บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญของข้าวกับการปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว

การศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ได้กระทำในระยะแตกกอ ระยะตั้งท้อง ระยะเมล็ดน้ำนม ระยะเมล็ดสุกแก่ และช่วงหลังการระบายน้ำก่อนเก็บเกี่ยว ช่วง/ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ นี้ล้วนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของข้าวอย่างชัดเจน จึงเหมาะสมที่จะเป็นตัวแทนการศึกษาอิทธิพลของการเจริญเติบโตที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าว

เพื่อให้ทราบถึงผลของการปลูกข้าวชนิดนาสวนในปัจจุบันที่มีต่อการปล่อยก๊าซมีเทน หรืออีกนัยหนึ่งผลของการปลูกข้าวโดยไม่มีการระบายน้ำในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวที่มีต่อการปล่อยก๊าซมีเทน ดังนั้นในการกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวกับการปล่อยก๊าซมีเทน จะพิจารณาเฉพาะตำรับทดลองที่มีเงื่อนไขการจัดการน้ำที่สอดคล้องกับสภาพการปลูกข้าวชนิดนาสวนในปัจจุบัน ได้แก่ ตำรับทดลองควบคุม(ดินไม่ปลูกข้าว) ตำรับทดลองชัยนาท1 และตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 ซึ่งทั้งสามตำรับทดลองนี้มีเงื่อนไขการจัดการน้ำที่เหมือนกัน คือ การขังน้ำไว้ที่ 20 เซนติเมตรตลอดฤดูกาลเพาะปลูก และระบายน้ำออกจากตำรับทดลองในช่วง 10 วันก่อนการเก็บเกี่ยว

5.1.1 ผลของการเจริญเติบโตของข้าวต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

เมื่อพิจารณาอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว พบว่า ตำรับทดลองที่ปลูกข้าวและตำรับทดลองควบคุม(ดินที่ขังน้ำโดยไม่ปลูกข้าว) ต่างมีการปล่อยก๊าซมีเทนเกิดขึ้น โดยอัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดการเจริญเติบโตของตำรับทดลองชัยนาท1 และตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 นั้น เท่ากับ 13.12 และ 5.73 มิลลิกรัม/ตารางเมตร-ชั่วโมง (มก./ตร.ม.– ชม.) ตามลำดับ ในขณะที่อัตราเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองควบคุม เท่ากับ 5.12 มก./ ตร.ม.– ชม. (ตารางที่ 4.23)

ในตลอดฤดูกาลเพาะปลูกข้าว ทุกตำรับทดลองที่ปลูกข้าวทั้งพันธุ์ชัยนาท1 และขาวดอกมะลิ105 ต่างมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนตามระยะการเจริญเติบโตเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนเกิดขึ้นสูงสุดในระยะเมล็ดน้ำนม รองลงมาได้แก่ ระยะตั้งท้อง ระยะเมล็ดสุกแก่ ระยะข้าวแตกกอ และต่ำสุดในช่วงหลังระบายน้ำก่อนเก็บเกี่ยว (รูปที่ 5.1) ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองควบคุมแล้วพบว่าค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองชัยนาท1 มีค่าสูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีชัดเจนที่ระยะตั้งท้อง ส่วนตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 นั้น มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนต่ำกว่าตำรับทดลองชัยนาท1 ในทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว นอกจากนี้ยังไม่พบว่าตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 นั้นมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในระยะการเจริญใดที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองควบคุม ซึ่งเป็นเพราะในช่วงที่ตรงกับระยะแตกกอจนถึงระยะเมล็ดสุกแก่นั้น ตำรับทดลองควบคุมก็มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนไปในทิศทางเดียวกับตำรับทดลองที่ปลูกข้าวเช่นกัน

สาเหตุที่การปลูกข้าวมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดในระยะเมล็ดน้ำนมนั้น (ชัยนาท1: 26.36 ; ขาวดอกมะลิ105: 9.39 มก./ตร.ม.-ชม.ม, ตารางที่ 4.14) อาจเป็นผลเนื่องมาจาก ก๊าซมีเทนที่ถูกผลิตขึ้นภายใต้สภาพการขังน้ำที่มีมาตั้งแต่ระยะที่ต้นข้าวมีการแตกกอสูงสุดนั้น เมื่อเข้าสู่ระยะเมล็ดน้ำนม ซึ่งเป็นเวลาในช่วง 70-80 วันหลังปักดำ และเป็นช่วงหลังจากที่ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตสูงสุด Kimura และคณะ(1992) ได้อธิบายการปล่อยก๊าซมีเทนที่สูงขึ้นในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตของต้นข้าวไว้ว่าเป็นผลมาจากการพัฒนาของช่องอากาศ (Aerenchyma) ซึ่งเป็นทางผ่านของก๊าซ รวมทั้งการเพิ่มขึ้นของสารที่ขับออกมาจากรากข้าว (Root exudate) และการสะสมของอินทรียวัตถุจากส่วนของรากและใบข้าวที่หลุดออกมา(Litter) ด้วยว่าสารเหล่านี้ล้วนเป็นอินทรียวัตถุที่ง่ายต่อการย่อยสลาย ซึ่งสามารถเป็นสารตั้งต้นให้กับจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทนได้ ประกอบกับความสามารถในการขนส่งก๊าซมีเทนของต้นข้าวที่มากขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว อันยืนยันได้จากผลการศึกษาของ Shakey และคณะ (1991) ที่รายงานว่าช่องอากาศ(Aerenchyma) และช่องว่างระหว่างเซล(Intercellular gas space)ในกาบใบ ที่เป็นทางลำเลียงก๊าซภายในต้นข้าวก็จะมีขนาดและปริมาณใหญ่ขึ้นตามอายุของข้าว ซึ่งสอดคล้องกับที่ Kimura และ Minami(1995) ได้รายงานว่าลำต้นข้าวที่แก่สามารถเป็นทางผ่านของก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศได้มากกว่าลำต้นข้าวที่อ่อน โดยจะสามารถเห็นความต่างของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนได้อย่างชัดเจนในระยะเมล็ดน้ำนม ซึ่งเป็นระยะที่มีสัดส่วนของลำต้นข้าวที่แก่มากขึ้น จนเมื่ออัตราการปล่อยก๊าซมีเทนลดลงในช่วงเก็บเกี่ยว จึงไม่สามารถเห็นความแตกต่างระหว่างลำต้นข้าวที่อ่อนและแก่ต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

อย่างไรก็ตามเมื่อใช้จำนวนเท่าของความต่าง(Ralative value)เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนเมื่อกำหนดให้ตำรับทดลองควบคุมเท่ากับ 1(รูปที่ 5.2) พบว่าตำรับทดลองที่ปลูกข้าวจะมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าตำรับทดลองควบคุมอย่างชัดเจนที่สุดในระยะเมล็ดสุกแก่ ซึ่งจากอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองชัยนาท1 และตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 ที่เท่ากับ 9.59 และ 8.41 มก./ตร.ม./ชม. ตามลำดับ อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองควบคุมเท่ากับ 1.02 มก./ตร.ม./ชม. จึงคิดเป็นจำนวนเท่าของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองชัยนาท1 และตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 ที่ต่างจากตำรับทดลองควบคุม ได้ประมาณ 9.40 และ 8.25 เท่า ตามลำดับ ทั้งนี้แม้ว่าอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองที่ปลูกข้าวในระยะเมล็ดสุกแก่จะมีค่าน้อยกว่าในระยะเมล็ดน้ำนมและระยะตั้งท้อง และยังมีแนวโน้มว่าจะต่ำลงไปอีก แต่การเปรียบเทียบนี้สามารถบอกได้ถึงอิทธิพลของต้นข้าวที่ปลูกในน้ำขังที่ทำให้เกิดการผลิตและการปล่อยก๊าซมีเทนได้มากและยาวนานกว่าการขังน้ำไว้โดยไม่ปลูกข้าว

สำหรับการลดลงของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในระยะเมล็ดสุกแก่นั้น สอดคล้องกับที่ Nouchi และคณะ (1994) ได้อธิบายถึงการปล่อยก๊าซมีเทนที่ลดลงในระยะเมล็ดสุกแก่ว่าเป็นผลจากการที่รากข้าวกระจายตัวในดินได้น้อยลง ซึ่งเท่ากับว่า เป็นการลดลงของเส้นทางที่ก๊าซจะใช้ผ่านออกมาได้ จึงอาจมีผลให้ปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกปลดปล่อยลดลงไปด้วย อีกทั้งกิจกรรมในการเจริญของข้าวที่ลดลง เช่น การสังเคราะห์แสงในระหว่างวัน การคายน้ำ และอัตราการหายใจ(Bownman *et al.*, 1990; Hidema. *et al.*, 1991) ก็อาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อต้นข้าวซึ่งเป็นตัวกลางในการปล่อยก๊าซมีเทนขึ้นสู่บรรยากาศด้วยเช่นกัน ดังที่ Chanton และคณะ (1996) ซึ่งศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวด้วยไอโซโทปคาร์บอน ได้พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนมีค่าแปรผันตามปริมาณมวลชีวภาพของต้นข้าวและอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนที่สูงสุดในช่วงวันนั้น เกิดขึ้นพร้อมกับการปล่อยออกของก๊าซมีเทนและการคายน้ำที่ปากใบ

นอกจากนั้น ความต่างของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวยังเกี่ยวข้องกับเวลาที่ใช้ในการเกิดขึ้นแทนที่ของก๊าซมีเทน(turnover time) ดังที่ Watanabe และคณะ (1994) ได้สรุปว่าการเกิดขึ้นแทนที่ของก๊าซมีเทนในดินนั้นมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับปริมาณก๊าซมีเทนในดินและอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ โดยการเกิดขึ้นของก๊าซมีเทนในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มากจะใช้เวลาที่สั้นกว่าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

(Neue, 1993) ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่า การลดลงของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในระยะเมล็ดสุกแก่นั้น เกิดขึ้นเนื่องจากลำดับขั้นในของปฏิกิริยาทางชีวะเคมีในกระบวนการการย่อยสลายของระบบรีดักชั่นนั้นอาจดำเนินไปไม่ถึงขั้นที่คาร์บอนไดออกไซด์ถูกรีดิวซ์เป็นก๊าซมีเทนได้ และจากนั้นในช่วงต่อมา คือ ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว สภาพรีดอกซ์โพเทนซียลและความเป็นกรดและด่างที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเมธาโนจินิคแบคทีเรียก็ถูกจำกัดลงเนื่องจากการระบายน้ำออกจากทุกตำรับทดลองเพื่อให้เมล็ดข้าวสุกแก่เต็มที่

5.1.2 ผลของการขังน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูกข้าวต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

เมื่อพิจารณาการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองควบคุมในตลอดฤดูกาลเพาะปลูกแล้ว พบว่ามีทิศทางการปล่อยก๊าซมีเทนที่สอดคล้องกับตำรับทดลองที่ปลูกข้าวในระยะแตกกอจนถึงระยะเมล็ดสุกแก่ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการขังน้ำไว้ตลอด แต่ในช่วงหลังระบายน้ำก่อนทำการเก็บเกี่ยวนั้น การปล่อยก๊าซมีเทนมีทิศทางที่ตรงกันข้ามกับทุกตำรับทดลองที่ปลูกข้าว ซึ่งเป็นผลจากการขังน้ำไว้ในดินที่ไม่ปลูกข้าวตลอดฤดูกาลเพาะปลูก

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวซึ่งมีการขังน้ำไว้ตลอดการเพาะปลูก จะพบว่า โดยรวมแล้วอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองควบคุม(ดินที่ไม่ปลูกข้าว) มีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบกับตำรับทดลองที่ปลูกข้าวโดยเฉพาะตำรับทดลองชัยนาท1 (รูปที่ 5.1) ตรงกันข้ามกับเมื่อเทียบกับการปล่อยก๊าซมีเทนในขณะที่ทุกตำรับทดลองมีการระบายน้ำออกพร้อมกันในระยะที่เมล็ดข้าวสุกแก่เต็มที่เพื่อรอการเก็บเกี่ยว กลับพบว่าอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองที่ปลูกข้าวกลับมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองควบคุม

ลักษณะที่ตรงกันข้ามของอัตราการปล่อยก๊าซจากตำรับทดลองควบคุมและตำรับทดลองที่ปลูกข้าวที่เกิดขึ้นทั้งในระหว่างที่ขังน้ำและระบายน้ำนั้น น่าจะเป็นลักษณะที่แปรตามความต่างของวิธีการและเส้นทางการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ โดยเมื่อพิจารณาเงื่อนไขการทดลองและสภาพการระบายน้ำ จะพบว่า ในขณะที่ขังน้ำไว้ในการปลูกข้าวนั้น ก๊าซมีเทนที่ถูกผลิตขึ้นใต้ผิวดินของตำรับทดลองที่ปลูกข้าว สามารถถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศโดยผ่านทางต้นข้าวได้ การปล่อยก๊าซมีเทนจึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและเป็นสัดส่วนที่สัมพันธ์กันกับปริมาณก๊าซมีเทนในดิน

ส่วนในตำรับทดลองที่เป็นดินขังน้ำโดยไม่ปลูกข้าวนั้น เนื่องจาก การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างอากาศในดินและบรรยากาศจะถูกยับยั้งอย่างรุนแรง ก๊าซมีเทนสามารถเคลื่อนที่ไปสู่บรรยากาศเบื้องบนได้ด้วยการออกซิไดซ์ในช่วงต่อระหว่างดินและน้ำที่มีออกซิเจน แต่ปริมาณที่เกิดขึ้นก็เป็นเพียงส่วนน้อย (Armstrong, 1979; Wang *et al.*, 1995) ทำให้ปริมาณส่วนใหญ่ของก๊าซมีเทนที่ถูกผลิตขึ้น ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปสู่อากาศเบื้องบนได้ ตราบจนเมื่อทำการระบายน้ำ ตำรับทดลองควบคุมซึ่งก๊าซมีเทนเกิดขึ้นโดยแทบไม่มีโอกาสที่จะถูกปล่อยออกมาก่อนหน้านั้น บัดนี้ได้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการแพร่สู่บรรยากาศ เนื่องจาก น้ำในดินได้ระเหยจากผิวดินจนเกิดรอยแยกจนช่องว่างอากาศภายในดินสัมผัสกับอากาศภายนอก ทำให้ก๊าซมีเทนที่ถูกกักเก็บไว้สามารถแพร่สู่บรรยากาศได้อย่างมากและรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับ Watanabe และคณะ (1994) ที่สรุปว่าก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในแปลงทดลองที่ปลูกข้าวมีการปล่อยสู่บรรยากาศโดยผ่านทางต้นข้าวในระหว่างการเจริญเติบโตเป็นเส้นทางหลัก ในขณะที่ก๊าซมีเทนของแปลงทดลองที่เป็นดินไม่ปลูกข้าวมีการซะซึมลงสู่ดินชั้นล่างและการปล่อยสู่บรรยากาศที่เกิดขึ้นในช่วงหลังจากระบายน้ำออกเพื่อทำการเก็บเกี่ยวเป็นเส้นทางหลัก

