

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ปฏิทินการปลูกข้าวและตารางการทำงานภาคสนาม

การพำนักที่บ้านผานตด เริ่ม ตกกกล้าเมื่อ วันที่ 28 พฤษภาคม 2558 ปลูกข้าว วันที่ 18 กรกฎาคม 2558 (อายุ 51 DAS) แกล้งข้าวครั้งที่ 1 ระหว่าง วันที่ 18 - 31 สิงหาคม 2558 นาน 14 วัน (อายุข้าว 31 - 44 DAT หรือ 82 - 95 DAS) แกล้งข้าวครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 8 - 21 กันยายน 2558 นาน 14 วัน (อายุข้าว 52 - 65 DAT หรือ 103 - 116 DAS) เก็บเกี่ยว วันที่ 8 พฤศจิกายน 2558 (อายุข้าว 113 DAT หรือ 164 DAS)

ส่วนการทำงานที่บ้านแม่สาขนาเลา เริ่มตกกกล้า เมื่อ 29 มิถุนายน 2558 ปลูกข้าว วันที่ 9 สิงหาคม 2558 (อายุ 41 DAS) แกล้งข้าวครั้งที่ 1 ระหว่าง วันที่ 4 - 17 กันยายน 2558 นาน 14 วัน (อายุข้าว 27 - 40 DAT หรือ 67 - 80 DAS) แกล้งข้าวครั้งที่ 2 ระหว่าง 26 กันยายน - 8 ตุลาคม 2558 นาน 14 วัน (อายุข้าว 49 - 61 DAT หรือ 89 - 101 DAS) เก็บเกี่ยว วันที่ 13 พฤศจิกายน 2558 (อายุข้าว 97 DAT หรือ 137 DAS)

ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ได้แก่ 1) ระยะกล้า (seedling stage) 2) ระยะเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative stage) ตั้งแต่ ระยะแตกกอ (tillering stage) ปีตปล้อง (stem elongation) และ ตั้งท้อง (panicle initiation) 3) ระยะเจริญพันธุ์ (reproductive stage) ตั้งแต่ ระยะออกรวง (booting/heading stage) และ ดอกบาน-ผสมเกสร (flowering stage) และ 4) ระยะสุกแก่ (ripening stage) ตั้งแต่ระยะสร้างน้ำนม (milk stage) สว่างแป้ง (dough stage) และสุกแก่ (mature stage) อยู่ในช่วงอายุข้าว 0 - 51 DAS, 52 - 117 DAS, 118 - 129 DAS, และ 130 - 164 DAS ส่วนข้าวพันธุ์อีกลีลา และ 0 - 40 DAS, 41 - 102 DAS, 103 - 110 DAS, และ 111 - 137 DAS สำหรับข้าวพันธุ์สีบัวทอง 1 ตามลำดับ

รายละเอียดปฏิทินการปลูกข้าวและตารางการทำงานภาคสนาม ของบ้านผานตดและบ้านแม่สาขนาเลา ดังตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 ปฏิทินการปลูกข้าวและตารางการทำงานภาคสนาม บ้านผาแตก

ระยะเวลาเจริญเติบโต	วัน เดือน ปี	DAT	DAS	กิจกรรม	
				ระบบนาข้าวหัง	ระบบนาข้าวโยย
1.ระยะกล้า	28 พฤษภาคม 2558	0	50	-เพาะกล้า ข้าวพันธุ์สิริกิติ์	-เพาะกล้า ข้าวพันธุ์สิริกิติ์
2.ระยะแตกกอ	18 กรกฎาคม 2558	0	51	-ติดตั้งชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง อากาศ และชุดอุปกรณ์ตรวจวัดและ ควบคุมระดับน้ำ ก่อน 1 วัน -ปักดำเมื่อกล้ามีอายุ 33 วัน -ส่งน้ำเข้าแปลงนา บันทึกปริมาณ น้ำส่งด้วยมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ส่ง น้ำสูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลง นาเมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 3 ซม. -ตรวจวัดและบันทึกการระดับน้ำใน แปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทุกวันอังคาร	-ติดตั้งชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง อากาศ และชุดอุปกรณ์ตรวจวัดและ ควบคุมระดับน้ำ ก่อน 1 วัน -ปักดำเมื่อกล้ามีอายุ 51 วัน -ส่งน้ำเข้าแปลงนา บันทึกปริมาณ น้ำส่งด้วยมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ส่ง น้ำสูง 5 ซม.และส่งน้ำเข้าแปลงนา เมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 1 ซม. -ตรวจวัดและบันทึกการระดับน้ำใน แปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทุกวันอังคาร
3.ระยะสุก	17 สิงหาคม 2558	30	81	-เก็บตัวอย่างมวลชีวภาพและวัดการ เจริญเติบโตครั้งที่ 1 ระยะแตกกอ 10 % ก่อนเกี่ยวข้าว	-เก็บตัวอย่างมวลชีวภาพและวัดการ เจริญเติบโตครั้งที่ 1 ระยะแตกกอ 10% ก่อนเกี่ยวข้าว
4.ระยะเก็บเกี่ยว	18 สิงหาคม 2558	51	81	-ส่งน้ำเข้าแปลงนา บันทึกปริมาณน้ำ ส่งด้วยมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ส่งน้ำ สูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนา เมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 3 ซม. -ตรวจวัดและบันทึกการระดับน้ำใน แปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง	-การนวดสีข้าว ร่อนข้าวออกจาก แปลงนาให้มีความแห้งกับพื้นดิน -เริ่มการนึ่งข้าวช่วงที่ 1 เป็น ระยะเวลา 14 วัน -ตรวจวัดและบันทึกการระดับน้ำใน แปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

ตารางที่ 7 ปฏิทินการปลูกข้าวและตารางการทำงานภาคสนาม บ้านผาแตก

ระยะเวลาเจริญเติบโต	วัน เดือน ปี	DAT	DAS	กิจกรรม	
				ระบบนาข้าว	ระบบนาขั้นบันได
				ทุกวันจัดการและวันเสาร์ ในช่วง เมล็ดข้าว	ทุกวันจัดการและวันเสาร์ ในช่วง เมล็ดข้าว
	28 สิงหาคม 2558	41	92	-ส่งน้ำเข้าแปลงนา บันทึกปริมาณน้ำ -ส่งตัวมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ใช้วัน สูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนา เมื่อน้ำลดลงระดับต่ำลงเหลือ 3 ซม. -เป็นตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำใน แปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -กำจัดวัชพืชในแปลงนา ก่อนการใส่ ปุ๋ย -ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 สูตร 15-15-15 จำนวน 5 กิโลกรัม/แปลง โดยวิธี หว่าน	-บันทึกตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำใน แปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -กำจัดวัชพืชในแปลงนา ก่อนการใส่ ปุ๋ย -ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 สูตร 15-15-15 จำนวน 5 กิโลกรัม/แปลง โดยวิธี หว่าน
	31 สิงหาคม 2558	44	95	-ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำ -ส่งตัวมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ใช้วัน สูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนา เมื่อน้ำลดลงระดับต่ำลงเหลือ 3 ซม. -เป็นตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำใน แปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.	-สิ้นสุดการปลูกข้าวครั้งที่ 1 -ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำ -ส่งตัวมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ใช้วัน สูง 5 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อ น้ำลดลงระดับต่ำลงเหลือ 1 ซม. -เป็นตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำใน แปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.
	5 กันยายน 2558	49	100	-ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำ -ส่งตัวมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ใช้วัน สูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนา เมื่อน้ำลดลงระดับต่ำลงเหลือ 3 ซม. -เป็นตัวอย่างอากาศ	-ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำ -ส่งตัวมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ใช้วัน สูง 5 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อ น้ำลดลงระดับต่ำลงเหลือ 1 ซม. -เป็นตัวอย่างอากาศ

ตารางที่ 7 ปฏิทินการปลูกข้าวและตารางการทำงานภาคสนาม บ้านผาแตก

ระยะเวลา เจริญเติบโต	วัน เดือน ปี	DAT	DAS	กิจกรรม	
				ระบบนาข้าว	ระบบนาข้าว
				-ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -กำจัดวัชพืชในแปลงนา ก่อนการใส่ปุ๋ย -ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 สูตร 05-0-0 จำนวน 5 กิโลกรัม โดยวิธีหว่าน	-ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -กำจัดวัชพืชในแปลงนา ก่อนการใส่ปุ๋ย -ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 สูตร 05-0-0 จำนวน 5 กิโลกรัม โดยวิธีหว่าน
	8 กันยายน 2558	52	103	-ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำส่งด้วยมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ใช้ส่งน้ำสูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำระดับต่ำกว่าเหลือ 3 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทุกวันสังเกตการณ์วันเสาร์ ในช่วงเวลาของการมาถึงข้าว -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.	-คำนวณค่าข้าว ระบบน้ำออกจากแปลงนาให้ระดับน้ำเท่ากับพื้นที่เดิม -เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทุกวันสังเกตการณ์วันเสาร์ ในช่วงเวลาของการมาถึงข้าว -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.
	21 กันยายน 2558	65	116	-ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำส่งด้วยมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ใช้ส่งน้ำสูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำระดับต่ำกว่าเหลือ 3 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.	-สิ้นสุดการมาถึงข้าวในครั้งที่ 2 -ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำส่งด้วยมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ใช้ส่งน้ำสูง 5 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำระดับต่ำกว่าเหลือ 1 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.
3-20 ตุลาคม 2558	28 กันยายน 2558	72	123	-เก็บตัวอย่างมวลชีวภาพและวัดการเจริญเติบโต ครั้งที่ 2 หลังการมาถึงข้าว	-เก็บตัวอย่างมวลชีวภาพและวัดการเจริญเติบโต ครั้งที่ 2 หลังการมาถึงข้าว

ตารางที่ 7 ปฏิทินการปลูกข้าวและตารางการทำงานภาคสนาม บ้านผาแตก

ระยะเวลา เจริญเติบโต	วัน เดือน ปี	DAT	DAS	กิจกรรม	
				ระบบนาข้าวหัง	ระบบนาข้าวน้อย
				-ส่งน้ำเข้าแปลงนาวันพืชมาน้ำ -ส่งดินนาควรวินน้ำ ทำแปลงให้ขี้น้ำ -สูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนา -เมื่อน้ำลดระดับต่ำลงเหลือ 3 ซม. -เป็นด้วยอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.	-ส่งน้ำเข้าแปลงนาวันพืชมาน้ำ -ส่งดินนาควรวินน้ำ ทำแปลงให้ขี้น้ำ -สูง 5 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อ -น้ำลดระดับต่ำลงเหลือ 1 ซม. -เป็นด้วยอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.
4.2222 สุกแก่	28 พฤษภาคม 2558	102	153	-ส่งน้ำก่อนเกี่ยว -เป็นด้วยอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.	-ส่งน้ำก่อนเกี่ยว -เป็นด้วยอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.
	8 พฤศจิกายน 2558	113	164	-การเกี่ยวข้าว -เป็นด้วยอย่างอากาศ -เป็นเกี่ยวผลผลิต -เป็นด้วยอย่างผลผลิตภาคที่ 3	-การเกี่ยวข้าว -เป็นด้วยอย่างอากาศ -เป็นเกี่ยวผลผลิต -เป็นด้วยอย่างผลผลิตภาคที่ 3

ตารางที่ 8 ปฏิทินการปลูกข้าวและตารางการฟักนานภาคสนาม บ้านแม่สาบนานา

ระยะการเจริญเติบโต	วันเดือนปี	DAT	DAS	กิจกรรม	
				ระบบนาข้าวสูง	ระบบนาข้าวตม
1.ระยะกล้า	29 มิถุนายน 2558	0	0	-เพาะกล้าข้าว พันธุ์สันป่าตอง 1	-เพาะกล้าข้าว พันธุ์สันป่าตอง 1
2.ระยะแตกกอ	9 สิงหาคม 2558	1	41	-ฉีดพ่นปุ๋ยคอกปุ๋ยเคมีเก็บตัวอย่างละ 1 ลิตร และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 16-16-8 ก่อน 1 วัน -ปักดำเมื่อกล้ามีอายุ 41 วัน -ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำส่งด้วยมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ส่งน้ำสูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 3 ซม. -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและอุณหภูมิอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทุกวันจันทร์	-ฉีดพ่นปุ๋ยคอกปุ๋ยเคมีเก็บตัวอย่างละ 1 ลิตร และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และ 16-16-8 ก่อน 1 วัน -ปักดำเมื่อกล้ามีอายุ 41 วัน -ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำส่งด้วยมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ส่งน้ำสูง 5 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 3 ซม. -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและอุณหภูมิอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทุกวันจันทร์
	4 กันยายน 2558	27	67	-เก็บตัวอย่างมวลชีวภาพและวัดการเจริญเติบโต ครั้งที่ 1 ระยะแตกกอ 10% ก่อนเก็บเกี่ยวข้าว	-เก็บตัวอย่างมวลชีวภาพและวัดการเจริญเติบโต ครั้งที่ 1 ระยะแตกกอ 10% ก่อนเก็บเกี่ยวข้าว
	4 กันยายน 2558	27	67	-ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำส่งด้วยมาตรวัดน้ำ กำหนดให้ส่งน้ำสูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 3 ซม. -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและอุณหภูมิอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. - เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทุกวันจันทร์และพฤหัสบดี ช่วงแก่อีกข้าว	-การนวดสีข้าว ร่อนข้าวเปลือกจากแปลงนาให้มีความสะอาดขึ้น -เริ่มการเลี้ยงข้าวช่วงที่ 1 เป็นระยะเวลา 14 วัน -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและอุณหภูมิอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. - เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทุกวันจันทร์และพฤหัสบดี ช่วงแก่อีกข้าว

ตารางที่ 8 ปฏิทินการปลูกข้าวและตารางการฟักนานภาคสนาม บ้านแม่สาบนานาเสา

ระยะการเจริญเติบโต	วันเดือนปี	DAT	DAS	กิจกรรม	
				ระบบนาข้าวสูง	ระบบน่าน้อย
	6 กันยายน 2558	29	69	ส่งน้ำเข้าแปลงนาขึ้นฟักปริมาณน้ำส่งด้วยนาพรอดน้ำ ถ้าฝนได้ขึ้นน้ำสูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 3 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและอุณหภูมิอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -กำจัดวัชพืชในแปลงนา ก่อนการใส่ปุ๋ย -ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 สูตร 15-15-15 จำนวน 5 กิโลกรัม/แปลง โดยวิธีหว่าน	-เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและอุณหภูมิอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น. -กำจัดวัชพืชในแปลงนา ก่อนการใส่ปุ๋ย -ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 สูตร 15-15-15 จำนวน 5 กิโลกรัม/แปลง โดยวิธีหว่าน
	17 กันยายน 2558	40	80	-ส่งน้ำเข้าแปลงนาขึ้นฟักปริมาณน้ำส่งด้วยนาพรอดน้ำ ถ้าฝนได้ขึ้นน้ำสูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 3 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและอุณหภูมิอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.	-สิ้นสุดการเมล็ดข้าวในช่วงที่ 1 -ส่งน้ำเข้าแปลงนาขึ้นฟักปริมาณน้ำส่งด้วยนาพรอดน้ำ ถ้าฝนได้ขึ้นน้ำสูง 5 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 3 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและอุณหภูมิอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.
	21 กันยายน 2558	44	84	ส่งน้ำเข้าแปลงนาขึ้นฟักปริมาณน้ำส่งด้วยนาพรอดน้ำ ถ้าฝนได้ขึ้นน้ำสูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 3 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและอุณหภูมิอากาศ ทุกวัน ณ	-เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและอุณหภูมิอากาศ ทุกวัน ณ

