 8.3 | 7.4 | 7.4 | 6.8 | 7.0 | 6.8 | 7.6 | 7.3 | 0.6 | 7.8 | 6.3 |
| (ข.) พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 8.0 | 7.5 | 7.4 | 6.9 | 7.0 | 6.7 | 7.3 | 7.2 | 0.5 | 6.5 | 7.1 |
| (ค.) พุทธรักษาต้นเตี้ยดอกชมพู | 8.1 | 7.6 | 7.7 | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 7.5 | 7.4 | 0.5 | 7.1 | 5.5 |
| (ง.) ดินเปล่า | 8.2 | 7.6 | 7.5 | 6.9 | 7.1 | 6.9 | 7.5 | 7.4 | 0.5 | 6.6 | 5.4 |
| ในน้ำชลประทาน | | | | | | | | | | | |
| ก. ก่อนบำบัด | 8.3 | 8.1 | 8.4 | 8.0 | 7.9 | 7.9 | 8.2 | 8.1 | 0.2 | 2.7 | - |
| ข. เมื่อผ่านการบำบัดแล้วใน | | | | | | | | | | | |
| (ก.) พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 8.1 | 7.5 | 7.5 | 6.6 | 7.0 | 7.0 | 7.4 | 7.2 | 0.6 | 7.8 | 10.8 |
| (ข.) พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 7.5 | 8.0 | 7.7 | 6.8 | 7.0 | 6.9 | 7.4 | 7.3 | 0.5 | 7.0 | 9.9 |
| (ค.) พุทธรักษาต้นเตี้ยดอกชมพู | 8.2 | 7.9 | 7.5 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.6 | 7.4 | 0.5 | 7.2 | 8.3 |
| (ง.) ดินเปล่า | 7.8 | 7.8 | 7.9 | 7.0 | 6.9 | 6.8 | 7.3 | 7.4 | 0.5 | 7.0 | 9.1 |

จุลินทรีย์จะเกิดกรดอินทรีย์ซึ่งจะทำให้อนุมูลคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตถูกสลายตัวไปเป็นแกสคาร์บอนไดออกไซด์หายไปจากระบบได้ด้วย

ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำชลประทานเมืองเพชรบุรี เมื่อผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชในสภาพให้น้ำท่วมขัง 5 วัน สลับปล่อยแห้ง 2 วัน (ตารางที่ 10) พบว่ามีค่าผันแปรอยู่ในพิสัย 6.6-8.1 6.8-8.0 7.0-8.2 และ 6.8-7.9 ตามลำดับ ส่วนใหญ่จะกระจายอยู่ในพิสัย 7.2 $\pm$ 0.6 7.3 $\pm$ 0.5 7.4 $\pm$ 0.5 และ 7.4 $\pm$ 0.5 ตามลำดับ ซึ่งให้ค่า CV น้อยมากเพียงร้อยละ7.8 7.0 7.2 และ 7.0 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำก่อนการบำบัดและภายหลังการบำบัด พบว่าค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างภายหลังการบำบัดในแปลงพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่ามีค่าลดลง สำหรับประสิทธิภาพในการบำบัดมีค่าเฉลี่ยโดยสังเขปเท่ากับ 10.8 9.9 8.3 และ 9.1เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การมีประสิทธิภาพในการบำบัดโดยสังเขป (การลดความเป็นด่าง) ในน้ำชลประทานหลังการบำบัดนี้ก็สามารถอธิบายได้ด้วยการเกิดกรดอินทรีย์แล้วกำจัดคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตบางส่วนออกไปจากน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าในน้ำเสียก็เพราะความเป็นด่างก่อนการบำบัดของน้ำเสียชุมชนต่ำกว่าของน้ำชลประทานเพราะน้ำเสียชุมชนน่าจะมีกรดแลกติกมากกว่า เพราะน่าจะมีน้ำตาลมากกว่าและเกิดกรดไพรูวิก ซึ่งเป็นตัวรับอิเลคตรอนที่ดีตัวหนึ่ง (Ponnamperuma, 1965) ขบวนการแปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นแอมโมเนียมจึงสูงกว่าดังได้กล่าวแล้ว และผลจากการใช้กรดไพรูวิกเป็นตัวรับอิเลคตรอนโดยมีน้ำตาลกลูโคสเป็นตัวให้อิเลคตรอนก็ส่งผลให้เกิดกรดแลกติกขึ้น การลดลงของความเป็นด่างภายหลังการบำบัดบ่งชี้ได้ว่าพืชน่าจะมีการดูดซับอนุมูลบวกที่เป็นด่าง (basic cation:$Na^+$, $K^+$, $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$) ออกไปจากดินและน้ำมากขึ้นด้วยค่าความเป็นกรด-ด่างจึงลดลง และเป็นไปได้ว่าบริเวณรากพืชมีการปลดปล่อยกรดอินทรีย์ออกมาเพื่อช่วยในการละลายธาตุอาหารพืชในสภาพที่เป็นด่างโดยตรงและ/หรือส่งเสริมให้จุลินทรีย์ดินมาอาศัยอยู่บริเวณรากแบบพึ่งพาอาศัยกัน และปลดปล่อยกรดออกมาละลายธาตุอาหารให้กับพืช และพืชก็จะปลดปล่อยคาร์โบไฮเดรตให้กับจุลินทรีย์ (Alexander, 1961)

เมื่อนำข้อมูลดิบจากตารางผนวกที่ 2 มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่สำคัญตามแผนการทดลองแบบ Split Plot Design และวิเคราะห์ความแตกต่างของอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในการทดลองและชนิดของพืชด้วย Duncan's Multiple Range Test สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 11 ในตารางที่ 11ก นำเสนอเฉพาะค่า F-value ตารางที่ 11ข นำเสนอค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 11 อิทธิพลของแหล่งน้ำ ชนิดพืช และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

ก. F value MS error และ CV(%)

| SOV | df | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| Water(W) | 1 | 4.15 $^{NS}$ | 2.05 $^{NS}$ | 4.79 $^{NS}$ | 0.57 $^{NS}$ | 0.06 $^{NS}$ | 0.00 $^{NS}$ |
| MS error a | 2 | 0.0788 | 0.2499 | 0.0180 | 0.0469 | 0.0136 | 0.0179 |
| CV(a) | | 3.5 | 6.5 | 1.8 | 3.2 | 1.7 | 2.0 |
| Plant(P) | 3 | 2.61 $^{NS}$ | 2.22 $^{NS}$ | 0.99 $^{NS}$ | 1.52 $^{NS}$ | 0.55 $^{NS}$ | 2.00 $^{NS}$ |
| Wx P | 3 | 0.76 $^{NS}$ | 1.33 $^{NS}$ | 1.40 $^{NS}$ | 0.63 $^{NS}$ | 1.90 $^{NS}$ | 2.33 $^{NS}$ |
| MS error b | 12 | 0.0995 | 0.0492 | 0.0588 | 0.0383 | 0.0127 | 0.0159 |
| CV(b) | | 3.9 | 2.9 | 3.2 | 2.8 | 1.6 | 1.8 |

ข. อิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในหน่วยทดลองต่อค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง

| แหล่งน้ำ | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| น้ำเสียชุมชน | 8.1 | 7.5 | 7.5 | 6.9 | 7.0 | 6.8 |
| น้ำชลประทาน | 7.9 | 7.8 | 7.6 | 6.8 | 7.0 | 6.8 |

ค. อิทธิพลอิสระของชนิดพืชต่อค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง

| ชนิดพืช | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 8.2 | 7.5 | 7.5 | 6.7 | 7.0 | 6.8 |
| พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 7.8 | 7.8 | 7.6 | 6.8 | 7.0 | 6.8 |
| พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู | 8.2 | 7.8 | 7.6 | 6.9 | 7.0 | 6.9 |
| ดินเปล่า | 8.0 | 7.7 | 7.7 | 6.9 | 7.0 | 6.8 |

ความเป็นกรด-ด่างที่ได้รับอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในการทดลอง และตารางที่ 11ค นำเสนอค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้รับอิทธิพลอิสระของชนิดพืช ขณะที่อิทธิพลร่วมนั้นสามารถใช้ข้อมูลในตารางที่ 10 ได้ ผลการศึกษาสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) การทดสอบความแตกต่าง

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 11ก พบว่าอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำชนิดพืชและอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองนี้ไม่มากพอที่จะทำให้ความแตกต่างของความเป็นกรด-ด่างสูงถึงระดับนัยสำคัญทั้งๆ ที่ค่า CV(a) และ CV(b) ต่ำมาก (<7.5%) และไม่จำเป็นจะต้องวิเคราะห์อิทธิพลร่วมอีกเพราะแสดงค่าเฉลี่ยของตำรับย่อยและตำรับหลักไว้แล้วในตารางที่ 10 และอธิบายไว้แล้วด้วย ส่วนอิทธิพลอิสระสามารถวิเคราะห์และอธิบายได้ดังนี้

2) อิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำ

ตารางที่ 11ข แสดงอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำต่อค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียชุมชน และน้ำชลประทาน ซึ่งพบว่า น้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างอยู่ในพิสัย 6.8-8.1 และ 6.8-7.9 ตามลำดับ และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของแต่ละรอบทั้ง 11 รอบในตารางที่ 10ข มาศึกษาการกระจายตัวแบบปกติพบว่า ส่วนใหญ่ในน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานหลังการบำบัดจะอยู่ในพิสัย $7.3 \pm 0.5$ และ $7.3 \pm 0.5$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปรต่ำมากเพียงร้อยละ 5.9 และ 6.9 ตามลำดับ การที่ค่าเฉลี่ยโดยรวมของความเป็นกรด-ด่างในน้ำเสียชุมชนหลังการบำบัดมีแนวโน้มต่ำกว่าของน้ำชลประทานเล็กน้อยนั้นน่าจะเนื่องจากในน้ำเสียชุมชนมีน้ำตาลมากกว่าจึงมีการหายใจได้มากกว่าและเกิดกรดได้มากกว่า แต่ที่ไม่แตกต่างถึงระดับนัยสำคัญนั้นน่าจะเป็นเพราะโปรตอนที่เกิดขึ้นในกรดถูกนำเอาไปใช้ในขบวนการหายใจแบบ anaerobic ของ anaerobes ในดินให้กลายเป็นน้ำ (Ponnamperuma, 1965) โดยใช้ active Fe และ Mn ที่มีอยู่ในดินแห้งก่อนการขังน้ำและอาจใช้ $Fe(OH)_3$ ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการระบายน้ำในวันที่ 6 แล้วปล่อยให้แห้งรวม 2 วันเป็นตัวรับอิเลคตรอนนั่นเอง ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำทั้งก่อนและหลังการบำบัดนี้ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งชุมชนที่มีประชากร 2,500 คนขึ้นไป โดยกำหนดไว้ที่ pH 5-9 (เปี่ยมศักดิ์, 2536)

3) อิทธิพลอิสระของชนิดพืช

ตารางที่ 11ค แสดงอิทธิพลอิสระของชนิดพืชต่อค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างในน้ำภายหลังการบำบัด ซึ่งพบว่าแปลงพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า ไม่สามารถทำให้ความเป็นกรด-ด่างแตกต่างถึงนัยสำคัญ ในตารางที่ 11ก นั้นมีพิสัยแคบๆ อยู่ระหว่าง 6.7 – 8.2 เท่านั้น และเมื่อทดลองนำเอาค่าเฉลี่ยในแต่ละรอบทั้ง 11 รอบมาศึกษาการกระจายแบบปกติพบว่าใน 4 ตำรับทดลองนั้นมีพิสัยของความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงแคบๆ คือ $7.3 \pm 0.6$ $7.3 \pm 0.5$ $7.4 \pm 0.5$ และ $7.4 \pm 0.5$ โดยมีสัมประสิทธิ์ของความปรวนแปรต่ำมากคือเพียงร้อยละ 7.7 6.4 7.1 และ 6.6 ตามลำดับ

2.1.3 ไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำภายหลังการบำบัด

ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียชุมชนภายหลังการบำบัดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า มีค่าผันแปรอยู่ในพิสัย 1.5-2.0 1.1-1.5 1.1-2.0 และ 1.5-2.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับส่วนใหญ่จะกระจายอยู่ในพิสัย $1.7 \pm 0.2$ $1.3 \pm 0.2$ $1.5 \pm 0.4$ และ $1.8 \pm 0.3$ มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่า CV ร้อยละ 14.5 13.1 23.0 และ 17.6 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดโดยสังเขปเฉลี่ยเท่ากับ 92.4 94.3 93.3 และ 92.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดด้วยพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า พบว่ามีไนโตรเจนทั้งหมดส่วนใหญ่มีค่าผันแปรอยู่ในพิสัย 0.6-1.1 0.9-1.3 0.7-0.9 และ 0.9-1.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และส่วนใหญ่กระจายอยู่ในพิสัย $0.8 \pm 0.2$ $1.3 \pm 0.2$ $0.8 \pm 0.1$ และ $1.2 \pm 0.2$ มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่า CV ร้อยละ 24.7 17.7 11.9 และ 17.6 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 52.4 23.5 50.6 และ 30.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช (มิลลิกรัมต่อลิตร)

| ชนิดพืช | รอบที่ | | | | | | Mid Point | Mean | SD | CV (%) | Ap.eff (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1* | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | | | | | |
| ในน้ำเสียชุมชน | | | | | | | | | | | |
| ก. ก่อนบำบัด | 17.0 | 19.0 | 19.0 | 23.0 | 29.0 | 29.0 | 23.0 | 22.7 | 5.3 | 23.3 | _ |
| ข. เมื่อผ่านการบำบัดแล้วใน | | | | | | | | | | | |
| (ก.) พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 2.0[a] | 1.8 | 2.0 | 1.7 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.7 | 0.2 | 14.5 | 92.4 |
| (ข.) พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 1.3 [a-c] | 1.1 | 1.1 | 1.5 | 1.5 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 0.2 | 13.1 | 94.3 |
| (ค.) พุทธรักษาต้นเตี้ยดอกชมพู | 1.7[a] | 1.7 | 1.1 | 2.0 | 1.5 | 1.1 | 1.5 | 1.5 | 0.4 | 23.0 | 93.3 |
| (ง.) ดินเปล่า | 1.9[a] | 1.5 | 1.5 | 2.3 | 1.7 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 0.3 | 17.6 | 92.0 |
| ในน้ำชลประทาน | | | | | | | | | | | |
| ก.ก่อนบำบัด | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 1.5 | 1.9 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 0.2 | 10.6 | _ |
| ข. เมื่อผ่านการบำบัดแล้วใน | | | | | | | | | | | |
| (ก.) พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 0.6[c] | 0.8 | 0.9 | 0.6 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.2 | 24.7 | 52.4 |
| (ข.) พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 1.5[ab] | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.9 | 1.2 | 1.3 | 0.2 | 17.7 | 23.5 |
| (ค.) พุทธรักษาต้นเตี้ยดอกชมพู | 0.8[bc] | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.1 | 11.9 | 50.6 |
| (ง.) ดินเปล่า | 1.3 [a-c] | 0.9 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.2 | 1.2 | 0.2 | 17.6 | 30.0 |

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดภายหลังการบำบัดมีปริมาณลดลงทั้งในแปลงที่มีพืชและในแปลงที่ไม่มีพืช และมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก (ขนาดชุมชนมากกว่า 2,501 คนขึ้นไป) ที่กำหนดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไว้ไม่เกิน 35.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2539) การที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียชุมชนภายหลังการบำบัดมีปริมาณลดลงนี้น่าจะเป็นเพราะนอกจากแอมโมเนียมซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของไนโตรเจนทั้งหมด (73.7-89.7% ในตารางที่ 4) จะถูกพืชดูดเอาไปใช้เป็นประโยชน์เพื่อการสร้างความเจริญเติบโตและเหลือถูกดึงดูดยึดไว้โดยอนุภาคดินเหนียว แล้วยังน่าจะเกิดจากการเปลี่ยนรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียมแล้วหายไปจากน้ำที่ระบายออกหลังจากถูกบำบัดในระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชนี้แล้วโดยกลไกทั้งสองที่กล่าวแล้ว เพราะประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดนี้สูงกว่า 73.7-89.7% และ 24.7-48.0% ของไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทาน ตามลำดับ ซึ่งจะได้พิจารณาในเรื่องความสัมพันธ์กับอายุของพืชต่อไป และเมื่อนำข้อมูลดิบในตารางผนวกที่ 3 มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่สำคัญ แล้วเสนอไว้ในตารางที่ 13 โดยตารางที่ 13ก วิเคราะห์ความปรวนแปรแล้วนำเสนอค่า F-value ส่วนตารางที่ 13ข นำเสนอค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำที่ได้รับอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในการทดลอง และตารางที่ 13ค นำเสนอค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้รับอิทธิพลอิสระของชนิดพืช ขณะที่อิทธิพลร่วมนั้นสามารถใช้ข้อมูลในตารางที่ 12 ได้ ผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) การทดสอบความแตกต่าง

ตารางที่ 13ก พบว่าอิทธิพลอิสระของน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในรอบที่ 1 และรอบที่ 11 ส่วนอิทธิพลอิสระของชนิดพืชส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเฉพาะรอบที่ 11 และอิทธิพลร่วมของแหล่งน้ำกับชนิดพืช พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะรอบที่ 1 เพียงรอบเดียว ความปรวนแปรภายในข้อมูลดิบทั้งระหว่างซ้ำและชนิดพืช+ดินเปล่า (ตำรับย่อย) ภายใน ชนิดน้ำ (ตำรับหลัก) ซึ่งสูง (>25%) ของ CV(a) ในรอบที่ 3 5 7 และ 9 น่าจะเป็นต้นเหตุที่ทำให้อิทธิพลของน้ำชัดเจนถึงระดับนัยสำคัญ ทำนองเดียวกับความปรวนแปรที่สูงของ CV(b) ภายในตำรับย่อย ยกเว้นในรอบที่ 11 ทำให้อิทธิพลอิสระของชนิดพืชแตกต่างกันไม่ถึงระดับนัยสำคัญ ส่วนอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองส่งผลถึงระดับนัยสำคัญเฉพาะเมื่อเริ่มทดลองในรอบที่ 1 เท่านั้นทั้งๆ ที่ค่า CV(b) สูงกว่า 25% นี้น่าจะมิได้เกิดโดยบังเอิญ อิทธิพลอิสระและร่วมของปัจจัยทั้งสองนี้ สามารถแยกอธิบายได้ดังนี้

ตารางที่ 13 อิทธิพลของแหล่งน้ำ ชนิดพืช และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

ก. ค่า F value MS error และ CV (%)

| SOV | df | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| Water (W) | 1 | 44.63* | 13.08 $^{NS}$ | 3.82 $^{NS}$ | 17.23 $^{NS}$ | 7.98 $^{NS}$ | 43.75* |
| MS error a | 2 | 0.0612 | 0.1388 | 0.1117 | 0.2467 | 0.1254 | 0.0467 |
| CV(a) | | 17.94 | 29.41 | 25.71 | 34.15 | 26.98 | 18.65 |
| Plant(P) | 3 | 1.04 $^{NS}$ | 0.06 $^{NS}$ | 1.39 $^{NS}$ | 2.86 $^{NS}$ | 0.31 $^{NS}$ | 7.75** |
| W x P | 3 | 4.30* | 2.46 $^{NS}$ | 2.10 $^{NS}$ | 1.74 $^{NS}$ | 0.31 $^{NS}$ | 2.03 $^{NS}$ |
| MS error b | 12 | 0.1529 | 0.2550 | 0.2025 | 0.1586 | 0.1996 | 0.0506 |
| CV(b) | | 28.35 | 39.87 | 34.62 | 27.39 | 34.04 | 19.41 |

ข. อิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในหน่วยทดลองต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

| แหล่งน้ำ | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| น้ำเสียชุมชน | 1.7$^{a}$ | 1.5 | 1.4 | 1.9 | 1.5 | 1.4$^{a}$ |
| น้ำชลประทาน | 1.0$^{b}$ | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 1.1 | 0.9$^{b}$ |

ค. อิทธิพลอิสระของชนิดพืชต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

| ชนิดพืช | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 1.2 | 1.2$^{b}$ |
| พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.4 | 1.4 | 1.0$^{b}$ |
| พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู | 1.2 | 1.2 | 1.0 | 1.4 | 1.2 | 0.9$^{c}$ |
| ดินเปล่า | 1.6 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 1.4 | 1.5$^{a}$ |

2) อิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำ

ตารางที่ 13ข แสดงอิทธิพลอิสระของน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำภายหลังการบำบัด ซึ่งพบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียชุมชนหลังการบำบัดสูงกว่าในน้ำชลประทานอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในรอบที่ 1 ($1.7^{a}$ และ $1.0^{b}$) และรอบที่ 11 ($1.4^{a}$ และ$0.9^{b}$) ทั้งนี้เพราะในรอบที่ 1 นั้นพืชยังเล็กอยู่จึงอาจดูดเอาแอมโมเนียมจากน้ำเสียชุมชนซึ่งในน้ำก่อนบำบัดนั้นสูงกว่าในน้ำชลประทานมากเอาไปใช้ได้ไม่มากนัก ส่วนในรอบที่ 11 พุทธรักษาออกดอกเกือบทุกแปลงแล้วจึงน่าจะต้องการแอมโมเนียมมากขึ้นทำให้แอมโมเนียมในน้ำที่บำบัดแล้วทั้งในน้ำเสียชุมชนและในน้ำชลประทานหายไปมากขึ้น เมื่อนำเอาค่าเฉลี่ยในแต่ละรอบทั้ง 11 รอบในตารางที่ 13ข นี้มาศึกษาการกระจายแบบปกติพบว่าในแปลงที่ใช้น้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานอยู่ในพิสัย $1.6 \pm 0.2$ และ $1.0 \pm 0.1$ มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่า CV ค่อนข้างต่ำคือ 11.0 และ 10.0% ตามลำดับ แนวโน้มการสูงกว่าของค่าไนโตรเจนทั้งหมดในแปลงน้ำเสียชุมชนอาจเกิดจากการไล่ที่ของแอมโมเนียมในดินที่ถูกดินดูดยึดไว้เพราะรากพืชใช้ไม่หมดทั้งที่มีอยู่ก่อนแล้วและหลังจากถูก ammonifiers ในดินทำให้เกิดขึ้นนั้นโดย $Fe^{++}$ และ $Mn^{++}$ ที่เกิดมากขึ้นเพราะในน้ำเสียชุมชนมีตัวให้อิเลคตรอน (คาร์โบไฮเดรต) มากกว่า active Fe และ Mn ซึ่งอยู่ในรูป Fe (III) และ Mn (IV) จึงถูก reduced ได้มากกว่าและมากขึ้นๆ เมื่อรอบของการบำบัดมากขึ้นเพราะประชากรของจุลินทรีย์น่าจะเพิ่มขึ้นๆ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจึงลดลงดังแนวโน้มที่เห็นได้ซึ่งจะได้นำเสนอในภายหลัง และเนื่องจากแอมโมเนียมและไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำดิบของน้ำเสียชุมชนสูงกว่าจึงอาจเกินความต้องการของพืชจึงเหลืออยู่มากกว่า

3) อิทธิพลอิสระของชนิดพืช

ตารางที่ 13ค แสดงอิทธิพลอิสระของชนิดพืชต่อค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเฉพาะในรอบที่ 11 (ตารางที่ 13ก) เท่านั้น โดยดินเปล่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุด มีค่าเท่ากับ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยพุทธรักษาต้นสูงทั้งชนิดใบม่วงดอกแดง (1.2) และชนิดใบเขียวดอกเหลือง (1.0) เหลืออยู่ปานกลาง และไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เหลืออยู่สูงกว่าชนิดต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู ซึ่งเหลืออยู่เพียง 0.9 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่านั้น การลดลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในแปลงพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่าภายหลังการบำบัดซึ่งจะมีอยู่มากในน้ำดิบก่อนการบำบัดในน้ำเสียชุมชน (ตารางที่ 4) และน้ำชลประทาน

(ตารางที่ 5) ส่วนใหญ่จะถูกอนุภาคดินเหนียวซึ่งมีประจุลบถูกยึดเอาไว้คือ 93.2% [(29.0-1.03)/29.0 x 100] ในแปลงที่ไม่มีพืชและในกรณีที่มีพืชก็จะถูกพืชดูดเอาไปใช้สร้างความเจริญ เติบโตด้วย โดยพุทธรักษาชนิดต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพูดูดได้มากสุดคือ 3.7% (96.9-93.2) ส่วนพุทธรักษาต้นสูงทั้งสองชนิดมีความสามารถดูดได้น้อยกว่า (3.2 และ 2.7%) แต่ไม่แตกต่างกัน เมื่อนำเอาค่าเฉลี่ยแต่ละรอบทั้ง 11 รอบในตารางที่ 13ค มาศึกษาการกระจายแบบปกติพบว่าในแปลงที่ปลูกพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ ต้นสูงใบม่วงดอกแดง ต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง และต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และแปลงที่มีแต่ดินเปล่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดผันแปรอยู่ในพิสัยแคบและมีปริมาณต่ำมาก คือ $1.3 \pm 0.1$ $1.3 \pm 0.1$ $1.2 \pm 0.2$ และ $1.5 \pm 0.2$ มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่า CV ค่อนข้างต่ำ คือ ร้อยละ 8.3 10.9 16.2 และ 13.3 ตามลำดับ การสูงกว่าของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดหลังการบำบัดในดินเปล่าเมื่อเปรียบเทียบกับในแปลงพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์นี้ก็เนื่องมาจากการดูดเอาไปใช้ของพืชนั่นเอง เพราะในน้ำเสีย ก่อนการบำบัดนั้นมีแอมโมเนียมซึ่งเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงอยู่แล้วคือ 73.7 – 89.7% (ตารางที่ 4) และ 24.7 – 48.0% (ตารางที่ 5) ของไนโตรเจนทั้งหมดและอีกส่วนหนึ่งก็มาจากผลงานของ ammonifiers ในดินดังได้กล่าวแล้ว

4) อิทธิพลร่วมของชนิดน้ำและชนิดพืช

สืบเนื่องจากการค้นพบความแตกต่างระดับนัยสำคัญของอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองนี้เฉพาะในรอบที่ 1 ในตารางที่ 13ก จึงได้วิเคราะห์ทางสถิติต่อไปโดยใช้ DMRT แล้วย้อนกลับไปนำเสนอไว้ในตารางที่ 12 จากตารางที่ 12 นี้พบว่าในรอบที่ 1 มีความแตกต่างถึงระดับนัยสำคัญเฉพาะในแปลงที่ใช้น้ำชลประทานโดยในตำรับหลัก (น้ำชลประทาน) นี้ พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลืองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดหลังการบำบัดอยู่มากที่สุดคือ 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนตำรับย่อยที่เหลือซึ่งผันแปรอยู่ในพิสัย 1.3 – 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร นั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนในตำรับทดลองหลัก (น้ำเสียชุมชน) ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดหลังการบำบัดแล้วในพิสัย 2.0 – 1.3 มิลลิกรัมต่อลิตรนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทิศทางของความแตกต่างที่แตกต่างกันนี้เองที่ทำให้โอกาสที่จะเป็นแนวขนานของค่าเฉลี่ยของตำรับย่อยทั้ง 4 ในตำรับหลักทั้ง 2 นี้เป็นไปได้ กลไกหลักที่ควบคุมการลดลง (บำบัด) ไนโตรเจนทั้งหมดในรอบที่ 1 นี้คงจะเกิดจากการดูดซับปริมาณแอมโมเนียมซึ่งมีอนุมูลบวกซึ่งมีอยู่สูงมากในน้ำเสียชุมชนถึง 82.4% (ตารางที่ 4) และสูงในน้ำชลประทานคือ 40.0% (ตารางที่ 5) โดยอนุภาคดินเหนียวซึ่งมีประจุลบเป็นกลไกหลัก ส่วนการดูดซับโดยรากพืชนั้นคงจะเป็นกลไกเสริมเพราะพัฒนาการของรากยังไม่น่าจะดีนัก และเมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพในการบำบัดโดยสังเขปซึ่งคำนวณได้โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 12 ทำนอง

เดียวกันกับที่เสนอแล้วในตารางที่ 4 และ 5 ซึ่งควรจะเป็น 88.4 92.4 90.0 และ 88.8 % ในแปลงน้ำเสียชุมชน และ 60.0 0 48.7 และ 13.3 % ในแปลงน้ำชลประทานซึ่งใช้ปลูกพุทธรักษา 3 พันธุ์ คือ ต้นสูงใบม่วงดอกแดง ต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง และต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพูกับในดินเปล่าตามลำดับ แล้วจะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่จะสูงกว่าปริมาณสัมพัทธ์ของแอมโมเนียมก่อนการบำบัด (82.4% ในตารางที่ 4 และ 40% ในตารางที่ 5 ในน้ำเสียชุมชนและในน้ำชลประทาน ตามลำดับ) ยกเว้นในแปลงพุทธรักษาต้นสูงใบสีเขียวดอกเหลืองและในดินเปล่าเมื่อใช้น้ำชลประทานเท่านั้น ปรากฏการณ์นี้ยืนยันได้ว่าในช่วงระยะเวลา 5 วันของการขังน้ำนั้นได้เกิด ammonification ของอินทรีย์ไนโตรเจนภายในดินได้แล้วถูกอนุภาคดินเหนียวดูดซับไว้และปล่อยให้บางส่วนถูกรากพืชดูดไปใช้ได้ด้วย การไม่ลดลงของปริมาณแอมโมเนียมเลยในแปลงพุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลืองเมื่อใช้น้ำชลประทานเฉพาะในรอบที่ 1 นี้เท่านั้นนั้นยังหาคำอธิบายไม่ได้แต่ในรอบถัดๆ ไปนั้นปรากฏการณ์นี้ได้หายไป ดังนั้นผลกระทบต่อพืชจึงไม่มี แต่ผลกระทบต่อระบบนิเวศนั้นไม่ต้องพูดถึงเลยเพราะปริมาณแอมโมเนียมหลังการบำบัดนั้นต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดไว้มาก

2.1.4 แอมโมเนียมไนโตรเจนในน้ำภายหลังการบำบัด

อินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานเมื่อไหลลงไปในดินจะเกิดการย่อยสลายโปรตีนโดยจุลินทรีย์พวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้ (herterotroph) กระบวนการย่อยสลายนี้เป็นแบบ enzymatic digestion ซึ่งจะเปลี่ยนสภาพของโปรตีนให้เป็นสารประกอบไนโตรเจน พวก amino compound ต่างๆ เช่น proteose และ peptone จนในที่สุดเปลี่ยนต่อไปอีกเป็นพวกอะมีน และกรดอะมิโนต่างๆ ซึ่งจุลินทรีย์จะได้พลังงานจากกระบวนการย่อยสลายโปรตีนส่วนสารประกอบอะมีน และกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นนั้นบางส่วนจะถูกแปรสภาพไปเป็นสารประกอบไนโตรเจนในรูปอื่นๆ โดยกระบวนการที่เรียกว่า แอมโมนิฟิเคชั่น กระบวนการนี้จะทำการเปลี่ยนสารประกอบพวกอะมีน และกรดอะมิโนให้เป็นแอมโมเนีย ($NH_3$) แอลกอฮอล์ (R-OH) และพลังงาน (energy) โดยจุลินทรีย์พวก heterotroph โดยแอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับน้ำกลายเป็นแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ แล้วแตกตัวเป็นแอมโมเนียมอิออน และไฮดรอกซิลอิออน แล้วทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนอิออนซึ่งได้มาจากการย่อยสลายสารคาร์โบไฮเดรตกลายเป็นน้ำ ส่วนแอมโมเนียมอิออนนั้นก็จะถูกเปลี่ยนแปลงต่อไปอีก และมีการเปลี่ยนแปลงได้ 2 ทาง คือ (1) จุลินทรีย์นำเอาไปใช้ และ (2) พืชนำไปใช้ ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียชุมชนภายหลังการบำบัดปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนด้วยพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า พบว่ามีค่าผัน

แปรอยู่ในพิสัย 0.2-0.8 0.2-0.7 0.4-0.8 และ 0.5-0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนใหญ่จะกระจายอยู่ในพิสัย 0.6 $\pm$ 0.2 0.5 $\pm$ 0.2 0.6 $\pm$ 0.2 และ 0.6 $\pm$ 0.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่า CV ร้อยละ 0.4 0.3 0.2 และ 0.1 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียมไนโตรเจนโดยสังเขปเฉลี่ยสูงมากคือ 97.2 97.3 96.9 และ 97.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 14) ซึ่งสูงกว่าประสิทธิภาพในการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดโดยสังเขปเฉลี่ยคือ 92.4 94.3 93.3 และ 92.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดด้วยพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ผันแปรอยู่ในพิสัย 0.3-0.7 0.2-0.6 0.3-0.6 และ 0.4-0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และส่วนใหญ่กระจายอยู่ในพิสัย 0.4 $\pm$ 0.1 0.4 $\pm$ 0.1 0.5 $\pm$ 0.1 และ 0.5 $\pm$ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ มีค่า CV ร้อยละ 0.3 0.3 0.2 และ 0.1 ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียมไนโตรเจนโดยสังเขปเฉลี่ยไม่สูงเท่ากับในน้ำเสียชุมชนแต่ก็ค่อนข้างสูงคือ 30.8 30.8 26.2 และ 26.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดโดยสังเขปเฉลี่ยคือ 52.4 23.5 50.6 และ 30.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ตามลำดับ ซึ่งตรงกันข้ามกับในน้ำเสียชุมชนยกเว้นในแปลงพุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลืองเท่านั้น

ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียมไนโตรเจนด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชที่สูงมากเมื่อใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนและค่อนข้างสูงเมื่อใช้น้ำชลประทานนี้เป็นไปตามที่คาดหมายไว้ เพราะแอมโมเนียมไนโตรเจนไม่ว่าจะมาจากน้ำก่อนบำบัดหรือจากการเปลี่ยนรูปอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียมโดยผู้ย่อยสลายประเภทที่หายใจได้โดยไม่ต้องใช้แกสออกซิเจนก็ตาม เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของธาตุอาหารนี้และมีประจุบวกซึ่งจะถูกอนุภาคดินเหนียวซึ่งมีประจุลบดูดยึดไว้ได้ ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนหลังการบำบัดจึงลดลงมากเพราะถูกทั้งอนุภาคดินเหนียวของดินดูดยึดไว้และถูกรากพืชดูดเอาไปใช้ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดต่อไปเมื่อมีการวิเคราะห์ทางสถิติ การเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียมในน้ำเสียชุมชนนี้คงจะเริ่มต้นด้วยการดูดซับแอมโมเนียมซึ่งมีอยู่แล้วในน้ำเสียชุมชนก่อนการบำบัดโดยอนุภาคดินเหนียวในดินแล้วตามมาด้วยการดูดใช้แอมโมเนียมโดยรากพืชซึ่งส่วนใหญ่น่าจะเป็นแอมโมเนียมไอออนที่อยู่ในน้ำซึ่งจะต้องไหลตามน้ำไปหาราก เพราะรากจะต้องดูดน้ำอยู่ตลอดเวลากลางวันเพื่อระบายความร้อนออกจากผิวใบโดยขบวนการคายน้ำ (การเปลี่ยนน้ำเหลวให้เป็นไอน้ำ แล้วถูกระบายออก

ตารางที่ 14 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช (มิลลิกรัมต่อลิตร)

| ชนิดพืช | รอบที่ | | | | | | Mid | Mean | SD | CV | Ap.eff |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3* | 5 | 7 | 9* | 11** | Point | | | (%) | (%) |
| ในน้ำเสียชุมชน | | | | | | | | | | | |
| ก. ก่อนบำบัด | 14.0 | 14.0 | 17.0 | 19.0 | 27.0 | 26.0 | 20.5 | 19.5 | 5.8 | 29.5 | - |
| ข. เมื่อผ่านการบำบัดแล้วใน | | | | | | | | | | | |
| (ก.) พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 0.6 | 0.8$^{a}$ | 0.7 | 0.5 | 0.6$^{b}$ | 0.2$^{d}$ | 0.5 | 0.6 | 0.2 | 36.0 | 97.2 |
| (ข.) พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 0.5 | 0.5$^{bc}$ | 0.6 | 0.7 | 0.6$^{b}$ | 0.2$^{d}$ | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 32.4 | 97.3 |
| (ค.) พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู | 0.7 | 0.6$^{b}$ | 0.5 | 0.6 | 0.8$^{a}$ | 0.4$^{bc}$ | 0.6 | 0.6 | 0.2 | 25.2 | 96.9 |
| (ง.)ดินเปล่า | 0.6 | 0.6$^{bc}$ | 0.5 | 0.6 | 0.6$^{ab}$ | 0.6$^{a}$ | 0.6 | 0.6 | 0.0 | 9.3 | 97.0 |
| ในน้ำชลประทาน | | | | | | | | | | | |
| ก. ก่อนบำบัด | 0.6 | 0.8 | 0.5 | 0.6 | 0.9 | 0.4 | 0.7 | 0.6 | 0.2 | 27.7 | _ |
| ข. เมื่อผ่านการบำบัดแล้วใน | | | | | | | | | | | |
| (ก.) พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 0.4 | 0.4$^{d}$ | 0.4 | 0.5 | 0.7$^{ab}$ | 0.3$^{bd}$ | 0.5 | 0.4 | 0.1 | 30.1 | 30.8 |
| (ข.) พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 0.5 | 0.4$^{d}$ | 0.5 | 0.5 | 0.6$^{b}$ | 0.2$^{d}$ | 0.4 | 0.4 | 0.1 | 28.3 | 30.8 |
| (ค.) พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู | 0.5 | 0.5$^{bc}$ | 0.5 | 0.6 | 0.5$^{b}$ | 0.3$^{cd}$ | 0.4 | 0.5 | 0.1 | 22.5 | 26.2 |
| (ง.) ดินเปล่า | 0.5 | 0.5$^{cd}$ | 0.5 | 0.5 | 0.6$^{b}$ | 0.4$^{b}$ | 0.5 | 0.5 | 0.1 | 14.0 | 26.2 |

จากปากใบไปสู่บรรยากาศ) สารอินทรีย์ไนโตรเจนที่เกิดโปรโตเนชันไม่ได้ก็จะไม่ถูกดูดซับโดยอนุภาคดินเหนียวและแน่นอนว่ารากพืชไม่สามารถดูดใช้สารอินทรีย์ไนโตรเจนซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ปริมาณสารอินทรีย์ไนโตรเจนสัมพัทธ์ (\%)} = \frac{\text{(ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด - ปริมาณแอมโมเนียม)}}{\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด}} \times 100$$

ได้ก็จะถูกระบายออก ซึ่งพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วเหลืออยู่ 68.0 59.2 60.5 และ 67.7 เปอร์เซ็นต์ ในแปลงพุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง ต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง ต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่าตามลำดับ ซึ่งเป็นสัดส่วนสูงกว่าในน้ำเสียชุมชนก่อนบำบัด (14.0%) มากทั้งๆ ที่จะต้องเกิดแอมโมนิฟิเคชันในดินเพิ่มขึ้นอีกแน่ๆ ก็ตาม ปรากฏการณ์ที่ตรงกันข้ามในแปลงที่ใช้น้ำชลประทานยกเว้นแปลงพุทธรักษาใบเขียวดอกเหลืองน่าจะเกิดจากการดูดใช้อินทรีย์ไนโตรเจนเอาไปใช้ในการสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ซึ่งจะไปเกาะอยู่กับอนุภาคดินทำให้มีปริมาณสัมพัทธ์ของอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำระบายออกต่ำกว่าน้ำก่อนบำบัด (61.8%) คือ 44.4 65.4 27.7 และ 59.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เพราะอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำชลประทานยังมีไม่พอกับความต้องการของจุลินทรีย์ดินแต่เหลือเฟือในน้ำเสียชุมชน

และเมื่อนำข้อมูลดิบจากตารางผนวกที่ 4 มาวิเคราะห์ทางสถิติแล้วนำเสนอสถิติที่สำคัญไว้ในตารางที่ 15 โดยตารางที่ 15ก นำเสนอค่า F-value จากการวิเคราะห์ความปรวนแปร ตารางที่ 15ข แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนที่ได้รับอิทธิพลอิสระจากน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทาน และตารางที่ 15ค แสดงอิทธิพลอิสระของชนิดพืชต่อค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ขณะที่ตารางที่ 14 ก็สามารถนำมาใช้แสดงอิทธิพลร่วมได้ ผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) การทดสอบความแตกต่าง

ตารางที่ 15ก แสดงอิทธิพลอิสระของน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานต่อค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ซึ่งพบว่าน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานส่งผลให้ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในรอบที่ 1 และ รอบที่ 5 ส่วนอิทธิพลอิสระของชนิดพืช พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในรอบที่ 3 และมี

ตารางที่ 15 อิทธิพลของแหล่งน้ำ ชนิดพืช และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียมไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)

ก. ค่า F value MS error และ CV (%)

| SOV | df | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| Water(W) | 1 | 24.56* | 10.08 NS | 22.02* | 3.72 NS | 0.67 NS | 2.01 NS |
| MS error a | 2 | 0.0076 | 0.0188 | 0.0029 | 0.0085 | 0.0150 | 0.0036 |
| CV(a) | | 15.7 | 26.2 | 10.0 | 16.6 | 19.8 | 19.4 |
| Plant(P) | 3 | 1.64 NS | 4.65* | 0.91 NS | 3.66* | 0.73 NS | 31.60** |
| W x P | 3 | 1.01 NS | 8.21** | 2.60 NS | 3.26 NS | 4.25* | 9.37** |
| MS error b | 12 | 0.0086 | 0.0030 | 0.0096 | 0.0047 | 0.0075 | 0.0026 |
| CV(b) | | 16.8 | 10.4 | 18.2 | 12.4 | 14.0 | 16.3 |

ข. อิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในหน่วยทดลองต่อค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน(มิลลิกรัมต่อลิตร)

| แหล่งน้ำ | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| น้ำเสียชุมชน | 0.6 a | 0.6 | 0.6 a | 0.6 | 0.6 | 0.3 |
| น้ำชลประทาน | 0.5 b | 0.4 | 0.5 b | 0.5 | 0.6 | 0.3 |

ค. อิทธิพลอิสระของชนิดพืชต่อค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)

| ชนิดพืช | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 b | 0.6 | 0.2 b |
| พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 a | 0.6 | 0.2 b |
| พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.6 a | 0.7 | 0.3 a |
| ดินเปล่า | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.6 a | 0.6 | 0.5 a |

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในรอบที่ 11 ส่วนอิทธิพลร่วมของแหล่งน้ำกับชนิดพืช พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในรอบที่ 9 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในรอบที่ 3 และรอบที่ 11 การไม่พบความแตกต่างทางสถิติของการบำบัดแอมโมเนียมไนโตรเจนเมื่อพิจารณาจากอิทธิพลอิสระของประเภทของชนิดน้ำ (mainplots) ในรอบที่ 3 นั้นน่าจะเนื่องจากความปรวนแปรระหว่างซ้ำของน้ำชนิดเดียวกันสูงเกินไปซึ่งส่งผลให้ค่า CV(a) สูง 26.2% (มากกว่า 25%) และอิทธิพลอิสระของชนิดของพืช (subplots) และอิทธิพลร่วมของชนิดน้ำ (mainplots) กับชนิดพืช (subplots) ส่วนหลังจากสัปดาห์ที่ 5 แล้วไม่พบอิทธิพลอิสระของชนิดของน้ำนั้นน่าจะสืบเนื่องจากอิทธิพลอิสระของพืชและอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง การไม่พบอิทธิพลอิสระของพืชในรอบที่ 1 นั้นคงจะสืบเนื่องมาจากพืชยังมีอายุน้อยมากระบบรากพัฒนาได้ไม่แตกต่างกัน เพราะในช่วงของการอนุบาลกล้าพืชได้รับไนโตรเจนจากดินเท่านั้นซึ่งคงจะน้อยมาก การไม่แตกต่างในสัปดาห์ที่ 5 (รอบที่ 5) ยังหาสาเหตุไม่ได้ การไม่แตกต่างกันของอิทธิพลอิสระของชนิดพืชในสัปดาห์ที่ 9 นั้นเกิดจากอิทธิพลร่วมของชนิดน้ำกับชนิดพืชแน่ สำหรับในรอบอื่นๆ นั้นก็สามารถเห็นแนวโน้มเดียวกันนี้แม้จะไม่แตกต่างกันทางสถิติก็ตาม เพื่อให้เห็นทั้งอิทธิพลอิสระของชนิดน้ำและชนิดพืชและอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองนี้อย่างชัดเจนว่าปริมาณเฉลี่ยของแอมโมเนียมหลังการบำบัดนั้นตำรับหลักและตำรับย่อยใดมากน้อยกว่ากันทางสถิติเพียงใดนั้นขอแยกนำเสนอคล้ายกับของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดดังนี้

2) อิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำ

ตารางที่ 15ข แสดงอิทธิพลอิสระของน้ำเสียชุมชมและน้ำชลประทานต่อค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในน้ำภายหลังการบำบัด ซึ่งพบว่าในแปลงที่ใช้น้ำเสียชุมชนเหลือปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนสูงกว่าในแปลงที่ใช้น้ำชลประทานอย่างมีนัยสำคัญคือ $0.6^{a}$ กับ $0.5^{b}$ และ $0.6^{a}$ กับ $0.5^{b}$ มิลลิกรัมต่อลิตร ในรอบที่ 1 และ 5 ตามลำดับ ในรอบอื่นๆ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิตินั้นมีการกระจายอยู่ในพิสัยแคบคือ 0.3 – 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่านั้น สำหรับในรอบอื่นๆ ก็เห็นแนวโน้มเดียวกันนี้แม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติก็ตามเมื่อนำเอาค่าเฉลี่ยในแต่ละรอบของทั้ง 11 รอบมาศึกษาการกระจายแบบปกติพบว่าพิสัยของปริมาณแอมโมเนียมหลังการบำบัดในแปลงที่ใช้น้ำเสียและน้ำชลประทาน คือ $0.6 \pm 0.1$ และ $0.5 \pm 0.1$ มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งถือว่าต่ำมากโดยมี CV ปานกลาง คือ 20.8 และ 22.3% ตามลำดับ การลดลงอย่างมากของปริมาณแอมโมเนียมหลังการบำบัดนี้น่าจะเกิดจากการถูกพืชดูดเอาไปใช้และโดยถูกอนุภาคดินเหนียวดูดยึดเอาไว้ดังได้กล่าวและจะได้พิจารณาให้ชัดเจนในตอนต่อไป การเหลือแอมโมเนียมในแปลงน้ำ

เสียชุมชนมากกว่าในแปลงที่ใช้น้ำชลประทานนั้นน่าจะเกิดจากการไล่ที่ของแอมโมเนียมด้วย $Fe^{++}$ และ $Mn^{++}$ ดังได้คาดคะเนไว้ในเรื่องไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้กล่าวแล้ว

3) อิทธิพลอิสระของชนิดพืช

ตารางที่ 15ค ชี้ให้เห็นว่าในรอบที่ 3 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง มีปริมาณแอมโมเนียมที่ระบายออกต่ำที่สุดในแปลงพุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลืองคือเพียง $0.46^{b}$ มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่พุทธรักษาอีก 2 พันธุ์เหลือแอมโมเนียมมากที่สุด ($0.6^{a}$ และ $0.6^{a}$) แต่ก็มีเพียงแนวโน้มที่จะสูงกว่าในดินเปล่า ($0.5^{ab}$) เท่านั้น ในรอบที่ 7 ซึ่งแตกต่างกันระดับนัยสำคัญเช่นกัน ปริมาณต่ำสุดกลับเป็นแปลงพุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง ($0.5^{b}$) ในขณะที่พืชที่เหลือและดินเปล่ามีแอมโมเนียมเหลืออยู่มากที่สุดโดยอยู่ในพิสัย $0.6^{a}$ – $0.6^{a}$ มิลลิกรัมต่อลิตร ในรอบที่ 11 ซึ่งความแตกต่างชัดเจนมากถึงระดับนัยสำคัญยิ่งนั้น พุทธรักษาต้นสูงทั้งใบม่วงดอกแดง ($0.2^{b}$) และใบเขียวดอกเหลือง ($0.2^{b}$) กลับมีประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียมได้สูงสุด (เหลือตกค้างน้อยที่สุด) ขณะที่พุทธรักษาต้นเตี้ย ($0.3^{a}$) กับดินเปล่า ($0.5^{a}$) มีประสิทธิภาพในการบำบัดแตกต่างกันไม่ถึงระดับนัยสำคัญแต่ก็ต่ำกว่าของพุทธรักษาต้นสูง เมื่อเอาค่าเฉลี่ยในตารางที่ 15ค นี้ไปศึกษาการกระจายของข้อมูลแบบปกติ พบว่าในแปลงพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ ต้นสูงใบม่วงดอกแดง ต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง และต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และในดินเปล่า มีการกระจายอยู่ในพิสัย $0.5 \pm 0.1$ $0.5 \pm 0.2$ $0.5 \pm 0.1$ และ $0.5 \pm 0.0$ มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมี CV ค่อนข้างสูงในแปลงพืชคือ 26.4% 29.4% และ 22.5% และต่ำ (9.5%) ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมของพุทธรักษาชนิดต้นสูงต่ำกว่าในต้นเตี้ยและในดินเปล่านั้นแสดงว่า พุทธรักษาต้นสูงดูดดึงเอาแอมโมเนียมไปใช้ได้มากกว่าต้นเตี้ยซึ่งอาจมีการกระจายของรากทั้งในแนวนอนและแนวตั้งด้อยกว่าต้นสูงโดยเฉพาะในแนวตั้งน่าจะไม่ค่อยดี แอมโมเนียมที่มีอยู่ในน้ำก่อนการบำบัดจึงอาจไหลซึมลงลึกกว่ารากและไม่ถูกบำบัดด้วยพืชแต่ยังคงถูกอนุภาคดินเหนียวดูดซับเอาไว้ได้แล้วถูกไล่ที่ด้วย $Fe^{++}$ และ $Me^{++}$ ซึ่งเกิดขึ้นจาก reduction ของ active Fe (III) และ Mn (IV) ดังได้กล่าวแล้วในแปลงพุทธรักษาต้นเตี้ยและดินเปล่านั้นไม่แตกต่างกัน

4) อิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง

จากความแตกต่างในปริมาณแอมโมเนียมหลังการบำบัดอันเกิดจากอิทธิพลร่วมของทั้งชนิดน้ำและชนิดพืชในรอบที่ 3 9 และ 11 ในตารางที่ 15ก ทำให้เกิดความสนใจที่ค้นหา

รายละเอียดของความแตกต่างภายในแปลงตำรับย่อยในแต่ละตำรับหลักให้ชัดเจนโดยใช้ DMRT มาประเมินค่าเฉลี่ยในตารางที่ 14 อีกครั้งหนึ่ง ผลการประเมินพบว่าในรอบที่ 3 ทิศทางของความแตกต่างในแปลงที่ใช้น้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานนั้นเป็นไปในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ ปริมาณแอมโมเนียมหลังการบำบัดในแปลงพุทธรักษาใบม่วงดอกแดงจะสูงที่สุดเมื่อใช้น้ำเสียชุมชนแต่จะต่ำที่สุดเมื่อใช้น้ำชลประทาน และในแปลงพุทธรักษาใบเขียวดอกเหลืองในน้ำเสียชุมชนก็สูงกว่าในน้ำชลประทาน ขณะที่ในแปลงตำรับย่อยที่เหลือไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างแปลงตำรับหลัก ในรอบที่ 9 ความแตกต่างจะพบได้เฉพาะในแปลงพุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพูเท่านั้น โดยเมื่อใช้น้ำเสียจะสูงกว่าเมื่อใช้น้ำชลประทานทางสถิติ ส่วนในรอบที่ 11 นั้นความแตกต่างระดับนัยสำคัญยิ่งจะพบได้เฉพาะในแปลงที่ไม่มีพืชโดยเมื่อใช้น้ำเสียจะสูงกว่าเมื่อใช้น้ำชลประทาน ความแตกต่างที่ได้กล่าวนี้เองที่ทำให้แนวโน้มของการเป็นเส้นขนานระหว่างชนิดน้ำของตำรับย่อยแต่ละตำรับนั้นเป็นไปไม่ได้ซึ่งเราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าอิทธิพลร่วม แต่สาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์นี้ยังหาคำตอบไม่ได้ อย่างไรก็ตามปรากฏการณ์นี้ก็มิได้ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศใดๆ เพราะปริมาณแอมโมเนียมหลังการบำบัดแล้วนี้ต่ำมากจนไม่มีทางที่จะทำให้น้ำเน่าเสียได้

2.1.5 ฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำภายหลังการบำบัด

ตารางที่ 16 สรุปผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียชุมชนภายหลังการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช โดยในแต่ละรอบ (7 วัน) จะให้น้ำท่วมขัง 5 วัน สลับปล่อยแห้ง 2 วัน เป็นเวลา 11 รอบ (สัปดาห์) ใช้พุทธรักษา 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พันธุ์ต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พันธุ์ต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่าเป็นตำรับทดลองย่อยซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในแต่ละรอบมีค่าผันแปรอยู่ในพิสัย 0.04-0.06 0.06-0.08 0.03-0.06 และ0.04-0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าศูนย์กลาง 0.05 0.07 0.05 และ 0.05 และมีค่าเฉลี่ย 0.05 0.06 0.05 และ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังนั้นพออนุโลมได้ว่ามีการกระจายแบบปกติได้โดยส่วนใหญ่จะกระจายอยู่ในพิสัย $0.05 \pm 0.0$ $0.06 \pm 0.0$ $0.05 \pm 0.0$ และ $0.05 \pm 0.0$ มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งให้ค่า CV ร้อยละ 18.0 17.7 24.2 และ 12.8 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยสังเขปเฉลี่ยสูงมากคือมีค่าถึง 98.7 98.4 98.7 และ 98.7 เปอร์เซ็นต์ ในแปลงพุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกสีแดง ต้นสูงใบเขียวดอกสีเหลือง ต้นเตี้ยใบเขียวดอกสีชมพู และในดินเปล่า ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียชุมชนเป็นที่พอใจมากนี้ต้องเกิดการดูดซับฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินแน่เพราะ

ตารางที่ 16 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช (มิลลิกรัมต่อลิตร)

| ชนิดพืช | รอบที่ | | | | | | Mid Point | Mean | SD | CV (%) | Ap.eff (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5** | 7 | 9 | 11** | | | | | |
| ในน้ำเสียชุมชน | | | | | | | | | | | |
| ก. ก่อนบำบัด | 3.98 | 3.89 | 4.02 | 3.93 | 4.14 | 4.05 | 3.97 | 4.00 | 0.1 | 2.2 | - |
| ข. เมื่อผ่านการบำบัดแล้วใน | | | | | | | | | | | |
| (ก.) พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 0.05 | 0.05 | 0.04$^{bc}$ | 0.06 | 0.05 | 0.06$^{b}$ | 0.05 | 0.05 | 0.0 | 18.1 | 98.7 |
| (ข.) พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 0.06 | 0.08 | 0.08$^{a}$ | 0.06 | 0.06 | 0.06$^{b}$ | 0.07 | 0.06 | 0.0 | 17.7 | 98.4 |
| (ค.) พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู | 0.04 | 0.05 | 0.03$^{bc}$ | 0.06 | 0.06 | 0.06$^{ab}$ | 0.05 | 0.05 | 0.0 | 24.2 | 98.7 |
| (ง.) ดินเปล่า | 0.06 | 0.06 | 0.04$^{b}$ | 0.05 | 0.06 | 0.05$^{bc}$ | 0.05 | 0.05 | 0.0 | 12.8 | 98.7 |
| ในน้ำชลประทาน | | | | | | | | | | | |
| ก.ก่อนบำบัด | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.0 | 32.1 | - |
| ข. เมื่อผ่านการบำบัดแล้วใน | | | | | | | | | | | |
| (ก.) พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 0.04 | 0.05 | 0.05$^{b}$ | 0.05 | 0.05 | 0.04$^{c}$ | 0.04 | 0.04 | 0.0 | 14.3 | 22.8 |
| (ข.) พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 0.04 | 0.07 | 0.05$^{b}$ | 0.04 | 0.07 | 0.08$^{a}$ | 0.06 | 0.06 | 0.0 | 32.0 | -1.8 |
| (ค.) พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู | 0.03 | 0.03 | 0.04$^{b}$ | 0.02 | 0.06 | 0.04$^{c}$ | 0.05 | 0.04 | 0.0 | 37.3 | 54.0 |
| (ง.) ดินเปล่า | 0.03 | 0.06 | 0.02$^{c}$ | 0.02 | 0.06 | 0.03$^{c}$ | 0.04 | 0.04 | 0.0 | 50.1 | 54.0 |

อินทรีย์ฟอสฟอรัสในน้ำเสียน่าจะถูกจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องใช้แกสออกซิเจนในการหายใจเอาไปใช้ในการสร้างเซลล์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอาไปเป็นฟอสโฟโปรตีนในนิวเคลียสแล้วไม่น่าจะมีการขับถ่ายเป็นอนินทรีย์ฟอสเฟตออกมา เพราะพลังงานที่ใช้สร้างโมเลกุลของสารอินทรีย์ฟอสเฟต (พลังงานศักย์) นั้นสูงมาก พลังงานที่จุลินทรีย์กลุ่มนี้ได้รับจากการหายใจโดยใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นตัวให้อิเลคตรอน และใช้สารประกอบเฟอริค (FeIII) เช่น เฟอริคออกไซด์ และเฟอริคไฮดรอกไซด์ และแมงกานีส (Mn IV) เช่น แมงกานีสไดออกไซด์ เป็นตัวรับอิเลคตรอนน่าจะพอเพียงเพื่อใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นแอมโมเนียมเท่านั้น (ประเสริฐ, 2540) อนุมูลโมโนฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) ซึ่งอาจมีอยู่บ้างอาจถูกพืชที่ปลูกและสาหร่าย (ในดินเปล่า) เอาไปใช้ได้บ้างแต่คงจะน้อยมากเพราะไม่ควรจะมีปริมาณมากดังได้กล่าวแล้วในตอนคุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัด ส่วนฟอสฟอรัสที่น่าจะทำให้พืชเจริญเติบโตให้สมดุลกับปริมาณแอมโมเนียมในน้ำเสียนั้นจะได้กล่าวต่อไป

ส่วนการกระจายของค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดในแปลงปลูกพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่านั้น พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดทุกรอบ (ตารางที่ 16) ผันแปรอยู่ในพิสัย 0.04-0.05 0.04-0.08 0.02-0.06 และ 0.02-0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าศูนย์กลาง 0.04 0.06 0.04 และ 0.04 และมีค่าเฉลี่ย 0.04 0.06 0.04 และ 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พออนุโลมได้ว่ามีการกระจายแบบปกติ ส่วนใหญ่กระจายอยู่ในพิสัย $0.04 \pm 0.0$ $0.06 \pm 0.0$ $0.04 \pm 0.0$ และ $0.04 \pm 0.0$ มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ มีค่า CV ร้อยละ 14.3 32.0 37.3 และ 50.1 ตามลำดับ และมีประสิทธิ ภาพการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยสังเขปเฉลี่ย 22.8 -1.8 54.0 และ 54.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำชลประทานมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ -1.8 -54.0 การมีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัสโดยสังเขปในน้ำชลประทานต่ำกว่าในน้ำเสียชุมชนนี้น่าจะเป็นเพราะมีจำนวนจุลินทรีย์พวกไม่ต้องการแกสออกซิเจนน้อยกว่าในน้ำเสียชุมชนมาก เนื่องจากขาดทั้งคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในน้ำก่อนการบำบัด การวิเคราะห์ปริมาณของฟอสฟอรัสที่มีปริมาณน้อยมาก (น้อยกว่า 100 ไมโครกรัมต่อลิตร) นั้นมีโอกาสคลาดเคลื่อนได้มาก เพราะทั้งความขุ่นและซิลิเกตสามารถทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดได้ (Jackson, 1964) การติดลบของประสิทธิภาพในแปลงพุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลืองนั้นก็น่าจะเกิดจากการปนเปื้อนของสารที่ทำให้การเกิดสี (interference) ในรอบที่ 3 9 และ 11 ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังการบำบัดสูงกว่าจากแปลงย่อยอื่นๆ แม้จะเด่นชัดถึงระดับนัยสำคัญยิ่งเฉพาะในรอบที่ 11 ก็ตาม

เมื่อนำข้อมูลดิบจากตารางผนวกที่ 5 มาวิเคราะห์ทางสถิติ ตามแผนการทดลองแบบ split plot design แล้วเอาสถิติที่สำคัญมานำเสนอไว้ในตารางที่ 17 โดยตารางที่ 17ก นำเสนอค่า F-value จากการวิเคราะห์ความปรวนแปร ตารางที่ 17ข นำเสนอค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ได้รับอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในการทดลอง และตารางที่ 17ค นำเสนอค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ได้รับอิทธิพลอิสระของชนิดพืช โดยใช้อักษร a b และ c แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) เมื่อพบว่า F value ของอิทธิพลเหล่านั้นแตกต่างกันถึงระดับนัยสำคัญถึงสำคัญยิ่งส่วนอิทธิพลร่วมนั้นสามารถใช้ข้อมูลตารางที่ 16 แสดงได้ ผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) การทดสอบความแตกต่าง

ตารางที่ 17ก แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในรอบที่ 7 และรอบที่11 ส่วนอิทธิพลอิสระของชนิดพืช พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในรอบที่ 5 และรอบที่11 และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองนั้นพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในรอบที่ 5 และรอบที่11 เช่นเดียวกัน ค่า CV ที่สูงมาก (>50%) บดบังอิทธิพลอิสระและอิทธิพลร่วมในรอบที่ 1 และอิทธิพลอิสระของพืชและอิทธิพลร่วมในรอบที่ 3 ค่า CV(a) ที่สูง (>25%) ในรอบที่ 3 ทำให้ชนิดน้ำมีอิทธิพลระดับนัยสำคัญ ค่า CV ที่ค่อนข้างสูง (>12.5%) ในรอบที่ 5 และ 9 ของตำรับหลักไม่แตกต่างกันทางสถิติ และในรอบที่ 7 และ 9 ของตำรับย่อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ความขุ่นและปริมาณซิลิเกตอาจมีส่วนทำให้เกิดความแปรปรวนภายในซ้ำของแต่ละชนิดน้ำและชนิดพืชสูงและบดบังอิทธิพลอิสระและอิทธิพลร่วมในรอบดังกล่าวได้ เพื่อวิเคราะห์ให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนจึงแยกอธิบายอิทธิพลอิสระและอิทธิพลร่วมดังนี้

2) อิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำ

ตารางที่ 17ข แสดงให้เห็นว่า น้ำเสียชุมชนมีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสทั้ง หมดสูงกว่าน้ำชลประทานทางสถิติเฉพาะในรอบที่ 7 ($0.06^{a}$ และ $0.03^{b}$ มิลลิกรัมต่อลิตร) และรอบที่ 11 ($0.06^{a}$ และ $0.05^{b}$ มิลลิกรัมต่อลิตร) ทั้งนี้เพราะน้ำเสียชุมชนมีปริมาณฟอสฟอรัสในรูปสารอินทรีย์ฟอสเฟตอยู่มากกว่าน้ำชลประทานแม้ว่าจะถูกจุลินทรีย์ประเภทที่หายใจได้โดยไม่ต้องใช้แกสออกซิเจนดูดเอาไปใช้เพื่อการสร้างฟอสโฟโปรตีนแล้วแต่ก็ยังคงเหลืออยู่มากกว่าในน้ำชลประทาน

ตารางที่ 17 อิทธิพลของแหล่งน้ำ ชนิดพืช และอิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสองต่อค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช

ก. ค่า F value MS error และ CV(%)

| SOV | df | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| Water(W) | 1 | 3.57$^{NS}$ | 0.22$^{NS}$ | 4.67$^{NS}$ | 23.77* | 0.07$^{NS}$ | 27.36* |
| MS error a | 2 | 0.0005 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0000 |
| CV(a) | | 52.9 | 31.0 | 24.9 | 27.9 | 12.7 | 10.6 |
| Plant(P) | 3 | 0.30$^{NS}$ | 1.47$^{NS}$ | 26.35** | 3.35$^{NS}$ | 2.93$^{NS}$ | 24.09** |
| W x P | 3 | 0.15$^{NS}$ | 0.35$^{NS}$ | 14.81** | 0.93$^{NS}$ | 0.83$^{NS}$ | 15.80** |
| MS error b | 12 | 0.0005 | 0.0008 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0000 |
| CV(b) | | 53.7 | 51.5 | 16.2 | 23.0 | 15.3 | 13.2 |

ข. อิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในหน่วยทดลองต่อค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

| แหล่งน้ำ | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| น้ำเสียชุมชน | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.06$^{a}$ | 0.06 | 0.06$^{a}$ |
| น้ำชลประทาน | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.03$^{b}$ | 0.06 | 0.05$^{b}$ |

ค. อิทธิพลอิสระของชนิดพืชต่อค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)

| ชนิดพืช | รอบที่ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 |
| พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | 0.04 | 0.05 | 0.04$^{b}$ | 0.06 | 0.05 | 0.05$^{b}$ |
| พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | 0.05 | 0.08 | 0.07$^{a}$ | 0.05 | 0.06 | 0.07$^{a}$ |
| พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู | 0.04 | 0.04 | 0.04$^{b}$ | 0.04 | 0.06 | 0.05$^{b}$ |
| ดินเปล่า | 0.04 | 0.06 | 0.03$^{c}$ | 0.04 | 0.06 | 0.04$^{c}$ |

ซึ่งควรจะขาดแคลนมากเกินไปจนเกือบจะวัดปริมาณที่แม่นยำไม่ได้ สำหรับในรอบอื่นๆ แม้ว่าความแตกต่างจะไม่ถึงระดับนัยสำคัญ เพราะมีความปรวนแปรภายในสูง (ค่า CV สูง) แต่ในทุกรอบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำชลประทานก็มีแนวโน้มต่ำกว่า เมื่อทดลองเอาค่าเฉลี่ยในทุกรอบในตารางที่ 17ข นี้มาศึกษาการกระจายแบบปกติพบว่าในแปลงที่ใช้น้ำเสียชุมชนและเมื่อใช้น้ำชลประทานอยู่ในพิสัย $0.06 \pm 0.0$ และ $0.04 \pm 0.01$ มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่า CV ต่ำ (<1.5%) และสูง (<50%) ตามลำดับ การมีค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังการบำบัดในน้ำเสียชุมชนมากกว่าในน้ำชลประทานนี้น่าจะเกิดการมีฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำก่อนบำบัดสูงกว่า

3) อิทธิพลอิสระของชนิดพืช

ตารางที่ 17ค แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลอิสระของชนิดพืชต่อค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในรอบที่ 5 และรอบที่ 11 (ตารางที่ 17ก) นั้นพบว่าในรอบที่ 5 และรอบที่ 11 น้ำจากแปลงพุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลืองมีค่าเฉลี่ยเหลืออยู่สูงสุด คือ $0.07^{a}$ และ $0.07^{a}$ มิลลิกรัมต่อลิตร มีฟอสฟอรัสทั้งหมดเหลืออยู่ในแปลงพุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง ($0.04^{b}$ และ $0.05^{b}$) และในแปลงพุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู ($0.04^{b}$ และ $0.05^{b}$) อยู่เท่ากันพอดีและอยู่ระดับปานกลาง ส่วนในแปลงที่มีดินอย่างเดียวมีเหลืออยู่ต่ำสุด ($0.03^{c}$ และ $0.04^{c}$) การค้นพบนี้ยืนยันว่าฟอสฟอรัสในน้ำก่อนบำบัดจะถูกจุลินทรีย์ประเภทที่ไม่ต้องใช้แกสออกซิเจนเพื่อการหายใจดูดเอาไปใช้สร้างฟอสโฟโปรตีนในนิวเคลียสของมันแล้วไม่ขับถ่ายอนินทรีย์ฟอสเฟตออกมา แต่ในแปลงที่มีพืชซึ่งเจริญเติบโตปกติจนกระทั่งออกดอกนั้น พืชจะต้องมีการดูดใช้อนินทรีย์ฟอสเฟตแน่ อนินทรีย์ฟอสเฟตที่เข้าไปอยู่ในพืชนี้น่าจะเกิดจากการรีดักชันเป็นเฟอรัส-ฟอสเฟตของเฟอริคฟอสเฟต เพราะถูกใช้เป็นตัวรับอิเลคตรอนร่วมกับสารประกอบเฟอริค(FeIII) ทั้งเฟอริคออกไซด์และเฟอริคไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นตัวรับอิเลคตรอนหลักเพราะมีอยู่มากในเปลือกโลก (ไพบูลย์, 2528) และแมงกานีส (Mn IV) โดยเฉพาะแมงกานีสไดออกไซด์ เฟอรัสฟอสเฟตนี้ละลายน้ำได้มาก กว่าเฟอริคฟอสเฟตมากและเป็นประโยชน์ต่อข้าวและพืชที่ทนน้ำท่วมได้ทั่วไป (Islam and Elahi, 1954; Shapiro, 1958; Chang and Chu, 1959; Davide, 1961; Tyner and Davide, 1962; Valencia, 1962; Ponnamperuma, 1965; Patrick and Mahapatra, 1968; Phongpan, 1977; ไพบูลย์, 2528 และ ทัศนีย์, 2543) เฟอริคฟอสเฟตเป็นอนินทรีย์ฟอสเฟตหลักในดินนาของประเทศไทย (Kawaguchi and Kyuma, 1969; Cholitkul and Tyner, 1971; and Phongpan, 1977) การทดลองนี้ได้ใช้ดินนาคล้ายดินชุดสมุทรปราการซึ่งเป็นดินเหนียวมาผสมกับทรายหยาบอัตรา 3:1 เพื่อปรับเนื้อดินให้เป็นดินร่วน (loam) เพื่อให้มีช่องว่างขนาดใหญ่มากขึ้นจะ

ได้ทำให้การซาบซึมน้ำที่จะใช้บำบัดได้เร็วขึ้นและถูกบำบัดด้วยระบบดินน้ำขัง (ดินแห้งสนิทมาก่อน) สลับกับระบายให้แห้งได้รวดเร็วขึ้น และมีพืชเพื่อขนย้ายสารอินทรีย์ที่ถูกบำบัดแล้วออกไปจากระบบดินไปทำให้พืชเจริญเติบโตและทำให้ระบบทำงานได้ตลอดไปด้วยการเก็บเกี่ยวเอาพืชนั้นๆ ไปใช้ประโยชน์ การทดลองนี้โดยเฉพาะในรอบบำบัดที่ 5 และ 11 ซึ่งพืชดูดใช้ฟอสเฟตจากการรีดักชันของเฟอริคฟอสเฟตทั้งในแปลงที่มีพืชและไม่มีพืช (ไพบูลย์, 2528 และ ทัศนี, 2543) การที่ในแปลงที่มีพืชนั้นเหลือฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำเสียมากกว่าเมื่อไม่มีพืชนั้นอาจเป็นไปได้ว่าอินทรีย์ฟอสฟอรัสบางส่วนน่าจะเกิดจากการเน่าเปื่อยของพืชที่ตายลง โดยพุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลืองอาจมีการเน่าเปื่อยมากที่สุดในขณะที่พุทธรักษาอีกสองชนิดนั้นเน่าเปื่อยเท่าเทียมกันแต่น้อยกว่า ความแตกต่างไม่ชัดเจนในรอบที่ 1 และ 3 นั้นเพราะความปรวนแปรภายใน (CVb) สูงมาก (>50%) ความไม่แตกต่างทางสถิติในรอบที่ 7 และ 9 แม้มี CVb ระดับปานกลางนั้น อาจเกิดจากการปนเปื้อนของอนุภาคดินเหนียว (ความขุ่น) และซิลิเกตที่มีต่อการวัดสารในระดับต่ำ (น้อยกว่า 500 ไมโครกรัมต่อลิตร) ดังได้วิจารณ์ไว้แล้วในตอนต้น

4) อิทธิพลร่วมของชนิดน้ำและชนิดพืช

จากความแตกต่างในระดับนัยสำคัญยิ่งของอิทธิพลร่วมในรอบที่ 5 และ 11 ในตารางที่ 17ก ทำให้ต้องวิเคราะห์ต่อไปโดยใช้ DMRT ว่าอิทธิพลร่วมนั้นเกิดในตำแหน่งใดและเพราะเหตุใด โดยนำผลการวิเคราะห์ไปเสนอเพิ่มเติมในตารางที่ 16 จากตารางที่ 16 นี้จะเห็นได้ว่าในรอบที่ 5 นั้นพบความแตกต่างทางสถิติเพียง 2 แห่ง คือ ในแปลงพุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลืองและในแปลงที่ไม่มีพืช โดยมีฟอสฟอรัสทั้งหมดเหลืออยู่ในแปลงน้ำเสียชุมชนมากกว่าในแปลงที่ใช้น้ำชลประทาน ส่วนในรอบที่ 11 นั้นพบความแตกต่างทางสถิติ 3 แห่งคือ เฉพาะในแปลงที่มีพืชโดยพบว่าเมื่อใช้น้ำเสียชุมชนจะมีฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังการบำบัดสูงกว่าเมื่อใช้น้ำชลประทานในแปลงพุทธรักษาใบม่วงดอกแดงและชนิดต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพูซึ่งตรงกันข้ามกับในแปลงพุทธรักษาใบเขียวดอกเหลือง โดยในแปลงที่ใช้น้ำชลประทานกลับมีสูงกว่า การพบอิทธิพลร่วมนี้ยังหาเหตุผลไม่ได้ แต่อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังการบำบัดนี้ต่ำมาก หากปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติไม่ควรจะทำให้เกิดน้ำเน่า (eutrophication) ได้

2.2 ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับคุณภาพน้ำภายหลังการบำบัด

ความสัมพันธ์นี้ถูกศึกษาขึ้นเพื่อประเมินความคงทนของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนนี้ โดยให้จำนวนรอบการทดลองเป็นตัวแปรอิสระ (X) ส่วนดัชนีคุณภาพน้ำภายหลังการบำบัด ได้แก่ บีโอดี ความเป็นกรด-ด่าง ไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมด ให้เป็นตัวแปรตาม (Y) โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากอิทธิพลอิสระของทั้งชนิดน้ำและชนิดพืชในตารางที่ 9 ข ค 11ข ค 13ข ค 15ข ค และ 17ข ค มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) และนำเสนอค่า intercept ของแกนตั้ง (a) และ slope (b) ของสมการเชิงเส้นตรง Y = a + bX ที่มีค่าสูงถึงระดับนัยสำคัญไว้ด้วย ผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.2.1 ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับค่าบีโอดี

ตารางที่ 18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำและชนิดพืชที่ใช้ในการทดลองต่อค่าบีโอดี โดยตารางที่ 18ก แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับอิทธิพลอิสระของน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานต่อค่าบีโอดี พบว่าน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานภายหลังการบำบัด มีความสัมพันธ์ไปในทางลบถึงระดับนัยสำคัญยิ่ง (r = -0.795**) เฉพาะในแปลงที่ใช้น้ำชลประทานซึ่งสามารถพยากรณ์ได้โดยสมการ บีโอดีหลังการบำบัด = 1.95 – 0.142Cycle

ส่วนแปลงที่ใช้น้ำเสียชุมชนก็มีความสัมพันธ์ทางลบเช่นเดียวกันแม้ไม่ถึงระดับนัยสำคัญ ($-0.514^{NS}$) แต่ก็ใกล้เคียง ความสัมพันธ์ทางลบนี้แสดงให้เห็นว่ายิ่งจำนวนรอบมากขึ้นประสิทธิภาพในการบำบัดจะดีขึ้นแม้ว่าจะมากกว่า 11 รอบก็ตามในแปลงที่ใช้น้ำชลประทาน สำหรับแปลงที่ใช้น้ำเสียชุมชนมีเพียงแนวโน้มที่จะดีขึ้น การค้นพบนี้แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการบำบัดบีโอดีตลอดช่วงเวลาที่ทดลองระบบดินน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชนี้ตลอดช่วง 11 สัปดาห์นี้ยังคงมีประสิทธิภาพสูงมากอยู่ กล่าวคือ การระบายน้ำออกทำให้เกิดการ oxidize Fe (II) ให้เป็น Fe (III) ได้แล้วยังมีแกสออกซิเจนแทรกซึมตามช่องว่างดินที่แตกระแหงทำให้พวก facultative anaerobes ใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนซึ่งจะได้พลังงานมากกว่าการหายใจแบบไม่ใช้แกสออกซิเจนทำให้จุลินทรีย์ทำกิจกรรมการย่อยสลายสารอินทรีย์บางส่วนได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อขังน้ำ facultative anaerobes จะใช้ $Fe(OH)_3$ เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในการหายใจเพื่อให้เกิดพลังงานย่อยสลายสารอินทรีย์ไปอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์เป็นผลให้สารอินทรีย์ลดน้อยลง ค่าบีโอดีจึงลดลง

ตารางที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำที่ใช้ในการทดลองและชนิดพืชต่อค่าบีโอดี

ก. อิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำ

| แหล่งน้ำ | | | สมการ | r |
|---|---|---|---|---|
| น้ำเสียชุมชน | BOD | = | - | $-0.514^{NS}$ |
| น้ำชลประทาน | BOD | = | 1.95 – 0.142Cycle | -0.795** |

ข. อิทธิพลอิสระของชนิดพืช

| ชนิดพืช | | | สมการ | r |
|---|---|---|---|---|
| พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง | BOD | = | - | $-0.081^{NS}$ |
| พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง | BOD | = | 2.78 – 0.208Cycle | -0.792 ** |
| พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู | BOD | = | 2.54 – 0.189Cycle | -0.744 ** |
| ดินเปล่า | BOD | = | - | $-0.551^{NS}$ |

ตลอดการทดลองทุกรอบ และมีแนวโน้มว่าจะดียิ่งขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นในแปลงน้ำเสียชุมชนซึ่งแสดงว่าตัวรับอิเลคตรอนในดินยังไม่หมดและมีมากกว่าตัวให้อิเลคตรอน และตัวให้อิเลคตรอนและโปรตีนในน้ำมีแนวโน้มที่จะทำให้จำนวนของผู้ย่อยสลายเพิ่มขึ้นๆ จึงมีแนวโน้มที่จะสามารถใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นตัวให้อิเลคตรอนแล้วถูกเปลี่ยนเป็นแกสคาร์บอนไดออกไซด์หายไปจากระบบได้ดียิ่งขึ้นๆ

ส่วนตารางที่ 18ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับอิทธิพลอิสระของชนิดพืช พบว่าพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า มีความสัมพันธ์ไปในทางลบ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ไม่ถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน มีค่าเท่ากับ $-0.081^{NS}$ -0.792** -0.744** และ $-0.551^{NS}$ ตามลำดับ ความแตกต่างของความสัมพันธ์นี้แสดงให้เห็นว่าพันธุกรรมของพุทธรักษาอาจมีผลในการส่งเสริมการบำบัดบีโอดีหรือสารคาร์โบไฮเดรตได้นอกเหนือไปจากผลงานของจุลินทรีย์ดินที่ไม่ต้องการแกสออกซิเจนในการ

หายใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลืองกับชนิดต้นเตี้ยดอกสีชมพู ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีแนวโน้มสูงกว่าในดินเปล่า แต่ชนิดต้นสูงใบม่วงดอกสีแดงมิได้แสดงแนวโน้มของการเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นเลย

2.2.2 ความสัมพันธ์ของช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับค่าความเป็นกรด-ด่าง

ตารางที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับอิทธิพลอิสระของแหล่งน้ำและชนิดพืชที่ใช้ในการทดลองต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยตารางที่ 19ก แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับอิทธิพลอิสระของน้ำเสียชุมชน และน้ำชลประทานต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง พบว่าน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานภายหลังการบำบัดมีความสัมพันธ์ไปในทางลบ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ มีค่าเท่ากับ -0.928** และ -0.917** ตามลำดับ เมื่อพิจารณาร่วมกับตารางที่ 10 ซึ่งพบว่าความเป็นด่างของทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำชลประทานเมื่อผ่านการบำบัดแล้วจะลดลงจนใกล้เป็นกลาง แสดงให้เห็นว่าเมื่อเวลาของการบำบัดเพิ่มขึ้นจะมีประชากรของผู้ย่อยสลายในดินเพิ่มขึ้นๆ ทำให้น้ำตาลส่วนหนึ่งถูกนำมาใช้ในการสร้างกรดไพรูวิกในขบวนการไกลโคไลซีส กรดนี้น่าจะทำให้อนุมูลไฮดรอกซิลจากด่างกลายเป็นน้ำไปได้ส่วนหนึ่ง แต่จะไม่มีทางทำให้น้ำที่บำบัดแล้วเป็นกรด (พีเอชต่ำกว่า 7) ไปได้ เพราะในขบวนการรีดักชันนั้นจะต้องมีการใช้โปรตอนแล้วถูกเปลี่ยนเป็นน้ำไป โปรตอนจากกรดอินทรีย์น่าจะถูกใช้ก่อนโปรตอนในดิน (Ponnamperuma, 1965)

ส่วนตารางที่ 19ข แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่ทำการทดลองกับอิทธิพลอิสระของชนิดพืช พบว่าพุทธรักษาทั้ง 3 พันธุ์ คือ พุทธรักษาต้นสูงใบม่วงดอกแดง พุทธรักษาต้นสูงใบเขียวดอกเหลือง พุทธรักษาต้นเตี้ยใบเขียวดอกชมพู และดินเปล่า มีความสัมพันธ์ไปในทางลบในระดับนัยสำคัญยิ่งทั้งหมดคือให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.901** -0.880** -0.942** และ -0.934** ตามลำดับ การลดลงของความเป็นด่างจนถึงระดับใกล้เป็นกลางในแปลงที่มีพืชนี้น่าจะเกิดจากการดูดซับอนุมูลบวกที่เป็นด่าง (basic cation:$Na^{+}$, $K^{+}$, $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$) ออกไปจากดินและน้ำมากขึ้น จึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง และเป็นไปได้ว่าบริเวณรากพืชมีการปลดปล่อยกรดอินทรีย์ที่เกิดจากการใช้สารคาร์โบไฮเดรตไปด้วยแต่จากขบวนการไกลโคไลซีสโดยผู้ย่อยสลายชนิดที่ไม่ต้องการแกสออกซิเจนแต่ใช้ active Fe (III) และ Mn (IV) เป็นตัวรับอิเลคตรอนภายในดินน่าจะมีอิทธิพลสูงกว่าการสูญเสียไอออนบวกที่เป็นด่างไปจากระบบดินเพราะในดินเปล่ามีแนวโน้มที่จะให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด ความแตกต่างกันของพันธุกรรม