สรุปได้ว่า ชั้นน้ำที่ขังไว้ในระหว่างการเพาะปลูกมีอิทธิพลอย่างมากต่อความต่างของวิธีการและเส้นทางในการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศระหว่างดินที่ปลูกข้าวและไม่ปลูกข้าว ทำให้ตำรับทดลองที่ปลูกข้าว และตำรับทดลองควบคุมมีสัดส่วนของการผลิตและการปล่อยก๊าซมีเทนที่แตกต่างกัน จนยังผลให้การปล่อยก๊าซมีเทนมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ตรงกันข้ามเมื่อถึงช่วงระบายน้ำก่อนการเก็บเกี่ยว

5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว กับปริมาณก๊าซมีเทนในดิน และปริมาณก๊าซมีเทนในน้ำ

เมื่อพิจารณาโดยรวมระหว่างระยะการเจริญเติบโตของข้าวกับปริมาณก๊าซมีเทนในดินแล้ว ปริมาณก๊าซมีเทนในดินที่เกิดขึ้นสูงในระยะตั้งท้อง(รูปที่ 5.10) น่าจะเป็นเพราะหลังจากที่เริ่มขังน้ำในการปลูกข้าว การแพร่ของออกซิเจนจากอากาศผ่านชั้นน้ำลงสู่ดินนั้นเกิดได้ยาก ดินจึงค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไปสู่สภาวะที่ไร้ออกซิเจน จนกระทั่งระยะตั้งท้อง ซึ่งเป็นเวลาในช่วง 30-50 วันหลังปักดำ สภาพการขาดออกซิเจนในดินที่กินเวลานานขึ้นตามเวลาในการขังน้ำ ส่งผลให้ดินที่ปลูกข้าวเข้าสู่สภาพที่เหมาะสมอย่างยิ่งต่อการเพิ่มจำนวนขึ้นของจุลินทรีย์ใน

ดินชนิดที่สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ ทำให้ปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนในดินสูงสุดในช่วงเวลาดังกล่าว ทั้งนี้ได้พบว่าปริมาณก๊าซมีเทนในน้ำที่ท่วมขังของตำรับทดลองควบคุมและตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 เกิดขึ้นสูงสุดในระยะตั้งท้อง ซึ่งสอดคล้องกันกับปริมาณก๊าซมีเทนในดินที่สูงสุดในระยะตั้งท้องเช่นกัน แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของปริมาณก๊าซมีเทนในดินและน้ำ

อย่างไรก็ตาม จากการที่พบว่าปริมาณก๊าซมีเทนในดินและน้ำเกิดขึ้นสูงสุดในระยะตั้งท้อง(ตารางที่ 4.26 และ 4.27) แต่อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกลับมีค่าสูงสุดในระยะเมล็ดน้ำนม การที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการใช้เวลาในการเกิดขึ้นแทนที่(Turnover time)ของก๊าซมีเทนในดิน เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการเกิดขึ้นแทนที่ของก๊าซมีเทนในดินนั้นมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับปริมาณก๊าซมีเทนในดินและอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ (Watanabe *et al.*, 1994) นอกจากนั้นยังอาจเป็นผลที่ได้รับจากอิทธิพลร่วมในเจริญของต้นข้าว ที่ความสามารถในการขนส่งก๊าซมีเทนของระบบช่องว่างภายในต้นข้าวที่มากขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว (Shakey *et al.*, 1991) ทำให้ระบบช่องว่างอากาศภายในลำต้นของข้าวในระยะเมล็ดน้ำนมมีมากกว่าลำต้นของข้าวในระยะตั้งท้อง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปริมาณก๊าซมีเทนในดินมีความสัมพันธ์กันกับปริมาณก๊าซมีเทนในน้ำ ทั้งนี้ระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความต่างของปริมาณก๊าซมีเทนในดิน/น้ำ กับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว

5.2 ผลของการระบายน้ำในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าว

การระบายน้ำในระหว่างการปลูกข้าว ได้กระทำในช่วง 30 วัน และ 60 วันหลังปักดำ ซึ่งได้ระบายน้ำออกจากตำรับทดลองเป็นเวลา 7 วัน และ 5 วัน ตามลำดับ ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงผลของการระบายน้ำในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวที่มีต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวชนิดนาสวน ในการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซมีเทนจึงพิจารณาจากทั้งในช่วงการระบายน้ำ และระยะการเจริญเติบโตของข้าว เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซมีเทนได้อย่างสอดคล้องกับการปลูกข้าวชนิดนาสวนในปัจจุบัน ที่ไม่มีการระบายน้ำในระหว่างที่ข้าวเจริญเติบโต ซึ่งได้กล่าวถึงในส่วนของการปล่อยก๊าซมีเทนไปแล้วในหัวข้อ 5.1 (หน้า 112)

5.2.1 ผลของการระบายน้ำที่มีต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

ในภาพรวมของการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงที่ระบายน้ำออก พบว่า ในวันแรกของการระบายน้ำ อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากทุกตำรับทดลองมีแนวโน้มที่จะลดลง หลังจากนั้นการปล่อยก๊าซมีเทนก็จะสูงขึ้นในวันต่อมาและสูงสุดในวันที่ 4 ของการระบายน้ำ โดยในวันที่ 3 และ 5 ของการระบายน้ำ ก็มีแนวโน้มของการปล่อยก๊าซมีเทนที่สูงกว่าวันอื่น ๆ ซึ่งแม้ช่วงเวลาดังกล่าวจะเกิดการปล่อยก๊าซมีเทนในปริมาณที่สูงแต่ก็เป็นเพียงช่วงเวลาสั้น ๆ และในขณะเดียวกัน ออกซิเจนในบรรยากาศก็สามารถแพร่เข้าสู่ช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ซึ่งเท่ากับเป็นการเติมอากาศให้กับดินที่อยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนเนื่องจากการขังน้ำ โดยยืนยันได้จากค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินที่เพิ่มสูงขึ้น อันมีผลให้การผลิตและการปล่อยก๊าซมีเทนเกิดขึ้นน้อยลง ดังจะเห็นได้จากผลการระบายน้ำที่เกิดขึ้นต่อการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งในระยะสั้นที่เกิดขณะระบายน้ำจนกระทั่งวันแรกที่เอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลอง ผลระยะยาวที่สืบต่อไปยังการปล่อยก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโตของข้าว และ การปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูกาลเพาะปลูก

5.2.1.1 ผลในระยะสั้นของการระบายน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

ลักษณะของการปล่อยก๊าซมีเทนตั้งแต่ระบายน้ำจนกระทั่งเกิดอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดในราววันที่สี่ของการระบายน้ำ เป็นดังภาพรวมที่กล่าวไปแล้วในข้างต้น นอกจากนั้นยังพบว่ามีลักษณะเฉพาะของการระบายน้ำที่ 30 วัน และ 60 วันหลังปักดำ ดังนี้

การระบายน้ำช่วง 30 วันหลังปักดำ (รูปที่ 5.3 และ 5.4) อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดเกิดในตำรับทดลองที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.11 มก./ตร.ม.-ชม. เมื่อทุกตำรับทดลองผ่านจุดสูงสุดของการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงการระบายน้ำ จนกระทั่งเอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลองแล้ว พบว่า อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนทั้งจากตำรับทดลองที่ปลูกข้าวพันธุ์ข้าวชัยนาท1 และพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 สูงกว่าตำรับทดลองที่ไม่ปลูกข้าวอย่างชัดเจน ซึ่งที่เป็นเช่นนี้มิใช่เพราะอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับที่ปลูกข้าวเมื่อหลังระบายน้ำนั้นสูงกว่าเมื่อก่อนระบายน้ำแต่อย่างใด หากแต่เป็นผลจากตำรับทดลองควบคุมที่มีอัตราการปล่อยลดต่ำลงจนเห็นได้ชัดเมื่อผ่านจุดสูงสุดของการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงการระบายน้ำไปแล้ว

ส่วนการระบายน้ำช่วง 60 วันหลังปักดำ (รูปที่ 5.5 และ 5.6) พบว่าอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดเกิดจากตำรับทดลองที่ไม่ปลูกข้าวและตำรับทดลองที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ที่มี

การระบายน้ำเฉพาะในช่วง 60 วันหลังปักดำ โดยมีค่าเท่ากับ 13.06 และ 13.29 มก./ตร.ม.-ชม. ตามลำดับ ซึ่งจากการที่ตำรับทดลองที่ปลูกข้าวและไม่ปลูกข้าวสามารถปล่อยก๊าซมีเทนออกมาในปริมาณมากได้นั้น แสดงว่า ต้นข้าวมิได้เป็นเส้นทางหลักของการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงที่มีการระบายน้ำ ผลที่เกิดขึ้นเหมือนกันในทั้งตำรับทดลองชัยนาท1และขาวดอกมะลิ105 เมื่อเอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลองแล้ว คือ อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนลดต่ำลงจนไม่เห็นว่ามีความแตกต่างจากดินไม่ปลูกข้าว ทั้งๆ ที่ช่วงก่อนระบายน้ำตำรับทดลองที่ปลูกข้าวมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าตำรับทดลองดินไม่ปลูกข้าวอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าตำรับทดลองชัยนาท 1 และตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 ที่ได้ผ่านการระบายน้ำมาก่อนในช่วง 30 วันหลังปักดำ ซึ่งเมื่อทำการระบายน้ำอีกครั้งในช่วง 60 วันหลังปักดำนี้ ไม่มีความต่างของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละวันที่ระบายน้ำ

ลักษณะการปล่อยก๊าซมีเทนที่เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วนี้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Yagi และคณะ (1996) ที่ได้รายงานถึงผลระยะสั้นของการระบายน้ำ ว่าจะเกิดการไหลทะลักออกของก๊าซมีเทนขึ้นหลังจากที่ทำการระบายน้ำ ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการแพร่โดยตรงของก๊าซมีเทนที่ถูกเก็บกักไว้ในดินผ่านช่องว่างเม็ดดิน(Macropore) และรอยแตก(Crack)ของดินหลังจากที่ทำการกำจัดน้ำที่ขังอยู่บนดินออกไปแล้ว จากนั้นปริมาณการปล่อยของก๊าซมีเทนก็จะลดลงในวันต่อมา ในขณะที่ Denier van der gon และคณะ (1996) ได้รายงานถึงการปล่อยก๊าซมีเทนจากดินปลูกข้าวในช่วงหลังการเก็บเกี่ยวว่าเป็นขั้นตอนที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา(Dynamic process) โดยพบว่าหลังจากที่ระบายน้ำออกจากนาข้าว จนกระทั่งในช่วง 1-2 วันเมื่อพื้นดินเริ่มแห้ง การปล่อยก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นอย่างมากและรวดเร็ว แต่จะเกิดขึ้นก่อนที่พื้นดินจะมีรอยแตก(Crack) ทั้งนี้การปล่อยก๊าซมีเทนในปริมาณสูงหลังจากการระบายน้ำนั้นเกิดขึ้นได้แม้ในดินที่ลักษณะมีเนื้อดินเป็นดินทรายหรือดินทรายร่วน(Sandy soil) ซึ่งไม่มีรอยแตกของพื้นดินเกิดขึ้น ช่วงเวลาที่การปล่อยก๊าซมีเทนเกิดขึ้นในปริมาณที่สูงนั้นเกิดเมื่อมีอากาศเข้าไปแทรกในระหว่างช่องว่างเม็ดดิน(Macropore) โดยการแพร่ของก๊าซมีเทนผ่านอากาศจะเกิดขึ้นในอัตราที่รวดเร็วกว่าการแพร่ของก๊าซมีเทนผ่านของน้ำ 4 เท่า

ในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบลักษณะพื้นดินในช่วงหลังการระบายน้ำในระหว่างการปลูกข้าว กับพื้นดินหลังการระบายน้ำเพื่อรอการเก็บเกี่ยว พบว่ามีความแตกต่างอย่างชัดเจนของระดับความชื้นในดิน โดยการระบายน้ำในระหว่างการเจริญของข้าวนั้น พื้นดินจำเป็นต้องมีความชุ่มชื้นเพียงพอสำหรับให้รากข้าวสามารถนำแร่ธาตุที่อยู่ในสารละลายดินไปใช้

ในการเจริญเติบโตได้(ระหว่างที่ระบายน้ำในการศึกษาครั้งนี้ จึงนำน้ำจากส่วนที่ระบายออกมาเติมให้ดินในทุกตำรับทดลองมีความหมาดน้ำ) ในขณะที่การระบายน้ำเพื่อรอการเก็บเกี่ยวนั้นกระทำเพื่อให้เมล็ดข้าวสุกแก่เต็มที่และมีความชื้นพอเหมาะสำหรับการนวดข้าวและการขัดสี พื้นดินจึงถูกระบายน้ำจนกระทั่งอยู่ในลักษณะที่แห้งและมีรอยแตก(Crack) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างเมื่อดินแห้งจนร่อนออกจากขอบกระถาง แต่เมื่อนำข้อมูลการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงการระบายน้ำระหว่างปลูกข้าว และหลังระบายน้ำเพื่อรอเก็บเกี่ยวมาพิจารณา กลับพบว่าตำรับทดลองที่ไม่ปลูกข้าวต่างมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนที่สูงเช่นเดียวกัน (รูปที่ 5.7)

จากการเปรียบเทียบลักษณะของพื้นดินและการปล่อยก๊าซมีเทนตามที่กล่าว จึงสรุปได้ว่า การที่ก๊าซมีเทนจะแพร่สู่บรรยากาศในปริมาณมากอย่างรวดเร็วนั้น ไม่จำเป็นที่ผิวดินจะต้องแห้งจนมีรอยแตก เนื่องจากการแพร่ของก๊าซมีเทนสามารถเกิดขึ้นได้ในดินที่มีความชุ่มชื้นเพียงแต่ต้องทิ้งช่วงเวลาให้มีปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้นในสารละลายดินที่อยู่ในช่องระหว่างเม็ดดิน จนการแพร่ของก๊าซมีเทนเกิดขึ้นได้อย่างมากและรวดเร็ว ดังที่พบในแทบทุกตำรับทดลองที่ทำการระบายน้ำในช่วง 30 หรือ 60 วันหลังปักดำว่า อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนมีค่าสูงสุดในวันที่สี่ของการระบายน้ำ หลังจากนั้นปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยจึงลดลงในวันต่อมา ทั้งนี้ความต่างของระยะเวลาหลังการระบายน้ำก่อนที่อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจะเกิดขึ้นสูงนั้น น่าจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับ สภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อการระเหยของน้ำที่ผิวดิน และความสามารถในการระบายน้ำของดินเป็นสำคัญ

5.2.1.2 ผลในระยะยาวของการระบายน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

ภาพรวมของผลการระบายน้ำทั้งในระยะสั้นและระยะยาวสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 5.7, 5.8 และ 5.9 ซึ่งแสดงอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองที่มีการระบายน้ำ ในแต่ละช่วง/ระยะการเจริญเติบโตของข้าว

สำหรับของการระบายน้ำในช่วง 30 วันหลังการปักดำ ผลที่มีต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจะมิได้เห็นชัดในทันทีหลังการระบายน้ำ เนื่องจากในช่วงก่อนระบายน้ำนั้นข้าวยังมีการแตกกอไม่สูงสุดจึงยังคงรักษาระดับน้ำไว้ที่ความสูงเพียง 2 เซนติเมตร(ในช่วงก่อน 30 วันหลังปักดำ ทุกตำรับทดลองจะรักษาระดับน้ำไว้ที่ 2 ซม. เพื่อให้ข้าวสามารถตั้งตัวได้) อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงก่อนระบายน้ำจึงมีค่าค่อนข้างต่ำอยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่สามารถเห็นความแตก

ต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงก่อนและหลังการระบายน้ำ แต่ผลในระยะยาวนั้นสามารถสังเกตได้จากการที่ตำรับทดลองชัยนาท1 ซึ่งผ่านการระบายน้ำช่วง 30 วันหลังปักดำ มีการปล่อยก๊าซมีเทนในระยะตั้งท้องลดลงของอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองชัยนาท1 ที่ขังน้ำไว้ตามปกติ ซึ่งคิดเป็นเวลาหลังจากเอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลองได้ประมาณ 10 วัน(รูปที่ 5.8) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Yagi และคณะ (1996) ซึ่งได้กล่าวถึงผลระยะยาวของอัตราการระบายน้ำที่มีต่อการปล่อยก๊าซมีเทนว่า หลังจากที่ระบายน้ำออกจากแปลงทดลองแล้ว ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดิน(soil Eh)จะสูงกว่า -200 มิลลิโวลท์(mv) เสมอ ซึ่งเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อเมธาโนจีนิคแบคทีเรีย การผลิตก๊าซมีเทนในดินจึงน้อยหรือหยุดชะงักลง โดยพบว่าตลอดสามอาทิตย์หลังจากที่มีการระบายน้ำ ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนลดลงจนน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของแปลงทดลองที่ขังน้ำ

ตรงกันข้ามกับการระบายน้ำในช่วง 60 วันหลังการปักดำ ซึ่งสามารถเห็นผลในระยะสั้นต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทนได้อย่างเด่นชัดในวันแรกที่เอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลอง ในขณะที่ผลระยะยาวนั้น แม้จะเห็นเป็นแนวโน้มในระยะเมล็ดน้ำนมว่าตำรับทดลองที่ได้รับการระบายน้ำจะมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนต่ำกว่าตำรับทดลองที่ขังน้ำ แต่ผลดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ ซึ่งคิดเป็นเวลาที่ล่วงเลยจากวันที่เอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลอง เป็นเวลาประมาณ 2 อาทิตย์

เมื่อนำผลการระบายน้ำดังกล่าวมาพิจารณาร่วมกับผลการศึกษาของ Watanabe และคณะ(1995) ที่ได้รายงานไว้ว่า ผลของการระบายน้ำนั้นทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นอย่างมากของค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดิน นำไปสู่การลดลงของก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยในช่วง 2-3 อาทิตย์ นอกจากนั้นค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินยังมีความสัมพันธ์กันอย่างซับซ้อนระหว่างการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของพืชและการเคลื่อนย้ายออกซิเจนเข้าสู่ระบบราก (Kludze and Delaune, 1995) จึงสรุปได้ว่า ผลในระยะสั้นและยาวของการระบายน้ำนั้นเกี่ยวข้องกับจังหวะ/ช่วงเวลาการระบายน้ำและลักษณะสมบัติของดิน โดยเฉพาะค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณออกซิเจนในดิน

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผลในระยะยาวของการระบายน้ำ จะทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยลดลงในช่วง 2-3 อาทิตย์ แต่จากที่ยังไม่มีการศึกษาอย่างชัดเจนถึงผลกระทบของการระบายน้ำที่เกิดต่อประชากรจุลินทรีย์ในดิน ว่าปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนที่ลดลงนั้นเป็นผล

จากการลดจำนวนลงของเมธาโนจีนิคแบคทีเรีย(Methanogen : Methane producing Bacteria) ที่ทำให้ปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนในดินลดลง หรือเป็นผลจากการเพิ่มจำนวนของเมธาโนโทปา แบคทีเรีย (Methanotroph : Methane oxidizing Bacteria) ที่ใช้ก๊าซมีเทนเป็นแหล่งพลังงานได้ (Boone, 1993) ทั้งนี้ความต่างของกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ดังกล่าวอาจมีผลสำคัญต่อเนื่องไปถึงพฤติกรรมการใส่ปุ๋ยซึ่งนิยมใส่หลังจากเอาน้ำกลับเข้าสู่การปลูกข้าว ซึ่งเป็นช่วงที่รากข้าวจะสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะในกรณีที่ เมธาโนจีนิคแบคทีเรียเป็นประชากรกลุ่มหลักอยู่ในขณะนั้น การใส่ปุ๋ยโดยเฉพาะปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณคาร์บอนที่ง่ายต่อการย่อยสลายอยู่มาก ก็เท่ากับเป็นการเพิ่มสารตั้งต้นให้แก่แบคทีเรียในการผลิตก๊าซมีเทนให้เกิดขึ้นเพื่อรอการปล่อยออกอีกครั้ง

5.2.1.3 ผลของการระบายน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดการเพาะปลูก

รายละเอียดของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนโดยตลอดฤดูกาลเพาะปลูกของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่มีการระบายน้ำในช่วง 30 หรือ/และ 60 วัน แสดงดังในตารางที่ 4.21 และ 4.22 ตามลำดับ

สำหรับผลการระบายน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนในตลอดฤดูกาลเพาะปลูก พบว่าการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ที่มีการระบายน้ำทั้งในช่วง 30 และ 60วันหลังปักดำจะให้ผลต่อการลดลงของการปล่อยก๊าซมีเทนมากที่สุด รองลงมาได้แก่การระบายน้ำในช่วง 60 วัน และการระบายน้ำในช่วง 30 วัน ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนตามระยะการเจริญของข้าวเท่ากับ 7.52, 9.20 และ 11.30 มก./ตร.ม.-ชม.ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองที่ได้รับการระบายน้ำในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวนั้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ปลูกข้าวชัยนาท1 โดยรักษาระดับน้ำตามปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนตามระยะการเจริญของข้าวเท่ากับ 13.12 มก./ตร.ม.-ชม. ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวทั้งสองพันธุ์ตั้งแต่ในระยะแตกกอ จนกระทั่งระยะเมล็ดสุกแก่นั้น ต่างมีทิศทางที่สอดคล้องกับการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองควบคุม จึงไม่สามารถเห็นนัยสำคัญของความต่างระหว่างตำรับทดลองได้

ส่วนในพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าวระหว่างตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 กับตำรับทดลองควบคุม พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก (5.73 และ 5.12 มก./ตร.ม.-ชม. ตามลำดับ) จึงอาจกล่าวได้ว่าจากการที่พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 มิได้เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการปล่อยก๊าซมีเทนอยู่แล้ว ดังนั้นการระบายน้ำจึงไม่แสดงผลที่ชัดเจนต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทน โดยพบว่าการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ105 ที่ระบายน้ำในช่วง 30 วัน, 60 วัน และ 30,60 วันหลังปักดำ มีอัตราเฉลี่ยการปล่อยก๊าซมีเทนเท่ากับ 5.42, 5.24 และ 4.60 มก./ตร.ม.-ชม. ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจากการที่พบว่าตำรับทดลองที่ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่ระบายน้ำทั้งในช่วง 30 และ 60 วันหลังปักดำ มีค่าเฉลี่ยของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนตามระยะการเจริญเติบโตของข้าวต่ำกว่าตำรับทดลองควบคุม (4.46 และ 5.12 มก./ตร.ม.-ชม. ตามลำดับ) และไม่มีนัยสำคัญของการปล่อยก๊าซมีเทนตามระยะการเจริญเติบโตเช่นเดียวกันกับตำรับทดลองควบคุม จึงอาจกล่าวได้ว่า แม้จะเห็นผลการระบายน้ำไม่ชัดเจนต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทนในพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 แต่การระบายน้ำที่มากครั้งก็สามารถทำให้พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 มิได้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนได้

5.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงการระบายน้ำกับปริมาณก๊าซมีเทนในดิน

จากการระบายน้ำในช่วง 30 วันและ 60 วันหลังปักดำ พบว่าสามารถเห็นได้ถึงความต่างระหว่างเงื่อนไขการระบายน้ำ ที่มีต่อปริมาณก๊าซมีเทนในดินได้เฉพาะในช่วง 60 วันหลังปักดำ (รูปที่ 5.10) ซึ่งพบว่า ดินไม่ปลูกข้าวที่ได้รับการระบายน้ำเฉพาะในช่วง 60 วันหลังปักดำนั้น มีแนวโน้มที่ปริมาณก๊าซมีเทนในดินจะสูงกว่าดินไม่ปลูกข้าวที่ได้รับการระบายน้ำมาก่อนในช่วง 30 วันหลังปักดำ

ตรงกันข้ามกับเมื่อพิจารณาตำรับทดลองที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ซึ่งปริมาณก๊าซมีเทนในดินเกิดขึ้นสูงสุดในตำรับทดลองที่มีการระบายน้ำเฉพาะช่วง 30 วันหลังปักดำ แต่ไม่ได้ระบายน้ำในช่วง 60 วันหลังปักดำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 17.60 มก./ดินแห้ง100 กรัม ในขณะที่ตำรับทดลองชัยนาท 1 ที่ได้รับการระบายน้ำในช่วง 60 วันหลังปักดำ จะมีปริมาณก๊าซมีเทนในดินต่ำกว่าอย่างเห็นได้ชัด ส่วนในตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 นั้น ไม่พบว่ามีความต่างของ

ปริมาณก๊าซมีเทนในดิน ระหว่างตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 ด้วยกัน ไม่ว่าจะมีการระบายน้ำในช่วง 30 หรือ 60 วันหลังปักดำ

นั่นแสดงว่า การระบายน้ำในช่วง 30 วันหลังปักดำมีผลอย่างมากต่อการลดปริมาณก๊าซมีเทนในดินที่ไม่ปลูกข้าว แต่ไม่มีผลที่ชัดเจนในดินที่ปลูกข้าว ซึ่งอาจเป็นเพราะอิทธิพลจากต้นข้าวที่อยู่ในช่วงการขยายตัวของระบบราก และกำลังเข้าสู่ช่วงการเจริญเติบโตสูงสุดทางลำต้น ที่ส่งเสริมให้ก๊าซมีเทนเกิดมากขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าในดินที่ไม่ปลูกข้าว (Neue, 1993)

โดยสรุปแล้ว การระบายน้ำช่วง 60 วันหลังปักดำ สามารถเกิดผลอย่างชัดเจนต่อการลดปริมาณก๊าซมีเทนในดินที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 แต่ผลดังกล่าวไม่สามารถเห็นได้ทั้งในดินที่ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 และดินที่ไม่ปลูกข้าว จึงอาจกล่าวได้ว่า พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 มิได้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการปริมาณก๊าซมีเทนในดิน ซึ่งสอดคล้องกับที่พบว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 มิได้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าว ส่วนดินที่ไม่ปลูกข้าวนั้น มีความเป็นไปได้ว่าหลังจากการระบายน้ำช่วง 30 วันหลังปักดำ ปริมาณก๊าซมีเทนในดินที่ได้ลดลงอย่างมากแล้ว และอาจเกิดขึ้นได้ใหม่ในอัตราที่ช้ากว่าดินปลูกข้าวที่ไม่ได้ระบายน้ำในครั้งแรก ดังนั้นการระบายน้ำจึงไม่แสดงผลที่ชัดเจนต่อการลดปริมาณก๊าซมีเทนในดิน

5.2.3 การตอบสนองต่อการระบายน้ำที่ต่างกันระหว่างการระบายน้ำช่วง 30 วันหลังปักดำ และการระบายน้ำช่วง 60 วันหลังปักดำ

จากการศึกษาผลในระยะสั้นและยาวของการระบายน้ำในช่วง 30 วัน และ 60 วันหลังปักดำ ที่พบว่ามีความต่างของระยะเวลาในการให้ผลต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทน กล่าวคือ การระบายน้ำช่วง 30 วันหลังปักดำ จะไม่เห็นผลระยะสั้นต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทน แต่จะเห็นผลระยะยาวที่ระยะตั้งท้อง ส่วนการระบายน้ำที่ 60 วันหลังปักดำ จะเห็นผลต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทน เฉพาะในระยะสั้น แต่ไม่สามารถเห็นผลระยะยาวในระยะเมล็ดน้ำนมได้

สาเหตุที่ผลของการระบายน้ำในช่วง 30 วันหลังการปักดำที่มีต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทน จะมิได้เห็นชัดในทันทีหลังการระบายน้ำ เนื่องจากในช่วงก่อนระบายน้ำนั้น ข้าวยังมีการแตกกอไม่สูงสุดจึงยังคงรักษาระดับน้ำไว้ที่ความสูงเพียง 2 เซนติเมตร อัตราการปล่อยก๊าซ

มีเทนในช่วงก่อนระบายน้ำจึงมีค่าค่อนข้างต่ำอยู่แล้ว ทำให้ไม่สามารถเห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงก่อนและหลังการระบายน้ำ ดังนั้นจึงไม่สามารถเห็นผลการปล่อยก๊าซมีเทนลดลงได้ในระยะสั้น

ส่วนการที่ ไม่สามารถเห็นผลระยะยาวของการระบายน้ำที่ 60 วัน ได้อย่างชัดเจนในระยะเมล็ดน้ำนม ดังที่พบว่าตัวเลขที่ปรากฏของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองที่ปลูกข้าวมีมากกว่าตำรับทดลองที่ปลูกข้าวโดยมีการระบายน้ำ แต่ไม่มีนัยสำคัญเกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบค่าดังกล่าวในทางสถิติ อาจเนื่องมาจากในช่วง 60 วันหลังปักดำนั้นได้ทำการระบายน้ำออกจากตำรับทดลองเป็นเวลา 5 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่สั้นกว่าการระบายน้ำในช่วง 30 วันหลังปักดำที่ทำการระบายน้ำออกเป็นเวลา 7 วัน มีผลให้การเติมอากาศให้กับดินที่ขาดออกซิเจนเนื่องมาจากการขังน้ำนั้นเกิดขึ้นน้อยตามไปด้วย ดังจะเห็นได้จากค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินของการระบายน้ำในช่วง 60 วันหลังปักดำนั้นมีค่าต่ำกว่าค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินของการระบายน้ำในช่วง 30 วันหลังปักดำ

นอกจากนั้นเวลาต่อมาจากช่วง 60 วันหลังปักดำ เป็นช่วงหลังจากที่ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตสูงสุดแล้ว รากข้าวอาจมีการหลั่งสารอินทรีย์บางชนิด (Root exudate) รวมทั้งต้นข้าวมีเนื้อเยื่อที่ตาย และรากข้าวที่หลุดล่วงออกมา ซึ่งล้วนเป็นผลจากการเจริญเติบโตของข้าว (Sass *et al.*,1991; Kimura *et al.*,1992) จึงเท่ากับว่าทุกตำรับทดลองที่ปลูกข้าวมีปัจจัยส่งเสริมให้อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงขึ้นได้ ทำให้อิทธิพลของการระบายน้ำไม่สามารถเห็นได้อย่างเด่นชัดในระยะดังกล่าว

สรุปได้ว่า การระบายน้ำมีผลอย่างมากต่อการลดปริมาณก๊าซมีเทนในดินและการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ทั้งนี้ต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของโอกาสในการผลิตและการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศของแต่ละตำรับทดลองที่มีเงื่อนไขต่างกันด้วย ดังนั้นความต่างของผลการระบายน้ำที่เกิดขึ้น นอกจากจะมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับจังหวะและช่วงเวลาการระบายน้ำแล้ว ระดับและความยาวนานในการขังน้ำ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของต้นข้าวไปตามวงจรชีวิตข้าว ก็อาจเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญได้

5.3 ผลของพันธุ์ข้าวต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

จากผลวิเคราะห์อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนของแต่ละเงื่อนไขการทดลองในตลอดฤดูกาลเพาะปลูก ซึ่งแสดงว่า พันธุ์ข้าวชัยนาท1 เป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการปล่อยก๊าซมีเทนในระยะตั้งท้อง ขณะที่นัยสำคัญมีต่อการปล่อยก๊าซมีเทนนั้นไม่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนในพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 ซึ่งหมายถึงพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 ไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซมีเทน ดังนั้นแล้วจึงกล่าวได้ว่าความต่างของพันธุ์ข้าวมีผลอย่างยิ่งต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

ปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยมีค่าแปรผันตามปริมาณมวลชีวภาพของข้าว(Chanton et al., 1997) ขณะเดียวกันความต่างกันทางสัณฐานวิทยา(Morphology)ของต้นข้าวในแต่ละพันธุ์ก็มีผลอย่างมากต่ออัตราการแพร่ของก๊าซในต้นข้าว และเมื่อต้นข้าวมีอายุมากขึ้นช่องอากาศภายในลำต้น(Aerenchyma) ซึ่งเป็นทางลำเลียงก๊าซภายในต้นข้าวจะมีขนาดและปริมาตรใหญ่ขึ้น ทำให้ความสามารถในการขนส่งก๊าซมีเทนของต้นข้าวมีมากขึ้น ความต่างของทางลำเลียงก๊าซของต้นข้าวแต่ละพันธุ์จึงยิ่งชัดเจนมากยิ่งขึ้นไปด้วย(Schutz *et al.*, 1989; Sharkey *et al.*, 1991)

รูปแบบทรงต้นข้าว(Plant type) นอกจากจะเป็นลักษณะที่สัมพันธ์กับศักยภาพในการให้ผลผลิตของพันธุ์ข้าวแล้ว ยังมีความสัมพันธ์กับลักษณะทางสรีระวิทยาของต้นข้าวด้วย ซึ่งจำนวนต้นและความสูงของข้าวจัดเป็นลักษณะประจำพันธุ์ที่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบทรงต้นข้าว (บริบูรณ์ สมฤทธิ์, 2537) จากการศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวในครั้งนี้ ข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีรูปแบบทรงต้นแบบข้าวพันธุ์ปรับปรุง(Improved plant type) และพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 มีรูปแบบทรงต้นแบบข้าวพันธุ์พื้นเมือง(Traditional plant type) เมื่อพิจารณาข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าว พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างมวลชีวภาพของพันธุ์ข้าวทั้งสอง ส่วนลักษณะของพันธุ์ข้าวที่ต่างกันอย่างชัดเจน คือ พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 มีความสูง(107-118 เซนติเมตร) มากกว่าพันธุ์ชัยนาท1(101-106 เซนติเมตร) ในขณะที่พันธุ์ชัยนาท1 มีจำนวนต้นต่อกระถาง(125-145 ต้น)มากกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (80-86 ต้น) (รูปที่ 5.11 และ 5.12) และนอกจากพันธุ์ข้าวชัยนาท1 จะมีจำนวนต้นต่อกระถางมากกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 แล้วยังมีลักษณะลำต้นที่แข็งแรงด้วย

ผลการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับความต่างของพันธุ์ข้าวที่มีต่อการปล่อยก๊าซมีเทนนั้น พบว่าปริมาณก๊าซในช่องอากาศภายในลำต้นข้าว นอกจากจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและอัตราการแพร่ของก๊าซแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับโครงสร้างภายในของลำต้น จำนวนต้นต่อพื้นที่ และระบบรากของข้าวด้วย (Neue, 1993) ในขณะที่ Sigren และคณะ (1997) ได้สรุปว่า ความต่างของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวแต่ละพันธุ์นั้น เป็นผลจากความต่างของกระบวนการเคลื่อนที่ของก๊าซภายในลำต้นข้าว และความต่างของอัตราการผลิตก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในดินต่างกัน นอกจากนั้นในรากข้าวแต่ละพันธุ์ ก็พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมากของความสามารถในการออกซิไดซ์ด้วย (De Bont et al., 1978 อ้างถึงใน Neue, 1993)

ดังนั้นจากความต่างของจำนวนต้นต่อกระถางและความสูงในระหว่างพันธุ์ข้าวทั้งสองที่พบในการศึกษาครั้งนี้ เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับการที่พบว่าพันธุ์ข้าวชัยนาท1 มีนัยสำคัญต่อการปล่อยก๊าซมีเทน จึงน่าจะมีความเป็นไปได้ว่าการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 มีช่องทางให้ก๊าซมีเทนที่ถูกผลิตขึ้นภายในดินที่ขังน้ำแพร่สู่บรรยากาศทางปากใบและกาบใบได้มากกว่าการปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 เท่ากับว่าโอกาสในการเป็นทางผ่านของการปล่อยก๊าซมีเทนย่อมมีมากไปด้วย ในขณะที่ความสูงของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 นั้น อาจเป็นอุปสรรคต่อการแพร่ผ่านของก๊าซได้ และอาจกล่าวได้ว่าสำหรับการศึกษาครั้งนี้ มวลชีวภาพของข้าว มิได้เป็นปัจจัยที่บ่งชี้ถึงความต่างของพันธุ์ข้าวที่มีต่อการปล่อยก๊าซมีเทน หากแต่เป็นปัจจัยความสูงของต้นข้าว และจำนวนต้นต่อกระถาง ซึ่งน่าจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับลักษณะประจำพันธุ์ และ/หรือรูปแบบทรงต้นข้าว ที่เอื้อต่อการเป็นทางผ่านของก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศและเป็นตัวบ่งชี้ถึงความต่างระหว่างพันธุ์ข้าวที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

จึงน่าที่จะสรุปได้ว่า การเกิดก๊าซมีเทนจะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการเจริญเติบโตของข้าว และเช่นกันที่มวลชีวภาพของข้าวก็จะเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ดังนั้นในการพิจารณาผลของมวลชีวภาพข้าว ต่อการปล่อยก๊าซมีเทน จึงน่าจะเหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบในข้าวพันธุ์เดียวกัน แต่ในการเปรียบเทียบผลของพันธุ์ข้าวที่มีต่อการปล่อยก๊าซมีเทนนั้น นอกจากมวลชีวภาพแล้ว ควรพิจารณาลักษณะในด้านสัณฐานวิทยา(Morphology) และ/หรือรูปแบบทรงต้นข้าว(Plant type)ร่วมด้วย

ในส่วนผลของพันธุ์ข้าวที่ตอบสนองต่อมาตรการการระบายน้ำที่มีต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทน พบว่าพันธุ์ข้าวชัยนาท1 ตอบสนองต่อการระบายน้ำได้อย่างชัดเจน ในส่วนของ

ผลระยะยาวของการระบายน้ำช่วง 30 วันหลังปักดำที่เกิดขึ้นในระยะตั้งท้อง และ ผลระยะสั้นของการระบายน้ำที่ 60 วัน ในขณะที่พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 แทบจะไม่เห็นผลของการระบายน้ำ ทั้งนี้พบเพียงว่า การระบายน้ำที่ 60 วันหลังปักดำ แสดงผลในระยะสั้น(หลังระบายน้ำวันแรกเมื่อเอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลอง)ต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทน

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงสภาพการปลูกข้าวชนิดนาสวนในปัจจุบัน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีระบบชลประทานอุดมสมบูรณ์ ที่อาจปลูกข้าวได้ถึงปีละ 3 ครั้ง ซึ่งพันธุ์ข้าวชัยนาท1 ก็เป็นข้าวพันธุ์ส่งเสริมที่สามารถใช้ปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง จากจำนวนการเพาะปลูกข้าวที่มากครั้งต่อพื้นที่ในแต่ละปี จึงมีความเป็นไปได้ว่า ในพื้นที่นาชลประทานจะมีการผลิตและการปล่อยก๊าซมีเทนเกิดขึ้นอยู่เสมอ โดยก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในดินที่ขังน้ำจะมีต้นข้าวเป็นทางผ่านของการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ ดังนั้นจึงควรที่จะมีการศึกษาต่อไปถึงผลของการทำนาสวนที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ต่อการปล่อยก๊าซมีเทน รวมทั้งความเป็นไปได้ที่จะนำมาตรการการลดการปล่อยก๊าซมีเทนมาใช้เพื่อจัดการสภาพแวดล้อมในการปลูกข้าวในพื้นที่นาชลประทาน ให้สามารถลดหรือควบคุมการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวได้

5.4 ผลของสภาพภูมิอากาศ ที่ตั้งการทดลอง ผลของสภาพรีดักชัน(Eh) ระดับความเป็นกรดและด่าง และลักษณะสมบัติของดินต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าว กับปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนนั้นมีความเกี่ยวข้องกันอย่างมาก ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่ น้ำ ดิน และสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนความยาวของกลางวันหรือช่วงแสง (Matsubayashi *et al*, 1963; Yoshida., 1981; Mutsuo et al., 1995) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศ-ดิน-น้ำ และการเจริญเติบโตของข้าว เพื่อตัวแทนของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่จะนำมาเป็นข้อมูลประกอบการเปรียบเทียบผลจากเงื่อนไขตำรับทดลอง ที่มีต่อ อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน และผลผลิตข้าวที่ได้รับ เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาควบคู่กันระหว่างผลผลิตข้าวและมาตรการลดการปล่อยก๊าซมีเทน

5.4.1 อิทธิพลของที่ตั้งการทดลองและสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

ที่ตั้งการทดลองเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นโดยผ่านทางต้นข้าว แต่ไม่มีผลสำคัญต่อการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากการแพร่โดยตรงของก๊าซมีเทนที่ถูกเก็บกักไว้ในดินสู่บรรยากาศ ซึ่งยืนยันได้จากนัยสำคัญของที่ตั้งการทดลองที่เกิดขึ้นเฉพาะเมื่อพิจารณาการปล่อยก๊าซมีเทนตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในทุกตำรับทดลองที่ปลูกข้าวตลอดช่วงที่มีน้ำขังอยู่ (ตารางที่ 4.21 และ 4.22) แต่ไม่พบว่ามีนัยสำคัญเกิดขึ้น เมื่อพิจารณาการปล่อยก๊าซมีเทนตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ในทุกตำรับทดลองที่เป็นดินไม่ปลูกข้าวทั้งที่ขังน้ำตามปกติและระบายน้ำในระหว่างการเจริญของข้าว (ตารางที่ 4.24: F-value = 0.28^{NS}, 0.20^{NS}, 1.33^{NS}, 0.67^{NS}) ซึ่งก็สอดคล้องกับเมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซมีเทนในน้ำและดิน ที่ล้วนแล้วแต่ไม่พบว่ามีนัยสำคัญจากที่ตั้งการทดลองเกิดขึ้น

สถานที่ตั้งการทดลองและสภาพภูมิอากาศมีความเกี่ยวข้องกันโดยตรง โดยที่อุณหภูมิดิน น้ำ ก็มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอุณหภูมิอากาศ สภาพภูมิอากาศแต่ละที่ตั้งการทดลองซึ่งมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกัน อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวต่างกันไปด้วย ดังการตรวจวัดอุณหภูมิในตลอดฤดูกาลเพาะปลูกของสถานที่ทดลองที่บางเขนซึ่งเป็นที่ตั้งของสองเรือนเพาะชำ และสถานีทดลองข้าวชัยนาทซึ่งเป็นที่ตั้งของเรือนเพาะชำอีกแห่งหนึ่ง (ตารางที่ 4.40 และ 4.41 ตามลำดับ) ซึ่งพบว่าการทดลองในเรือนเพาะชำที่บางเขนนั้นมีอุณหภูมิอากาศสูงในช่วงระยะแตกกอ และระยะตั้งท้อง จากนั้นอุณหภูมิอากาศจะลดต่ำลงในระยะการเจริญต่อมา สภาพอากาศดังกล่าวนั้นตรงข้ามกับเรือนเพาะชำที่สถานีทดลองข้าวชัยนาท ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศสูงในระยะเมล็ดน้ำนม และระยะเมล็ดสุกแก่ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว เรือนเพาะชำที่บางเขนกับเรือนเพาะชำที่ชัยนาทมีความต่างกันของอุณหภูมิอากาศค่อนข้างมาก(รูปที่ 5.13) โดยเฉพาะในระยะข้าวแตกกอ และข้าวตั้งท้องที่พบว่า เรือนเพาะชำที่บางเขนมีอุณหภูมิอากาศสูงกว่าเรือนเพาะชำที่สถานีชัยนาท 4.42-4.93 องศาเซลเซียส

สรุปได้ว่า สภาพภูมิอากาศของที่ตั้งการทดลองมีผลอย่างมากต่ออัตราการปล่อยก๊าซมีเทนเมื่อมีต้นข้าวเป็นทางผ่านในการปล่อยสู่บรรยากาศ ความต่างของอุณหภูมิดิน-น้ำ-อากาศที่พบระหว่างที่ตั้งการทดลอง อาจแสดงถึง ความต่างของปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการกิจกรรมการเจริญเติบโตของต้นข้าว เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ และ การคายน้ำ เป็นต้น ส่วนการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงการระบายน้ำซึ่งก๊าซมีเทนถูกปล่อยสู่บรรยากาศโดย

การแพร่ผ่านของก๊าซจากผิวดินสู่บรรยากาศโดยตรงนั้น ไม่พบว่ามีอิทธิพลจากที่ตั้งการทดลองมาเกี่ยวข้อง

5.4.2 อิทธิพลของรีดอกซ์โพเทนเชียล(Eh) และ ความเป็นกรดและด่าง(pH) ของดินต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว การเปลี่ยนแปลงค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของดินที่ปลูกข้าวและไม่ปลูกข้าวเป็นไปในทิศทางเดียวกัน(รูปที่ 5.14) โดยค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลจะมีการลดลงของอย่างรวดเร็วจากระยะแตกกอไปยังระยะตั้งท้อง และลดลงจนมีค่าต่ำสุดในระยะเมล็ดน้ำนม จากนั้นค่าจึงสูงขึ้นเล็กน้อยในระยะเมล็ดสุกแก่ และเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ในระยะแตกกอจนถึงระยะเมล็ดน้ำนม ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลมีแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน ดังที่พบว่าอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากระยะแตกกอ ระยะตั้งท้อง จนกระทั่งมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดในระยะเมล็ดน้ำนม ซึ่งค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลที่ตรวจวัดได้ในระยะเมล็ดน้ำนมนั้นสอดคล้องกับที่ ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ (2531) ได้กล่าวถึง สภาวะที่เมธาโนจินิคแบคทีเรียจะดำเนินกิจกรรมในการผลิตก๊าซมีเทนอย่างมีประสิทธิภาพคือช่วงที่ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินลดลงจนมีค่าประมาณ –200 จนถึง –280 มิลลิโวลท์ ส่วนการที่ระยะเมล็ดสุกแก่มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนลดลงแม้ว่าสภาพรีดอกซ์โพเทนเชียลและความเป็นกรดและด่างในดินจะมีการเปลี่ยนแปลงจากระยะเมล็ดน้ำนมเพียงเล็กน้อย อาจเป็นไปได้เพราะการใช้เวลาในการเกิดขึ้นแทนที่(Turnover time)ของก๊าซมีเทนในดิน (Watanabe *et al.*, 1994) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าปฏิกิริยาทางชีวะเคมีในกระบวนการการย่อยสลายของระบบรีดักชั่นนั้นอาจดำเนินไปไม่ถึงขั้นที่คาร์บอนไดออกไซด์ถูกรีดิวซ์เป็นก๊าซมีเทนได้ และจากนั้นในช่วงต่อมา คือ ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว สภาพรีดอกซ์โพเทนเชียลและความเป็นกรดและด่างที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเมธาโนจิกนิคก็ถูกจำกัดลงเนื่องจากการระบายน้ำออกจากทุกตำรับทดลองเพื่อให้เมล็ดข้าวสุกแก่เต็มที่

ในช่วงที่มีการระบายน้ำ พบว่าค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล(Eh)ของดินในช่วง 30 วันหลังปักดำ(ตารางที่ 4.35) จะอยู่ในช่วง 98.00 ถึง 101.00 มิลลิโวลท์ ส่วนในช่วง 60 วันหลังปักดำ (ตารางที่ 4.36) พบว่าทุกตำรับทดลองที่ได้รับการระบายน้ำเฉพาะในช่วง 30 วันจะมีค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลต่ำกว่าทุกตำรับทดลองที่ได้รับการระบายน้ำในช่วง 60 วัน โดยค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของตำรับทดลองที่ระบายน้ำเฉพาะในช่วง 30 วันหลังปักดำจะอยู่ในช่วง –155 ถึง –246 มิลลิโวลท์

ขณะที่ตำรับที่ระบายน้ำในช่วง 60 วันหลังปักดำจะมีค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลอยู่ในช่วง -79 ถึง –121 มิลลิโวลท์ ซึ่งค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลที่พบในช่วงการระบายน้ำนั้นสอดคล้องกับที่ Yagi และคณะ (1996) ได้รายงานไว้ว่าหลังจากที่ระบายน้ำออกจากแปลงทดลองแล้ว ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินจะสูงกว่า -200 มิลลิโวลท์เสมอ ซึ่งเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อเมธาโนจีนิคแบคทีเรียในการผลิตก๊าซมีเทน ทั้งนี้สอดคล้องกับที่พบว่าในระยะตั้งท้องจากตำรับทดลองที่ผ่านการระบายน้ำในช่วง 30 วันหลังปักดำจะมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนต่ำกว่าตำรับทดลองที่ขังน้ำไว้ตามปกติ และเช่นกันที่ในระยะเมล็ดน้ำนมตำรับทดลองที่ผ่านการระบายน้ำในช่วง 60 วันหลังปักดำจะมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนต่ำกว่าตำรับทดลองที่ไม่ได้รับการระบายน้ำ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดและด่างในดิน พบว่าหลังจากเริ่มขังน้ำในระยะแตกกอ ค่าความเป็นกรดและด่างเพิ่มขึ้นจนสูงสุดในระยะเมล็ดน้ำนม แล้วจึงลดลงในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว สาเหตุที่ทำให้ดินในแต่ละตำรับทดลองซึ่งมีสภาพความเป็นกรดอยู่ปานกลางนั้นมีค่าความเป็นกรดและด่างสูงขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพที่มีน้ำท่วมขัง น่าจะเป็นเพราะในดินที่มีน้ำขังเฟอร์ริค(Fe^{+3}) ได้ถูกรีดิวซ์เป็นเฟอร์รัส(Fe^{+2}) และคาร์บอเนตที่ละลายน้ำได้มากขึ้น (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) ทำให้ค่าความเป็นกรดและด่างของสารละลายดินจะค่อย ๆ สูงขึ้น และจากการที่พบว่าทุกตำรับทดลองในช่วง 60 วันหลังปักดำ มีค่าความเป็นกรดและด่างสูงกว่าในช่วง 30 วันหลังปักดำ จึงอาจกล่าวได้ว่า ความยาวนานของระยะเวลาในการขังน้ำมีผลทำให้ความเป็นกรดและด่างทั้งในดินที่ปลูกข้าวและไม่ปลูกข้าวมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่การระบายน้ำออกในช่วง 60 วัน ไม่ทำให้ค่าความเป็นกรดและด่างในดินลดลง

โดยภาพรวมแล้วจึงกล่าวได้ว่าในดินที่ขังน้ำความเป็นกรดและด่างในดินจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับ 6 ซึ่งสภาพดังกล่าวนั้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวและการดำเนินกิจกรรมของเมธาโนจินิคแบคทีเรีย(สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2511) จากนั้นค่าความเป็นกรดและด่างในดินจะค่อนข้างคงที่จนกระทั่งมีค่าลดลงอีกครั้งเมื่อมีการระบายน้ำออกจากทุกตำรับทดลองในช่วงที่รอการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้การที่ความเป็นกรดและด่างของดินที่เริ่มมีค่าคงที่หลังจากที่ขังน้ำไปได้ 2-3 อาทิตย์นั้น อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากถูกควบคุมโดยความดันของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งจะเกิดขึ้นมากโดยเฉพาะในดินที่มีเหล็กมาก(Neue, 1993)

ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของดินมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณก๊าซมีเทนในดิน ในขณะที่ค่าความเป็นกรดและด่างของดินมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณก๊าซมีเทนในดิน

ดังที่พบว่าหลังจากที่ขังน้ำในดินแล้ว ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของดินลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นกรดและด่างของดินเพิ่มขึ้น(รูปที่ 5.14) อย่างไรก็ตามการที่ค่าความเป็นกรดและด่างเกิดขึ้นสูงสุดในระยะเมล็ดน้ำนม และค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลต่ำสุดในระยะเมล็ดน้ำนม แต่พบว่าปริมาณก๊าซมีเทนในดินสูงสุดในระยะตั้งท้อง ซึ่งอาจเป็นผลจากการมีอยู่ของต้นข้าวและการเจริญเติบโตของต้นข้าวซึ่งเป็นทางผ่านของก๊าซมีเทน เนื่องจากทั้งตำรับทดลองชัยนาท1 และขาวดอกมะลิ 105 ต่างมีปริมาณก๊าซมีเทนในดินและอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศที่มีค่าต่างกันเป็นอย่างมากในระหว่างระยะตั้งท้องและระยะเมล็ดน้ำนม จึงทำให้ไม่สามารถเป็นความสัมพันธ์ระหว่างรีดอกซ์โพเทนเชียลในดินกับปริมาณก๊าซมีเทนในดินได้อย่างชัดเจน ในขณะที่ตำรับทดลองควบคุมมีค่าปริมาณก๊าซมีเทนในดินและอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนใกล้เคียงกันในระหว่างระยะตั้งท้องและระยะเมล็ดน้ำนม ดังนั้นปริมาณก๊าซมีเทนในดินจึงแสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญเฉพาะกับค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินของตำรับทดลองควบคุม แสดงว่าอิทธิพลของการขังน้ำที่มีต่อปริมาณก๊าซมีเทนในดินสามารถเห็นได้ชัดเจนในตำรับทดลองควบคุมมากกว่าตำรับทดลองที่ปลูกข้าว

5.4.3 ลักษณะสมบัติของดินต่อการปล่อยก๊าซมีเทน

ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกครั้งนี้จัดอยู่ในชุดดินนครปฐม ซึ่งเป็นดินประเภท ดินร่วนเหนียวปนทราย(Sandy clay loam) ซึ่งเป็นดินที่มีการถ่ายเทอากาศดีถึงแม้จะอยู่ในสภาพน้ำขังบางช่วง (เฉลียว แจ้งไพร, 2530) สำหรับค่าความเป็นกรดและด่างของดินก่อนปลูกแสดงค่าความเป็นกรดปานกลาง ในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรียวัตถุ บ่งบอกว่าดินก่อนปลูกมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง โดยที่อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ในช่วง 14: 1 ถึง 15:1 ซึ่งจากเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของเซลจุลินทรีย์ดิน(คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541). ทั้งนี้ปริมาณคาร์บอนที่ง่ายต่อการย่อยสลายเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการผลิตและการปล่อยก๊าซมีเทนอย่างมาก ดังที่ Yagi และ Minami (1990) ได้รายงานไว้ว่าในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุและอัตราการสลายตัวสูง จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนขึ้นสู่บรรยากาศได้มากกว่า ดังนั้นเมื่อการย่อยสลายของสารอินทรีย์เป็นไปอย่างเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ดิน จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ตำรับทดลองควบคุมซึ่งเป็นดินที่ขังน้ำไว้โดยไม่ปลูกข้าวมีการปล่อยก๊าซมีเทนในปริมาณที่สูงในระดับที่ใกล้เคียงกับตำรับทดลองทีปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ได้

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกับค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลนั้น พบว่ามีนัยสำคัญจะเกิดขึ้นเฉพาะกับตำรับทดลองชัยนาท1 (ตารางที่ 4.37: -0.535*) ซึ่งหากพิจารณาจากทุกตำรับทดลองแล้ว ตำรับทดลองชัยนาท1 มีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าตำรับทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105 มีการปล่อยก๊าซมีเทนในอัตราที่ใกล้เคียงกับตำรับควบคุม ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินกับปริมาณก๊าซมีเทนในดิน พบว่าค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของดินมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณก๊าซมีเทนในดิน ในขณะที่ค่าความเป็นกรดและด่างของดินมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณก๊าซมีเทนในดิน ดังที่พบว่าค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลของดินลดลง และค่าความเป็นกรดและด่างของดินเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า ความเป็นกรดและด่างมีความสัมพันธ์เชิงลบกับรีดอกซ์โพเทนเชียลในดิน โดยการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดและด่างมีนัยสำคัญยิ่งกับค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในทั้งตำรับทดลองควบคุม ตำรับทดลองชัยนาท1 และตำรับทดลองขาวดอกมะลิ105

จากนัยสำคัญที่พบในความสัมพันธ์ระหว่างรีดอกซ์โพเทนเชียลกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน(ตารางที่ 4.37: -0.535*) และความสัมพันธ์ระหว่างรีดอกซ์โพเทนเชียลกับปริมาณก๊าซมีเทนในดิน(ตารางที่ 4.38: -0.575*) รวมทั้งนัยสำคัญยิ่งที่พบในความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินกับความเป็นกรดและด่างในดิน(ตารางที่ 4.39 : -0.872**,-0.823**,-0.822**) จึงอาจกล่าวได้ว่า ความเป็นกรดและด่างมีความสัมพันธ์ทางอ้อมกับปริมาณก๊าซมีเทนในดินและอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน นั่นหมายถึงการจะเกิดก๊าซมีเทนได้นั้น นอกจากดินอยู่ในสภาวะความเป็นกรดและด่างที่เหมาะสมแล้ว ยังต้องมีค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลที่เอื้อต่อเมธาโนจินิคแบคทีเรียในการผลิตก๊าซมีเทนด้วย

5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการระบายน้ำ และการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าว

ผลการระบายน้ำที่เกิดขึ้นต่อการปล่อยก๊าซมีเทนมีในทั้งระยะสั้นที่เกิดขณะระบายน้ำจนกระทั่งวันแรกที่เอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลอง ผลระยะยาวที่สืบต่อไปยังการปล่อยก๊าซมีเทนในระยะการเจริญเติบโตของข้าว และ การปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูกาลเพาะปลูก

ในขณะที่ทำการระบายน้ำออกจากตำรับทดลองนั้น การปล่อยก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Yagi และคณะ (1996) ที่ได้รายงานถึงเกิดการไหลทะลักออกของก๊าซมีเทนทันทีหลังจากที่ทำการระบายน้ำ ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการแพร่

โดยตรงของก๊าซมีเทนที่ถูกเก็บกักไว้ในดินหลังจากที่ระบายน้ำที่ขังอยู่บนดินออกไปแล้ว พบว่ามีการปล่อยก๊าซมีเทนออกมาในปริมาณมากทั้งตำรับทดลองที่ปลูกข้าวและไม่ปลูกข้าว แสดงว่าต้นข้าวมิได้เป็นเส้นทางหลักของการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงที่มีการระบายน้ำ ทั้งนี้การที่ก๊าซมีเทนจะแพร่สู่บรรยากาศในปริมาณมากอย่างรวดเร็วนั้น ไม่จำเป็นที่ผิวดินจะต้องแห้งจนมีรอยแตก(Denier van der gon *et al.*,1996) เนื่องจากการแพร่ของก๊าซมีเทนสามารถเกิดขึ้นได้ในดินปลูกข้าวที่มีความชุ่มชื้น เพียงแต่ต้องทิ้งช่วงเวลาให้อากาศสามารถเข้าไปแทรกในระหว่างช่องว่างเม็ดดิน(macropore) จนการแพร่ของก๊าซมีเทนเกิดขึ้นได้อย่างมากและรวดเร็ว ดังที่พบในแทบทุกตำรับทดลองที่การระบายน้ำในช่วง 30 หรือ 60 วันหลังปักดำว่า อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนมีค่าสูงสุดในวันที่สี่ของการระบายน้ำ หลังจากนั้นปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยจึงลดลงในวันต่อมา โดยไม่พบว่าความต่างของที่ตั้งการทดลองมีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงดังกล่าว

อย่างไรก็ตามแม้ว่าในระหว่างที่ทำการระบายน้ำออกจากตำรับทดลองจะเกิดการปล่อยก๊าซมีเทนในปริมาณที่สูง แต่ก็เป็นเพียงช่วงเวลาสั้น ๆ และในขณะเดียวกัน ออกซิเจนในบรรยากาศที่แพร่เข้าสู่ช่องว่างระหว่างเม็ดดินก็เท่ากับเป็นการเติมอากาศให้กับดินที่อยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนเนื่องจากการขังน้ำ ซึ่งยืนยันได้จากค่ารีดอกซ์โพเทนเชียลในดินที่สูงขึ้น อันมีผลให้การผลิตและการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงต่อมาเกิดขึ้นน้อยลง

สำหรับของการระบายน้ำในช่วง 30 วันหลังการปักดำ ผลที่มีต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทนจะมิได้เห็นชัดในทันทีหลังการระบายน้ำ เนื่องจากอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงก่อนระบายน้ำนั้นมีค่าค่อนข้างต่ำอยู่แล้ว จึงไม่สามารถเห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในช่วงก่อนและหลังการระบายน้ำ แต่ผลในระยะยาวนั้นสามารถสังเกตได้จากการที่ตำรับทดลองชัยนาท1 ที่ผ่านการระบายน้ำช่วง 30 วันหลังปักดำ มีการปล่อยก๊าซมีเทนในระยะตั้งท้องลดลงของอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองชัยนาท1 ที่ขังน้ำไว้ตามปกติ ซึ่งคิดเป็นเวลาหลังจากเอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลองได้ประมาณ 10 วัน

ตรงกันข้ามกับการระบายน้ำในช่วง 60 วันหลังการปักดำ ซึ่งสามารถเห็นผลในระยะสั้นต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทนได้อย่างเด่นชัดในวันแรกที่เอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลอง ในขณะที่ผลระยะยาวนั้น แม้จะพบว่าในระยะเมล็ดน้ำนมซึ่งคิดเป็นเวลาที่ล่วงเลยจากวันที่เอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลองแล้วประมาณ 2 อาทิตย์ ตำรับทดลองที่ได้รับการระบายน้ำจะมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนต่ำกว่าตำรับทดลองที่ขังน้ำ แต่ผลดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในช่วง 60 วันหลังปักดำนั้นได้ทำการระบายน้ำออกจากตำรับทดลองเป็นเวลา 5 วัน ซึ่งหลังจากการปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นสูงสุดในวันที่ 4 ของการระบายน้ำ โอกาสในการเติมอากาศให้กับดินจึงเกิดขึ้นได้ในเวลาเพียงช่วงสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วง 30 วันที่ทำการระบายน้ำออกเป็นเวลา 7 วัน

สำหรับผลการระบายน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนในตลอดฤดูกาลเพาะปลูก พบว่าการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ที่มีการระบายน้ำทั้งในช่วง 30 และ 60วันหลังปักดำจะให้ผลต่อการลดลงของการปล่อยก๊าซมีเทนมากที่สุด รองลงมาได้แก่การระบายน้ำในช่วง 60 วัน และการระบายน้ำในช่วง 30 วัน ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนตามระยะการเจริญของข้าวเท่ากับ 7.52, 9.20 และ 11.30 มก./ตร.ม.-ชม.ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากตำรับทดลองที่ได้รับการระบายน้ำในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวนั้น ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ปลูกข้าวชัยนาท1 โดยรักษาระดับน้ำตามปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนตามระยะการเจริญของข้าวเท่ากับ 13.12 มก./ตร.ม.-ชม. ส่วนการปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ต้นข้าวและการระบายน้ำไม่มีผลที่ชัดเจนต่อการปล่อยก๊าซมีเทน ซึ่งพบว่าการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ105 ที่ระบายน้ำในช่วง 30 วัน, 60 วัน และ 30,60 วันหลังปักดำ มีอัตราเฉลี่ยการปล่อยก๊าซมีเทนเท่ากับ 5.42, 5.24 และ 4.60 มก./ตร.ม.-ชม. ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ105 โดยรักษาระดับน้ำตามปกติมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนเท่ากับ 5.73 มก./ตร.ม.-ชม.

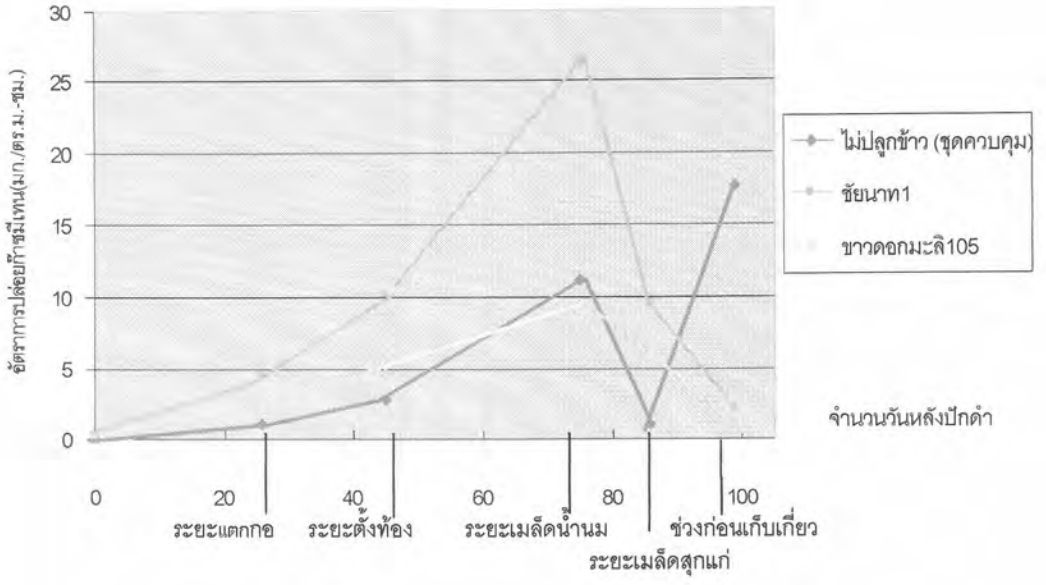
ในส่วนผลของพันธุ์ข้าวที่ตอบสนองต่อมาตรการการระบายน้ำที่มีต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทน จึงสรุปได้ว่า พันธุ์ข้าวชัยนาท1 สามารถตอบสนองต่อการระบายน้ำได้อย่างชัดเจน ในส่วนของผลระยะยาวของการระบายน้ำช่วง 30 วันหลังปักดำที่เกิดขึ้นในระยะตั้งท้อง และผลระยะสั้นของการระบายน้ำที่ 60 วัน ในขณะที่พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ105 แทบจะไม่เห็นผลของการระบายน้ำ ทั้งนี้พบเพียงว่า การระบายน้ำที่ 60 วันหลังปักดำ แสดงผลในระยะสั้น(หลังระบายน้ำวันแรกเมื่อเอาน้ำกลับเข้าสู่ตำรับทดลอง)ต่อการลดการปล่อยก๊าซมีเทน

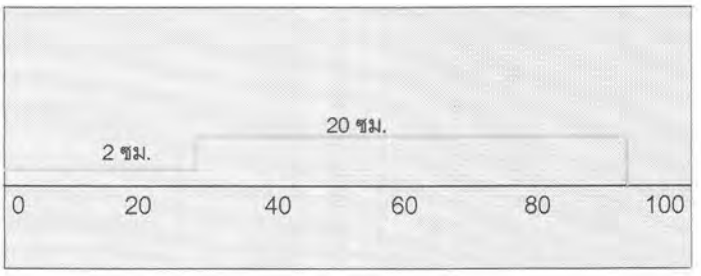
จากความต่างของผลการระบายน้ำที่เกิดขึ้นต่อการปล่อยก๊าซมีเทนในแต่ละช่วงเวลา จึงสรุปได้ว่าผลของการระบายน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนนั้น ขึ้นอยู่กับจังหวะและช่วงเวลาการระบายน้ำ ระดับและความยาวนานในการขังน้ำ รวมทั้งพันธุ์ข้าว และ การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของต้นข้าวไปตามวงจรชีวิตข้าว

5.6 เปรียบเทียบผลผลิตข้าวที่ได้จากการปลูกข้าวที่มีเงื่อนไขการระบายน้ำต่างกัน

เมื่อพิจารณาผลผลิตข้าวที่ได้จากการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และขาวดอกมะลิ105 โดยรวมแล้ว จะเห็นแนวโน้มได้ว่าผลผลิตข้าวที่ได้จากการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีปริมาณสูงกว่า พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (ตารางที่ 4.43) โดยผลผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท1 จะอยู่ในช่วง 184.00 – 204.92 กรัม/กระถาง ขณะที่ผลผลิตข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 จะอยู่ในช่วง 142.36 – 156.05 กรัม/กระถาง

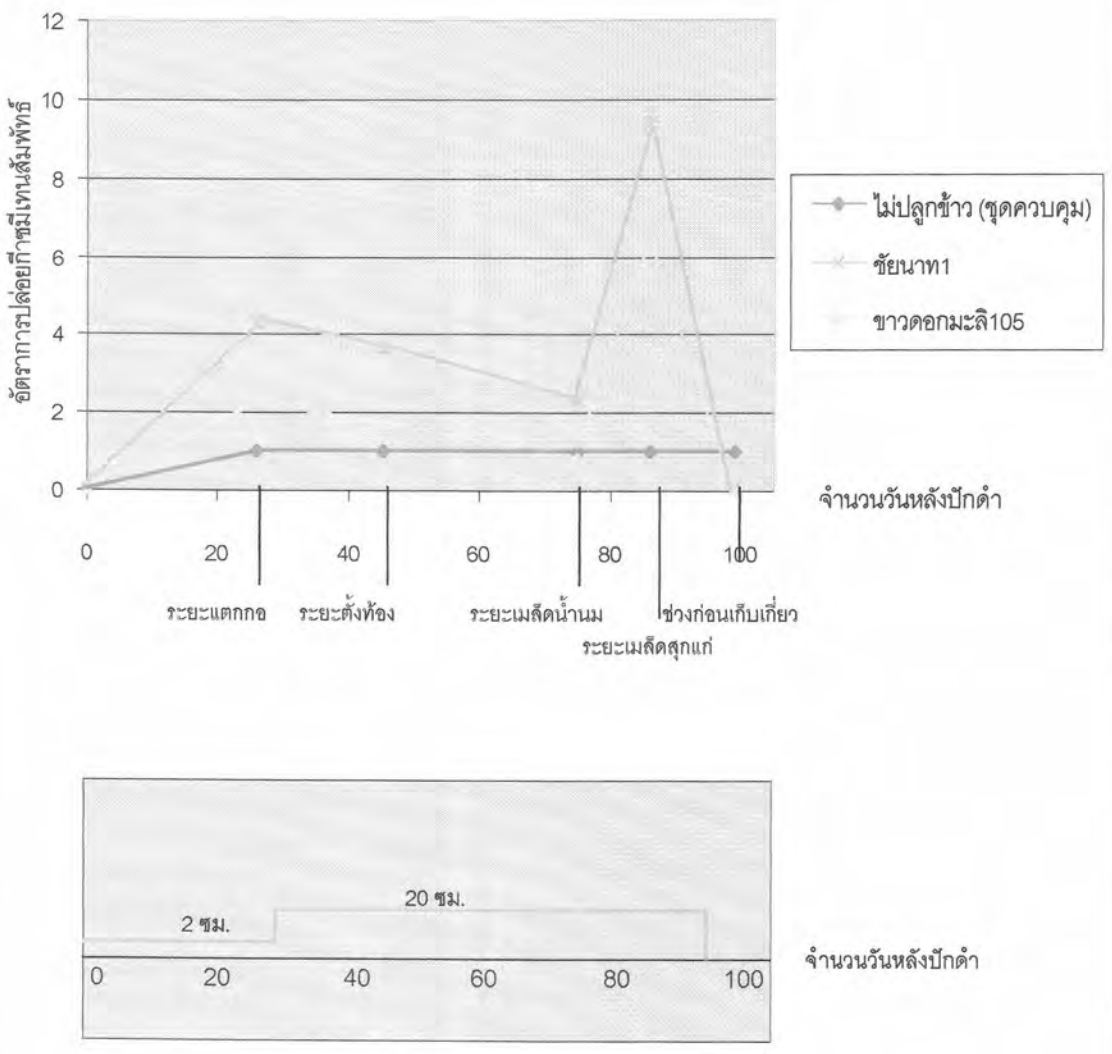
ส่วนเมื่อพิจารณาผลผลิตที่ได้ในระหว่างการปลูกข้าวพันธุ์เดียวกัน พบว่าผลผลิตข้าวที่ได้จากการปลูกข้าวที่มีการระบายน้ำในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากผลผลิตข้าวที่ได้จากการปลูกข้าวที่มีการขังน้ำไว้ตลอดการเจริญเติบโตของข้าว และเช่นเดียวกับที่ไม่พบว่ามีนัยสำคัญเกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบผลผลิตของข้าว อันได้แก่ จำนวนรวงต่อกระถาง จำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และ น้ำหนักข้าว 1,000 เมล็ด (ตารางที่ 4.44 และ 4.45) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการระบายน้ำที่กระทำในช่วง 30 วัน และ/หรือ 60 วันหลังปักดำของการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และขาวดอกมะลิ105 นั้น ไม่มีผลต่อการลดลงของผลผลิตข้าว อันจะช่วยให้เห็นความชัดเจนยิ่งขึ้นถึงความเป็นไปได้ที่จะทำการระบายน้ำในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวเพื่อลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าว โดยที่ไม่ส่งผลกระทบกระเทือนต่อผลผลิตข้าว



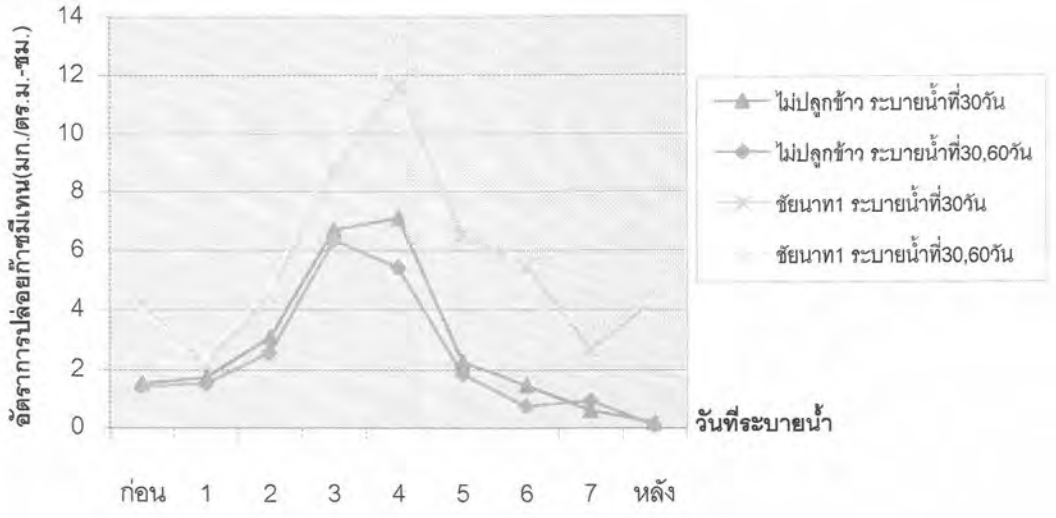


การควบคุมระดับน้ำในระหว่างการปลูกข้าว

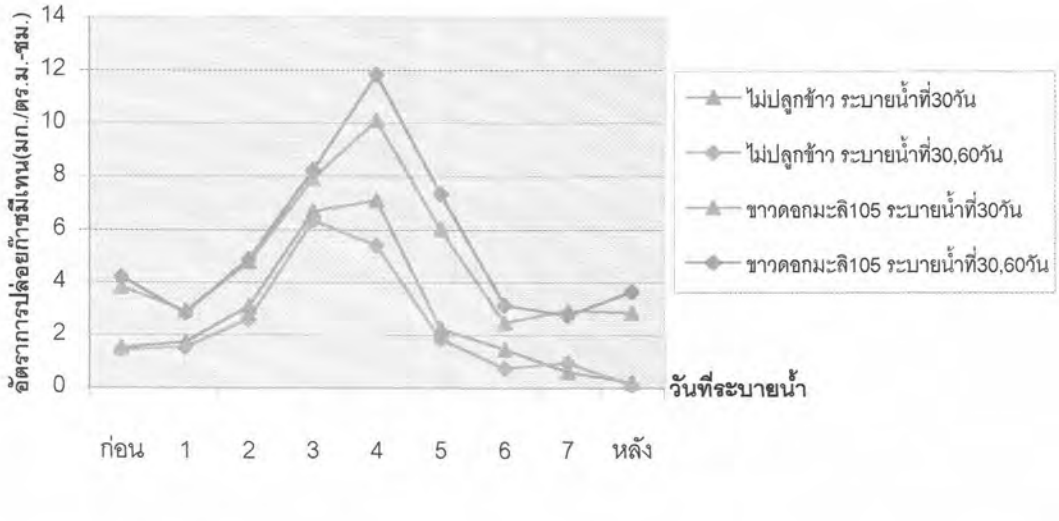
รูปที่ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกับระยะการเจริญเติบโตของการปลูกข้าว พันธุ์ชัยนาท1 และขาวดอกมะลิ105 เมื่อมีการขังน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก



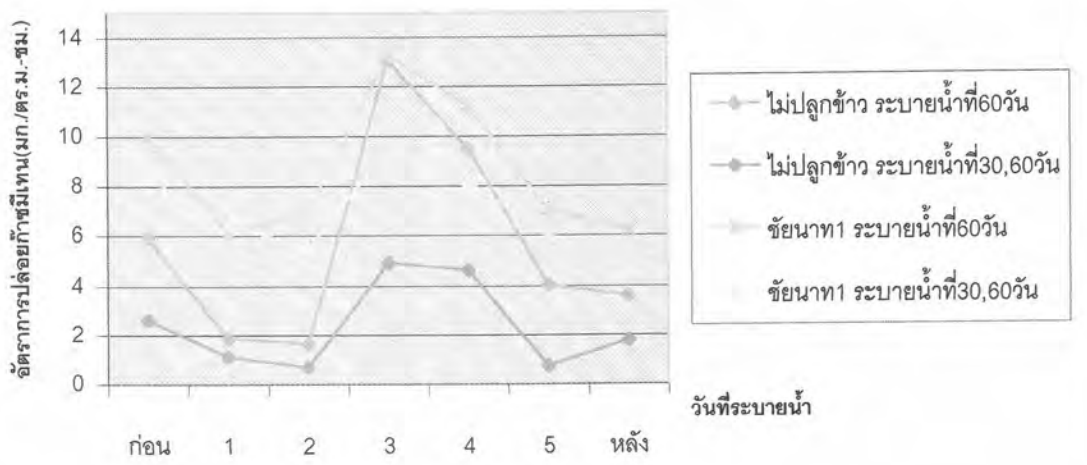
รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนสัมพัทธ์จากการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และ ขาวดอกมะลิ105 เมื่อเทียบกับตำรับทดลองควบคุม ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของการปลูกข้าวที่มีน้ำขังตลอดฤดูกาลเพาะปลูก



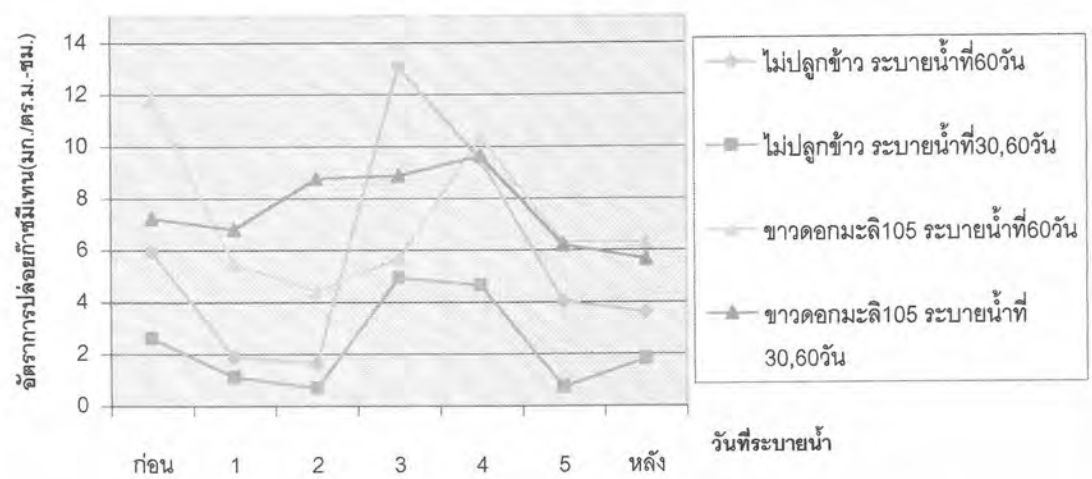
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกับการระบายน้ำในช่วง 30 วันหลังปักดำของการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1



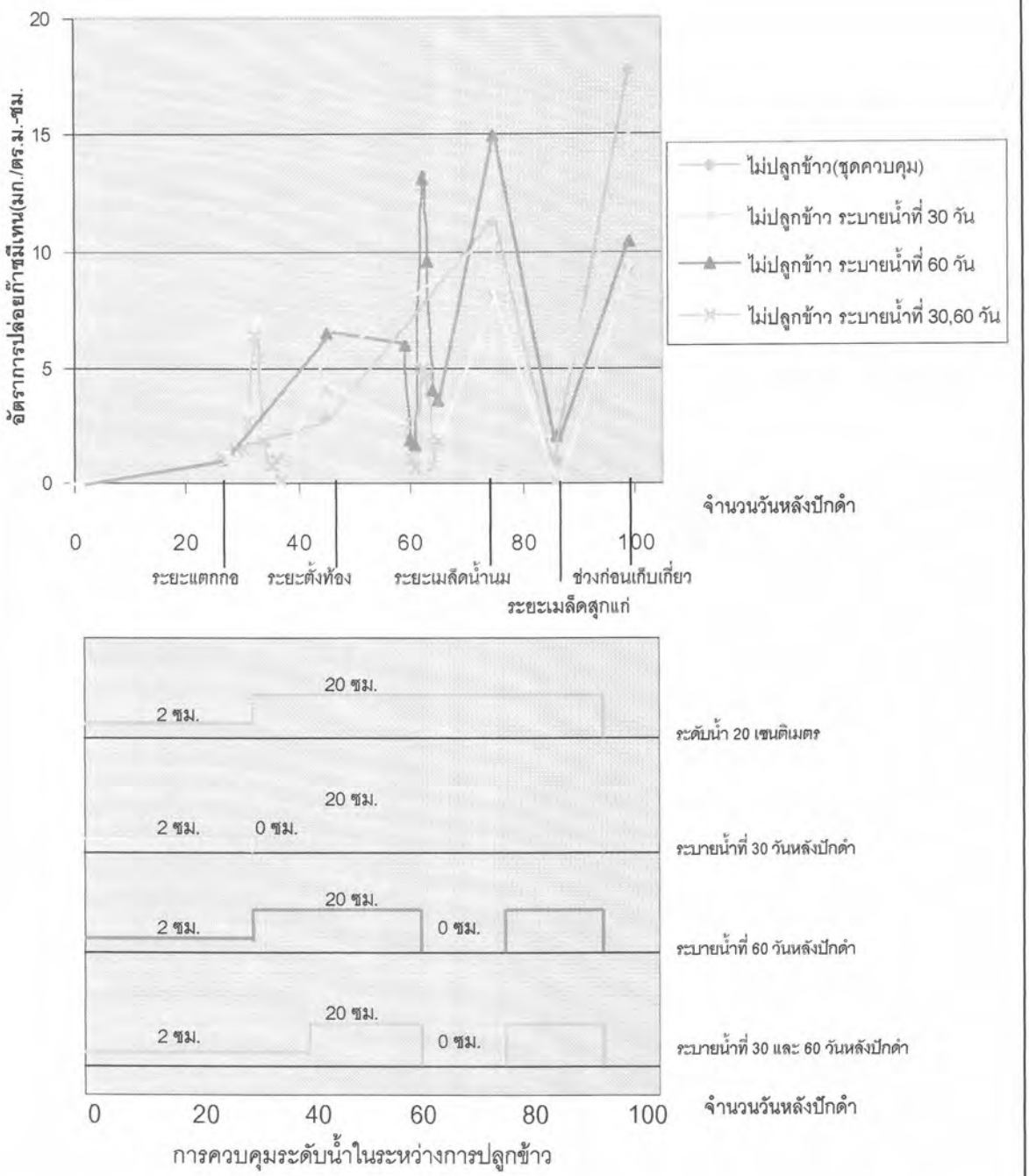
รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกับการระบายน้ำในช่วง 30 วันหลังปักดำของการปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105



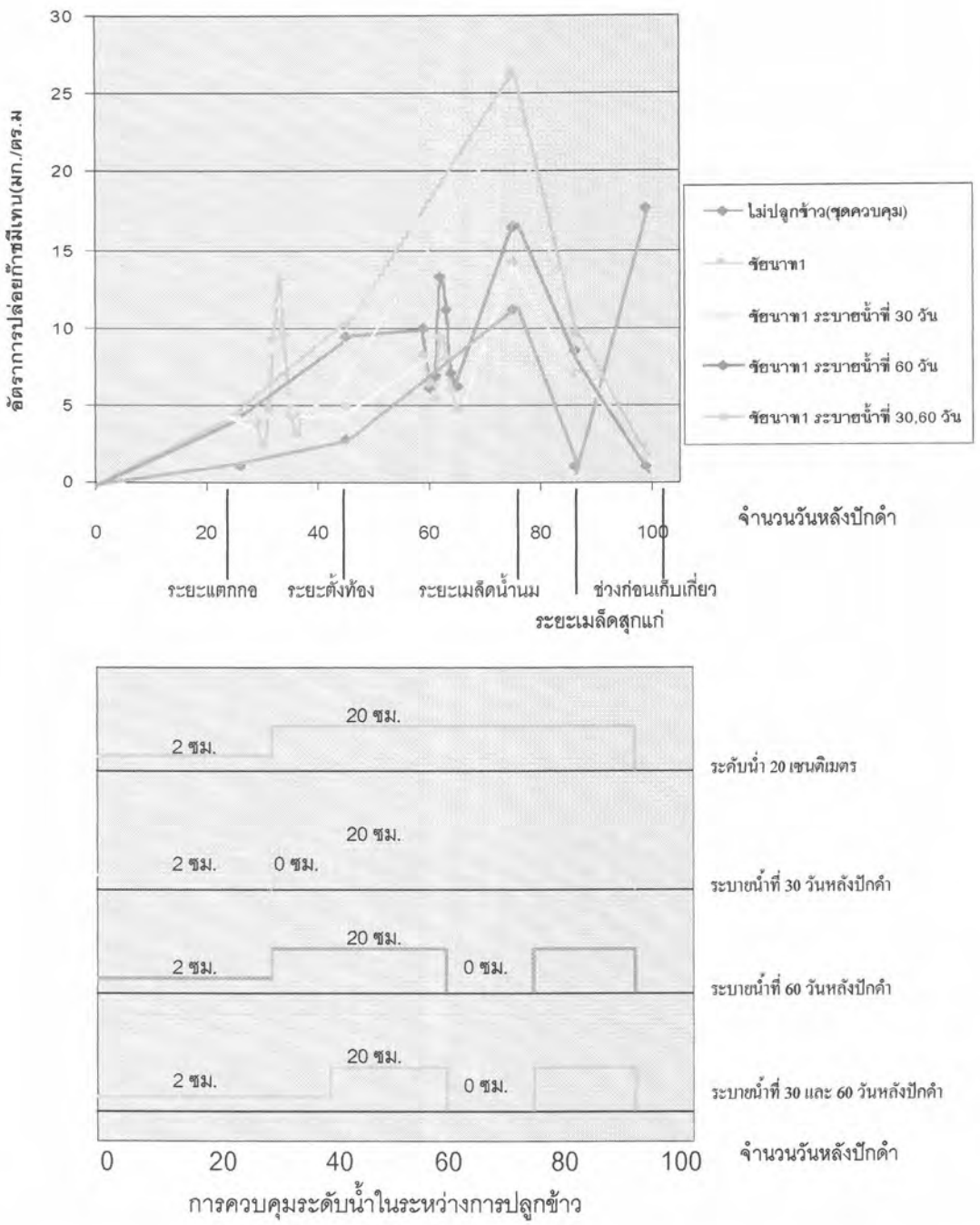
รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกับการระบายน้ำในช่วง 60 วันหลังปักดำของการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1



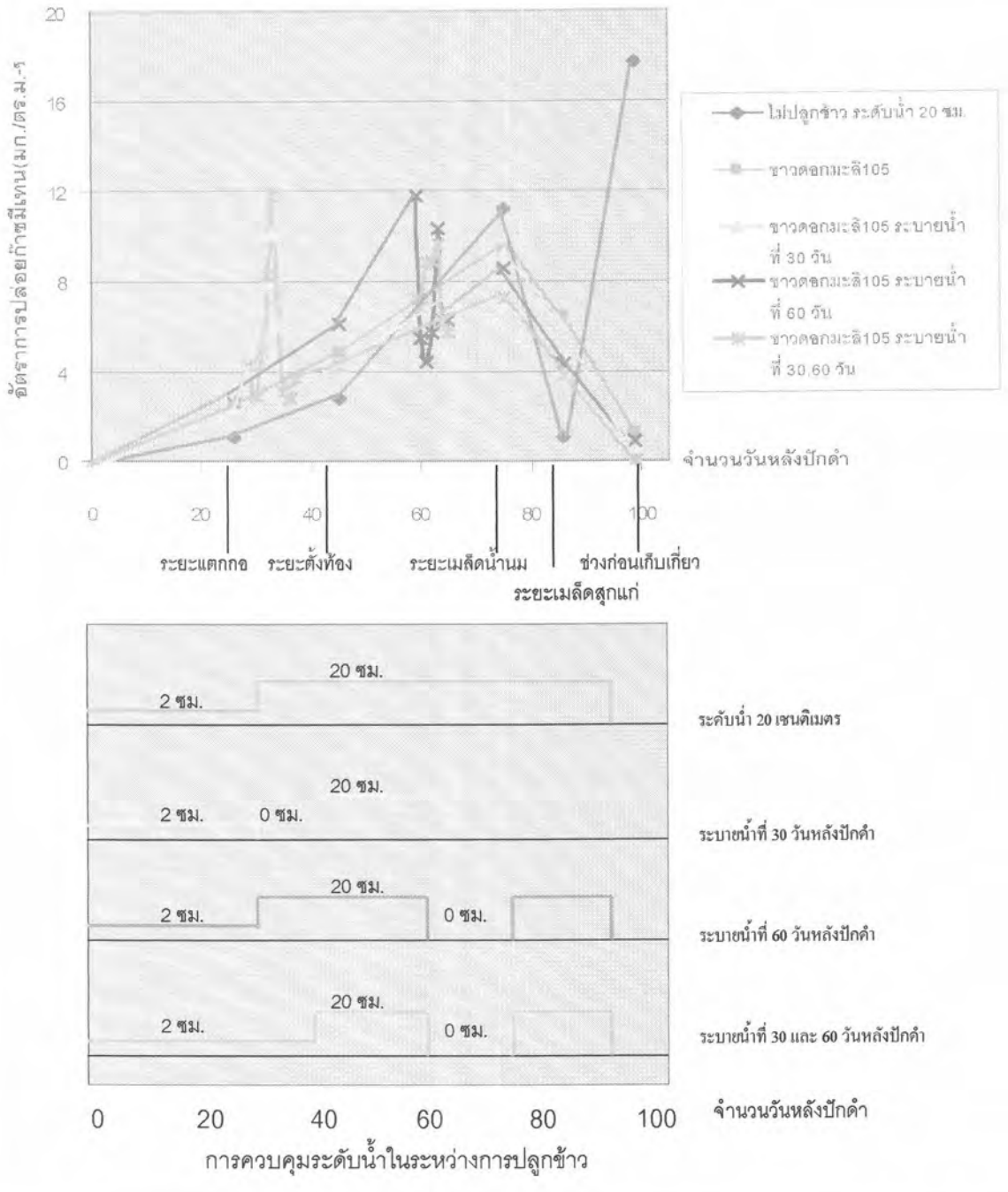
รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกับการระบายน้ำในช่วง 60 วันหลังปักดำของการปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105



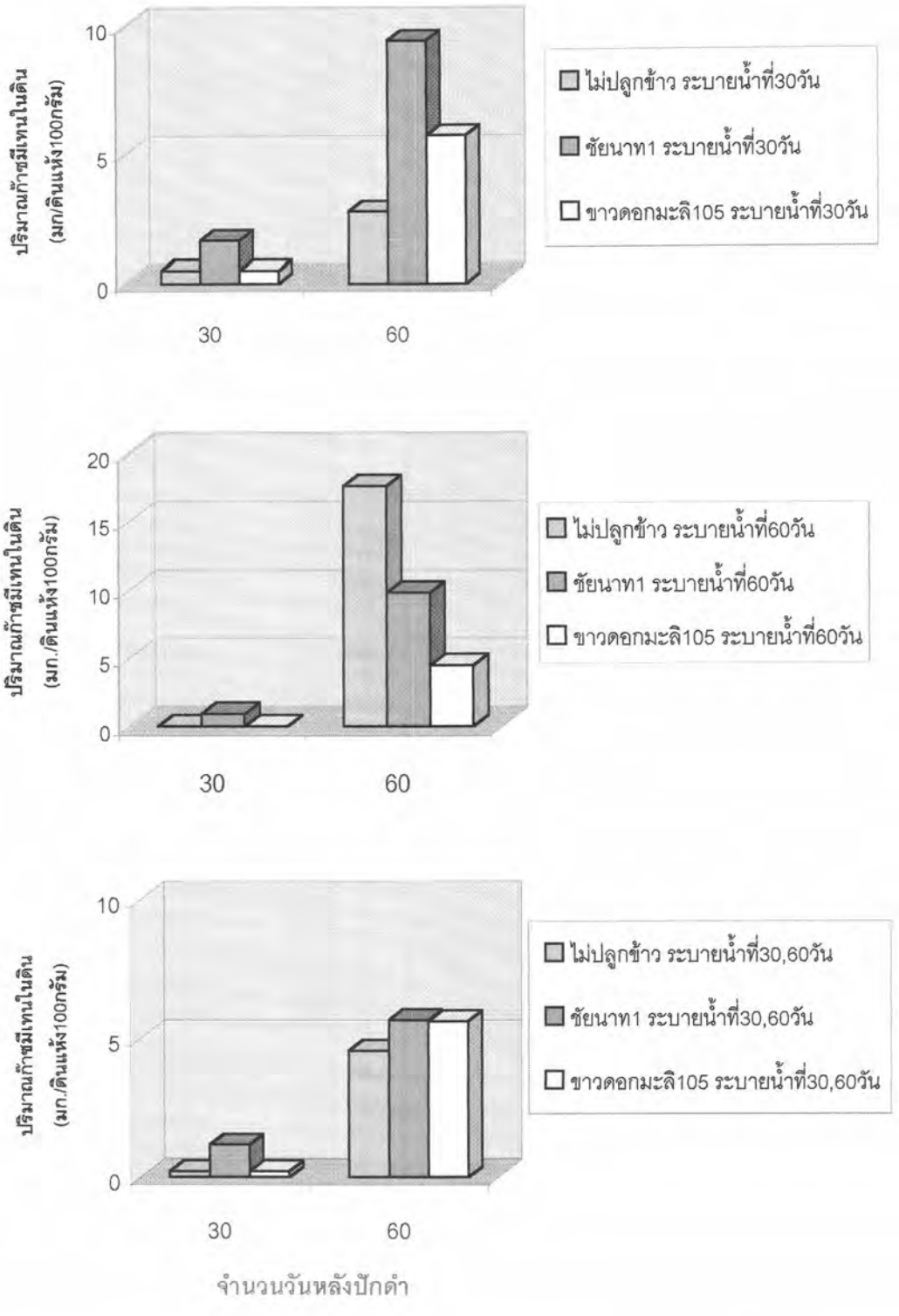
รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากดินไม่ปลูกข้าวที่มีการระบายน้ำในช่วงต่าง ๆ กับระยะการเจริญเติบโตของการปลูกข้าว



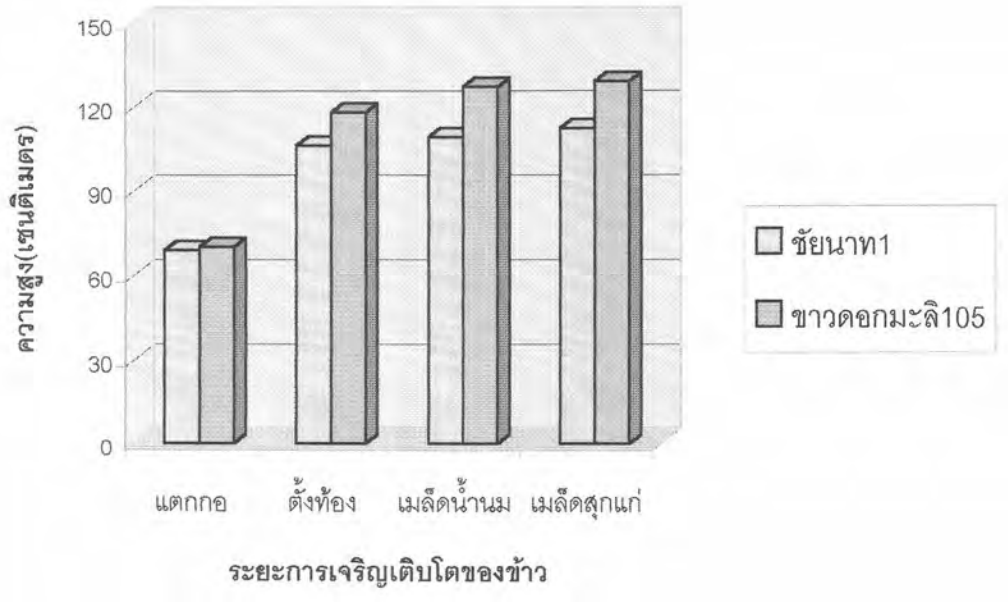
รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกับระยะการเจริญเติบโตของการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 ที่มีการระบายน้ำในช่วงต่าง ๆ



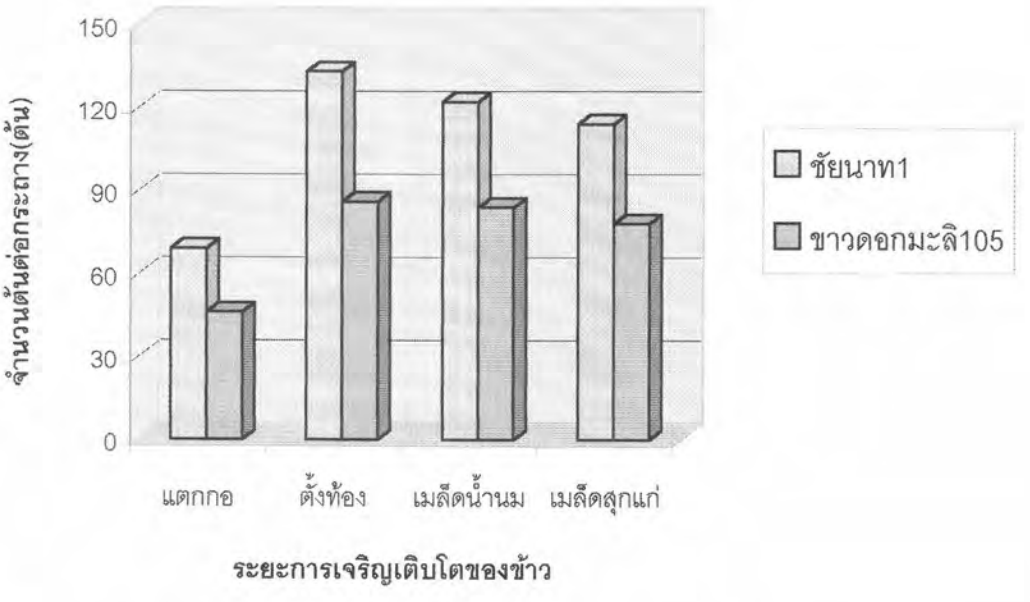
รูปที่ 5.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกับระยะการเจริญเติบโตของการปลูกข้าว พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่มีการระบายน้ำในช่วงต่าง ๆ



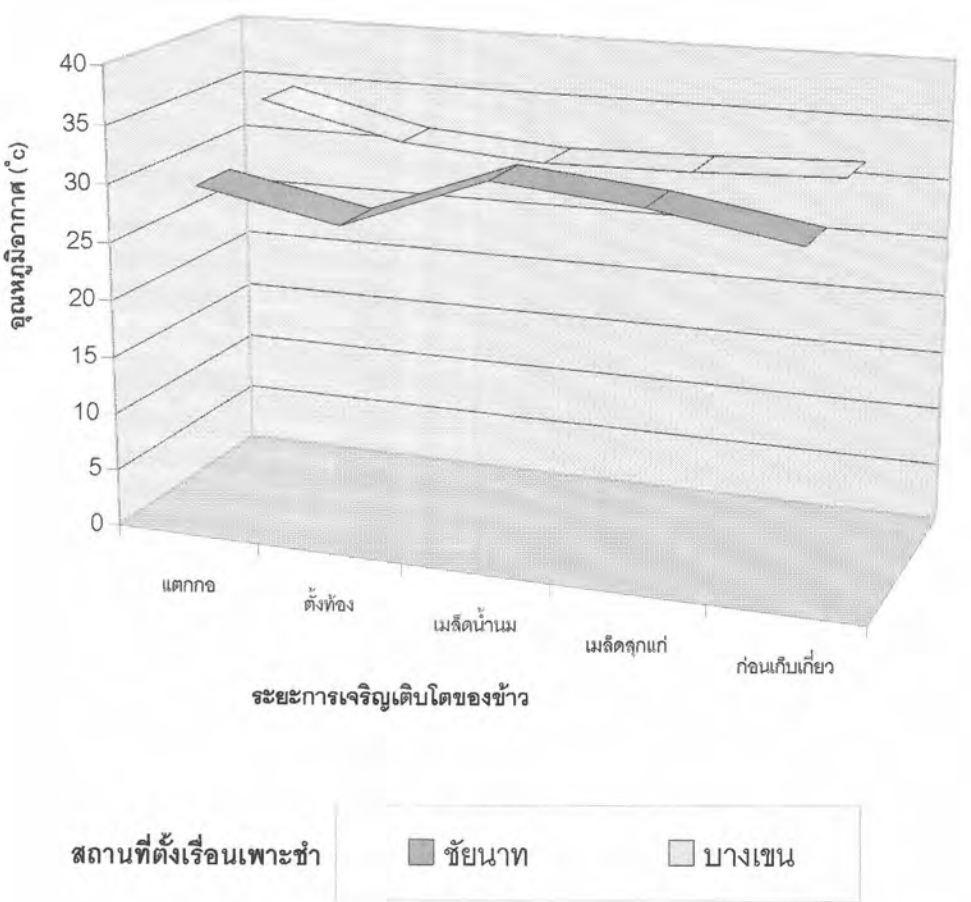
รูปที่ 5.10 เปรียบเทียบปริมาณก๊าซมีเทนในดิน ในช่วงการระบายน้ำที่ 30 และ 60 วันหลังปักดำ ของการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และขาวดอกมะลิ105



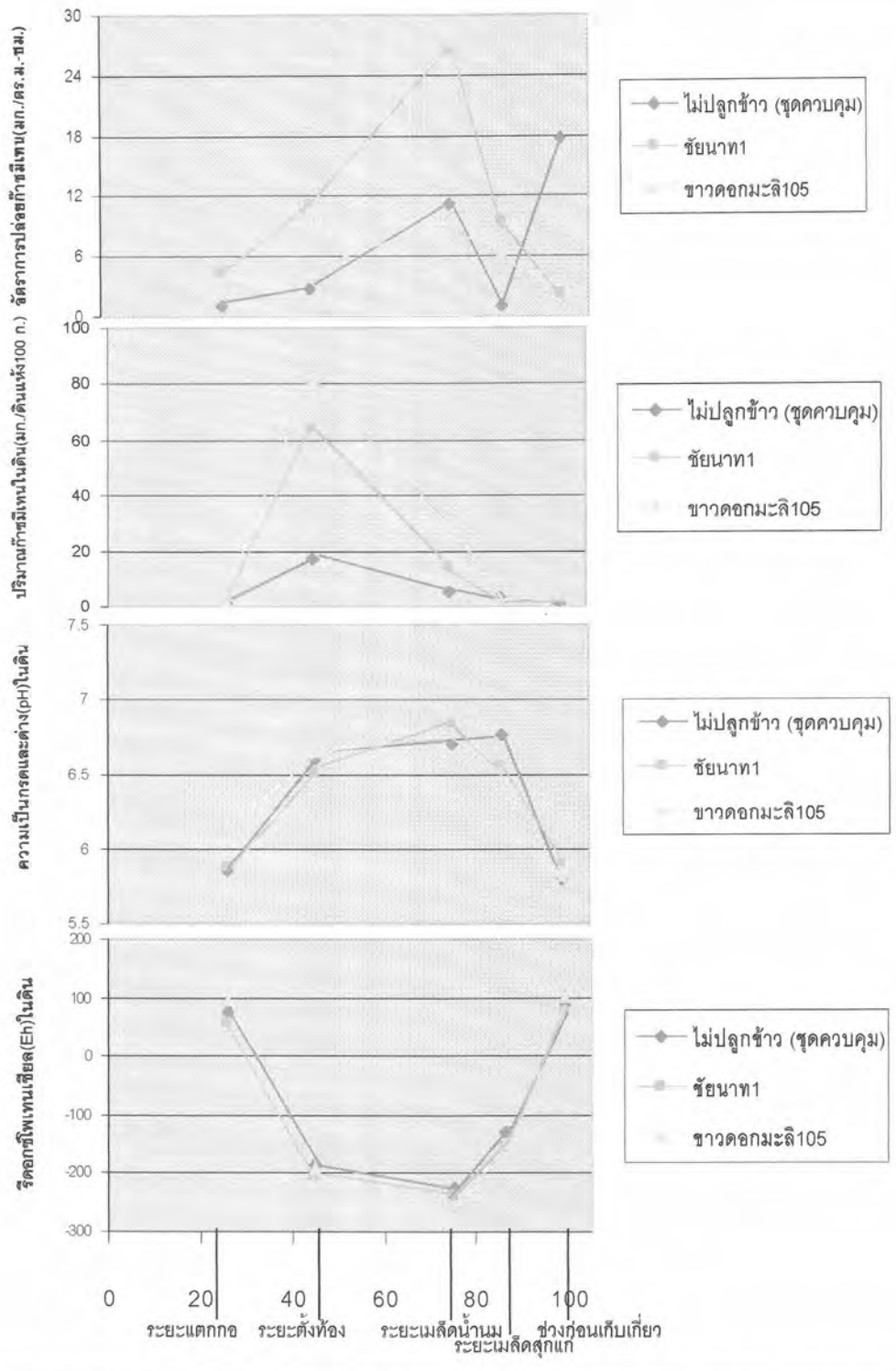
รูปที่ 5.11 เปรียบเทียบความสูงของต้นข้าวในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และขาวดอกมะลิ105



รูปที่ 5.12 เปรียบเทียบจำนวนต้นต่อกระถางในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และขาวดอกมะลิ105



รูปที่ 5.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศของเรือนเพาะชำกับระยะการเจริญเติบโตของข้าว



รูปที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน ปริมาณก๊าซมีเทนในดิน ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล และความเป็นกรดและด่าง กับ ระยะการเจริญเติบโตของการปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และขาวดอกมะลิ105 เมื่อมีการขังน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก