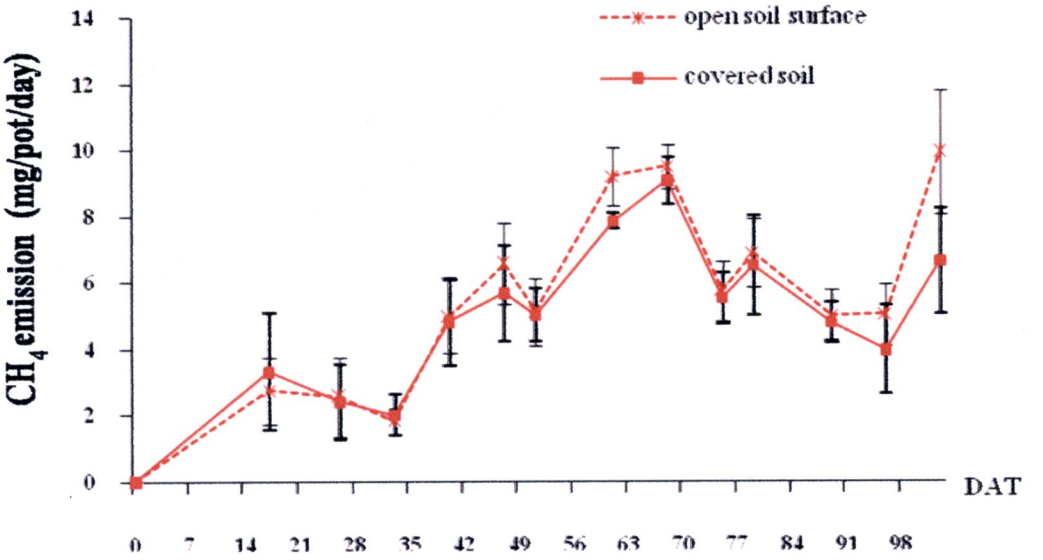
บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการศึกษาอิทธิพลของต้นข้าวต่อการสร้างและปลดปล่อยก๊าซมีเทนในดินนาน้ำขังที่มีการเก็บข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นข้าว ปริมาณสารหลั่งจากรากข้าว และติดตามการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และข้าวพันธุ์สกลนครที่ปลูกในกระถางสู่บรรยากาศ ปี 2552 มีผลการวิจัยและวิจารณ์ดังต่อไปนี้

4.1 การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากดินและต้นข้าว(รวมกัน) และจากต้นข้าวในกระถาง

จากการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนทั้งหมดตลอดฤดูปลูก (TME) ของต้นข้าวและดินที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (ภาพที่ 3.1 a) พบว่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากดินและต้นข้าว (รวมกัน)สู่บรรยากาศมีปริมาณ 540.4 มิลลิกรัมมีเทนต่อกระถางต่อฤดู ในขณะที่การปลดปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศจากต้นข้าว(อย่างเดียว)มีปริมาณ 486.0 มิลลิกรัมมีเทนต่อกระถางต่อฤดู (ภาพที่ 4.1) การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากต้นข้าวสู่บรรยากาศนี้คิดเป็นร้อยละ 96 ของก๊าซมีเทนทั้งหมดที่ปล่อยออกจากต้นข้าวและดินในกระถางเดียวกัน ในการศึกษาวิจัยนี้พบว่าก๊าซมีเทนปล่อยออกจากดินโดยตรงน้อยมากเพียงร้อยละ 4 เนื่องจากกระถางที่ใช้ปลูกข้าวมีขนาดเล็กและมีพื้นที่ส่วนที่เป็นดินน้อย ก๊าซมีเทนส่วนใหญ่จึงออกจากต้นข้าว การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าก๊าซมีเทนเคลื่อนที่(เกิดขึ้นในดิน)เคลื่อนที่ผ่านต้นข้าวสู่บรรยากาศ รายงานการทดลองของ Aulakh et al. (2000b) พบว่าก๊าซมีเทนถูกปลดปล่อยผ่านทางต้นข้าวมากกว่าร้อยละ 90 ของปริมาณที่ปล่อยจากนาข้าวสู่บรรยากาศ โดย Nouchi et al.(1990) ได้อธิบายว่าก๊าซมีเทนที่ถูกผลิตขึ้นจะละลายอยู่ในสารละลายดินที่อยู่รอบๆรากข้าว และแพร่กระจาย (diffusion) เข้าสู่น้ำใน cell wall ของเนื้อเยื่อผิวชั้นนอกสุดของราก (root epidermis) และแพร่กระจายเข้าสู่น้ำใน root cortex เมื่อก๊าซมีเทนถูกเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซ (gasify) ใน root cortex จะถูกขนส่งไปยังลำต้นโดยผ่านทางช่องอากาศที่เรียกว่า aerenchyma แล้วปล่อยออกสู่บรรยากาศตรงรูเล็กๆ (micropores)ที่อยู่ใต้กาบใบในตำแหน่งที่ต่ำที่สุดของต้นข้าว

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าต้นข้าวมีบทบาทสำคัญต่อการผลิตและปลดปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ โดยเฉพาะบริเวณรากข้าว (rice rhizosphere) ซึ่งเป็นแหล่งผลิตก๊าซมีเทนและเป็นบริเวณที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ประกอบกับมีสารอาหารที่ถูกปล่อยออกจากรากข้าวในรูปของสารคัดหลั่ง(exudates) ที่เป็นแหล่งของคาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon) ที่จะส่งเสริมให้เกิดกระบวนการผลิตก๊าซมีเทน



ภาพที่ 4.1 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากดินและต้นข้าว (ไม่คลุมแผ่นพลาสติก) และก๊าซมีเทนจากต้นข้าว (ใช้แผ่นพลาสติกคลุมดินให้เหลือเฉพาะต้นข้าวโผล่ออกมา) ที่ปลูกในกระถาง ใช้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1, DAT แสดงจำนวนวันหลังย้ายปลูก, เส้นบาร์แสดงแถบความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

4.2 ปริมาณสารคัดหลั่งจากราก และลักษณะสัณฐานของรากของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร

ในการวิเคราะห์ปริมาณสารคัดหลั่งจากรากข้าวนั้น ลักษณะของต้นข้าวไม่ว่าจะเป็นส่วนที่อยู่เหนือดินและส่วนที่อยู่ใต้ดินล้วนมีอิทธิพลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากต้นข้าวสู่บรรยากาศทั้งสิ้น (Wassman et al., 1998) ผู้เขียนจึงวิเคราะห์ปริมาณสารคัดหลั่ง 3 หน่วย (unit) คือ ปริมาณสารคัดหลั่งต่อกอ, ต่อน้ำหนักแห้งของลำต้น และต่อน้ำหนักแห้งของราก

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารคัดหลั่งจากรากของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนครในระยะต้นกล้าอายุ 20 วัน (0 วันหลังย้ายปลูก) มีปริมาณมากที่สุด 12.1-13.4 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กอ*** (ตารางที่ 4.1 ก) ที่ระยะแตกกอพบว่าข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณสารคัดหลั่งต่ำลงและค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อข้าวมีอายุมากขึ้น อาจเนื่องมาจากที่ระยะแตกกอนั้นข้าวต้องการอาหารจากดินมากเพื่อใช้การเจริญเติบโต ส่วนในระยะการสืบพันธุ์เป็นระยะที่ข้าวมีการสร้างและสะสมอาหารมากอยู่แล้ว จึงมีการเคลื่อนย้ายสารอาหารไปที่ปลายรากเจริญและปล่อยสารคัดหลั่งออกมากขึ้น เหล่านี้จะชักนำให้เกิดกระบวนการดูดซับธาตุอาหาร (plant nutrient) และกระบวนการแลกเปลี่ยนธาตุอาหารระหว่างรากและดิน จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวสารคัดหลั่งมีปริมาณต่ำลง เนื่องจากพืชไม่ต้องการอาหารมาก ประกอบกับรากไม่มีการเจริญเติบโต (วารุณีและคณะ, 2546) ซึ่งปริมาณสารคัดหลั่งที่ระยะแตกกอและระยะออกดอกของข้าวพันธุ์สกลนคร (6.96 และ 11.12 มิลลิกรัมคาร์บอน***ต่อกอ***) มากกว่าของพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระยะเดียวกัน (3.34 และ7.42 มิลลิกรัมคาร์บอน***ต่อกอ***) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.1 ก) ปริมาณสารคัดหลั่งที่พบในการทดลองของ Lu et al. (2000) กับข้าว 3 พันธุ์ (พันธุ์ IR65598, IR72 และ Dular) ที่อายุ 63 วัน อยู่ในช่วง 0.36-0.71 มิลลิโมลคาร์บอนต่อต้นต่อวัน เปรียบได้กับ 21.6-42.60 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อกอต่อวัน ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณสารคัดหลั่งในการทดลองของผู้เขียนมีค่าต่ำกว่าของ Lu et al. (2000) วารุณีและคณะ(2546) ยังพบว่า ข้าวที่ระยะแตกกอ (49 วันหลังงอก) ในสารคัดหลั่งจะมีกลูโคสเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ส่วนระยะข้าวตั้งท้อง (63 วันหลังงอก) จะพบฟรัตโตสเป็นประกอบหลัก ในการทดลองนี้สารคัดหลั่งที่ระยะแตกกอและระยะออกดอกของข้าวพันธุ์สกลนครมีปริมาณมากกว่าของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะการเจริญเติบโตในช่วงออกดอก จะมีการปล่อยสารคัดหลั่งจากรากข้าวสูง ซึ่งเป็นสารอาหารอย่างดีสำหรับจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทน ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณก๊าซมีเทนที่สูงขึ้นในช่วงออกดอก (F) (ภาพที่ 4.2)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สารคัดหลั่งของพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระยะต้นกล้า (79.35 มิลลิกรัมคาร์บอน***ต่อกรัมลำต้น***) มากกว่าของพันธุ์สกลนคร (44.44 มิลลิกรัมคาร์บอน***ต่อกรัมลำต้น***) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4.1 ข) แต่สารคัดหลั่งที่ระยะสุกแก่ของข้าวพันธุ์สกลนคร (0.72 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมลำต้น***) มากกว่าของพันธุ์ชัยนาท 1 (0.44 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมลำต้น***) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทำนองเดียวกันสารคัดหลั่งที่ระยะสุกแก่ของข้าวพันธุ์สกลนคร (0.57 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมราก***) มากกว่าของพันธุ์ชัยนาท 1 (0.39 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมราก***) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.1 ค)

เมื่อนำรากข้าวทั้งสองพันธุ์มาศึกษาความยาว โดยทั่วไปพบว่าความยาวรากเพิ่มขึ้นตามอายุข้าวจนถึงระยะสุกแก่และลดลงในระยะเก็บเกี่ยว นอกจากนั้นความยาวรากของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ยังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 3 ง) Yoshida and Hasegawa (1982) รายงานว่าการเจริญเติบโตของรากข้าวจะสูงที่สุดที่ระยะออกดอก และการแตกแขนงของระบบรากจะเกิดขึ้นต่อเนื่องจนถึงระยะสุกแก่ (ripening) (Kawata and Soejima, 1974) ในระหว่างการทดลองมีตั๊กแตนกินใบข้าวซึ่ง ณ 34 วันหลังย้ายปลูกการเจริญเติบโตของต้นข้าวยังไม่ฟื้น จึงอาจทำให้ข้อมูลสัณฐานของส่วนที่อยู่เหนือดินและใต้ดินที่ 34 วันหลังย้ายปลูกได้รับผลกระทบบ้าง

ในขณะที่พื้นที่ผิวราก (ตารางที่ 4.1 จ) ที่ระยะแตกกอมีค่าต่ำที่สุด คาดว่าได้รับผลกระทบจากการที่ตั๊กแตนกินใบข้าว แต่โดยทั่วไปพื้นที่ผิวรากสดของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระยะออกดอกและระยะเก็บเกี่ยวมากว่าของข้าวพันธุ์สกลนครอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาตรรากที่ระยะออกดอกและระยะสุกแก่ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (10.29 และ 8.91 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัมราก) มากกว่าของสกลนคร (8.54 และ 6.92 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัมราก) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.1 ฉ) Singh et al. (1999)ได้ทดลองวัดปริมาตรรากข้าว 3 พันธุ์ (Heera, Dhal Heera และ Narendra-118) และพบว่าในตำรับที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีปริมาตรรากที่ระยะการเจริญเติบโตสูงที่สุดอยู่ในช่วง 8.1-11.1 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัมราก ในขณะที่ตำรับที่ได้รับปุ๋ยมีปริมาตรรากที่ระยะการเจริญเติบโตสูงที่สุดอยู่ในช่วง 10.3-11.0 ลูกบาศก์ซนติเมตรต่อกรัมราก จะเห็นว่าค่าปริมาตรรากอยู่ในช่วงเดียวกัน