ตารางที่ 8 ปฏิทินการปลูกข้าวและตารางการฟักานภาคสนาม บ้านแม่สาหรณนา

ระยะการเจริญเติบโต	วันเดือนปี	DAT	DAS	กิจกรรม	
				ระบบนาข้าวเชิง	ระบบนาขั้นบันได
				เวลา 7.00 น.-ทำจัดวัชพืชในแปลงนา ก่อนการไถพรวน -ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 สูตร 15-15-15 จำนวน 5 กิโลกรัม ต่อแปลง โดยวิธีหว่าน	เวลา 7.00 น.-ทำจัดวัชพืชในแปลงนา ก่อนการไถพรวน -ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 สูตร 15-15-15 จำนวน 5 กิโลกรัม ต่อแปลง โดยวิธีหว่าน
	23 กันยายน 2558	06	06	ทำขย้งแปลงนาขั้นบันได	ทำขย้งแปลงนาขั้นบันได
	29 กันยายน 2558	09	09	-ส่งน้ำเข้าแปลงนาขั้นบันไดปริมาณน้ำส่งต่อเวลาตรวจวัดน้ำ ทำหมตไม้ซังน้ำสูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าระดับ 3 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทุกวันจันทร์และพฤหัสบดี ในช่วงเวลาของการหมคข้าว -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.	การปักดำข้าว ระยะน้ำออกจากแปลงนาให้มีความชื้นน้ำเท่ากับระดับพื้นดิน -เก็บตัวอย่างอากาศ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง ทุกวันจันทร์และพฤหัสบดี ในช่วงเวลาของการหมคข้าว -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.
	8 ตุลาคม 2558	16	10	-ส่งน้ำเข้าแปลงนาขั้นบันไดปริมาณน้ำส่งต่อเวลาตรวจวัดน้ำ ทำหมตไม้ซังน้ำสูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าระดับ 3 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.	-สิ้นสุดการปักดำข้าวในช่วงที่ 2 -ส่งน้ำเข้าแปลงนาขั้นบันไดปริมาณน้ำส่งต่อเวลาตรวจวัดน้ำ ทำหมตไม้ซังน้ำสูง 5 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าระดับ 3 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนาและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.

ตารางที่ 8 ปฏิทินการปลูกข้าวและตารางการฟักนานภาคสนาม บ้านแม่สาขานาเสา

ระยะการเจริญเติบโต	วันเดือนปี	DAT	DAS	กิจกรรม	
				ระบบนาข้าวสูง	ระบบนาน้ำน้อย
3 ระยะ ดอกบาน- ผลแก่	13 ตุลาคม 2558	66	106	-เก็บตัวอย่างมวลชีวภาพและวัดการเจริญเติบโต ครั้งที่ 2 หลังเมล็ดข้าว -ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำ -ส่งตัวอย่างตรวจวัดน้ำ กำหนดค่าดิน สูง 10 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนา เมื่อน้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 3 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.	-เก็บตัวอย่างมวลชีวภาพและวัดการเจริญเติบโต ครั้งที่ 2 หลังเมล็ดข้าว -ส่งน้ำเข้าแปลงนาบันทึกปริมาณน้ำ -ส่งตัวอย่างตรวจวัดน้ำ กำหนดค่าดิน สูง 5 ซม. และส่งน้ำเข้าแปลงนาเมื่อ น้ำลดระดับต่ำกว่าหรือ 3 ซม. -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.
4 ระยะ สุกแก่	2 พฤศจิกายน 2558	86	126	-รดน้ำ ก่อนเก็บเกี่ยว -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.	-รดน้ำก่อนเก็บเกี่ยว -เก็บตัวอย่างอากาศ -ตรวจวัดและบันทึกระดับน้ำในแปลงนานและข้อมูลอากาศ ทุกวัน ณ เวลา 7.00 น.
	13 พฤศจิกายน 2558	97	137	-การเก็บเกี่ยว -เก็บตัวอย่างอากาศ -เก็บใบหมัก -เก็บมวลชีวภาพครั้งที่ 3	-การเก็บเกี่ยว -เก็บตัวอย่างอากาศ -เก็บใบหมัก -เก็บมวลชีวภาพครั้งที่ 3

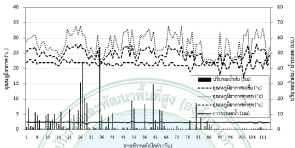
4.2 ลักษณะภูมิอากาศท้องถิ่น

ที่บ้านผาแตก ตั้งแต่วันปักดำ (18 กรกฎาคม 2558) ถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (8 พฤศจิกายน 2558) ตลอดระยะเวลา 113 วัน หลังปักดำ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด มีค่า 24.7 ± 1.7 °C 28.0 ± 3.4 °C และ 21.5 ± 1.0 °C ตามลำดับ ปริมาณน้ำฝนสะสม 525.7 มม. โดยมีจำนวนวันที่ฝนตกรวม 53 วัน คิดเป็น 46.9 % จาก 113 วัน และมีปริมาณน้ำระเหยสะสม 544.3 มม. หรือเฉลี่ย 4.8 ± 0.2 ต่อวัน ซึ่งความชื้นป่าของภูมิอากาศในพื้นที่หมู่บ้านผาแตก แสดงไว้ในภาพที่ 17

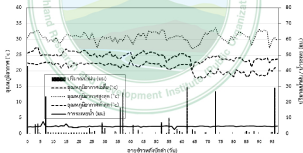
ที่บ้านแม่สาขานาเลา ตั้งแต่วันปักดำ (8 สิงหาคม 2558) ถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (13 พฤศจิกายน 2558) ตลอดระยะเวลา 97 วัน หลังปักดำ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด มีค่า 24.7 ± 1.2 °C 30.7 ± 1.5 °C และ 21.1 ± 1.5 °C ตามลำดับ ปริมาณน้ำฝนสะสม 288.0 มม. โดยมีจำนวนวันที่ฝนตกรวม 30 วัน คิดเป็น 30.9 % จาก 97 วัน และมีปริมาณน้ำระเหยสะสม 467.6 มม. หรือเฉลี่ย 4.8 ± 0.4 ต่อวัน ซึ่งความชื้นป่าของภูมิอากาศในพื้นที่หมู่บ้านแม่สาขานาเลา แสดงไว้ในภาพที่ 18

ทั้งนี้อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด และปริมาณน้ำระเหย ของทั้งสองหมู่บ้านมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ยกเว้นอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนสะสม ($p < 0.05$)





ภาพที่ 17 ลักษณะภูมิอากาศท้องถิ่น บ้านนาดอก ๒. แม่ฮ่องสอน จ. เชียงใหม่
(ระหว่างวันที่ 18 กรกฎาคม - 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558)



ภาพที่ 18 ลักษณะภูมิอากาศท้องถิ่น บ้านแม่สาบานนา อ. พร้าวจ. เชียงใหม่
(ระหว่างวันที่ 8 สิงหาคม - 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558)

4.3 อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยและสะสมจากนาข้าวบนพื้นที่สูง

4.3.1 อัตราการปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์เฉลี่ยรายวันและสะสม จากนาข้าวบ้านผาแตก

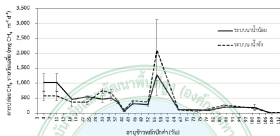
การศึกษานี้ของการแม่งข้าวต่อการลดการปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์ จากการพำนานบนพื้นที่สูง หมู่บ้านผาแตก ตั้งแต่ปักดำข้าว เมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2558 ถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อวันที่ 8 พฤศจิกายน 2558 รวมอายุข้าว 113 DAT หรือ 164 DAS การแม่งข้าวดำเนินการ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เมื่ออายุข้าว 31 DAT และครั้งที่ 2 เมื่ออายุข้าว 52 DAT นานครั้งที่ 14 วัน โดยลดการเพาะปลูกมีการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) รวมทั้งหมด 18 ครั้ง ดังผลการวิจัยต่อไปนี้

4.3.1.1 อัตราการปล่อยมีเทนเฉลี่ยรายวันและสะสม

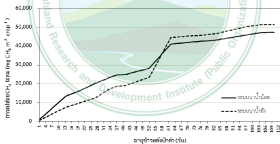
ลดการเพาะปลูก 113 วัน มีค่าการปล่อย CH_4 รายวันเฉลี่ย 350.93 ± 50.80 และ $401.83 \pm 71.38 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{day}$ ในระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าจิ่ง ($p > 0.05$) ตามลำดับ

ตั้งแต่ปักดำถึงก่อนแม่งข้าวครั้งที่ 1 (อายุข้าวระหว่าง 0 - 30 DAT) มีค่าการปล่อย CH_4 รายวันเฉลี่ย 761.11 ± 152.90 และ $468.24 \pm 61.13 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{day}$ ($p < 0.05$) ระหว่างการแม่งข้าวครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 (อายุข้าวระหว่าง 31 - 44 DAT และ 52 - 65 DAT) ระบบนํ้าน้อยกับระบบนํ้าจิ่งมีค่าการปล่อย CH_4 รายวันเฉลี่ย 761.11 ± 152.90 และ $468.24 \pm 61.13 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{day}$ ($p > 0.05$) กับ 558.79 ± 366.64 และ $862.48 \pm 630.78 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{day}$ ($p > 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 19 และตารางที่ 9 โดยในช่วงหลังปักดำวันที่ 0 - 15 DAT จะเป็นช่วงที่มีการผลิตมีเทน ส่งผลให้ในช่วงระยะก่อนแม่งข้าวมีการเกิดมีเทนที่สูงแม้จะเป็นช่วงที่เป็นการปักดำ และระบบนํ้าน้อยมีค่าการปล่อย CH_4 รายวันเฉลี่ยสูงกว่าระบบนํ้าจิ่ง ($p < 0.05$) การแม่งข้าวครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่าการปล่อยมีเทนรายวันเฉลี่ยของระบบนํ้าน้อยมีค่าการปล่อยมีเทนไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 20 และตารางที่ 9

ตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก 113 DAT มีค่าการปล่อยมีเทนสะสม 473.12 และ $515.13 \text{ kg CH}_4/\text{ha}$ และค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) $9,935.59$ และ $10,817.78 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}/\text{ha}$ ในระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าจิ่ง ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าจิ่งพบว่าลดการเพาะปลูกข้าวเมื่อมีการแม่งข้าวส่งผลให้สามารถลดค่าการปล่อยมีเทน 8.16% เมื่อเทียบกับระบบนํ้าจิ่ง ดังแสดงในภาพที่ 20 และตารางที่ 9



ภาพที่ 19 อัตราการผลิตมีเทนรายวันเฉลี่ย จากนาข้าวบนพื้นที่สูง บ้านสามดก



ภาพที่ 20 อัตราการผลิตมีเทนสะสม จากนาข้าวบนพื้นที่สูง บ้านสามดก

4.3.1.2 อัตราการปล่อยไนตรัสออกไซด์เฉลี่ยรายวันและระยะ

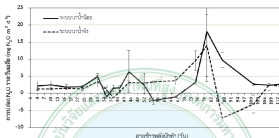
ตลอดการเพาะปลูก 113 วัน มีค่าการปล่อย N_2O รายวันเฉลี่ย 3.29 ± 1.11 และ $2.21 \pm 1.08 \text{ mg } N_2O/m^2/day$ ในระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าขัง ($p > 0.05$) ตามลำดับ

ตั้งแต่ปักดำถึงก่อนเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 (อายุข้าวระหว่าง 0 - 30 DAT) มีค่าการปล่อย N_2O รายวันเฉลี่ย 2.07 ± 0.15 และ $1.90 \pm 0.05 \text{ mg } N_2O/m^2/day$ ($p > 0.05$)

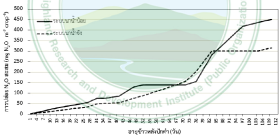
ระหว่างการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 (อายุข้าวระหว่าง 31 - 44 DAT และ 52 - 65 DAT) ระบบนํ้านํ้ากับระบบนํ้าขัง มีค่าการปล่อย N_2O รายวันเฉลี่ย 1.71 ± 1.23 และ $0.93 \pm 0.97 \text{ mg } N_2O/m^2/day$ ด้วย 0.29 ± 1.33 ($p > 0.05$) และ $3.33 \pm 0.22 \text{ mg } N_2O/m^2/day$ ($p > 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 21 และตารางที่ 9

ปล่อยนํ้านํ้าน้อย ในระหว่างการเก็บเกี่ยวมีฝนตก (ปริมาณนํ้าฝนสะสม ในช่วงปักดำถึงก่อนเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 จำนวน 265.2 มม. ช่วงเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มีปริมาณนํ้าฝนสะสม 88.5 มม. และช่วงเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีปริมาณนํ้าฝนสะสม 84.5 มม.) ปริมาณนํ้าในช่องว่างดินจะมีค่าประมาณ 80 % ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่จะเกิดกระบวนการดีไนทริฟิเคชัน ซึ่ง N_2O เป็นผลพลอยได้จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว ทั้งนี้ปล่อยนํ้านํ้าขัง ดินมีสภาพอิ่มตัวหรือนํ้าในช่องว่างดินมีค่าใกล้ 100 % ส่งผลให้ N_2O ถูกวิธีดิวซ์เป็น N_2 เป็นให้ N_2O มีค่าต่ำกว่าปล่อยนํ้านํ้าน้อย

ทั้งนี้ระบบนํ้านํ้าน้อยและระบบนํ้าขัง ปล่อยไนตรัสออกไซด์สะสมตลอดฤดูการปลูกข้าว (อายุข้าว 113 DAT) 4.51 และ 3.16 $\text{kg } N_2O/ha$ และมีค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) 1,352.77 และ 946.78 $\text{kg CO}_2\text{e/ha}$ ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์การปล่อย N_2O ของระบบนํ้านํ้าน้อยสูงกว่า ระบบนํ้าขัง 42.88 % ทั้งนี้ระบบนํ้านํ้าน้อยที่ผ่านผาแดงไม่มีผลต่อการลดการปล่อย N_2O ดังแสดงในภาพที่ 22 และตารางที่ 9



ภาพที่ 21 อัตราการปล่อยไนตรัสออกไซด์รายวันเฉลี่ย จากนาข้าวบนพื้นที่สูง บ้านผานตด



ภาพที่ 22 อัตราการปล่อยไนตรัสออกไซด์สะสม จากนาข้าวบนพื้นที่สูง บ้านผานตด

4.3.2 อัตราการปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์เฉลี่ยรายวันและสะสมจากนาข้าวบ้านแม่สาบนา

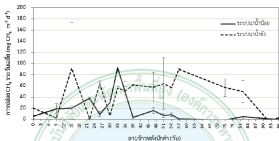
เสนา

การศึกษาละเอียดของการแก๊สข้าวต่อการลดการปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์ จากการดำเนินงานพื้นที่สูง หมู่บ้านแม่สาบนาเสนา ทำการปักดำ ในวันที่ 9 สิงหาคม 2558 - วันที่ 13 พฤศจิกายน 2558 รวม 96 วันหลังปักดำ (DAT) หรือ 137 วันหลังหว่าน (DAS) การแก๊สข้าวต้นนึ่งการ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 เมื่ออายุข้าว 27 DAT และ ครั้งที่ 2 เมื่ออายุข้าว 48 DAT นานครั้งละ 14 วัน โดยตลอดการเพาะปลูกมีการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของมีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) รวมทั้งหมด 17 ครั้ง ดังผลการวิจัยต่อไปนี้

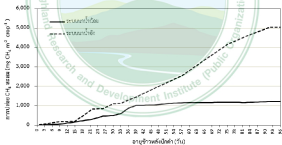
4.3.2.1 อัตราการปล่อยมีเทนเฉลี่ยรายวันและสะสม

ตลอดการเพาะปลูก 96 วัน มีค่าการปล่อยมีเทน รายวันเฉลี่ย 17.98 ± 1.37 และ $43.12 \pm 5.51 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{day}$ ในระบบน่าน้ำน้อยและระบบน่าน้ำขัง ($p < 0.05$) ตามลำดับ ถึงแม้ปักดำถึงก่อนแก๊สข้าวครั้งที่ 1 (อายุข้าวระหว่าง 0-26 DAT) มีค่าการปล่อย CH_4 รายวันเฉลี่ย 20.87 ± 6.71 และ $28.90 \pm 21.44 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{day}$ ($p > 0.05$) ระหว่างการแก๊สข้าวครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 (อายุข้าวระหว่าง 27-40 DAT และ 48-61 DAT) ระบบน่าน้ำน้อยกับระบบน่าน้ำขัง มีค่าการปล่อย CH_4 รายวันเฉลี่ย 36.87 ± 16.07 และ $48.06 \pm 10.59 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{day}$ ($p > 0.05$) กับ 5.57 ± 2.26 และ $70.47 \pm 9.81 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{day}$ ($p < 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 23 และตารางที่ 9 การปล่อยมีเทนตั้งแต่ปักดำถึงก่อนแก๊สข้าวครั้งที่ 1 และการแก๊สข้าวครั้งที่ 1 ระบบน่าน้ำน้อยไม่แตกต่างกับระบบน่าน้ำขัง ($p > 0.05$) แต่ในช่วงแก๊สข้าวครั้งที่ 2 ระบบน่าน้ำน้อยมีค่าการปล่อยมีเทนน้อยกว่าระบบน่าน้ำขังอย่างชัดเจน ($p < 0.05$) โดยในแต่ละช่วงมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยนี้ ในช่วงปักดำถึงก่อนแก๊สข้าวครั้งที่ 1 จำนวน 99.76 มม. ช่วงแก๊สข้าวครั้งที่ 1 มีปริมาณน้ำฝนสะสม 56.03 มม. และช่วงแก๊สข้าวครั้งที่ 2 มีปริมาณน้ำฝนสะสม 24.82 มม.

ตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก 96 DAT มีค่าการปล่อยมีเทนสะสม 12.20 และ $50.41 \text{ kg CH}_4/\text{ha}$ และค่าศักยภาพการปล่อยให้โลกร้อน (GWP) 256.215 และ $1,058.60 \text{ kg CO}_2 \text{ eq/ha}$ ในระบบน่าน้ำน้อยและระบบน่าน้ำขัง ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างระบบน่าน้ำน้อยและระบบน่าน้ำขังพบว่าตลอดการเพาะปลูกข้าวเมื่อมีการแก๊สข้าวส่งผลให้สามารถลดค่าการปล่อยมีเทน 75.80% เมื่อเทียบกับระบบน่าน้ำขัง ดังแสดงในภาพที่ 24 และตารางที่ 9



ภาพที่ 23 อัตราการปล่อยมีเทนรายวันเฉลี่ย จากนาข้าวบนพื้นที่สูง บ้านแม่สาขานาเลา



ภาพที่ 24 อัตราการปล่อยมีเทนสะสม จากนาข้าวบนพื้นที่สูงบ้านแม่สาขานาเลา

4.3.2.2 อัตราการปล่อยไนโตรเจนออกไซด์เฉลี่ยรายวันและระยะ

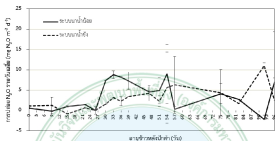
ตลอดการเพาะปลูก 96 วัน มีค่าการปล่อย N_2O รายวันเฉลี่ย 3.82 ± 0.51 และ 2.99 ± 0.39 $mg\ N_2O/m^2/day$ ในระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าซัง ($p > 0.05$) ตามลำดับ

ตั้งแต่ปักดำถึงก่อนเก็บเกี่ยวข้าวครั้งที่ 1 (อายุข้าวระหว่าง 0-26 DAT) มีค่าการปล่อย N_2O รายวันเฉลี่ย 0.72 ± 0.35 และ 0.54 ± 0.48 $mg\ N_2O/m^2/day$ ($p > 0.05$)

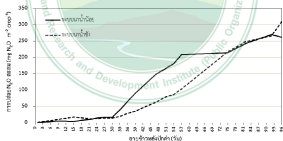
ระหว่างการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 (อายุข้าวระหว่าง 27-40 DAT และ 48-61 DAT) ระบบนํ้าน้อยกับระบบนํ้าซัง มีค่าการปล่อย N_2O รายวันเฉลี่ย 6.35 ± 1.61 และ 2.11 ± 0.60 $mg\ N_2O/m^2/day$ ($p < 0.05$) กับ 4.75 ± 2.52 และ 4.74 ± 1.27 $mg\ N_2O/m^2/day$ ($p > 0.05$) ซึ่งการปล่อย N_2O จากการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ปักดำถึงก่อนเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 ในระบบนํ้าน้อยค่าไม่แตกต่างกับระบบนํ้าซัง ($p > 0.05$) เมื่อมีการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 ค่าการปล่อย N_2O เฉลี่ยรายวันของระบบนํ้าน้อยมีแนวโน้มสูงกว่าระบบนํ้าซังอย่างชัดเจน ($p < 0.05$) แต่ในช่วงเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ค่าการปล่อย N_2O ของระบบนํ้าน้อยมากกว่าระบบนํ้าซังในช่วงแรกแล้วมีค่าน้อยกว่าแปลงนํ้าซังในช่วงหลังที่มีการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้ค่าการปล่อย N_2O ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 25 และตารางที่ 9

โดยในแต่ละช่วงมีปริมาณน้ำฝนสะสมดังนี้ ในช่วงปักดำถึงก่อนเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 จำนวน 99.76 มม. ช่วงเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มีปริมาณน้ำฝนสะสม 56.03 มม. และช่วงเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีปริมาณน้ำฝนสะสม 24.82 มม.

ดังนั้นระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าซัง ปล่อยไนโตรเจนออกไซด์สะสมตลอดฤดูการปลูกข้าว (96 DAT) 2.69 และ 3.13 $kg\ N_2O/ha$ และมีค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) 832.58 และ 969.41 $kg\ CO_2\ eq/ha$ ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์การปล่อย N_2O ของระบบนํ้าน้อยสูงกว่า ระบบนํ้าซัง 14.12 % ดังแสดงในภาพที่ 26 และตารางที่ 9



ภาพที่ 25 อัตราการปล่อยไนโตรเจนออกไซด์รายวันเฉลี่ย จากงานสำรวจบนพื้นที่สูง บ้านแม่สาบนานา



ภาพที่ 26 อัตราการปล่อยไนโตรเจนออกไซด์สะสม จากงานสำรวจบนพื้นที่สูง บ้านแม่สาบนานา

ตารางที่ 9 อัตราการปล่อย N_2O และ CH_4 เฉลี่ยรายวันและสะสม สักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) และ ประสิทธิภาพลดการปล่อย N_2O และ CH_4 จากนาข้าวบนพื้นที่สูงด้วยระบบนาข้าวเปียก

ตัวแปร	หน่วย	บ้านหมาก		บ้านเสียวนาเก่า	
		ระบบ นาข้าวเปียก	ระบบ นาข้าวแห้ง	ระบบ นาข้าวเปียก	ระบบ นาข้าวแห้ง
การปล่อย CH_4 เฉลี่ยรายวัน	$mg\ CH_4/m^2/day$	350.93 ± 50.80	401.83 ± 71.38	$17.98 \pm 1.37^*$	$43.12 \pm 5.51^*$
การปล่อย CH_4 สะสม	$kg\ CH_4/ha$	473.12	515.12	12.20	50.41
GWP_{CH_4}	$kg\ CO_2\ eq/ha$	9,935.59	10,817.78	256.15	1,058.60
ประสิทธิภาพการลด CH_4 และ GWP_{CH_4}	% ต่อฤดู	8.16	-	75.88	-
การปล่อย N_2O เฉลี่ยรายวัน	$mg\ N_2O/m^2/day$	3.29 ± 1.11	2.21 ± 1.08	3.82 ± 0.51	2.99 ± 0.39
การปล่อย N_2O สะสม	$kg\ N_2O/ha$	4.51	3.16	2.69	3.13
GWP_{N_2O}	$kg\ CO_2\ eq/ha$	1,352.77	946.78	832.58	969.41
ประสิทธิภาพการลด N_2O และ GWP_{N_2O}	% ต่อฤดู	0.00	-	16.11	-
GWP_{total}	$kg\ CO_2\ eq/ha$	11,288.36	11,764.56	1,208.10	2,028.02
ประสิทธิภาพการลด GWP_{total}	% ต่อฤดู	4.05	-	46.32	-

หมายเหตุ: ค่าตัวหนา คือ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ เครื่องหมาย * แสดงถึง ค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีทดลองมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ไม่ต่างกับค่าเฉลี่ยต้นฤดู ($p < 0.05$)

4.3.3 ศักยภาพการทำให้โลกร้อนต่อผลผลิต (Yield-scaled global warming potential)

ศักยภาพการทำให้โลกร้อนต่อผลผลิต (Yield-scaled GWP เช่น $\text{kg CO}_2 \text{ eq /grain yield}$) คือ ปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีเทนและไนตรัสออกไซด์ ในหน่วยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนกับปริมาณผลผลิต เป็นตัวชี้วัดที่รายงานประกอบกับค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อนต่อพื้นที่ (Area-scaled GWP เช่น $\text{kg CO}_2 \text{ eq/ha}$) โดยค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อนต่อผลผลิตนี้มีมาตรฐาน (standard value) แต่จะให้ภาพการเปรียบเทียบเชิงสัมพัทธ์ระหว่างวิธีการจัดการเขตกรรมในสภาพนา เช่น ระบบน้ำน้อยและระบบน้ำขัง หรือเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ตีพิมพ์แล้วก่อนหน้านี้ในการประเมินผลกระทบที่คล้ายคลึงกัน ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นสารสนเทศประกอบการพิจารณาตัดสินใจหรืออภิปรายประสิทธิภาพของวิธีการผลิตข้าวที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษาครั้งนี้ ระบบน้ำน้อย มีค่าต่ำกว่า ระบบน้ำขัง โดยแปลงนาบ้านผาแดง มีค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อนต่อผลผลิต เท่ากับ 1.95 และ 2.22 $\text{kg CO}_2 \text{ eq/kg}$ และแปลงนาบ้านแม่สาบนาเส้า มีค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อนต่อผลผลิต เท่ากับ 0.27 และ 0.51 $\text{kg CO}_2 \text{ eq/kg}$

เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานผลการวิจัยของ Tarlera et al. (2016) พบว่า วิธีการปลูกข้าวแบบใช้น้ำตลอดฤดูปลูกเฉพาะปลูก และ แบบเปียกสลับแห้ง (AWD) มีค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อนต่อผลผลิตระหว่าง 0.47-0.65 และ 0.24-0.35 $\text{kg CO}_2 \text{ eq/kg}$ ตามลำดับ

ศักยภาพการทำให้โลกร้อนต่อผลผลิต ใช้ในการเปรียบเทียบอัตราการผลิตก๊าซเรือนกระจกที่ผันแปรตามพันธุ์ข้าว ยกตัวอย่างเช่น ข้าวสายพันธุ์ japonica และ indica มีค่า yield-scaled GWP เท่ากับ 0.71 และ 1.15 $\text{kg CO}_2 \text{ eq/kg}$ ในขณะที่ ค่าประมาณ yield-scaled GWP จากการผลิตข้าวทั้งโลกและข้าวไร่ มีค่า 0.66 และ 0.77 $\text{kg CO}_2 \text{ eq/kg}$ ตามลำดับ (Zheng et al., 2013)

จากการวิจัยเท่าที่นี้บ่งชี้ว่าความแตกต่างของสายพันธุ์ข้าวมีผลต่อการเคลื่อนย้ายก๊าซเรือนกระจกจากดินสู่ชั้นบรรยากาศ ในงานวิจัยนี้ ลักษณะประจำพันธุ์พันธุ์ข้าวพันธุ์อีกามีขนาดลำต้นและความสูงมากกว่าข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ซึ่งมีเทนและไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะถูกปล่อยสู่บรรยากาศได้มากกว่า โดยผ่านโพรงอากาศในลำต้นของข้าว (aerenchymal) ที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังผลการวิจัยในหัวข้อ 4.3

4.4 ปริมาณการส่งน้ำ ความผันแปรระดับน้ำในแปลงนา และประสิทธิภาพเชิงเปรียบเทียบระหว่างระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าขัง

4.4.1 ปริมาณการส่งน้ำ

แปลงนาที่บ้านผาแตก ระบบนํ้าน้อยส่งน้ำทั้งหมด 8 ครั้ง รวมปริมาณน้ำส่ง 338.0 มม. หรือ 540.8 ลบ.ม./ไร่ มากกว่า ระบบนํ้าขัง ที่ส่งน้ำทั้งหมด 3 ครั้ง รวมปริมาณน้ำส่ง 108.2 มม. หรือ 172.8 ลบ.ม./ไร่ โดยระบบนํ้าน้อยส่งน้ำมากกว่าระบบนํ้าขัง 212.96 % ดังรายละเอียดในภาพที่ 11 และ ตารางที่ 10

ส่วนแปลงนาที่บ้านแม่สุกนาเก่า ระบบนํ้าน้อยส่งน้ำทั้งหมด 18 ครั้ง รวมปริมาณน้ำส่ง 901.4 มม. หรือ 1,442.33 ลบ.ม./ไร่ มากกว่า ระบบนํ้าขัง ที่ส่งน้ำทั้งหมด 25 ครั้ง รวมปริมาณน้ำส่ง 2,046.19 มม. หรือ 3,273.90 ลบ.ม./ไร่ โดยระบบนํ้าน้อยส่งน้ำน้อยกว่าระบบนํ้าขัง 55.95 % ดังรายละเอียดในภาพที่ 12 และตารางที่ 10

สาเหตุที่แปลงข้าวหน้านํ้าน้อยส่งน้ำมากกว่าแปลงข้าวหน้านํ้าขังนั้นเป็นเพราะว่า มีอัตราการรั่วซึมด้านข้าง (seepage) สูงมาก จากลักษณะที่ตั้งของแปลงนํ้าน้อยเป็นชั้นบันไดที่อยู่สูงกว่าแปลงนาด้านล่าง น้ำจึงไหลซึมด้านข้างลงตามแรงดึงดูดของโลก อย่างไรก็ตามปริมาณการส่งน้ำระหว่างแปลงนาบ้านผาแตกมีค่าน้อยกว่าบ้านแม่สุกนาเก่าก็เนื่องด้วยฝนตกชุกที่บ้านผาแตก อนึ่งในการทดลองนี้การนำส่งเข้าแปลงนาจะกระทำที่ต่อเมื่อระดับน้ำในแปลงนาค่ำกว่าที่กำหนดไว้ ปริมาณการส่งน้ำที่ผันแปรไปจึงขึ้นอยู่กับ ปริมาณน้ำที่เดินเข้าสู่แปลง ได้แก่ ฝนใช้การ น้ำที่ซึมลึก น้ำที่ซึมด้านข้างจากแปลงนาที่อยู่สูงกว่า และปริมาณน้ำที่สูญเสียออกจากแปลงนา ได้แก่ การคายระเหยของข้าว การซึมลึกและซึมด้านข้าง ดังนั้นค่าการส่งน้ำนี้ จึงเป็นไปตามความจริงในสถานการณ์

ตารางที่ 10 ปริมาณการส่งน้ำเพื่อการปลูกข้าว แปลงนาบ้านผานคและบ้านแม่สาหรานา

วิธี ปลูกข้าว	แปลงนาบ้านผานค				แปลงนาบ้านแม่สาหรานา			
	ณ.	สพ.ม./ เฮกตาร์	สพ.ม./ ไร่	ความ แตกต่าง (%)	ณ.	สพ.ม./ เฮกตาร์	สพ.ม./ ไร่	ความ แตกต่าง (%)
ระบบ นํานํ้าขย	338.0	3,379.98	540.80	212.96	901.43	9,014.33	1,442.33	-55.95
ระบบ นํานํ้าข้ง	108.0	1,080.0	172.80	-	2,046.19	20,461.87	3,273.90	-

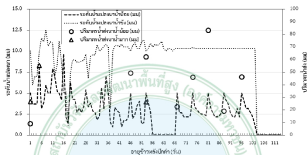
หมายเหตุ ความแตกต่าง (%) หมายถึง เปอร์เซ็นต์การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของตัวแปรในระบบนํานํ้าขย
เมื่อเปรียบเทียบกับระบบนํานํ้าข้ง

4.4.2 ความผันแปรของระดับน้ำในแปลงนา

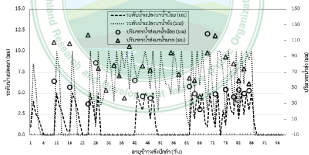
ที่บ้านผานค ระดับน้ำในแปลงของระบบนํานํ้าขยมีความผันแปรค่อนข้างสูง เพราะการ
สูญเสียน้ำจากการซึมลึกและการซึมผ่านข้าง และระดับน้ำในแปลงลดลงมากกว่าแปลงนํานํ้าข้ง จึงต้องส่ง
น้ำให้บ่อยครั้ง ในขณะที่ระดับน้ำของระบบนํานํ้าข้ง ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า เนื่องจากสภาพพื้นที่อยู่ต่ำ
กว่าไม่เกิดการรั่วซึมด้านข้าง และได้รับน้ำจากแปลงนาด้านบนจากการซึมผ่านขึ้นดิน (ภาพที่ 11)

ที่บ้านแม่สาหรานา ระดับน้ำในแปลงของระบบนํานํ้าขยและระบบนํานํ้าข้ง เป็นไปใน
ทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ระดับน้ำเหนือพื้นดินนา ค่อยๆ ลดระดับลง หลังจากส่งน้ำเข้าแปลงนา (ภาพที่ 12)

เมื่อพิจารณาจากระดับน้ำช่วงการแก้งข้าว ที่บ้านผานค ระหว่างแก้งข้าวครั้งที่ 1 วันที่ 18 -
31 สิงหาคม 2558 (31-44 DAT) ระดับน้ำในแปลงนํานํ้าขยไม่ลดลงโดยอยู่สูงกว่าระดับรากข้าว และใน
ระหว่างแก้งข้าวครั้งที่ 2 วันที่ 8 - 21 กันยายน 2558 (52-65 DAT) ระดับน้ำลดลงเท่ากับระดับพื้นดิน แต่
ระดับน้ำยังคงไม่ลดต่ำลงเลยระดับรากข้าว ทั้งนี้ระดับน้ำระหว่างการแก้งข้าวไม่ลดลงเนื่องจากฝนตกระหว่าง
แก้งข้าว ครั้งที่ 1 สะสมรวม 88.5 มม. และ แก้งข้าว ครั้งที่ 2 สะสมรวม 84.5 มม. ส่วนที่บ้านแม่สาหรานา
ระดับน้ำช่วงการแก้งข้าวแปลงนํานํ้าขยมีน้ำขัง ระดับลดลงตามแนวทิศทางแก้งข้าว โดยมีระดับน้ำลด
ต่ำลงกว่าระดับรากข้าว ภายใน 14 วัน แม้ว่าฝนตกระหว่างแก้งข้าว ครั้งที่ 1 วันที่ 4 - 17 กันยายน 2558
มีปริมาณน้ำฝนสะสม 65.5 มม. และ แก้งข้าว ครั้งที่ 2 วันที่ 26 กันยายน - 8 ตุลาคม 2558 มีปริมาณน้ำฝน
สะสม 67.0 มม. แต่สภาพแปลงนาไม่ได้รับอิทธิพลจากน้ำซึมผ่านข้าง ดังเช่นที่แปลงนาบ้านผานค



ภาพที่ 11 ปริมาณการส่งน้ำและความผันแปรของระดับน้ำในแปลงนา ที่บ้านผานตด



ภาพที่ 12 ปริมาณการส่งน้ำและความผันแปรของระดับน้ำในแปลงนา ที่บ้านแม่สาขนาเสา

4.4.3 ความต้องการน้ำในการปลูกข้าว

ความต้องการน้ำในการปลูกข้าว ซึ่งเป็นผลรวมของ น้ำเติมแปลง ระดับน้ำในแปลงนา การรั่วซึมลงสู่ดินชั้นล่าง และ การคายระเหยของพืช ที่การปลูกข้าวด้วยระบบนําน้ำน้อยและนําน้ำหัง มีค่า 1,290.78 และ 1,061.01 มม./เดือน สำหรับแปลงบ้านผาแตก และ 1,028.18 และ 1,201.05 มม./เดือน สำหรับแปลงนาบ้านแม่สาขานาเสา

โดยแปลงนําน้ำน้อยที่บ้านผาแตก มีค่าความต้องการใช้น้ำในการปลูกข้าวมากกว่าแปลงนําน้ำหัง 17.80 % เนื่องจากมีระดับในแปลงนา ที่ได้รับจากการฝนน้ำ เพื่อรักษาระดับการกักซึ่งในแปลงนาให้มีระดับความสูง 5 ซม. เกษียณที่ดิน พลเกษตรการวิจัย ส่วนที่บ้านแม่สาขานาเสา แปลงนําน้ำน้อยมีความต้องการน้ำในการปลูกข้าวน้อยกว่าแปลงนําน้ำหัง -16.81 %

โดยฝนใช้การ ที่บ้านผาแตกและที่บ้านแม่สาขานาเสา มีค่า 564.24 และ 520.35 มม.ต่อฤดูเพาะปลูก

เมื่อคำนวณส่วนต่างการใช้น้ำในการปลูกข้าว-ฝนใช้การ พบว่า ที่บ้านผาแตกแปลงนํานําน้ำน้อยมีค่าการใช้น้ำมากกว่าแปลงนําน้ำหัง 32.33 % ในขณะที่บ้านแม่สาขานาเสา แปลงนํานําน้ำน้อยมีค่าการใช้น้ำน้อยกว่าแปลงนําน้ำหัง 34.04 %

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความต้องการน้ำหรือค่าการส่งน้ำชลประทานของกรมชลประทาน มีค่า 1,200 ลบ.ม./ไร่ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ที่ส่งน้ำเข้าแปลงนํานําน้ำน้อยและแปลงนําน้ำหัง 1,170.47 และ 802.83 ลบ.ม./ไร่ สำหรับบ้านผาแตก และ 812.52 และ 1,089.12 ลบ.ม./ไร่ สำหรับบ้านแม่สาขานาเสา

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาวิจัยในพื้นที่และกรมวิทย์คลองพิริยวง ที่ดำเนินการวิจัยในปี พ.ศ. 2557 พบว่า แปลงนาที่บ้านแม่สาขานาเสา ระบบนํานําน้ำน้อย และระบบนํานําน้ำหัง ใช้น้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก 720.6 และ 1,111.5 ลบ.ม./ไร่ ในขณะที่ แปลงนาที่บ้านผาแตก ระบบนํานําน้ำน้อย และระบบนํานําน้ำหัง ใช้น้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก 555.5 และ 895.4 ลบ.ม./ไร่ ดังรายละเอียดตารางที่ 13

4.4.4 อัตราผลผลิตน้ำ (water productivity)

แปลงนาที่บ้านผาแตก อัตราผลผลิตน้ำ ของระบบนํ้าน้อย (1,266.13 ลบ. ม./ตันผลผลิต) มีค่ามากกว่า ระบบนํ้าขัง (945.41 ลบ.ม./ตันผลผลิต) 25.33 %

ในขณะที่แปลงนาบ้านแม่สาหรานาเกา อัตราผลผลิตน้ำ ของระบบนํ้าน้อย (1,137.48 ลบ. ม./ตันผลผลิต) มีค่าน้อยกว่า ระบบนํ้าขัง (1,695.78 ลบ.ม./ตันผลผลิต) 49.08 % ดังรายละเอียดตารางที่ 13

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Tarlera et al. (2016) พบว่า วิธีการปลูกข้าวแบบขังน้ำ ตลอดจนฤดูกาลเพาะปลูก และ แอมบิเอนท์สแอฟท์ (AWD) มีค่าอัตราผลผลิตน้ำ ระหว่าง 619.40-1,003.31 และ 531.14-506.55 ลบ.ม./ตันผลผลิต ตามลำดับ

4.4.5 ค่าการใช้น้ำและรอยเท้าฟุตพริ้นท์ (consumptive water use and water footprint)

ค่าการใช้น้ำของพืชจากการคายระเหย จากน้ำฝน (CWU_{green}) จากน้ำชลประทานในลำเหมือง (CWU_{blue}) และ ผลรวมทั้งหมด (CWU_{total}) มีค่า 5,642.83 107.00 และ 5,749.83 ลบ.ม./เฮกตาร์ สำหรับบ้านผาแตก และ 5,143.09 0.00 และ 5,143.09 ลบ.ม./เฮกตาร์ สำหรับบ้านแม่สาหรานาเกา ดังตารางที่ 13

เมื่อประเมินค่ารอยเท้าฟุตพริ้นท์ (ค่าการใช้น้ำของข้าวจากการคายระเหยต่อผลผลิต) พบว่า รอยเท้าฟุตพริ้นท์ของแปลงนํ้าน้อย (995.16 ลบ.ม./ตันผลผลิต) มีค่าน้อยกว่าแปลงนํ้าขัง (1,083.36 ลบ.ม./ตันผลผลิต) 8.85 % สำหรับบ้านผาแตกและที่บ้านแม่สาหรานาเกา รอยเท้าฟุตพริ้นท์ของแปลงนํ้าน้อย (1,152.00 ลบ.ม./ตันผลผลิต) มีค่าน้อยกว่า แปลงนํ้าขัง (1,281.26 ลบ.ม./ตันผลผลิต) 11.22 % ดังตารางที่ 13

ทั้งนี้ค่ารอยเท้าฟุตพริ้นท์ที่กินที่ใช้น้ำฝนคิดเป็นสัดส่วนมากกว่ารอยเท้าฟุตพริ้นท์จากที่ใช้น้ำชลประทานจากลำเหมือง

การศึกษาก่อนหน้านี้ของประเทศไทย Gheewala et al. (2014) รายงานค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชจากการคายระเหย จากน้ำฝน (CWU_{green}) จากน้ำชลประทานในลำเหมือง (CWU_{blue}) และ ผลรวมทั้งหมด (CWU_{total}) มีค่า 4,079 1,275 และ 5,354 ลบ.ม./เฮกตาร์ หรือ พิสัย 4,876–5,570 ลบ.ม./เฮกตาร์ และมีค่า รอยเท้าฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 2,005 ลบ.ม./ตันผลผลิต หรือ พิสัย 1,224–2,581 ลบ.ม./ตันผลผลิต

ตารางที่ 13 ปริมาณการใช้น้ำในการปลูกข้าวและประสิทธิผลการใช้น้ำ ได้แก่ ศักยภาพการทำให้ได้ประโยชน์ต่อผลผลิต อัตราผลผลิตน้ำ การใช้น้ำจากการคายระเหย (CWU) และรอยเตอร์ฟุตพริ้นท์ (water footprint)

ดัชนี	หน่วย	บ้านหมากเม็ก			บ้านเมฆาเมฆา		
		ระบบ น่านน้ำน้อย	ระบบ น่านน้ำสูง	%ความ แตกต่าง	ระบบ น่านน้ำน้อย	ระบบ น่านน้ำสูง	%ความ แตกต่าง
ปริมาณความ ต้องการน้ำในการ ปลูกข้าว	ลบ./เฮกตาร์	1,290.78	1,061.01	17.80	1,028.18	1,203.05	-16.81
ฝนใช้การ	ลบ./เฮกตาร์	564.24	564.24		520.35	520.35	
ปริมาณการใช้น้ำ ตลอดการข้าว	ลบ./เฮกตาร์	741.54	501.77	32.33	507.83	680.70	-34.04
ผลผลิต	ตัน/เฮกตาร์	5.78	5.31	8.14	4.46	4.01	10.09
GWP	ตัน	11.29	11.76	-4.22	1.21	2.03	-67.87
คาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า/เฮกตาร์	ตัน	0.51	0.45	11.86	3.70	1.98	46.44
อัตราผลผลิตน้ำ	ลบ.ม./ตันผลผลิต	1,266.13	945.41	25.33	1,137.68	1,695.78	-49.08
CWU _{green}	ลบ.ม./ตันผลผลิต	5,642.83	5,642.83	0.00	5,143.09	5,143.09	0.00
CWU _{blue}	ลบ.ม./ตันผลผลิต	107.00	107.00	0.00			
CWU _{total}	ลบ.ม./ตันผลผลิต	5,749.83	5,749.83	0.00	5,143.09	5,143.09	0.00
WF _{green}	ลบ.ม./ตันผลผลิต	976.56	1,063.20	-8.87	1,152.00	1,281.26	-11.22
WF _{blue}	ลบ.ม./ตันผลผลิต	18.60	20.16	-8.90			
WF _{total}	ลบ.ม./ตันผลผลิต	995.16	1,083.36	-8.86	1,152.00	1,281.26	-11.22

หมายเหตุ: %ความแตกต่าง: หมายความว่า เปอร์เซ็นต์การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของตัวแปรในระบบน่านน้ำน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับระบบน่านน้ำสูง

4.5 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

4.5.1 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของแปลงนาบ้านผาแดง

ผลผลิตข้าวพันธุ์สีจากแปลงนาบ้านผาแดง พบว่า ระบบน่าน้ำน้อยให้ผลผลิตมากกว่าระบบน่าน้ำขัง อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 924.45 ± 119.0 และ 849.18 ± 64.2 กิโลกรัม/ไร่ (5.78 ± 0.7 และ 5.31 ± 0.4 ตัน/นอกลด) ตามลำดับ ทั้งนี้ระบบน่าน้ำน้อยให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าระบบน่าน้ำขัง 8.85 % (พิสัย 14.19 - 2.65 %) นอกจากนี้ ผลการศึกษาองค์ประกอบผลผลิต พบว่า จำนวนรวง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด น้ำหนักเมล็ดดี และ น้ำหนักของข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด ระบบน่าน้ำน้อยมีความแตกต่างจากระบบน่าน้ำขัง อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังรายละเอียดในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของแปลงนาบ้านผาแดง

ตัวแปร	หน่วย	WSS เฉลี่ย±SD	CFS เฉลี่ย±SD	ความแตกต่าง (%)		
				สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด
ผลผลิต*	กิโลกรัม/ไร่	924.45 ± 119.0	849.18 ± 64.2	14.19	8.85	2.65
ผลผลิต*	ตัน/นอกลด	5.78 ± 0.74	5.31 ± 0.4	14.19	8.85	2.65
น้ำหนักของข้าวเปลือกเมล็ด*	กรัม/16 กอ	577.78 ± 74.37	530.74 ± 90.14	14.24	8.86	2.61
จำนวนรวง*	รวง/กอ	11.27 ± 2.25	9.43 ± 1.94	18.91	19.51	20.43
น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด*	กรัม/กอ	37.76 ± 4.37	34.09 ± 2.8	14.20	10.77	6.71
น้ำหนักเมล็ดดี*	กรัม/กอ	36.11 ± 4.65	33.17 ± 2.51	14.24	8.86	2.61
น้ำหนักเมล็ดสี*	กรัม/กอ	1.65 ± 1.59	0.92 ± 0.84	84.09	79.35	-25.00
น้ำหนักของข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด*	กรัม	33.04 ± 2.31	30.92 ± 3.31	9.68	6.86	3.78

หมายเหตุ WSS คือ ระบบน่าน้ำน้อย (water-saving system) CFS คือ ระบบน่าน้ำขัง (continuous flooding system)

* หมายถึง ค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีทดลองมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ความแตกต่าง (%) คำนวณจากการเปรียบเทียบระบบน่าน้ำขัง และ พื้นที่ 1 ตารางเมตร ปุ๋ยข้าวระยะระหว่างแถวและคัน 0.25 เมตร จะมีข้าว 16 กอ

4.5.2 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของแปลงนาบ้านแม่สาขานาเสา

ผลผลิตข้าวสันป่าตอง 1 จากแปลงนาบ้านแม่สาขานาเสา พบว่า ระบบน่าน้ำน้อยให้ผลผลิตมากกว่าระบบน่าน้ำจิ่ง อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 737.93 ± 154.94 และ 663.49 ± 145.49 กิโลกรัม/ไร่ (4.46 ± 0.94 และ 4.01 ± 0.88 ตัน/เฮกตาร์) ตามลำดับ ทั้งนี้ระบบน่าน้ำน้อยให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าระบบน่าน้ำจิ่ง 11.22 % (พิสัย 12.55-10.37) นอกจากนี้ ผลการศึกษายังได้เปรียบเทียบพบว่า จำนวนรวง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด และ น้ำหนักเมล็ดดี ของระบบน่าน้ำน้อยมีความแตกต่างจากระบบน่าน้ำจิ่งอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังรายละเอียดในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของแปลงนาบ้านแม่สาขานาเสา

ตัวแปร	หน่วย	WSS เฉลี่ย±SD	CFS เฉลี่ย±SD	ความแตกต่าง (%)		
				สูงสุด	เฉลี่ย	ต่ำสุด
ผลผลิต*	กิโลกรัม/ไร่	737.93 ± 154.94	663.49 ± 145.49	10.37	11.22	12.55
ผลผลิต*	ตัน/เฮกตาร์	4.46 ± 0.94	4.01 ± 0.88	10.37	11.22	12.55
น้ำหนักข้าวเปลือกเมล็ด*	กรัม/16 กอ	446.45 ± 93.74	401.41 ± 88.02	10.37	11.22	12.55
จำนวนรวง*	รวง/กอ	11.38 ± 2.65	11.04 ± 2.26	5.42	3.02	-0.62
น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด*	กรัม/กอ	29.09 ± 5.99	26.4 ± 5.74	9.15	10.20	11.84
น้ำหนักเมล็ดดี*	กรัม/กอ	27.9 ± 5.86	25.09 ± 5.5	10.37	11.22	12.55
น้ำหนักเมล็ดเสีย	กรัม/กอ	1.1 ± 0.53	1.32 ± 0.95	-28.44	-16.75	55.54
น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด	กรัม	29.76 ± 1.24	29.74 ± 1.3	-5.29	0.10	6.69

หมายเหตุ WSS คือ ระบบน่าน้ำน้อย (water-saving system) CFS คือ ระบบนาเปีย (continuous flooding system)

* หมายถึง ค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีทดลองมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ความแตกต่าง (%) คำนวณจากการเปรียบเทียบระบบน่าน้ำจิ่ง และ พื้นที่ 1 ตารางเมตร ปฏิกิริยาระหว่างผลและดิน 0.25 เมตร จะมีข้าว 16 กอ

4.6 สัมมนาวิทยา มวลชีวภาพ และอัตราการเจริญเติบโต

4.6.1 สัมมนาวิทยา มวลชีวภาพ และอัตราการเจริญเติบโตของข้าว แปลงนาบ้านผาแตก

อิทธิพลของการแก่กล้าข้าวที่ส่งผลให้อัตราการสะสมมวลชีวภาพสุทธิของระบบนํ้าน้อย (13.18±1.22 กรัม/ตร.ซม./วัน) มีค่าสูงกว่าระบบนํ้าจิ่ง (12.89±0.94 กรัม/ตร.ซม./วัน) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ดังรายละเอียดในตารางที่ 16

ต้นข้าวที่ปลูก ด้วยระบบนํ้าน้อยและนํ้าจิ่ง ณ บ้านผาแตก ในระยะแตกกอ พบว่า ความสูงต้นข้าว จำนวนต้นตอ ความยาวรากจากโคนต้นถึงปลายราก ความยาวรากทั้งหมด มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน น้ำหนักรากแห้ง ดัชนีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน น้ำหนักรากต่อปริมาณคาร์บอน ความหนาแน่นของราก มีค่าเฉลี่ยระหว่างระบบนํ้าน้อยกับระบบนํ้าจิ่งไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ยกเว้น ดัชนีพื้นที่ใบและพื้นที่ใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในระยะออกดอก ความสูงต้นข้าว ความยาวรากจากโคนต้นถึงปลายราก พื้นที่ทรงกลม ดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบ ค่าเฉลี่ยระหว่างระบบนํ้าน้อยกับระบบนํ้าจิ่ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ส่วนตัวแปรอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ($p>0.05$) และในระยะสุกแก่ ความสูงต้นข้าว มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน น้ำหนักรากแห้ง และ น้ำหนักรากต่อปริมาณคาร์บอน พบว่า ค่าเฉลี่ยระหว่างระบบนํ้าน้อยกับระบบนํ้าจิ่งไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบตามระยะการเจริญเติบโต แตกกอ ตอกบาน-ผสมเกสร และสุกแก่ ของระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าจิ่ง ได้แก่ ความสูงต้นข้าว จำนวนต้นตอ ความยาวรากจากโคนต้นถึงปลายราก ความยาวรากทั้งหมด มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน น้ำหนักรากแห้ง ดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบ ดัชนีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน น้ำหนักรากต่อปริมาณคาร์บอน และความหนาแน่นของราก มีความแตกต่างกันในระยะการเจริญเติบโต อย่างน้อย 1 คู่ ($p<0.05$) ดังรายละเอียดในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 พื้นฐานวิทยาศาสตร์การ มวลชีวภาพ และอัตราการเจริญเติบโต ของข้าวที่ปลูก ณ บ้านหมาก

ตัวแปร	หน่วย	ระยะแตกกอ				ระยะออกดอก-สุกแก่				ระยะสุกแก่			
		WSS		CFS		WSS		CFS		WSS		CFS	
		เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD
ความสูง	ซม.	79.34 ^a	6.48	76.06 ^a	10.47	141.92 ^a	12.53	154.67 ^{ab}	13.31	162.95 ^c	8.77	158.67 ^a	16.65
จำนวนต้น	ต้น/กอ	11.50 ^a	3.63	12.33 ^a	5.53	17.17 ^b	2.95	18.17 ^b	3.56				
จำนวนใบ	ใบ/ต้น					4.34	0.41	4.68	0.50				
ความยาวใบธง	ซม.					43.45	7.03	38.94	6.73				
ความกว้างใบธง	ซม.					1.42	0.08	1.50	0.13				
ความยาวรากจาก โคนต้นถึงปลาย ราก	ซม.	27.53 ^b	2.39	26.54	2.45	25.99 ^{ab}	2.36	31.63 ^a	4.40	10.57 ^a	1.89	9.67 ^a	0.58
ความยาวราก ทั้งหมด	ซม.	3,104.61 ^b	1,480.65	4,085.08 ^b	1,445.00	9,416.58 ^a	3,324.60	11,614.05 ^a	3,741.71				
มวลชีวภาพส่วน เหนือดิน	กรัม/กอ	5.16 ^a	1.89	5.66 ^a	2.39	71.31 ^c	16.58	73.13 ^c	12.49	36.56 ^b	6.88	33.36 ^b	2.91
น้ำหนักากแห้ง	กรัม/กอ	4.17 ^a	2.11	4.54 ^a	1.84	11.46 ^b	4.46	9.90 ^b	2.49	9.05 ^b	3.30	6.10 ^b	0.80
พื้นที่รากกลุ่ม	ตร.ม.	0.2510 ^a	0.0532	0.1254 ^a	0.0516	0.5744 ^a	0.1945	0.4080 ^{ab}	0.0945				
ดัชนีพื้นที่ใบ	ตร.ม./กอ	1.36 ^a	0.27	0.68 ^a	0.35	4.32 ^{ab}	0.81	5.46 ^{ab}	0.82				

ตัวแปร	หน่วย	ระบบสกรก				ระบบลดผลกระทบ				ระบบฐาน			
		WSS		CFS		WSS		CFS		WSS		CFS	
		เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD
พื้นที่ใบ	ตร.ม.	0.3424 ^a	0.09632	0.0832 ^a	0.0441	2.5090 ^a	0.9546	2.2643 ^a	0.7184				
ดัชนีการซึมภาพ ส่วนเหนือดิน	กรัม/ตร.ม.	80.85 ^a	16.87	87.95 ^a	26.62	183.87 ^a	47.91	237.75 ^a	62.05				
น้ำหนักรากต่อ ปริมาณดิน	กรัม/ตร. ซม.	0.01030 ^a	0.00532	0.01120	0.00469	0.02710 ^a	0.01078	0.02330 ^a	0.00583	0.02140 ^a	0.00790	0.01440	0.00205
ความหนาแน่นของ ราก	ซม./ตร.ซม.	7.65 ^a	3.79	10.00 ^a	3.69	22.27 ^a	7.96	27.39	8.82				
อัตราการ เจริญเติบโต	กรัม/วัน					1.61	0.41	1.65	0.32				
อัตราการสะสม มวลชีวภาพสุทธิ	กรัม/ตร. ซม./วัน					13.18 ^a	0.22	11.89 ^a	0.24				

หมายเหตุ: WSS คือ ระบบน้ำฝิ่น (water-saving system) CFS คือ ระบบน้ำทิ้ง (continuous flooding system) * แสดงถึง ค่าเฉลี่ยและการกระจายตัวของข้อมูลในแต่ละการทดลอง โดยมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ (t-test; p<0.05) อัตราการขยายตัวของลำต้น (ความยาวของลำต้น) และของระบบราก (มวลของรากต่อปริมาณดิน) ของแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ (F-test; p<0.05) และ อัตราการขยายตัวของลำต้น (ความยาวของลำต้น) ของแต่ละการทดลองมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ (t-test; p<0.05)

4.6.2 อื่นฐานวิชา มวลชีวภาพ และอัตราการเจริญเติบโตของข้าว แปลงนาบ้านแม่สาขนาเลา

อิทธิพลของการปลูกข้าว ที่ส่งผลให้อัตราการสะสมมวลชีวภาพสุทธิ ของระบบนาน้ำน้อย (10.32 ± 2.06 กรัม/ตร.ซม./วัน) มีค่าสูงกว่าระบบนาน้ำจิ่ง (8.32 ± 2.49 กรัม/ตร.ซม./วัน) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังรายละเอียดในตารางที่ 17

ต้นข้าวที่ปลูก ด้วยระบบนาน้ำน้อยและนาน้ำจิ่ง ณ บ้านแม่สาขนาเลา ในระยะแตกกอ พบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน น้ำหนักรากแห้ง และ น้ำหนักรากต่อปริมาณดิน มีค่าเฉลี่ยระหว่างระบบนาน้ำน้อยกับระบบนาน้ำจิ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในระยะแตกกอ ความยาวใบอง ความกว้างใบอง ความยาวรากจากโคนต้นถึงปลายราก ความยาวรากทั้งหมด และความหนาแน่นราก มีค่าเฉลี่ยระหว่างระบบนาน้ำน้อยกับระบบนาน้ำจิ่งแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และในระยะสุกแก่ ทุกพารามิเตอร์พบว่า ค่าเฉลี่ยระหว่างระบบนาน้ำน้อยกับระบบนาน้ำจิ่งไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบกับตามระยะการเจริญเติบโต แตกกอ คอกบาน-ผสมเกสร และสุกแก่ ของระบบนาน้ำน้อยและระบบนาน้ำจิ่ง ได้แก่ ความสูงต้นข้าว จำนวนต้นตอก ความยาวรากจากโคนต้นถึงปลายราก ความยาวรากทั้งหมด มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน น้ำหนักรากแห้ง พื้นที่ทรงพุ่ม ดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบ ดัชนีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน น้ำหนักรากต่อปริมาณดิน และความหนาแน่นของราก มีความแตกต่างกันในระยะการเจริญเติบโต อย่างน้อย 1 คู่ ($p < 0.05$) ดังรายละเอียดในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 พื้นฐานวิทยา มวลชีวภาพ และอัตราการเจริญเติบโต ของข้าวปลูก ณ บ้านแม่สายนาเอก

ตัวแปร	หน่วย	ระยะแรก				ระยะย่อยก่อน-หลังการ				ระยะสุ่ม			
		WSS		CFS		WSS		CFS		WSS		CFS	
		เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD
ความสูง	ซม.	48.00 ^A	2.68 ^a	47.58	5.28	110.17 ^d	3.65	112.25	3.72	124.62 ^C	6.23	126.67 ^C	2.08
จำนวนต้น	ต้น/กอ	10.83 ^A	2.44 ^a	9.17	2.21	17.67 ^B	3.92	15.17 ^B	2.62				
จำนวนใบ	ใบ/ต้น					5.40	0.57	5.31	0.69				
ความยาวใบจริง	ซม.					34.53 [*]	3.04	36.68 [*]	2.34				
ความกว้างใบจริง	ซม.					1.45 [*]	0.07	1.38 [*]	0.09				
ความยาวรากจาก โหนดต้นถึงปลายราก	ซม.	5.57 ^A	1.14	6.00 [*]	2.02	18.71 ^{A-C}	1.79	24.92 ^{A-C}	4.91	15.14 ^B	3.76	15.67 ^B	1.53
ความยาวราก ทั้งหมด	ซม.	415.46 ^B	130.89	451.49 [*]	163.30	5,145.78 ^{*B}	1,834.51	9,635.29 ^{*B}	3,107.53				
มวลชีวภาพส่วน เหนือดิน	กรัม/กอ	2.86 ^{*A}	0.77	1.87 ^{*A}	0.51	56.07 ^C	10.18	48.97 ^C	7.80	37.15 ^B	12.53	27.78 ^B	2.96
น้ำหนักรากแห้ง	กรัม/กอ	0.44 ^{*A}	0.10	0.26 ^{*A}	0.06	22.31 ^C	9.43	15.47 ^D	7.76	9.05 ^B	4.08	4.46 ^A	1.08
พื้นที่รากรวม	ตร.ม.	0.0429 ^A	0.0107	0.0514 [*]	0.0137	0.2204 ^B	0.0670	0.2154 ^B	0.0563				

ตัวแปร	หน่วย	ระบบน้ำทิ้ง				ระบบน้ำทิ้ง-ผสมน้ำฝน				ระบบสูบน้ำ			
		WSS		CFS		WSS		CFS		WSS		CFS	
		เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD	เฉลี่ย	SD
ดัชนีพื้นที่รับ	ตร.ม./ตร.ม.	1.13 ^A	0.25	1.06 ^A	0.15	4.17 ^A	0.51	4.01 ^A	0.96				
พื้นที่ใบ	ตร.ม.	0.0479 ^A	0.0167 ^A	0.0535 ^A	0.0161	0.9690 ^B	0.3594	0.9518 ^B	0.3329				
ดัชนีมวลชีวภาพ ส่วนเหนือดิน	กรัม/ตร.ม.	72.21 ^A	12.73	73.50 ^B	29.25	246.70 ^B	97.86	443.06 ^B	321.36				
น้ำหนักรากต่อ ปริมาณดิน	กรัม/ตร.ซม.	0.00100 ^A	0.00022	0.00060 ^A	0.00014	0.05250 ^C	0.02276	0.03670 ^B	0.01850	0.02130 ^B	0.00993	0.01020 ^A	0.00243
ความทนแรงของ ราก	ซม./ตร.ซม.	0.92 ^A	0.29	0.99 ^A	0.36	157.67 ^B	68.21	237.19 ^B	69.87				
อัตราการ เจริญเติบโต	กรัม/วัน					1.36	0.26	1.21	0.20				
อัตราการสะสมมวล ชีวภาพสุทธิ	กรัม/ตร.ซม./ วัน					10.32 ^A	2.06	8.32 ^B	2.49				

หมายเหตุ: WSS คือ ระบบน้ำทิ้ง (water-saving system) CFS คือ ระบบน้ำทิ้ง (conventional flooding system) ^A หมายถึง ค่าเฉลี่ยของค่าการเจริญเติบโตในระบบน้ำทิ้ง มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ (t-test, p<0.05) อีกค่าการเจริญเติบโตของค่าเฉลี่ยของระบบน้ำทิ้ง ในแต่ละระบบการเจริญเติบโต มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ (F-test, p<0.05) และ อีกค่าการเจริญเติบโตของค่าเฉลี่ยของระบบน้ำทิ้ง ในแต่ละระบบการเจริญเติบโต มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ (t-test, p<0.05)

4.7 ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรเจ้าของนา บ้านผาแตกและบ้านแม่สาขานาแล ได้ความว่า ขณะนำปลา เกษะชูอ ปลุกข้าวไว้เพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก หากคิดผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ ราคาข้าวเปลือก ความชื้น 15 % ณ จุดรับซื้อที่แหล่งผลิต วันที่ 8 และ 13 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 พบว่า ข้าวพันธุ์ลูกกา เทียบเคียงราคาผลผลิตข้าวเจ้า ราคาขาย 8,000 บาทต่อตัน และ ข้าวเหนียว กข 6 เทียบเคียงราคาผลผลิต สันป่าตอง 1 ราคาขาย 12,400 บาทต่อตัน (กรมการข้าว, 2559)

ต้นทุนการปลูกข้าว การเตรียมดินใช้ถั่วเขียวเป็นปุ๋ย ในช่วงเกษตรกรที่มีพื้นที่ติดกันและมีความสัมพันธ์เป็นเครือญาติ เฉลี่ยออกค่าน้ำมัน คนละ 300 บาท งบประมาณในการปลูกข้าวใช้วิธีโอนแรง ช่วยเหลือกัน ปัจจัยการผลิต เช่นเมล็ดพันธุ์ ที่บ้านผาแตก ไม่มีค่าใช้จ่ายเนื่องจากพันธุ์ข้าวลูกกา เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมือง ที่ชนเผ่าปกา เกษะชูอ ผลิตได้เอง ส่วนที่บ้านแม่สาขานาแล ซื้อเมล็ดพันธุ์สันป่าตอง 1 ราคา 600 บาท / 20 กิโลกรัม จาก ศูนย์วิจัยข้าวเชียงใหม่ (ด้วยการสนับสนุนจากโครงการวิจัย) อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์ราคา 5 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นต้นทุนค่าเมล็ดพันธุ์คือ 150 บาท/ไร่ การใส่ปุ๋ย ชาวนาทั้งสองพื้นที่ ใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งละ 5 กิโลกรัม ราคาปุ๋ยกิโลกรัมละ 15 บาท รวมราคา 150 บาท และการฉีดยากำจัดเพลี้ย 1 ครั้ง ค่ายาฆ่าแมลง 250 บาท การส่งน้ำเข้าแปลงนาใช้วิธีตักน้ำจากลำเหมืองจากที่ทุ่งลงที่ดำ ไม่มีค่าใช้จ่ายในการสูบน้ำ การเก็บเกี่ยวผลผลิต ใช้วิธีโอนแรง

ดังนั้นรวมต้นทุนการผลิตที่แท้จริง ไม่รวมค่าแรงงาน ค่าเสื่อมราคา ของการปลูกข้าวโดยเกษตรกร บ้านผาแตกและเกษตรกรบ้านแม่สาขานาแล ประมาณ 700 และ 850 บาท/ไร่ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาสัดส่วนต้นทุนการผลิตต่อผลตอบแทน พบว่า การผลิตข้าวที่ได้จากระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าขัง ของแปลงบ้านผาแตก ให้ผลตอบแทนสูงกว่าต้นทุนการผลิต 10.57 และ 9.70 เท่า โดยระบบ นํ้าน้อย ให้สัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนการผลิตมากกว่า ระบบนํ้าขัง 8.97 %

ส่วนแปลงนาบ้านแม่สาขานาแล การปลูกข้าวด้วยระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าขัง ให้ผลตอบแทน สูงกว่าต้นทุนการผลิต 6.95 และ 6.24 เท่า โดยระบบนํ้าน้อย ให้สัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนการผลิต มากกว่า ระบบนํ้าขัง 11.22 % ดังรายละเอียดในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบผลตอบแทนต่อต้นทุนการผลิตข้าวในแปลงทดสอบ ด้วยระบบนํ้าขึ้นลงและระบบ
นํ้าทิ้ง

ตัวแปร	หน่วย	แปลงนํ้าขึ้นลงตามปกติ		แปลงนํ้าขึ้นลงตามปกติ	
		ระบบนํ้าขึ้น	ระบบนํ้าทิ้ง	ระบบนํ้าขึ้น	ระบบนํ้าทิ้ง
ผลผลิตข้าวเปลือก	กิโลกรัม/ไร่	924	849	738	663
ราคาข้าวเปลือก	บาท/ตัน	8,000	8,000	12,400	12,400
ผลตอบแทน	บาท/ไร่	7,396	6,793	5,903	5,308
ต้นทุน	บาท/ไร่	700	700	850	850
B/C		10.57	9.70	6.95	6.24
ความแตกต่างของ B/C	%	8.97	-	11.22	-

หมายเหตุ: ความแตกต่างของ B/C หมายถึง เปอร์เซ็นต์การลดลงหรือเพิ่มขึ้นของตัวแปรในระบบนํ้าขึ้นลงเมื่อเปรียบเทียบกับ
ระบบนํ้าทิ้ง

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 ความผันแปรของอัตราการใช้ปุ๋ย

จากการวิจัยนี้ แปลงนาชั้นบันไดบนพื้นที่สูง ที่ทำนาด้วยระบบนํ้าทิ้ง โดยการส่งน้ำตลอดฤดูเพาะปลูก ที่บ้านผาแดงและบ้านแม่สาบนานาเลา ใช้ปุ๋ยเคมี 51.5 g/m^2 และ 5.04 g/m^2 ในขณะที่แปลงนาและคอง (2556) รายงานว่า นาชั้นบันไดบนพื้นที่สูงมีอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 3.93 $\text{kg}/\text{m}^2/\text{hour}$ หรือ 11,251 g/m^2 Chareonsilp (2000) รายงานว่า ชาวนาชั้นบันไดใช้ปุ๋ยเคมี 9.8 g/m^2 ในขณะที่ค่าการใช้ปุ๋ยเคมีจากนาข้าวของประเทศไทย มีค่า 4-117 g/m^2 ต่อฤดูการเพาะปลูก (IPCC, 1997) นอกจากนี้ Japhasuanan (2006) Supparattanapan (2009) และ Fusuwankaya (2009) รายงานค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยเคมีตามรูปแบบการจัดการนา ได้แก่ นาข้าวที่ใส่ปุ๋ย ใส่สารอินทรีย์ ใส่ปุ๋ยคอก และใส่ปุ๋ยเคมี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่า 16.72, 43.52-48.88, 42.32, และ 21.32 g/m^2 และ ภาคกลาง มีค่า 8.5, 19.24, 13.83, และ 10.93 g/m^2 ตามลำดับ Towprayoon et al. (2005) รายงานค่าเฉลี่ยที่ปล่อยจากการทำนาในภาคกลาง ที่รับน้ำตลอดฤดูเพาะปลูกเท่ากับ $24.36 \pm 1.63 \text{ g}/\text{m}^2$

ระบบนํ้าทิ้ง ที่ปลูกข้าว 2 ครั้ง ใช้ปุ๋ยเคมีจากแปลงนาชั้นบันไดบนพื้นที่สูง บ้านผาแดงและบ้านแม่สาบนานาเลา 47.31 g/m^2 และ 5.04 g/m^2 จากการศึกษาของ Towprayoon et al. (2005) และ Japhasuanan (2009) รายงานค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยเคมีตามรูปแบบการจัดการนาในภาคกลาง ได้แก่ วิถีระบบน้ำตามวิธีการของเกษตรกร ระบบน้ำกึ่งตลอดฤดูเพาะปลูก ระบบน้ำชลประทานครั้งในฤดูเพาะปลูก และข้าวนาชั้นบันได มีค่า 20.7-24.0, 17.36, และ 7.4-15.7 g/m^2 ตามลำดับ

ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี จากแปลงนาบ้านแม่สาบนานาเลา มีค่าปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการใช้ปุ๋ยเคมีจากการวิจัยก่อนหน้านี้ ความผันแปรของปริมาณปุ๋ยเคมีจากนาข้าว เป็นผลมาจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสร้างและปล่อยปุ๋ยเคมีจากนาข้าว ที่สำคัญ ได้แก่ พันธุ์ข้าว ชนิดดิน วิธีการปลูก วิธีการจัดการน้ำ ชนิดกับอัตราการใช้ปุ๋ย และปริมาณสารอินทรีย์ในนาข้าว (สิรินทพรเทพและศักดิ์ชัย, 2554)

เมื่อพิจารณาการใช้ปุ๋ยเคมีจากแปลงนาบ้านผาแดง มีปริมาณสูงกว่าแปลงนาบ้านแม่สาบนานาเลา และงานวิจัยที่เสนอก่อนหน้านี้ สันนิษฐานว่า แปลงนาที่บ้านผาแดง ในฤดูฝนมีการปลูกข้าวเหลือง อัน

เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีมวลชีวภาพ เป็นแหล่งอินทรียสารคาร์บอนและไนโตรเจน และดินมี pH ที่เหมาะสมกับการเพิ่มจำนวนประชากรและกิจกรรมแบคทีเรีย methanogen ที่ย่อยสลายอินทรียสารคาร์บอนในสภาวะไม่มีอากาศ จากข้อมูลการวิเคราะห์ดินพบว่า แปรณบ้านมาแตก มีค่าเฉลี่ย คาร์บอนทั้งหมดในดิน (soil total carbon) อินทรียสารคาร์บอนในดิน (soil organic matter) ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (soil total nitrogen) และ pH เท่ากับ 2.37 %, 3 %, 0.98 %, และ 5.3 ตามลำดับ ซึ่งเป็นปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตมีเทนได้มากกว่าบ้านแม่สาหรณาเสา (soil total carbon 1.46 %, soil total nitrogen 0.51 %, soil organic matter 1.5 % และ pH 4.9) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim *et al.* (2015) ที่พบ อัตราการปล่อยมีเทนปริมาณสูงมีความสัมพันธ์กับจำนวนประชากรของแบคทีเรีย methanogen ในสภาวะชีวเคมีในดินเฉพาะ ได้แก่ soil organic matter มีค่าสูง และ pH ระหว่าง 5.0 - 6.4

นอกจากนี้ปริมาณไนโตรเจนในดินที่เพิ่มขึ้นจากการตรึงไนโตรเจนด้วยถั่วเหลือง จิธิมาและคณะ (2545) รายงานว่า การปลูกถั่วเหลืองในนาฤดูแล้ง เพิ่มไนโตรเจนในดิน ได้ 8.5 กก./ไร่ จากส่วนของ ต้น ใบ ที่สับกลบลงในดิน รวมทั้งไนโตรเจนในราก เปลือก และดิน เทียบเท่ากับ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 8-24 kg N ต่อไร่ ซึ่งไนโตรเจนในดินจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอะมิโน โดยแบคทีเรียเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนในดินเป็นความสัมพันธ์เชิงทิศทางบวกกับการผลิตมีเทน (Cai *et al.*, 1997; Liu *et al.*, 2009)

5.2 ความผันแปรของอัตราการปล่อยไนตรัสออกไซด์

ระบบนาข้าวไร่ ที่ส่งน้ำตลอดฤดูเพาะปลูก ปล่อยไนตรัสออกไซด์จากแปลงนาขึ้นบันไดบนพื้นที่สูง บ้านมาแตกและบ้านแม่สาหรณาเสา จากการวิจัยนี้ค่า 0.316 และ 0.313 g/m^2 รายงานการวิจัยเกี่ยวกับการปล่อยไนตรัสออกไซด์ของประเทศไทย จากนาข้าวหน้าน้ำแข็ง มีค่า 0.21 g/m^2 (Sampapanish, 2012); 0.037 ± 0.012 (Towprayoon *et al.*, 2005) ดินที่ไมไ่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ย มีค่า 0.21 และ 0.31 g/m^2 (บุญฮือ, 2555); 0.19 g/m^2 (พิสัย 0.22-0.015 g/m^2 และ 0.31 g/m^2 (พิสัย 0.038-0.023 g/m^2) (Watanabe *et al.*, 2000)

ระบบนาข้าวไร่ ที่แล้งข้าว 2 ครั้ง ปล่อยมีเทนจากแปลงนาขึ้นบันไดบนพื้นที่สูง บ้านมาแตกและบ้านแม่สาหรณาเสา จากการวิจัยนี้ค่า 0.45 และ 0.31 g/m^2

ซึ่งผลการปล่อยไนตรัสออกไซด์ของแปลงนาข้าวไร่ขึ้นบันไดน้อยกว่าแปลงนาข้าวไร่อื่นนี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Towprayoon *et al.* (2005) ที่พบว่า การทำนาที่ส่งน้ำตลอดฤดูเพาะปลูก ($37.15 \pm 12.25 \text{ mg}/\text{m}^2$) มีค่าต่ำกว่าแปลงนาที่ระบบน้ำกลางฤดู ($51.38 \pm 8.20 \text{ mg}/\text{m}^2$) ทั้งนี้เมื่อปริมาณน้ำในช่องว่างดินจากเดิมมีค่า 100 % ในสภาวะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ลดลงเหลือ 80-90 % เนื่องจากอากาศเข้ามาแทนที่ สภาวะ

redox potential แบบ reduction ที่เหมาะสมกับการเกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ซึ่ง N_2O เป็นผลพลอยได้จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว ทั้งนี้แปลงนาข้าวซึ่งดินมีสภาพอิ่มตัวหรือเปอร์เซ็นต์น้ำในช่องว่างดินมีค่าใกล้เคียง 100 % ส่งผลให้ N_2O ถูกรีดิวซ์ เป็น N_2 เป็นให้ N_2O มีค่าต่ำกว่าแปลงนาข้าวอื่น

5.3 ผลของระบบนํ้าน้อยต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ประสิทธิภาพการใช้น้ำและผลผลิต

การศึกษาครั้งนี้ ระบบนํ้าน้อยของแปลงนาทดลองบ้านผาแตกกับบ้านแม่สาขานาแล มีความผันแปรในประสิทธิภาพการลดการปล่อยมีเทน ในตรัสออกไซด์ และค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน 8.16 กับ 75.80, 0 กับ 14.11 และ 4.05 กับ 46.32 % ตามลำดับ

ทั้งนี้ประสิทธิภาพการลดค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อนของระบบนํ้าน้อยมีความผันแปรสูง โดยแปลงนาบ้านผาแตก ระหว่างการปลูกข้าวมีฝนตกสะสมและแปลงทดลองนํ้าน้อยได้รับน้ำจากแปลงนาขึ้นบันไดซึ่งต้องสูบน้ำสูงกว่า เป็นผลให้ระดับน้ำในแปลงนาช่วงแก่ถึงข้าวไม่ลดลง เป็นผลให้แบคทีเรีย Methanogen ซึ่งผลิตมีเทน ยังคงทำนํ้าที่ย่อยสลายอินทรีย์สารคาร์บอนในสภาวะที่ไม่มีอากาศต่อไปได้ ดังนั้นปริมาณการปล่อยมีเทนจึงลดลงน้อยกว่าที่ควรจะเป็นเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงนาบ้านแม่สาขานาแล

การจัดการนํ้าเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดการปล่อยมีเทนจากนาข้าวได้ โดยที่มีเทนมีอัตราการผลิตสูงเมื่อมีการขังนํ้าในนาข้าวต่อเนื่องประมาณ 6-8 สัปดาห์ ซึ่งจะเป็นช่วงข้าวออกดอกและผสมเกสร แต่หากมีการระบายนํ้าออกจากแปลงนาในช่วงเวลาดังกล่าว จะทำให้อัตราการปล่อยมีเทนลดลง 26 - 46 % เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงนาที่ไม่มีการระบายนํ้าจากทุ่งเพาะปลูก (Zheng et al., 2014; Towprayoon et al., 2005) สอดคล้องกับการศึกษาของ Minamikawa et al. (2006) ที่พบว่า วิธีการระบายนํ้าจะมีความขึ้นกับความจุสนามและสําน้ำพรมซึ่งเป็นช่วง ๆ ในนาข้าว (Alternate Wetting and Drying; AWD) สามารถช่วยลดการปล่อยมีเทนได้ 64 % เมื่อเปรียบกับการส่งนํ้าท่วมซึ่งคงตลอดเวลาโดยที่ผลผลิตข้าวไม่ลดลง

รายงานผลการศึกษา การทำนํ้าด้วย AWD มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 45 - 90 % (Lingquist et al., 2015; Nalley et al., 2015), 29-44 % (Ly et al., 2015) อย่างไรก็ตาม Xu et al. (2015) รายงานว่า แม้ว่าการแก้งข้าวมีประสิทธิภาพลดการปล่อยมีเทนได้ 60 % และ 83 % แต่คาร์บอนไดออกไซด์ กับ ไนตรัสออกไซด์ เพิ่มขึ้น 65 % กับ 9 % และ 104 % กับ 11 % สำหรับกรรมวิธีทดสอบ flooded and wet intermittent irrigation (FWI) และ flooded and dry intermittent irrigation (FDI) ตามลำดับ

ด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำ จากการวิจัยนี้ระบบนํ้าน้อยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้ 0-55.95 % เทียบผลผลิตได้ 8.85 - 11.22 % ในขณะที่การทำวิจัยในพื้นที่เดียวกันนี้มีในปี 2557 ใช้น้ำลดลง 35.2 - 38.0% และเพิ่มผลผลิต 9.0 - 8.9 % (สิริจรณี และคณะ 2557) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Linquist et al. (2015) และ Nalley et al. (2015) ที่พบว่าการทำนาแบบ AWD เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ 18 - 63 % และผลผลิตเพิ่มขึ้น 21 - 56 %

5.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระบบนํ้าน้อยเพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและผลผลิต

โดยปกติการนํ้าลงสู่ข้าวจะให้ผลดี หากดำเนินการในฤดูนาปี ซึ่งเมื่อนํ้าใช้ในการปลูกข้าวจำกัด เมื่อนํ้ามาประยุกต์กับการทำนาขึ้นบนดินบนพื้นที่สูงในฤดูนาปี ซึ่งมีฝนตกชุกและสภาพพื้นที่มีความลาดชัน ประสิทธิภาพของระบบนํ้าน้อยอาจมีความผันแปรไป อีกตัวอย่างเช่น การนํ้าที่ฝนตกในช่วงการแก่ถึงข้าว ระดับนํ้าในแปลงนาไม่คงที่และดินมีค่า redox potential ต่ำ ปริมาณมีเทนจะผลิตออกมาเท่ากับฤดูนาปี ที่ดินมีค่า redox potential สูง ดังนั้นการวางแผนการนํ้าลงสู่ข้าวควรมีความสอดคล้องกับช่วงเวลาที่ฝนตก ปริมาณนํ้าฝน และระดับนํ้าในแปลงนา

นาบนพื้นที่สูงมีความลาดชันสูง การปรับระดับพื้นดินให้ในระดับเสมอกันกระทำได้น้อย นาบนพื้นที่สูงจึงมีขนาดแปลงนาขนาดเล็ก การแบ่งแปลงจึงมีค่านายี เป็นผลให้ประสิทธิภาพการใช้นํ้าลดลง เนื่องจากสภาพดินบนพื้นที่สูงไม่อุ้มนํ้าและมีอัตราซึมด้านข้าง (seepage) และซึมลึก (percolation) สูง (Seckler, 1999) ดังนั้นเกษตรกรจึงปรับค่านายีให้สูงเพื่อเพิ่มปริมาณกักขังนํ้าเพื่อให้มีนํ้าอยู่ในแปลงนานและนานที่สุด การใช้แนวคิดการทำนาแบบระบบนํ้าน้อยบนพื้นที่สูง แปลงนาควรได้รับปรับระดับดินให้ได้รับระดับเดียวกัน จะช่วยลดการไหลของนํ้าลงแนวลาดชันได้ ประกอบกับการให้ความรู้แก่เกษตรกร เรื่องผลตอบแทนด้านการประหยัดนํ้าและการเพิ่มผลผลิต น่าจะช่วยให้เกษตรกรยอมรับวิธีการปลูกข้าวแบบนํ้าน้อยได้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย

6.1 ปฏิทินการปลูกข้าวและลักษณะอากาศท้องถิ่น

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษารวมการปลูกข้าวที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในพื้นที่การทำนาของบ้านฉางตกและบ้านแม่สาหร่ายนาเลา โดยที่บ้านแม่สาหร่ายนาเลา ปลูกข้าวพันธุ์อู๊ดลิเกา เริ่มปลูกกล้า เมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2558 ปีกดำ วันที่ 18 กรกฎาคม 2558 (อายุ 51 DAS) แกล้งข้าวครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 18 - 31 สิงหาคม 2558 นาน 14 วัน (อายุข้าว 31 - 44 DAT หรือ 82 - 95 DAS) แกล้งข้าวครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 8 - 21 กันยายน 2558 นาน 14 วัน (อายุข้าว 52 - 65 DAT หรือ 103 - 116 DAS) เก็บเกี่ยววันที่ 8 พฤศจิกายน 2558 (อายุข้าว 113 DAT หรือ 164 DAS) โดยมีปริมาณน้ำฝนสะสมตลอดการเพาะปลูก 525.7 มม. ซึ่งเมื่อพิจารณาตามระยะเวลาการปลูกข้าว พบว่า ในช่วงปักดำถึงก่อนแกล้งข้าวครั้งที่ 1 มีปริมาณฝนสะสม 265.2 มม. ช่วงแกล้งข้าวครั้งที่ 1 มีปริมาณน้ำฝนสะสม 88.5 มม. และช่วงแกล้งข้าวครั้งที่ 2 มีปริมาณน้ำฝนสะสม 84.5 มม.

ส่วนการทำนาที่บ้านแม่สาหร่ายนาเลา ปลูกข้าวพันธุ์สินปัดสอง 1 เริ่มปลูกกล้า เมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2558 ปีกดำ วันที่ 9 สิงหาคม 2558 (อายุ 41 DAS) แกล้งข้าวครั้งที่ 1 ระหว่าง วันที่ 4 - 17 กันยายน 2558 นาน 14 วัน (อายุข้าว 27-40 DAT หรือ 67 - 80 DAS) แกล้งข้าวครั้งที่ 2 ระหว่าง 26 กันยายน - 8 ตุลาคม 2558 นาน 14 วัน (อายุข้าว 49 - 61 DAT หรือ 89 - 101 DAS) เก็บเกี่ยว วันที่ 13 พฤศจิกายน 2558 (อายุข้าว 97 DAT หรือ 137 DAS) โดยมีปริมาณน้ำฝนสะสมตลอดการเพาะปลูก 288.0 มม. โดยในแต่ละช่วงมีปริมาณน้ำฝนสะสมดังนี้ ช่วงปักดำถึงก่อนแกล้งข้าวครั้งที่ 1 มีปริมาณฝนสะสม 99.76 มม. ช่วงแกล้งข้าวครั้งที่ 1 มีปริมาณน้ำฝนสะสม 56.03 มม. และช่วงแกล้งข้าวครั้งที่ 2 มีปริมาณน้ำฝนสะสม 24.82 มม.

6.2 ประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวบนพื้นที่สูงด้วยระบบนํ้าน้อย

จากผลการศึกษา พบว่า ระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าขัง ที่บ้านนาแฉก มีค่าการปล่อย CH_4 รายวันเฉลี่ยตลอดฤดูกาลเพาะปลูก 113 DAT เท่ากับ 350.93 ± 50.80 และ $401.83 \pm 71.38 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{day}$ มีค่าการปล่อย CH_4 สะสม เท่ากับ 473.12 และ $515.13 \text{ kg CH}_4/\text{ha}$ และค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) $9,935.59$ และ $10,817.78 \text{ kg CO}_2 \text{ eq/ha}$ ตามลำดับ และในช่วงต้นแล้งปีคําศักราชก่อนแล้งข้าวครั้งที่ 1 (อายุข้าวระหว่าง 0 - 30 DAT) ระบบนํ้าน้อยมีการปล่อย CH_4 รายวันเฉลี่ย สูงกว่าระบบนํ้าขัง โดยมีค่า 761.11 ± 152.90 และ $468.24 \pm 61.13 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{day}$ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาจากการปล่อย CH_4 สะสม ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก พบว่า การแก้งข้าวก่อนการลดค่าการปล่อย CH_4 ได้ 3.16 % เมื่อเทียบกับระบบนํ้าขัง ส่วนค่าการปล่อย N_2O เฉลี่ยตลอดฤดูกาลเพาะปลูก 113-DAT เท่ากับ 3.29 ± 1.11 และ $2.21 \pm 1.08 \text{ mg N}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{day}$ ในระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าขัง ตามลำดับ อีกทั้งยังมีการปล่อย N_2O สะสมตลอดฤดูกาลปลูกข้าว (อายุข้าว 113 DAT) 4.51 และ $3.16 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{ha}$ และมีความศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) $1,352.77$ และ $946.78 \text{ kg CO}_2 \text{ eq/ha}$ โดยระบบนํ้าน้อยปล่อย N_2O สูงกว่าระบบนํ้าขัง 42.88%

บ้านแม่สาบานาเสา ตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก 96 DAT ในระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าขัง มีค่าการปล่อย CH_4 รายวันเฉลี่ย 17.98 ± 1.37 และ $43.12 \pm 5.51 \text{ mg CH}_4/\text{m}^2/\text{day}$ ค่าการปล่อย CH_4 สะสม 12.20 และ $50.41 \text{ kg CH}_4/\text{ha}$ และค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) 256.215 และ $1,058.60 \text{ kg CO}_2 \text{ eq/ha}$ ตามลำดับ โดยในช่วงแล้งข้าวครั้งที่ 2 ระบบนํ้าน้อยมีค่าการปล่อย CH_4 น้อยกว่าระบบนํ้าขัง อย่างชัดเจน ซึ่งคิดเป็น 75.80% เมื่อเทียบกับระบบนํ้าขัง ส่วนค่าการปล่อย N_2O ตลอดการเพาะปลูก 96 DAT ในระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าขัง มีค่าการปล่อย N_2O รายวันเฉลี่ย 3.82 ± 0.51 และ $2.99 \pm 0.39 \text{ mg N}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{day}$ ปล่อย N_2O สะสมตลอดฤดูกาลปลูกข้าว 2.69 และ $3.13 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{ha}$ และมีความศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) 832.58 และ $969.41 \text{ kg CO}_2 \text{ eq/ha}$ ทั้งนี้ระบบนํ้าน้อยมีค่าการปล่อย N_2O สูงกว่าระบบนํ้าขัง 14.12% โดยในช่วงการแล้งข้าวครั้งที่ 1 ระบบนํ้าน้อยมีค่าสูงกว่าระบบนํ้าขัง ซึ่งมีค่าการปล่อย N_2O รายวันเฉลี่ย 6.35 ± 1.61 และ $2.11 \pm 0.60 \text{ mg N}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{day}$

6.3 ประสิทธิภาพการลดการใช้นํ้าในการปลูกข้าวบนพื้นที่สูงด้วยระบบนํ้าขังนํ้าน้อย

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการแก้งข้าวก่อนการให้นํ้าสามารถช่วยลดปริมาณการใช้นํ้าในแปลงนาได้ระดับหนึ่ง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแก้งข้าวที่ดินแปรตามปริมาณนํ้าฝนและการร่วซึมด้านข้างและการซึมลึก

การแลกซ์ข้าวที่มีการส่งน้ำในระบบนํ้าน้อยและระบบนํ้าน้ำจึงในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษาตลอดการทำนา มีผลต่อการใช้นํ้าดังนี้ แปลงนาที่บ้านผาแตก ระบบนํ้านํ้าน้อยมีประสิทธิภาพการนํ้าสงรวมมากกว่าระบบนํ้าน้ำจึง 212.96 % แปลงนาบ้านแม่สาขานาเลา ระบบนํ้านํ้าน้อยมีประสิทธิภาพนํ้าสงมากกว่าระบบนํ้าน้ำจึง 55.95 %

ทั้งนี้ เนื่องจากการผันแปรของระดับน้ำในแปลง จากการเกิดการสูญเสียจากการซึมลึกและการซึมด้านข้าง และระดับน้ำในแปลงลดต่ำลงมากกว่าแปลงนํ้าน้ำจึง จึงต้องส่งน้ำให้บ่อยครั้ง ในขณะที่ระดับน้ำของระบบนํ้าน้ำจึง ระดับน้ำเปลี่ยนแปลงน้อย เนื่องจากสภาพพื้นที่อยู่ต่ำกว่า ไม่เกิดการรั่วซึมด้านข้าง และได้รับน้ำจากแปลงนาด้านบนจากการซึมผ่านชั้นดิน แต่แปลงทดลองบ้านแม่สาขานาเลา แปลงนาไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน

โดยที่บ้านผาแตก ระหว่างการแลกซ์ครั้งที่ 1 วันที่ 18 - 31 สิงหาคม 2558 (31 - 44 DAT) ระดับน้ำในแปลงนํ้านํ้าน้อยน้ำจึง ไม่ลดต่ำลงกว่าระดับ 15 ซม. เฉลยระดับรากข้าว และในระหว่างแลกซ์ข้าวครั้งที่ 2 วันที่ 8 - 21 กันยายน 2558 (52 - 65 DAT) ระดับน้ำลดลงเท่ากับระดับพื้นดิน และระดับน้ำยังคงเท่าเดิมไม่ลดต่ำลงทั้งระดับรากข้าว เนื่องจากฝนตกระหว่างแลกซ์ข้าว ส่วนที่บ้านแม่สาขานาเลา ระดับน้ำช่วงการแลกซ์ข้าวแปลงนํ้านํ้าน้อยน้ำจึง ระดับลดลงตามแนวทิศการแลกซ์ข้าว โดยมีระดับน้ำลดต่ำลงกว่าระดับรากข้าวภายใน 14 วัน แม้ว่ามีฝนตกระหว่างแลกซ์ข้าว ครั้งที่ 1 และแลกซ์ข้าว ครั้งที่ 2 แต่สภาพแปลงนาไม่ได้รับอิทธิพลจากการนํ้าซึมด้านข้างจากแปลงนํ้าจึงเคียงเหมือนดังแปลงนาบ้านผาแตก

6.4 ผลผลิตข้าวที่ได้ที่ปลูกด้วยระบบนํ้าข้าว นํ้าน้อย

ผลผลิตข้าวพันธุ์จากแปลงนาบ้านผาแตก ข้าวที่ปลูกด้วยระบบนํ้านํ้าน้อยให้ผลผลิตมากกว่าระบบนํ้าน้ำจึง โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 5.78 ± 0.7 และ 5.31 ± 0.4 ตัน/เฮกตาร์ หรือ 924.45 ± 119.0 และ 849.18 ± 64.2 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และผลผลิตข้าวต้นป้าทอง 1 จากแปลงนาบ้านแม่สาขานาเลา พบว่า ระบบนํ้านํ้าน้อยให้ผลผลิตมากกว่าระบบนํ้าน้ำจึง โดยมีผลผลิตเฉลี่ย 4.45 ± 0.94 และ 4.01 ± 0.88 ตัน/เฮกตาร์ หรือ 737.93 ± 154.94 และ 663.49 ± 145.49 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ โดยผลการศึกษาคงที่ประกอบผลผลิต พบว่า จำนวนรวง นํ้าหนักเมล็ดทั้งหมด และนํ้าหนักเมล็ดดี ของระบบนํ้านํ้าน้อยมีความแตกต่างจากระบบนํ้าน้ำจึงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

6.5 อิทธิพลของการแลกซ์ข้าวต่ออัตราการเจริญเติบโต

อิทธิพลของการแลกซ์ข้าว ที่ส่งผลให้อัตราการสะสมมวลชีวภาพสุทธิ ของต้นข้าวที่ปลูกในระบบนํ้านํ้าน้อยและนํ้าจึงที่บ้านผาแตก ข้าว นํ้านํ้าน้อยมีความลชีวภาพที่สูงกว่าข้าว นํ้านํ้าจึงอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า

เท่ากับ $13.18 \pm 1.22 \text{ g/cm}^2/\text{day}$ และ $12.89 \pm 0.94 \text{ g/cm}^2/\text{day}$ ตามลำดับ โดยมีค่าการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในระยะออกดอก ส่วนมวลชีวภาพต้นข้าว ณ บำบัดสาหร่ายนาเลา พบว่า อัตราการสะสมมวลชีวภาพของข้าวระบบนํ้าน้อยการสะสมมวลชีวภาพที่สูงกว่าระบบนํ้าขังอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยมีค่าการสะสมมวลชีวภาพ เท่ากับ $10.32 \pm 2.06 \text{ g/cm}^2/\text{day}$ และ $8.32 \pm 2.49 \text{ g/cm}^2/\text{day}$ ตามลำดับ อีกทั้งมวลชีวภาพยังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งในระยะแตกกอ และระยะออกดอกอีกด้วย และเมื่อเปรียบเทียบตามระยะการเจริญเติบโต แรกกอ คอกบาน-ผสมเกสร และสุกแก่ ของ ระบบนํ้านํ้าขังและระบบนํ้าทิ้ง ได้แก่ ความสูงต้นข้าว จำนวนต้นตออ ความยาวรากจากโคนต้นถึงปลายราก ความยาวรากทั้งหมด มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน น้ำหนักรากแห้ง พื้นที่ทรงกลม ดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบ ดัชนีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน น้ำหนักรากต่อปริมาณดิน และความหนาแน่นของราก มีความแตกต่างทั้งในระยะการเจริญเติบโต ทั้งที่บ้านนาเลาและบ้านนาเลา

6.6 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การปลูกข้าวด้วยระบบนํ้าน้อยบนพื้นที่สูงให้ผลตอบแทนร่วม (co benefits) ระหว่างการลดการปล่อยมีเทน เช่นผลผลิต และลดการใช้ปุ๋ย อันจะเป็นการอำนวยความสะดวกผู้ทำก้นเพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ได้อย่างทั่วถึงของชนปลายน้ำ อย่างไรก็ตามการจัดการแปลงนาบนพื้นที่สูงสำหรับการปรับพื้นที่ดินนาให้ได้ระดับเสมอต้นและการปรับสภาพดินนาจะสอดคล้องอัตราการขึ้นต้นข้าวที่เป็นสาเหตุของการสูญเสียปุ๋ยได้

ข้อจำกัดที่สำคัญของการปลูกข้าวผ่านด้วยระบบนํ้าน้อย ในระหว่างการทำนาปี ก็คือ หากมีฝนตกในระหว่างการแก้งข้าวจึงลดประสิทธิภาพของการผ่านระบบนี้ลงไป ดังนั้นการวางแผนการปลูกข้าวด้วยวิธีนี้ควรพิจารณาให้เหมาะสมกับพื้นที่ให้สัมพันธ์กับช่วงเวลาที่ไม่ตรงกับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ด้วย

สำหรับแนวทางการดำเนินการด้านการวิจัยต่อไป ควรที่จะตรวจวัดอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่องและขยายผลการศึกษาในระดับแปลงนาสาธิตให้สูงในระดับสูงน้ำขัง นอกจากนั้นการได้ทำการทดลองภาคสนามในพื้นที่อื่นใหญ่ดังกล่าว จะช่วยลดผลความผิดพลาดในการทดลองจากแนวขอบพื้นที่การทดลอง (edge effect)

6.7 อุปสรรคและข้อเสนอแนะการฟ้งงานวิจัย

การศึกษาริวิจัยปริมาณก๊าซมีเทนในระบบนํ้านํ้าขัง เป็นการวิจัยผสมผสานระหว่างการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research) กับการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) ระยะเวลาดำเนินการทั้งสิ้น 390 วัน ตั้งแต่วันที่ 30 ธันวาคม 2557 - 23 มกราคม 2559 กระบวนการวิจัยประกอบด้วย การเตรียมความ

พร้อมด้านสถานที่วิจัยและฝึกอบรมนักวิจัยท้องถิ่นให้มีความรู้ดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนาม ใช้เวลาประมาณ 7 เดือน การเตรียมแปลงวิจัยและติดตั้งอุปกรณ์ ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน การดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนามและวิเคราะห์ผลเชิงปริมาณในห้องปฏิบัติการ ใช้เวลาประมาณ 4 เดือน และการประมวลผลวิจัยและเขียนรายงาน 1 เดือน

ด้านบุคลากร ประกอบด้วย 1) นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยมหิดล ทำหน้าที่ ออกแบบการวิจัย เตรียมแปลงวิจัย ฝึกอบรมผู้ช่วยวิจัยให้มีความรู้เรื่องการเก็บข้อมูลภาคสนาม และเก็บข้อมูลภาคชีวภาพ 2) ผู้ช่วยวิจัย ประจำแปลงมาบ้านมาแตกและบ้านแม่สาวนาเลา ทำหน้าที่เก็บตัวอย่างอากาศ บันทึกข้อมูลอุณหภูมิของอากาศ ส่วนน้ำเข้าแปลงนา และบันทึกข้อมูลระดับน้ำในแปลงนา และ 3) นักวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (สวทส.) ทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในกรทำการงานและประสานงานระหว่าง นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยมหิดล กับ ผู้ช่วยวิจัย ในกรณีที่มีปัญหาการวิจัย รวมถึงการรับและส่งตัวอย่างอากาศ

แม้ว่าจะเตรียมการวิจัยมาล่วงหน้าพอสมควร ผ่านการฝึกอบรมและลงพื้นที่ของนักวิจัยอย่างต่อเนื่อง แต่ยังคงพบอุปสรรคการทำงาน ที่มีในระหว่างการทำงานได้ปรับวิธีการทำงาน พร้อมกับได้ออกบทเรียนในการทำงานในมุมมองของผู้วิจัยเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาในการทำงานวิจัย ดังนี้

1) อุปสรรคด้านระยะทางการเดินทาง

ด้วยการดำเนินการวิจัยบนพื้นที่สูง อยู่ในพื้นที่ห่างไกล และใช้เวลาในการเดินทาง ประมาณ 2 ชั่วโมง จากตัวเมือง เชียงใหม่ และ 12 ชั่วโมงจาก กรุงเทพมหานคร ตลอดระยะเวลาการวิจัย นักวิจัย จากมหาวิทยาลัยมหิดล เดินทางลงพื้นที่วิจัยเฉลี่ยเดือนละ 1 ครั้ง ซึ่งใช้งบประมาณเป็นค่าใช้จ่ายในการเดินทางค่อนข้างสูง ทั้งนี้ในการรับและส่งตัวอย่างอากาศ ผู้ช่วยวิจัย ไม่สามารถดำเนินการเองได้ เนื่องจากระยะทางห่างไกลจากสถานีขนส่ง นักวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (สวทส.) ได้ประสานงานดำเนินการรับและส่งตัวอย่าง โดยส่งมาที่บริเวณส่งเสียภัณฑ์โครงการหลวง หรือ บริการขนส่งมวลชน

2) อุปสรรคด้านการติดต่อสื่อสาร

การติดต่อใช้ระหว่าง นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยมหิดล ผู้ช่วยวิจัย และ นักวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (สวทส.) ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ แต่บริเวณบ้านแม่สาวนาเลา ไม่มีสัญญาณโทรศัพท์ ต้องนัดเวลาโทรศัพท์ ในช่วงเช้าหรือเย็น ที่ผู้ช่วยวิจัย มาทำธุระนอกหมู่บ้าน หรือติดต่อผ่านนักวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (สวทส.) ให้เป็นผู้นำสาร ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้

3) การคัดเลือกแปลงนา

แปลงนาข้างบ้านไม่มีการรั้วซิมด้านข้างและซิมอีกค่อนข้างสูง เนื่องจากพื้นที่ลาดชัน ซึ่งนักวิจัยควรที่จะทดสอบการขังน้ำในแปลงนาที่จะใช้ในการทดลองให้มีค่ารั้วซิมเท่ากับก่อนกำหนดแปลงนาทดลอง