ปริมาตรช่องว่างในรากของพันธุ์สกลนครมากกว่าของพันธุ์ชัยนาท 1 โดยเฉพาะที่ระยะสุกแก่ (ตารางที่ 4.1 ช) Colmer (2003) ได้ทำการทดลองเลี้ยงต้นข้าว 12 พันธุ์ในสารละลายที่ไม่มีออกซิเจน (deoxynated) นาน 35 วันแล้ววัดปริมาตรช่องว่างในราก พบว่าอยู่ในช่วง 28-40% ส่วนน้ำหนักแห้งของรากข้าวพันธุ์สกลนครมากกว่าพันธุ์ชัยนาท 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะต้นกล้าและระยะแตกกอ (ตารางที่ 4.1 ซ) แต่รากพันธุ์สกลนครที่ระยะออกดอกและสุกแก่ (16.92 และ 16.64 กรัมต่อกอ) น้อยกว่าของพันธุ์ชัยนาท 1 (27.34 และ 19.49 กรัมต่อกอ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ซึ่งคล้ายกับของการศึกษาของผู้เขียนที่พบว่าน้ำหนักแห้งรากที่ระยะเก็บเกี่ยวมีค่า 55.10 - 55.56 กรัมต่อกอ Ali et al. (2008) พบว่าที่ระยะเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ Dongibeo มีน้ำหนักแห้งรากอยู่ในช่วง 45-50 กรัมต่อกอ

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารคัดหลั่ง และลักษณะสัณฐานของรากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนครที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร ย้ายปลูก 5 ต้นต่อกอต่อกระถาง

พันธุ์ข้าว	ระยะต้นกล้า[1/] (0 DAT)	ระยะแตกกอ (34 DAT)	ระยะออกดอก (75 DAT)	ระยะสุกแก่ (97 DAT)	ระยะเก็บเกี่ยว (116 DAT)
(ก) สารคัดหลั่ง (มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กอ***)[2/]					
ชัยนาท 1	12.12	3.34	7.42	7.62	4.27
สกลนคร	13.37	6.96	11.12	10.09	7.27
F-test	ns	**	*	ns	ns
CV (%)	17.8	16.0	46.3	29.4	19.5
(ข) สารคัดหลั่ง (มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมลำต้น***)[2/]					
ชัยนาท 1	79.35	1.12	0.17	0.44	0.10
สกลนคร	44.44	1.11	0.28	0.72	0.14
F-test	**	ns	ns	*	ns
CV (%)	16.9	16.7	34.1	35.6	24.7
(ค) สารคัดหลั่ง (มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมราก***)[2/]					
ชัยนาท 1	207.77	3.96	0.30	0.39	0.08
สกลนคร	169.11	4.00	0.66	0.57	0.13
F-test	ns	ns	ns	*	ns
CV (%)	22.9	15.7	44.9	34.6	25.6
(ง) ความยาวราก (เซนติเมตรต่อกอ)[2/]					
ชัยนาท 1	1461	402	95,890	161,530	48,706
สกลนคร	1107	2,893	92,655	119,212	47,763
F-test	**	**	**	**	ns
CV (%)	19.4	16.2	11.8	9.5	23.0

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารคัดหลั่ง และลักษณะสัณฐานของรากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนครที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร ย้ายปลูก 5 ต้นต่อกอต่อกระถาง(ต่อ)

พันธุ์ข้าว	ระยะต้นกล้า[1/] (0 DAT)	ระยะแตกกอ (34 DAT)	ระยะออกดอก (75 DAT)	ระยะสุกแก่ (97 DAT)	ระยะเก็บเกี่ยว (116 DAT)
(จ) พื้นที่ผิวราก (ตารางเซนติเมตรต่อกรัมราก) [2/]					
ชัยนาท 1	638.30	81.82	976.73	896.20	1031.68
สกลนคร	895.35	159.96	734.73	702.45	836.36
F-test	ns	**	*	ns	**
CV (%)	37.02	12.0	15.3	15.5	6.0
(ฉ) ปริมาตรราก (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัมราก) [2/]					
ชัยนาท 1	3.75	0.85	10.29	8.91	10.31
สกลนคร	5.88	1.33	8.54	6.92	9.11
F-test	ns	ns	*	*	ns
CV (%)	37.50	46.2	14.1	13.9	8.8
(ช) ปริมาตรช่องว่างในราก (%) [2/]					
ชัยนาท 1	-	23.58	16.20	14.90	28.79
สกลนคร	-	15.08	20.40	20.51	39.30
F-test	-	ns	ns	*	ns
CV (%)	-	55.5	36.5	55.7	40.3
(ซ) น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อกอ) [2/]					
ชัยนาท 1	0.06	0.88	27.34	19.49	55.56
สกลนคร	0.08	1.75	16.92	16.64	55.10
F-test	*	**	*	*	ns
CV (%)	35.7	13.5	30.5	11.5	15.5

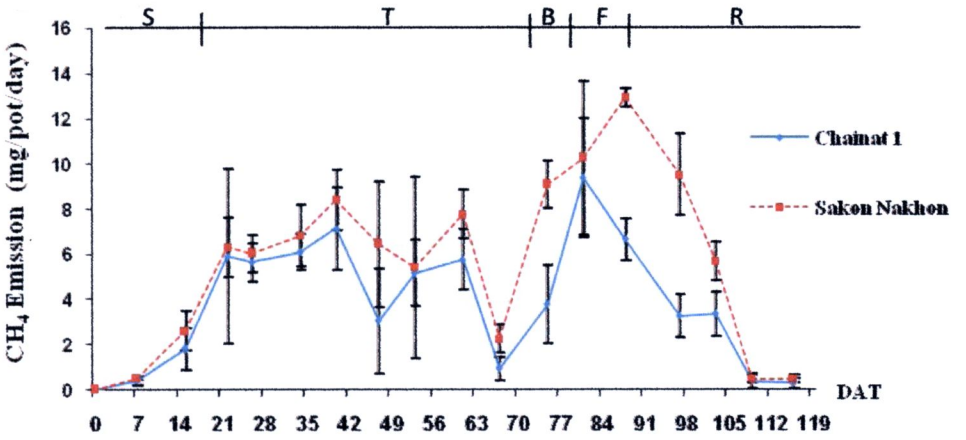
[1/] ย้ายปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 20 วันโดยปลูก 5 ต้นต่อกอต่อกระถาง, DAT = จำนวนวันหลังย้ายปลูก[2/], n = 4 ซ้ำ (กระถาง), * มีความแตกต่างกันทางสถิติ $P<0.05$, ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $P>0.01$, ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.3 อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนจากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และข้าวพันธุ์สกลนคร

ผลการศึกษาอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากกระถางทดลองตลอดฤดูปลูกข้าวจากพันธุ์ข้าว 2 พันธุ์(ภาพที่ 4.2)ที่มีลักษณะสัณฐานทางลำต้นที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปพบว่าในข้าวทั้ง 2 พันธุ์ที่ระยะต้นกล้า (S) อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนค่อยๆเพิ่มขึ้นหลังย้ายปลูก (0 วันหลังย้ายปลูก) จนถึงระยะแตกกอ (T) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4 – 8 มิลลิกรัมมีเทนต่อกอต่อวัน และลดลงที่ระยะตั้งท้อง (B) เนื่องจากต้นข้าวมีอัตราการใช้น้ำสูงทำให้ดินมีน้ำขังตื้นอยู่ที่ระดับผิวดิน จากนั้นจะเห็นว่าอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วหลังขังน้ำในระยะออกดอก (F) และค่อยๆลดลงในระยะสุกแก่ (R)

เป็นที่น่าสังเกตว่าข้าวพันธุ์สกลนครมีอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกสูงกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 โดยปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนตลอดทั้งฤดูปลูก (TME) ของข้าวพันธุ์สกลนครมีปริมาณ 690.9 มิลลิกรัมมีเทนต่อกระถางต่อฤดู ส่วนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีปริมาณ 463.5 มิลลิกรัมมีเทนต่อกระถางต่อฤดู การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 นี้คิดเป็นร้อยละ 67 ของข้าวพันธุ์สกลนคร นั่นคือข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกในปริมาณน้อยกว่าของข้าวพันธุ์สกลนคร 33% ทั้งนี้เพราะข้าวพันธุ์สกลนครผลิตสารคัดหลั่งที่เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ได้มากกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ตลอดฤดูปลูก (ตารางที่ 4.1 ก, ข, ค) และลักษณะสัณฐานของรากข้าวพันธุ์สกลนครมีความยาวราก พื้นที่ผิวราก ปริมาตรรากและปริมาตรช่องว่างในรากที่เป็นบริเวณการเกิดออกซิเดชั่นน้อยกว่าของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อาณาบริเวณราก (rhizosphere) ของข้าวพันธุ์สกลนครเหมาะต่อการผลิตและการเคลื่อนที่ก๊าซมีเทนเข้าสู่ราก สิรินทรเทพและคณะ (2545) พบว่าข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มีน้ำหนักรากแห้งต่อจำนวนต้นต่อตารางฟุตสูงกว่าของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 แต่ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 กลับมีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าข้าวสุพรรณบุรี 1 โดยเขาให้เหตุผลว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 นั้นก๊าซมีเทนที่ผลิตได้อาจถูกออกซิเดชั่นทำให้มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนออกมาน้อย แสดงให้เห็นว่าลักษณะสัณฐานของต้นข้าวมีความสัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนอย่างแน่นอน ซึ่งหมายถึงพันธุ์ที่มีการแตกกอสูง ลำต้นอวบใหญ่ ช่องว่างภายในลำต้นข้าวใหญ่ ส่งผลต่อปริมาณสารคัดหลั่ง และกลไกของการลำเลียงก๊าซภายในต้นข้าว ซึ่งมีอิทธิพลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศ (นิวัติและคณะ, 2542; Mitra et al., 1999) อย่างไรก็ตาม Wagatsuma et al. (1992) พบว่าความเข้มข้นของก๊าซมีเทนในดินอาณาบริเวณรากข้าวลดลง เนื่องจากรากข้าวได้รับออกซิเจนที่ส่งผ่านมาทางลำต้น ทำให้จุลินทรีย์ดินกลุ่มที่ใช้ก๊าซมีเทน(methanotroph) ในกระบวนการมีเทนออกซิเดชั่น(CH_4 oxidation) ถูกส่งเสริมก่อนที่ก๊าซมีเทนส่วนที่เหลือจะถูกปลดปล่อยออกมา

Kludze et al. (1993) พบความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่างพัฒนาการของช่องอากาศ (aerenchyma) ในรากกับการเกิดออกซิเดชั่นของก๊าซมีเทนที่บริเวณรากข้าว อันนำไปสู่การลดลงของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ในการทดลองนี้อาจเป็นไปได้ว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีอาณาบริเวณรากข้าวใหญ่กว่าของข้าวพันธุ์สกลนคร และมีความสามารถในการออกซิไดซ์ก๊าซมีเทนได้ดี จึงนำไปสู่การลดลงของปริมาณก๊าซมีเทนของพันธุ์ชัยนาท 1 โดยเฉพาะที่ระยะออกดอกและระยะสุกแก่ ทั้งนี้จากผลการศึกษาพบว่า ความยาวราก ปริมาตรราก และน้ำหนักแห้งของรากข้าวที่ระยะออกดอกและระยะสุกแก่ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าสูงกว่าข้าวพันธุ์สกลนครอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.1 ง, ฉ, ซ) หรืออาจเป็นไปได้ว่าที่ระยะออกดอกและระยะสุกแก่ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 นั้นมีการเกิดออกซิเดชั่นของก๊าซมีเทนที่อาณาบริเวณรากสูงกว่าของข้าวพันธุ์สกลนคร ซึ่งควรได้รับการวิจัยต่อไป



ภาพที่ 4.2 อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และข้าวพันธุ์สกลนครที่ปลูกในกระถางตลอดการเจริญเติบโต, DAT แสดงจำนวนวันหลังย้ายปลูก, เส้นบาร์แสดงแถบความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน, S: ระยะต้นกล้า, T: ระยะแตกกอ, B: ระยะตั้งท้อง, F: ระยะออกดอก, R: ระยะสุกแก่, n = 4

4.4 อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ปริมาตรช่องว่างใน culm เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น น้ำหนักแห้งลำต้น ความสูงของต้น จำนวนหน่อต่อกอ และสัดส่วนของน้ำหนักแห้งลำต้นต่อรากของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร

ในการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซมีเทนจากต้นข้าวนั้น ลักษณะของต้นข้าวไม่ว่าจะเป็นส่วนที่อยู่เหนือดินและส่วนที่อยู่ใต้ดินล้วนมีอิทธิพลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากต้นข้าวสู่บรรยากาศ (Wassman et al., 1998; Nouchi et al., 1990) ผู้เขียนจึงวิเคราะห์อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน 3 หน่วย คือ ต่อกอ, ต่อน้ำหนักแห้งของลำต้น และต่อน้ำหนักแห้งของราก ผลการทดลองพบว่าโดยทั่วไปตลอดฤดูปลูกข้าวพันธุ์สกลนครปล่อยก๊าซมีเทนมากกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (ตารางที่ 4.2 ก, ข, ค) อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนของข้าวพันธุ์สกลนครที่ระยะออกดอกและระยะสุกแก่ (6.803 และ 7.145 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กอ***ต่อวัน) มากกว่าของพันธุ์ชัยนาท 1 (2.832 และ 2.448 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กอ***ต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4.2 ก) และอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนของข้าวพันธุ์สกลนครที่ระยะสุกแก่ (0.509 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมลำต้น***ต่อวัน) มากกว่าของพันธุ์ชัยนาท 1 (0.140 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมลำต้น***ต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.2 ข) ดังกล่าวข้างต้นขึ้นอยู่กับลักษณะสัณฐานของต้นข้าวที่อยู่เหนือดิน (ตารางที่ 4.4 ก)ได้แก่ ปริมาตรจำนวนช่องว่างในculm เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น น้ำหนักแห้งของลำต้น จำนวนหน่อต่อกอ และความสูงลำต้น ในขณะเดียวกันอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ระยะแตกกอ (6.536 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมราก***ต่อวัน) มากกว่าของพันธุ์สกลนคร (3.188 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมราก***ต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.2 ค) อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนนี้ขึ้นอยู่กับสารคัดหลั่งและลักษณะสัณฐานของราก (ตารางที่ 4.4 ข) ได้แก่ ปริมาตรช่องว่างในราก และน้ำหนักแห้งราก ซึ่งผลการศึกษาลักษณะสัณฐานของลำต้นและรากข้าวแต่ละพันธุ์มีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากต้นข้าวสู่บรรยากาศจะได้กล่าวต่อในหัวข้อ 4.6

ผลการศึกษาลักษณะสัณฐานของลำต้น พบว่าโดยทั่วไปปริมาตรช่องว่างใน culm มีปริมาตรมากที่สุดที่ระยะแตกกอ (ตารางที่ 4.2 ง) ปริมาตรช่องว่างใน culm ที่ระยะสุกแก่ของข้าวทั้ง 2 พันธุ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นข้าวสูงขึ้นตลอดฤดูปลูกและสูงที่สุดที่ระยะสุกแก่ (ตารางที่ 4.2 จ) ข้าวพันธุ์สกลนครมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นตลอดการเจริญพันธุ์ใหญ่กว่าของพันธุ์ชัยนาท 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ น้ำหนักแห้งของต้นข้าวเพิ่มสูงขึ้นจนถึงที่ระยะออกดอกและระยะสุกแก่ (ตารางที่ 4.2 ฉ) โดยที่น้ำหนักแห้งของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ในระยะกล้าและระยะสุกแก่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ข้าวพันธุ์สกลนครมีน้ำหนักแห้งในระยะสุกแก่มากกว่าของพันธุ์ชัยนาท 1 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยทั่วไปความสูงของต้นข้าวมีค่าสูงที่สุดที่ระยะออกอดอก ระยะสุกแก่ และระยะเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 4.2 ช)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดกลาง

ความสูงของข้าวพันธุ์สกลนครมากกว่าของพันธุ์ชัยนาท 1 ตลอดฤดูปลูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ จากรายงานของกรมการข้าว (2552) ที่ว่าข้าวพันธุ์สกลนครมีลักษณะสัณฐานของลำต้นสูงประมาณ 120-130 เซนติเมตร และข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สูงระหว่าง 100-120 เซนติเมตร จำนวนหน่อต่อกอมีค่าสูงที่สุดที่ระยะออกดอก (ตารางที่ 4.2 ฉ) จำนวนหน่อต่อกอตลอดฤดูปลูกของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มากกว่าของพันธุ์สกลนครอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสัดส่วนของน้ำหนักแห้งต้นข้าวต่อรากสูงที่สุดที่ระยะแตกกอ (ตารางที่ 1 ฉ) โดยทั่วไปสัดส่วนของน้ำหนักแห้งลำต้นต่อรากของข้าวทั้ง 2 พันธุ์ไม่แตกต่างกัน

สิรินทรเทพและคณะ (2545) พบว่าความสูงของต้นข้าวที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน ($r^2 > 0.7$) ส่วนจำนวนหน่อต่อกอนั้นพบว่าที่ทุกระยะการเจริญเติบโตข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีจำนวนมากกว่าข้าวพันธุ์สกลนครอย่างมีนัยสำคัญ ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีจำนวนหน่อต่อต้น 3-5 หน่อ ในขณะที่ข้าวพันธุ์สกลนครมี 2-4 หน่อต่อต้น งานทดลองของ Neue et al. (1994) พบว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าข้าวพันธุ์ผสมถึงร้อยละ 30 เนื่องจากข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีจำนวนหน่อมากกว่าและมีระบบรากที่ยาวกว่า

ตารางที่ 4.2 อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน และลักษณะสัณฐานของลำต้นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร ย้ายปลูก 5 ต้นต่อกอต่อกระถาง

พันธุ์ข้าว	ระยะต้นกล้า[1/] (0 DAT)	ระยะแตกกอ (34 DAT)	ระยะออกดอก (75 DAT)	ระยะสุกแก่ (97 DAT)	ระยะเก็บเกี่ยว (116 DAT)
(ก) อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กอ***ต่อวัน)[2/]					
ชัยนาท 1	-	4.561	2.832	2.448	0.222
สกลนคร	-	5.108	6.803	7.145	0.360
F-test	-	ns	**	**	ns
CV (%)	-	17.4	22.2	22.4	38.1
(ข) อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมลำต้น***ต่อวัน)[2/]					
ชัยนาท 1	-	1.430	0.065	0.140	0.005
สกลนคร	-	2.217	0.169	0.509	0.007
F-test	-	ns	ns	*	*
CV	-	33.62	56.83	68.79	30.43

ตารางที่ 4.2 อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน และลักษณะสัณฐานของลำต้นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร ย้ายปลูก 5 ต้นต่อกอต่อกระถาง (ต่อ)

พันธุ์ข้าว	ระยะต้นกล้า[1/] (0 DAT)	ระยะแตกกอ (34 DAT)	ระยะออกดอก (75 DAT)	ระยะสุกแก่ (97 DAT)	ระยะเก็บเกี่ยว (116 DAT)
(ค) อัตราการปล่อยก๊าซมีเทน (มิลลิกรัมคาร์บอนต่อ***กรัมราก***ต่อวัน)[2/]					
ชัยนาท 1	-	6.536	0.104	0.127	0.004
สกลนคร	-	3.188	0.404	0.432	0.007
F-test	-	*	ns	ns	**
CV	-	41.87	66.36	63.88	40.73
(ง) ปริมาตรช่องว่างใน culm (%) [2/]					
ชัยนาท 1	-	11.68	6.48	6.05	0.89
สกลนคร	-	11.69	8.70	7.40	0.82
F-test	-	ns	ns	*	ns
CV (%)	-	37.2	25.1	20.3	56.2
(จ) เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (เซนติเมตรต่อลำต้น)[2/]					
ชัยนาท 1	-	0.47	0.64	0.71	0.61
สกลนคร	-	0.48	0.67	0.77	0.71
F-test	-	ns	*	*	*
CV (%)	-	17.5	7.8	6.4	9.9
(ฉ) น้ำหนักแห้งของต้นข้าว (กรัมต่อกอ) [2/]					
ชัยนาท 1	0.16	3.22	44.04	42.72	17.70
สกลนคร	0.30	2.30	40.42	52.05	14.00
F-test	**	**	ns	*	ns
CV (%)	12.3	4.4	10.2	9.6	15.4
(ช) ความสูง (เซนติเมตรต่อกอ) [2/]					
ชัยนาท 1	20.7	69.2	101.3	108.9	106.5
สกลนคร	27.9	93.6	128.7	136.8	135.6
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	4.0	5.0	2.3	4.1	3.7

ตารางที่ 4.2 อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน และลักษณะสัณฐานของลำต้นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ *ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร ย้ายปลูก 5 ต้นต่อกอต่อกระถาง (ต่อ)*

พันธุ์ข้าว	ระยะต้นกล้า[1/] (0 DAT)	ระยะแตกกอ (34 DAT)	ระยะออกดอก (75 DAT)	ระยะสุกแก่ (97 DAT)	ระยะเก็บเกี่ยว (116 DAT)
		(ซ) จำนวนหน่อ (หน่อต่อกอ)[2/]			
ชัยนาท 1	5	15	25	20	19
สกลนคร	5	13	18	17	16
F-test	-	**	**	*	*
CV (%)	-	9.9	5.4	9.1	7.4
		(ฌ) สัดส่วนของน้ำหนักแห้งลำต้นต่อราก [2/]			
ชัยนาท 1	3.88	3.63	2.39	0.80	0.94
สกลนคร	2.60	3.55	1.77	0.95	0.80
F-test	ns	ns	*	Ns	ns
CV (%)	23.3	14.5	14.5	15.5	16.2

[1/] ย้ายปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 20 วัน โดยปลูก 5 ต้นต่อกอต่อกระถาง, DAT = จำนวนวันหลังย้ายปลูก[2/], n = 4 ซ้ำ (กระถาง), * มีความแตกต่างกันทางสถิติ $P<0.05$, ** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $P>0.01$, ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารคัดหลั่งจากรากข้าวกับลักษณะสัณฐานต่างๆ ของรากและน้ำหนักแห้งของลำต้นของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร

ปริมาณสารคัดหลั่งจากรากข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีความสัมพันธ์กับสัณฐานของรากในเชิงลบ ได้แก่ พื้นที่ผิวราก และปริมาตรรากอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) กล่าวคือหาก พื้นที่ผิวราก และปริมาตรรากมีค่ามากไม่ทำให้ปริมาณสารคัดหลั่งเพิ่มขึ้น ผู้เขียนคาดว่าลักษณะสัณฐานของรากข้าวมีส่วนเกี่ยวข้องกับปริมาณสารคัดหลั่งน้อย แต่ปริมาณสารคัดหลั่งจะอยู่ภายในอิทธิพลของกลไกทางชีวเคมีภายในต้นข้าวมากกว่า

ตารางที่ 4.3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารคัดหลั่งจากรากข้าวกับลักษณะของรากและน้ำหนักแห้งลำต้นของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร

พารามิเตอร์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของปริมาณสารคัดหลั่ง	
	พันธุ์ข้าว	
	ชัยนาท 1	สกลนคร
ความยาวราก (n=20)	0.045	0.095
พื้นที่ผิวราก (n=16)	-0.385**	-0.305**
ปริมาตรราก (n=16)	-0.442**	-0.228**
น้ำหนักแห้งราก (n=20)	-0.122	-0.130
น้ำหนักแห้งลำต้น (n=20)	0.210	0.045

* มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ $P<0.05$, ** มีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่งทางสถิติ $P>0.01$

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกับลักษณะสัณฐานต่างๆ ของต้นข้าวของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร

4.6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกับลักษณะสัณฐานต่างๆ ของต้นข้าวส่วนที่อยู่เหนือดิน

อัตราการปล่อยก๊าซมีเทนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนครมีความสัมพันธ์กับสัณฐานของส่วนที่อยู่เหนือดินในเชิงบวกได้แก่ ปริมาตรช่องว่างใน culm เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักแห้งของต้น และจำนวนหน่อต่อกออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4.4 ก) กล่าวคือหากส่วนที่อยู่เหนือดินของต้นข้าวมีการเจริญเติบโตดี อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจะสูงขึ้นด้วย อนุมานได้ว่าต้นข้าว (ส่วนที่อยู่เหนือดิน) มีส่วนเกี่ยวข้องกับทางผ่านของก๊าซมีเทนจากดินสู่บรรยากาศ อย่างไรก็ตามเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทนน้อย ส่วนความสูงของลำต้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนในเชิงลบ

4.6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนกับลักษณะสัณฐานต่างๆ ของต้นข้าวส่วนที่อยู่ใต้ดิน

ผลการศึกษาแปรตามปริมาณสารคัดหลั่งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4.4 ข) ในทางตรงกันข้ามความยาวราก พื้นที่ผิวราก และปริมาตรรากมีความสัมพันธ์กันอย่างสูงในเชิงลบกับอัตราการปล่อยก๊าซมีเทนของข้าว 2 พันธุ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แสดงว่ารากข้าวแม้ว่าจะปล่อยสารคัดหลั่งซึ่งเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทน แต่ขณะเดียวกันรากข้าวยังทำหน้าที่ปลดปล่อยออกซิเจนซักนำให้เกิดกระบวนการมีเทนออกซิเดชั่น (CH_4 oxidation)และส่งผลให้ลดการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ Wassmann and Aulakh (2000) กล่าวว่าความสามารถในการเกิดมีเทนออกซิเดชั่นขึ้นอยู่กับการขนส่งออกซิเจนผ่านช่องอากาศ (aerenchyma)สู่ดิน ช่องอากาศขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่เป็นช่องทางการปล่อยก๊าซมีเทนจากดินสู่บรรยากาศ แต่อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้พบว่าปริมาตรช่องว่างในรากและน้ำหนักแห้งมีอิทธิพลต่ออัตราการปล่อยก๊าซมีเทนน้อยในเชิงบวก

ตารางที่ 4.4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน กับสัณฐานของต้นข้าวส่วนที่อยู่เหนือดิน สัณฐานของต้นข้าวส่วนที่อยู่ใต้ดิน และสารคัดหลั่งของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร

พารามิเตอร์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน	
	พันธุ์ข้าว	
	ชัยนาท 1	สกลนคร
(ก) ลักษณะสัณฐานของต้นข้าวที่อยู่เหนือดิน		
ปริมาตรช่องว่างใน culm (n=16)	0.640**	0.812*
เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (n=16)	0.138*	0.167**
น้ำหนักแห้งของต้น (n=16)	0.837**	0.970**
จำนวนหน่อต่อกอ (n=16)	0.857**	0.702**
ความสูงของต้น (n=16)	-0.695**	-0.110

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ตารางที่ 4.4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน กับสัณฐานของต้นข้าวส่วนที่อยู่เหนือดิน สัณฐานของต้นข้าวส่วนที่อยู่ใต้ดิน และสารคัดหลั่งของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร (ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของอัตราการปล่อยก๊าซมีเทน	
	พันธุ์ข้าว	
	ชัยนาท 1	สกลนคร
(ข) สารคัดหลั่ง และลักษณะสัณฐานของรากข้าว		
สารคัดหลั่ง(มิลลิกรัมคาร์บอนต่อกรัมลำต้น) (n=16)	0.876**	0.885**
สารคัดหลั่ง(มิลลิกรัมคาร์บอนต่อกรัมราก) (n=16)	0.938**	0.973**
ความยาวราก (n=16)	-0.638**	-0.695**
พื้นที่ผิวราก (n=15, 16)	-0.931**	-0.891**
ปริมาตรราก (n=15, 16)	-0.925**	-0.970**
ปริมาตรช่องว่างในราก (n=11, 16)	0.205	0.396*
น้ำหนักแห้งราก (n=16)	0.110**	0.217*

* มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ $P<0.05$, ** มีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่งทางสถิติ $P>0.01$

4.7 ปริมาณทั้งหมดของสารคัดหลั่งจากรากข้าวและปริมาณก๊าซมีเทนทั้งหมดที่ปล่อยตลอดฤดูปลูก

พบว่าข้าวพันธุ์สกลนครผลิตสารคัดหลั่งตลอดฤดูปลูก 1,120.3 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อกอซึ่งมากกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผลิตสารคัดหลั่งตลอดฤดูปลูก 763.8 มิลลิกรัมคาร์บอนต่อกออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.5) สารคัดหลั่งเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทนส่งผลให้ข้าวพันธุ์สกลนครปล่อยก๊าซมีเทน 690.9 มิลลิกรัมต่อกอต่อฤดูปลูกมากกว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งปล่อยก๊าซมีเทน 463.5 มิลลิกรัมต่อกอต่อฤดูปลูก(ตารางที่ 4.5) การปลดปล่อยก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกจากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 คิดเป็นร้อยละ 67 ของข้าวพันธุ์สกลนคร และในประเด็นของการแปรรูปสารคัดหลั่ง ซึ่งตามที่ วารุณีและคณะ(2546) กล่าวว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของสารคัดหลั่งคือกลูโคสและฟรักโตส (มีสูตรเอมไพริคัลเดียวกัน $C_6H_{12}O_6$) ซึ่งผู้เขียนขอตั้งสมมุติฐานว่าในสภาพไร้ออกซิเจน $C_6H_{12}O_6$ 1 โมเลกุลสามารถเปลี่ยนไปเป็นก๊าซมีเทน(CH_4)ได้ 3 โมเลกุลและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)ได้ 3 โมเลกุล นั่นคือตามสมมุติฐานข้างต้นสัดส่วนระหว่าง TME/TEC น่าจะเป็นค่า 0.5 หากดูผลการทดลองใน ตารางที่ 4.5 พบว่าสัดส่วน TME/TEC มีค่า 0.61-0.62

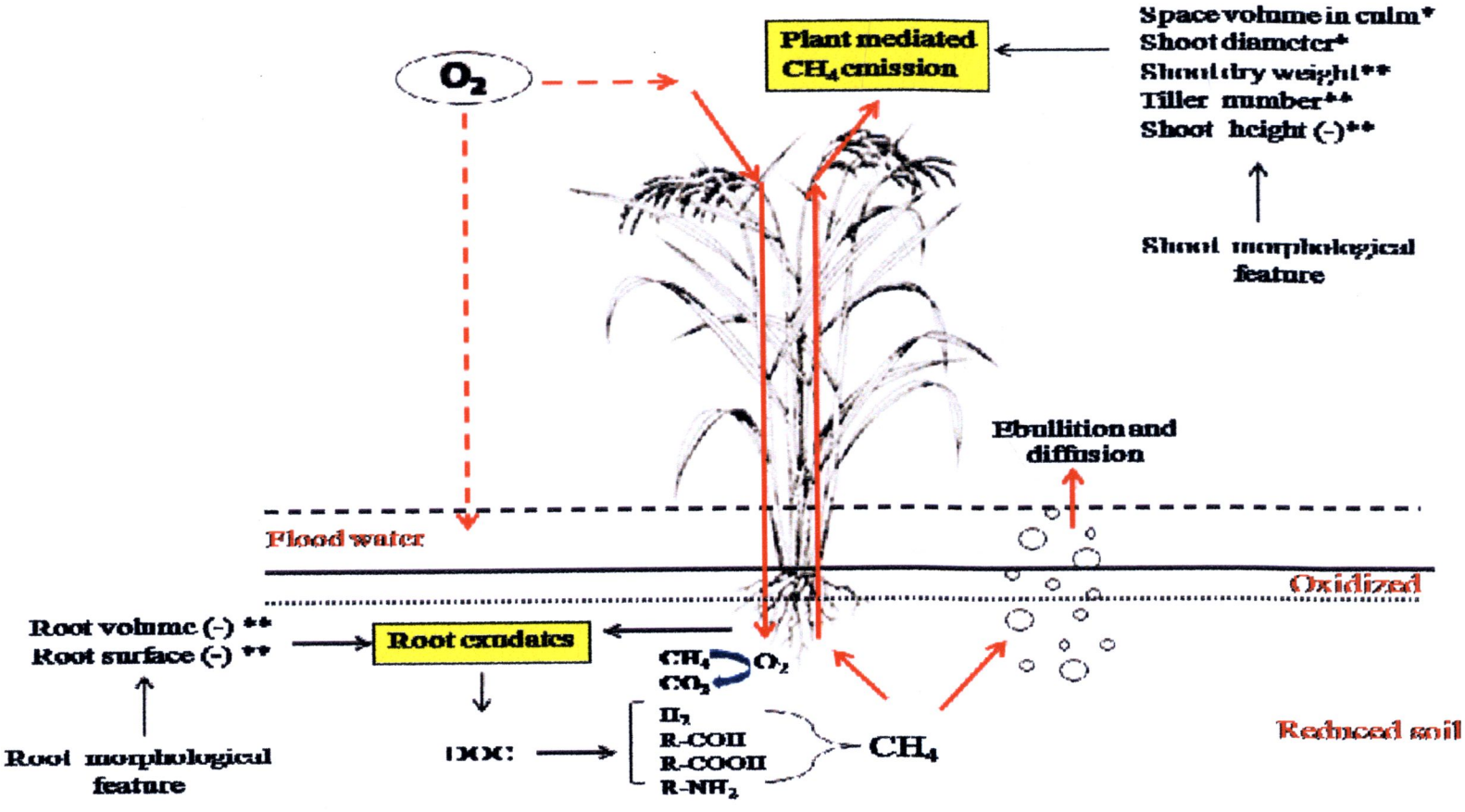
อาจเป็นไปได้ว่ามีก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศร้อยละ 62 นั้น ซึ่งร้อยละ 50 มาจากสารคัดหลั่ง และอีกร้อยละ 12 มาจากอินทรียวัตถุในดิน

จากตารางที่ 4.5 การปริมาณสารคัดหลั่งจากรากข้าวตลอดฤดูปลูกมากกว่าปริมาณมีเทนคาร์บอน (CH_4-C) ตลอดฤดูปลูก คาดว่าสารคัดหลั่งจากรากข้าวนอกจากเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซมีเทนแล้ว บางส่วนได้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ มวลชีวจุลินทรีย์ดิน ก๊าซมีเทนที่ละลายน้ำ (dissolved methane) และก๊าซมีเทนในช่องว่างดิน (soil-pore methane) (Lu et al., 2000) ซึ่งยังไม่หลุดออกมา สรุปได้ว่าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สร้างสารคัดหลั่งและปล่อยก๊าซมีเทนได้น้อยกว่าของข้าวพันธุ์สกลนคร พันธุ์ข้าวที่มีลักษณะของความสูง การแตกกอ พื้นที่ใบ และช่องอากาศที่แตกต่างกันจะมีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศ (Neue et al,. 1994b)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณทั้งหมดของสารคัดหลั่งจากรากข้าว (total exudate carbon, TEC) และปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยตลอดฤดูปลูก (total methane emission, TME) และ TME/TEC ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์สกลนคร

พันธุ์ข้าว	ปริมาณทั้งหมดของสารคัดหลั่งจากราก (mg C / pot / season) [1/]	ปริมาณก๊าซมีเทนที่ปล่อยตลอดฤดูปลูก (mg CH_4-C/ pot/ season) [1/]	TME/TEC
ชัยนาท 1	763.810	463.543	0.609
สกลนคร	1120.265	690.935	0.624
F-test	*	**	ns
CV%	23.3	12.9	22.5

[1/] n = 4 ซ้ำ (กระถาง), ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99% , ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสัณฐานวิทยาของต้นข้าวกับการปล่อยสารคัดหลั่งจากรากข้าวและการปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศ