รายงานฉบับสมบูรณ์

(Final Report)

โครงการ

“การบรรเทาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย”

จัดทำโดย

กลุ่มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

กันยายน 2559

กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษาการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย เป็นงานวิจัยต่อเนื่องของโครงการศึกษาการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย ดำเนินงานโดย ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยมีเป้าหมายพัฒนาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร โดยเฉพาะการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรง จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจากดินที่ใช้ทำการเกษตร ด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและวัสดุการเกษตรเหลือใช้ประเภทเถ้าลอยเบา ผลวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศและระบบการเกษตรของไทย ในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน อนุรักษ์ธาตุอาหารไนโตรเจน ลดปัญหามลพิษทางน้ำ และบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

คณะนักวิจัย ขอขอบพระคุณ โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ซูก้าร์ คอร์ปอเรชั่น ในการประสานงานกับชาวไร่อ้อยที่ให้ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นแปลงตัวอย่างนำร่อง

คณะนักวิจัย ขอขอบพระคุณ ชาวไร่อ้อย นงนาถ อังศุธรรม กิตติ อังศุธรรม บุญยืน เหมือนเผ่า และกิตติ ยังกุด ที่อนุญาตให้ใช้แปลงปลูกอ้อยในการวิจัยนำร่อง

คณะนักวิจัย ขอขอบพระคุณ อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหิดล และ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่อนุญาตให้นักวิจัยได้ดำเนินการวิจัยและใช้ทรัพยากรขององค์กรอย่างเต็มที่

คณะนักวิจัย ขอขอบพระคุณ คณบดีคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ และหัวหน้าภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่อำนวยความสะดวกการใช้ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและขั้นสูง เพื่อใช้ทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วง

คณะนักวิจัย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อขยายผลการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่แปลงการปลูกอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่นำร่อง เผยแพร่ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากดินที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการเกษตรของระบบการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมาย เพื่อรับฟังความคิดเห็นสำหรับจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย และศึกษาทัศนคติการยอมรับของเครือข่ายเกษตรต่อการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ดำเนินการวิจัยในพื้นที่อำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์ ในแปลงอ้อยนำร่องของชาวไร่อ้อย จำนวน 3 ราย เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate และเถ้าลอยเบา ร่วมกับการใส่ปุ๋ย ในการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ และศึกษาผลประโยชน์ร่วมด้านอื่นๆ ได้แก่ การเจริญเติบโต ผลผลิต และสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน จัดประชุมเผยแพร่ผลการการศึกษาประสิทธิภาพการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้แก่หน่วยงานภาครัฐ เอกชน และเกษตรกร ทั้งระดับนโยบายและปฏิบัติการ ส่วนการศึกษาทัศนคติและการยอมรับของเครือข่ายเกษตรต่อการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นใช้แบบสอบถามและการสนทนากลุ่มย่อย

ผลการศึกษาในแปลงเกษตรกรนำร่อง พบว่า การใช้ปุ๋ยร่วมกับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate กับเถ้าลอยเบา มีประสิทธิภาพการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในดินปลูกอ้อย ได้ร้อยละ 15.32 กับ 17.00 ตามลำดับ ร้อยละการคงเหลือของแอมโมเนียมในดิน มีค่ามากกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ร้อยละ 23.95 กับ 7.64 ร้อยละ 54.43 กับ 0.57 ร้อยละ 79.24 กับ 18.46 ร้อยละ 79.92 กับ 23.78 และ ร้อยละ 44.07 กับ 15.24 ณ วันที่ 0 3 7 14 และ 28 วันหลังใส่ปุ๋ยตามลำดับ ทั้งนี้สาร *trans*-methyl cinnamate และเถ้าลอยเบา ออกฤทธิ์ยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในดินได้นานไม่น้อยกว่า 28 วัน และสามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยสดได้ ร้อยละ 9.61 กับ 6.95 ตามลำดับ คิดเป็นสัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน 1.37 และ 1.34

ชาวไร่อ้อยมีทัศนคติและยอมรับเทคโนโลยีการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในระดับดี และมีความสนใจที่จะใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการปลูกอ้อยหากได้รับการสนับสนุนทางการเงินทั้งหมดและยินดีปันส่วนค่าใช้จ่าย

ความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ต่อประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเพื่อพัฒนาเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย มีความคิดเห็นว่าสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยในสัดส่วนที่สูงพอสมควร ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีศักยภาพที่ควรส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรและเครือข่ายที่เกี่ยวข้องใช้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร ทั้งนี้รัฐบาลควรใช้แนวคิดผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ ผ่านการสนับสนุนด้านการเงินและมาตรการจูงใจอื่น ๆ สำหรับส่งเสริมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในภาคเกษตรด้วยความสมัครใจ ควบคู่กับการเพิ่มภูมิต้านทานต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านความมั่นคงทางอาหารและความยืดหยุ่นในการปรับตัว โดยสร้างแรงจูงใจแก่โรงงานอ้อยในการส่งเสริมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย และประกาศใช้ระบบการตรวจวัด การรายงานผล และการทวนสอบ (MRV) สำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกและการลดก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้หน่วยงานภาครัฐควรจะจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การกักเก็บคาร์บอนในดิน ตรวจสอบผลกระทบด้านสุขภาพ สิ่งแวดล้อม และประเมินผลการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาอย่างต่อเนื่อง

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ 2

บทคัดย่อ 3

สารบัญ 4

สารบัญตาราง 10

สารบัญรูป 14

บทที่ 1 บทนำ 18

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 18

1.2 วัตถุประสงค์ 21

1.3 กรอบแนวคิดและสมมุติฐานงานวิจัย 21

1.3.1 ประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่นำร่อง 21

1.3.2 การเผยแพร่ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 22

1.4 เป้าหมายและตัวชี้วัด 22

1.4.1 ผลผลิต 22

1.4.2 ตัวชี้วัด 23

1.5 ขอบเขตการดำเนินงาน 23

1.5.1 การทบทวนวรรณกรรม 23

1.5.2 การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่นำร่อง 23

1.5.3 การเผยแพร่ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 24

1.5.4 การประมวลผลการศึกษา 24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 25

1.7 แผนการดำเนินงาน 25

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 27

2.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรของประเทศไทย 27

2.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย 29

2.3 การบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรด้วยแนวคิดผลประโยชน์ร่วมด้านอื่น ๆ (co-benefits) ... 30

2.4 กลุ่มของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (nitrification inhibitors; NIs) 33

2.4.1 สารเคมียับยั้งไนตริฟิเคชั่นสังเคราะห์เชิงการค้า 34

2.4.2 สารชีวภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่นที่มีคุณสมบัติ allelopathy.....38

2.4.3 สารสกัดหยาบจากส่วนของพืช.....39

2.4.4 วัสดุการเกษตร.....39

บทที่ 3 วิธีวิจัย 41

3.1 การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกร..... 41

3.1.1 พื้นที่ศึกษาและแปลงเกษตรกรที่ปลูกอ้อย.....41

3.1.2 พันธ์อ้อยที่ใช้ในการทดลอง.....41

3.1.3 สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและอัตราที่ใช้ในการทดลอง 41

3.1.4 กรรมวิธีทดลอง.....41

3.1.5 การออกแบบผังแปลงทดลอง.....42

3.1.6 พารามิเตอร์ วิธีการเทคนิคการเก็บตัวอย่างในแปลงเกษตรกร และความถี่ของการเก็บตัวอย่าง 42

3.1.7 ระยะเวลาของการทดลอง.....44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 การดำเนินงานวิจัยในแปลงทดลองของเกษตรกร 44

3.2.1 การเตรียมแปลงและปลูกอ้อย 44

3.2.2 การทดลองใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในดินแปลงทดลอง 45

3.3 วิธีการเก็บข้อมูลในแปลงทดลองและวิธีวิเคราะห์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในแปลงทดลองของเกษตรกรนำร่อง 46

3.3.1 การศึกษาปริมาณการปล่อยไนตรัสออกไซด์ 46

3.3.2 การเก็บตัวอย่างดิน เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นอย่างต่อเนื่องในช่วงของการทดลอง ธาตุอาหารไนโตรเจน รวมทั้งพารามิเตอร์อื่น ๆ ของดินที่เกี่ยวข้อง 46

3.3.2.1 การเก็บตัวอย่างดิน 46

3.3.2.2 การวิเคราะห์ความชื้นดินและความหนาแน่น 47

3.3.2.3 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนียมและไนเตรทที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 47

3.3.2.4 อัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่น (potential nitrification) 48

3.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนามที่เกี่ยวข้องกับ การเจริญเติบโตของอ้อย และปัจจัยด้านการเขตกรรมการบำรุงดูแลต้นอ้อย 48

3.3.3.1 การศึกษาการเจริญเติบโต 48

3.3.3.2 การศึกษาผลผลิต 48

3.3.4 ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 49

3.3.5 ประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 49

3.3.6 การวิเคราะห์ค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) 49

3.3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลตอบแทนและต้นทุน 49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การเผยแพร่ผลประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมาย 50

3.4.1 กลุ่มเป้าหมายและการดำเนินการรับฟังความคิดเห็น 50

3.4.2 ประเด็นการเผยแพร่ 50

3.5 การสำรวจและวิเคราะห์ทัศนคติ การยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น..... 50

3.6 การจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย (policy brief) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในระบบการเพาะปลูกอ้อย 51

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 51

บทที่ 4 ผลการวิจัย 52

4.1 การทดลองการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่นำร่อง..... 52

4.2 ดำเนินการเตรียมแปลงทดลองและชุดการทดลองในแปลงอ้อยเกษตรกร 55

4.2.1 คุณสมบัติดิน.....55

4.2.2 การปลูกอ้อย.....56

4.2.3 การใส่ปุ๋ย การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น และเถ้าลอยเบาในแปลงอ้อยเกษตรกร 56

4.2.4 การติดตามการดำเนินงานในแปลงของเกษตรกร 60

4.3 ประสิทธิภาพการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา 64

4.3.1 ประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 64

4.3.1.1 การปล่อยไนตรัสออกไซด์โดยใช้ค่าปัจจัยการปล่อยการศึกษาเมื่อ พ.ศ. 2558 64

4.3.1.2 การปล่อยไนตรัสออกไซด์โดยใช้ค่าปัจจัย Tier 1 64

4.3.2 ประสิทธิภาพชะลอการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียมของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา 66

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.3 ประสิทธิภาพการยับยั้งอัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่น 67

4.4 การเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อย 68

4.4.1 การเจริญเติบโตของอ้อย 68

4.4.2 ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน 69

4.5 ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตอ้อยสด 70

4.5.1 ต้นทุนการปลูกอ้อย 70

4.5.2 ผลตอบแทนการปลูกอ้อย 70

4.5.3 สัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio) 70

4.6 การเผยแพร่ผลประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมาย 78

4.6.1 การแนะนำโครงการวิจัยแก่ชาวไร่อ้อย 78

4.6.2 สาระสำคัญเกี่ยวกับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 79

4.6.3 การสัมมนาเผยแพร่และรับฟังความคิดเห็น เรื่อง การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย 91

4.6.4 การเผยแพร่ความรู้ เรื่อง การเพิ่มผลผลิตและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น แก่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมาย 97

4.7 ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 101

4.7.1 ผลการศึกษาจากแบบสอบถาม 101

4.7.1.1 ส่วนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 102

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.7.1.2 ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย 127

4.7.2 ผลการศึกษาจากการสนทนากลุ่มย่อย (focus group) 139

4.8 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย (policy brief) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในระบบการเพาะปลูกอ้อย 142

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 146

5.1 ประสิทธิภาพการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์และเพิ่มผลผลิตในการปลูกอ้อยในแปลงเกษตรกรนำร่อง 146

5.2 ความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายต่อการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย 147

5.3 ความรู้ ทัศนคติ และการยอมรับเทคโนโลยีการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ของเกษตรกร 148

5.4 ข้อเสนอเชิงนโยบายการใช้การยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 148

เอกสารอ้างอิง 150

ภาคผนวก 158

ผนวก 1 159

ผนวก 2 160

ผนวก 3 162

ผนวก 4 166

ผนวก 5 175

ผนวก 6 176

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงานและระยะเวลาการวิจัย 25
ตารางที่ 2 ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011)..... 27
ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรของประเทศไทย พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011) 28
ตารางที่ 4 ผล (inhibited: ↓ ; enhanced: ↑ ; no: ×; and not measured: –) ของสาร DCD และ DMPP ต่อ N2O และ CH4 emission, soil nitrate (NO3-) soil ammonium (NH4+) NO3- leaching yield และ plant nitrogen uptake (PNU) ผล (inhibited: ↓ ; enhanced: ↑ ; no: ×; and not means 37
ตารางที่ 5 สรุปพารามิเตอร์ วิธีการเก็บตัวอย่าง วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างและความถี่ของการเก็บตัวอย่าง..... 42
ตารางที่ 6 คุณสมบัติของดินก่อนปลูกอ้อยจากแปลงเกษตรกร 55
ตารางที่ 7 การปล่อยไนตรัสออกไซด์โดยใช้ค่าปัจจัยการปล่อยการศึกษาเมื่อ พ.ศ. 2558 65
ตารางที่ 8 การปล่อยไนตรัสออกไซด์โดยใช้ค่าปัจจัย Tier 1 65
ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นแอมโมเนียมในดินและร้อยละการคงเหลือของแอมโมเนียม เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว วันที่ 0 3 7 14 และ 28 วันหลังใส่ปุ๋ย..... 66
ตารางที่ 10 อัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่น (mg N/kg/day) วันที่ 0 3 7 14 และ 28 วันหลังใส่ปุ๋ย..... 67
ตารางที่ 11 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของอ้อย..... 68
ตารางที่ 12 ร้อยละความแตกต่างของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของอ้อย..... 68
ตารางที่ 13 มวลชีวภาพทั้งหมด (BMT) ผลผลิต (Yield) ร้อยละความแตกต่างของผลผลิต (Different yield; %) ไนโตรเจนทั้งหมดในผลผลิตอ้อย และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (NUE) 69
ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยผลตอบแทน ราคาหน้าโรงงาน ต้นทุนรวม กำไรต่อผลผลิต กำไรต่อพื้นที่ และสัดส่วนผลตอบแทนการลงทุน (B/C ratio) จากการปลูกอ้อยใหม่ อ้อยตอปีที่ 1 และ ปีที่ 2..... 71
ตารางที่ 15 ผลตอบแทนและต้นทุนการผลิตอ้อย กรณีใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว..... 73
ตารางที่ 16 ผลตอบแทนและต้นทุนการผลิตอ้อย กรณีใส่สาร 51F2..... 75
ตารางที่ 17 ผลตอบแทนและต้นทุนการผลิตอ้อย กรณีเถ้าลอยเบา 77
ตารางที่ 18 เปรียบเทียบประสิทธิภาพลดการปล่อย N_2O ศักยภาพการทำให้โลกร้อน และค่าปัจจัยการปล่อย .. 88

ตารางที่ 19 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ..... 102
ตารางที่ 20 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามอายุ 102
ตารางที่ 21 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามระดับการศึกษา 103
ตารางที่ 22 จำนวนและร้อยละระยะเวลาที่ประกอบอาชีพทำไร่อ้อยของกลุ่มตัวอย่าง..... 104
ตารางที่ 23 เหตุผลที่เลือกประกอบอาชีพทำไร่อ้อยของกลุ่มตัวอย่าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)..... 105
ตารางที่ 24 จำนวนและร้อยละความถี่ของการปลูกอ้อยของกลุ่มตัวอย่าง 105
ตารางที่ 25 จำนวนพื้นที่ทำไร่อ้อยของกลุ่มตัวอย่าง..... 106
ตารางที่ 26 ลักษณะการใช้แรงงานในการเพาะปลูกของกลุ่มตัวอย่าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)..... 106
ตารางที่ 27 ต้นทุนการปลูกอ้อยของกลุ่มตัวอย่าง 107
ตารางที่ 28 รายได้จากการขายผลผลิตอ้อยของกลุ่มตัวอย่าง..... 107
ตารางที่ 29 จำนวนความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อราคาผลผลิตที่ได้รับ..... 108
ตารางที่ 30 ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อปัญหาการปลูกอ้อย..... 109
ตารางที่ 31 ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อการส่งเสริมการปลูกอ้อยจากภาคเอกชนและเครือข่ายเกษตรกร..... 110
ตารางที่ 32 ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านเศรษฐกิจของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น..... 112
ตารางที่ 33 ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านสังคมของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น..... 114
ตารางที่ 34 ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านสิ่งแวดล้อมของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น..... 115
ตารางที่ 35 ระดับระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านการมีส่วนร่วมของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น..... 116
ตารางที่ 36 ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านนโยบายรัฐบาลของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น..... 117

ตารางที่ 37 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทัศนคติของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นด้านต่าง ๆ 118
ตารางที่ 38 ระดับการยอมรับด้านการได้รับความรู้และข่าวสารของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 120
ตารางที่ 39 ระดับการยอมรับด้านการสร้างความเชื่อมั่นในข่าวสารของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 121
ตารางที่ 40 ระดับการยอมรับด้านการตัดสินใจของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 122
ตารางที่ 41 ระดับการยอมรับด้านการแสดงออกถึงความเชื่อและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 123
ตารางที่ 42 ระดับการยอมรับด้านการยืนยันตัดสินใจ ยอมรับ และแสดงถึงการยอมรับนำไปปฏิบัติของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 124
ตารางที่ 43 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นด้านต่าง ๆ 125
ตารางที่ 44 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ทราบว่าการทำไร่อ้อยสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ก่อนและหลังการอบรม 127
ตารางที่ 45 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ทราบเกี่ยวกับพฤติกรรมการปลูกอ้อยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก่อนและหลังอบรม (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) 128
ตารางที่ 46 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่รู้จักก๊าซเรือนกระจก ก่อนและหลังการอบรม 129
ตารางที่ 47 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้จักชนิดก๊าซเรือนกระจก (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) 130
ตารางที่ 48 แสดงจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่าการทำไร่อ้อยสามารถปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ก่อนและหลังการอบรม 131
ตารางที่ 49 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่าการปลูกอ้อยโดยใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ก่อนและหลังการอบรม 132
ตารางที่ 50 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้จักภาวะโลกร้อน ก่อนและหลังอบรม 133

ตารางที่ 51จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่าก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ก่อนและหลังการอบรม 134
ตารางที่ 52 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่ามีแนวทางการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน ก่อนและหลังการอบรม 137

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 การเกิด nitrous oxide จาก nitrification (NN) nitrifier denitrification (ND) nitrification-coupled denitrification (NCD) และ applied NO_3^- denitrification (FD) (Kool *et al*., 2010)..... 31
รูปที่ 2 กลไกการยับยั้ง NH_4^+oxidation (ammonium monooxygenase) โดยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (Weiske *et al*., 2001) 33
รูปที่ 3 ผังการทดลองในแปลงอ้อยของเกษตรกร 42
รูปที่ 4 บริเวณสุ่มเก็บดินและ มวลชีวภาพของอ้อย 47
รูปที่ 5 ตำแหน่งที่ตั้งและการเข้าถึงพื้นที่วิจัย (A) ประเทศไทย (B) จังหวัดนครสวรรค์ (C) แปลงปลูกอ้อยที่ 1 (D) แปลงปลูกอ้อยที่ 2 และ (E) แปลงปลูกอ้อยที่ 3..... 53
รูปที่ 6 แปลงปลูกอ้อยที่ 1 นางบุญยืน เหมือนเผ่า และการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกอ้อย 54
รูปที่ 7 แปลงปลูกอ้อยแปลงที่ 2 นายกิตติ อังศุธรรม และการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกอ้อย 54
รูปที่ 8 แปลงปลูกอ้อยแปลงที่ 3 นาย กิตติ ยังกุด และการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกอ้อย..... 54
รูปที่ 9 การเตรียมดินแปลงปลูกอ้อย 57
รูปที่ 10 การใส่เถ้าลอยเบารองก้นหลุมก่อนการปลูกอ้อย..... 57
รูปที่ 11 แปลงปลูกอ้อยที่ใส่เถ้าลอยเบาพร้อมสำหรับการปลูกอ้อย..... 58
รูปที่ 12 การใส่ปุ๋ยและสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในขั้นตอนการปลูกอ้อย 58
รูปที่ 13 การปลูกอ้อยด้วยรถแทคเตอร์ ขุดหลุม รดน้ำ ใส่ปุ๋ยรองก้นหลุ่ม สับท่อนพันธุ์ลงปลูก และฝังกลบในขั้นตอนเดียว 59
รูปที่ 14 สภาพแปลงอ้อยหลังจากปลูกเสร็จแล้ว..... 59
รูปที่ 15 ติดตามความก้าวหน้าแปลงอ้อยของเกษตรกร วันที่ 28 มีนาคม 2559 อายุอ้อย 121 วันหลังปลูก 60
รูปที่ 16 แปลงปลูกอ้อยที่ 1 นางบุญยืน เหมือนเผ่า วันที่ 27 พฤษภาคม 2559 อายุอ้อย 120 วันหลังปลูก 61
รูปที่ 17 แปลงปลูกอ้อยที่ 1 นางบุญยืน เหมือนเผ่า วันที่ 8 กรกฎาคม 2559 อายุอ้อย 161 วันหลังปลูก..... 61
รูปที่ 18 แปลงปลูกอ้อยที่ 2 นายกิตติ อังศุธรรม วันที่ 27 พฤษภาคม 2559 อายุอ้อย 130 วันหลังปลูก 62
รูปที่ 19 แปลงปลูกอ้อยที่ 2 นายกิตติ อังศุธรรม วันที่ 8 กรกฎาคม 2559 อายุอ้อย 171 วันหลังปลูก 62
รูปที่ 20 แปลงปลูกอ้อยที่ 3 นายกิตติ ยังกุด วันที่ 28 พฤษภาคม 2559 อายุอ้อย 112 วันหลังปลูก 63

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 21 แปลงปลูกอ้อยที่ 3 นายกิตติ ยังกุด วันที่ 7 กรกฎาคม 2559 อายุอ้อย 153 วันหลังปลูก 63
รูปที่ 22 ความผันแปรของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นแอมโมเนียมในดิน วันที่ 0 3 7 14 และ 28 วันหลังใส่ปุ๋ย 66
รูปที่ 23 ความผันแปรของอัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่น (mg N/kg/day) วันที่ 0 3 7 14 และ 28 วันหลังใส่ปุ๋ย 67
รูปที่ 24 การประชุมเชิงปฏิบัติการ เพื่อแนะนำโครงการศึกษาให้ชาวไร่อ้อยได้รับทราบ 78
รูปที่ 25 กลไกการยับยั้ง NH_4^+oxidation โดยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (Weiske *et al*., 2001) 81
รูปที่ 26 กระบวนการทำงานของสารชีวภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในดิน (Subbarao *et al*., 2007)..... 82
รูปที่ 27 ร้อยละของประสิทธิภาพการใช้ DCD (O) และ DMPP (Δ) ในการเกษตร ต่อความเข้มข้นของ inorganic N, N leaching, gaseous emission และ plant productivity (Yang *et al*., 2016) 84
รูปที่ 28 ร้อยละของประสิทธิภาพการใช้ DCD (O) และ DMPP (Δ) ต่อ ผลผลิต (yield) ในพื้นที่วิจัยที่มีสภาพแวดล้อมและคุณสมบัติดินแตกต่าง ในด้าน soil pH, N forms, N rates และ crop types (Yang *et al*., 2016) 85
รูปที่ 29 อัตราการปล่อยไนตรัสออกไซด์เฉลี่ยรายวันและร้อยละประสิทธิภาพการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์เฉลี่ยรายวัน ของกรรมวิธีทดลองที่ใส่ NIs และเถ้าลอยเบา เมื่อเทียบกับกรรมวิธีทดลองที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่าง..... 87
รูปที่ 30 บรรยากาศการสัมมนาเผยแพร่และรับฟังความคิดเห็น เรื่อง “การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย 96
รูปที่ 31 การทดสอบความรู้เกี่ยวกับภาวะโลกร้อนและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อนและหลังการรับฟังการเผยแพร่ (pre test/post test)..... 97
รูปที่ 32 เจ้าหน้าที่อาวุโส โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย ให้ความรู้เกี่ยวกับบทบาทของชาวไร่อ้อยและโรงงานน้ำตาลที่มีส่วนร่วมในการบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย 98
รูปที่ 33 เจ้าหน้าที่ฝ่ายส่งเสริมการปลูกอ้อย โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย ให้ความรู้เกี่ยวกับบทบาทของชาวไร่อ้อยและโรงงานน้ำตาลที่มีส่วนร่วมในการบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย 98
รูปที่ 34 นักวิจัยบรรยายเรื่องภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา 99

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 35 กระบวนการประชุมกลุ่มย่อยเพื่อสนทนากลุ่ม (focus group) ระหว่าง นักวิจัย เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่ และชาวไร่อ้อย เพื่อรับฟังและสร้างแนวทางปฏิบัติการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในการปลูกอ้อย 99
รูปที่ 36 ชาวไร่อ้อยที่เข้าร่วมประชุม เยี่ยมชมแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรนำร่องการการบรรเทาการปลอ่ยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา 100
รูปที่ 37 บรรยากาศเยี่ยมชมแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรนำร่องการการบรรเทาการปลอ่ยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา 100
รูปที่ 38 แสดงค่าเฉลี่ยทัศนคติของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้ สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในด้านต่าง ๆ 119
รูปที่ 39 ค่าเฉลี่ยการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 126
รูปที่ 40 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ทราบว่าการทำไร่อ้อยสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ก่อนและหลังการอบรม 127
รูปที่ 41 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ทราบเกี่ยวกับพฤติกรรมการปลูกอ้อยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมก่อนและหลังการอบรม 128
รูปที่ 42 จำนวนและร้อยละเกษตรกรที่รู้จักก๊าซเรือนกระจก ก่อนและหลังการอบรม 129
รูปที่ 43 จำนวนและร้อยละเกษตรกรที่รู้จักชนิดของก๊าซเรือนกระจก ก่อนและหลังการอบรม 130
รูปที่ 44 จำนวนและร้อยละเกษตรกรที่รู้ว่าการทำไร่อ้อยสามารถปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ก่อนและหลังการอบรม 131
รูปที่ 45 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่าการปลูกอ้อยโดยใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ก่อนและหลังการอบรม 132
รูปที่ 46 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้จักภาวะโลกร้อน ก่อนและหลังการอบรม 133
รูปที่ 47 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่าก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนก่อนและหลังการอบรม 134
รูปที่ 48 ร้อยละความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อผลกระทบของภาวะโลกร้อน 135

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 49 ร้อยละความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อการประกอบอาชีพหรือวิถีชีวิต 136
รูปที่ 50 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่ามีแนวทางแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนก่อนและหลังการอบรม 137
รูปที่ 51 ร้อยละความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อแนวทางแก้ปัญหาวะโลกร้อน 138

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ก๊าซเรือนกระจกสำคัญที่ปล่อยจากภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ที่ดิน (agriculture, forestry and other land use; AFOLU) คือ ก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (non-CO_2 GHGs) ได้แก่ มีเทน (methane; CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide; N_2O) ซึ่งก๊าซเรือนกระจกทั้งสองชนิดนี้มีศักยภาพทำให้เกิดโลกร้อน (global warming potential; GWP) มากกว่า CO_2 ถึง 21 เท่า และ 310 เท่า ในระหว่าง พ.ศ. 2543-2553 (ค.ศ. 2000-2010) ค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก AFOLU ของโลก มีค่าประมาณ 10-12 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี คิดเป็นร้อยละ 24 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของโลกที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ กล่าวเฉพาะใน พ.ศ. 2553 การปล่อย non-CO_2 GHGs จากภาคเกษตร มีค่าเฉลี่ย 5.2–5.8 พันล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ในจำนวนนี้เป็นการปล่อย N_2O ทางตรงจากดินที่ทำการเกษตรที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ร้อยละ 12 (Smith *et al.*, 2014)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรของประเทศไทย พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011) ปล่อย non-CO_2 GHGs มากเป็นลำดับที่ 2 รองจากภาคพลังงาน คิดเป็นจำนวน 52.92 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือร้อยละ 17.32 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ ซึ่งมีปริมาณมากกว่า non-CO_2 GHGs ที่ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศจากภาคเกษตรของไทยใน พ.ศ. 2543 ร้อยละ 2 กล่าวเฉพาะการปล่อย non-CO_2 GHGs จากดินการเกษตรที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน มีค่า 11.82 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 22.34 ของปริมาณการปล่อย non-CO_2 GHGs ของภาคเกษตร (ONEP, 2015) เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2543 ร้อยละ 55.53 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553) ทั้งนี้การปล่อย N_2O จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดิน (Bouwman, 1996; Ma *et al.*, 2010)

วิธีการหนึ่งในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร คือ การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (nitrification inhibitors; NIs) จำพวก สารเคมีเชิงการค้า เช่น nitrapyrin DCD (dicyandiamide) และ DMPP

(3,4-dimethylpyrazole phosphate) สารสกัดชีวภาพจากส่วนของพืช และวัสดุการเกษตร การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น นับเป็นแนวทางเชิงผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ (co-benefits) ที่ช่วยให้การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเกิดประสิทธิภาพและเพิ่มผลผลิต ในขณะเดียวกันก็ช่วยลดการปล่อย N_2O และ CH_4 ผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การใช้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับ DCD ช่วยลดการปล่อย N_2O และ CH_4 จากนาข้าว ได้ร้อยละ 22.3 และ 47 ตามลำดับ นอกจากนี้ ผลการวิจัยของ บุญลือ คะเชนทร์ชาติ และคณะ (2558) พบว่าสารอินทรีย์ยับยั้งไนตริฟิเคชั่นอนุพันธ์ของสารกลุ่ม Cinnamate ที่ได้จากการสังเคราะห์เลียนแบบสาร Methyl 3-(4-hydroxyphenyl) propionate (MHPP) ที่ออกฤทธิ์ยับยั้งไนตริฟิเคชั่นที่พบในน้ำเลี้ยงรากของข้าวฟ่าง สามารถยับยั้งการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียมในดินนาและเนื้อดินเหนียวปนทราย ได้สูงร้อยละ 75.8 ซึ่งประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ใกล้เคียงกับสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเชิงการค้า DMPP นอกจากนี้วัสดุการเกษตร เช่น ถ่านชีวภาพ (biochar) และเถ้าลอยเบา (fly ash) มีรายงานว่ามีประสิทธิภาพในการปรับปรุงโครงสร้างดินและลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ได้ จากงานวิจัยและการศึกษาในสภาพไร่นาที่ผ่านมา ส่งผลให้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเป็นที่ยอมรับและเริ่มมีการใช้อย่างแพร่หลายในการผลิตพืชในเขตอบอุ่น (temperate region) แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาในระดับไร่นายังมีค่อยข้างจำกัดในประเทศเขตร้อน (tropical countries)

ผลศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นร่วมกับการจัดการเขตเกษตรกรรมเพื่อบรรเทาการปล่อย N_2O และ CH_4 จากภาคเกษตรควบคู่กับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะนำวิธีการนี้มาดำเนินการในประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม ทั้งนี้องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2555) ได้เสนอแนะทางเลือกวิธีลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรในอนาคตสำหรับประเทศไทย โดยการคาดการณ์ด้วยแบบจำลองภายใต้ภาพฉายต่าง ๆ พบว่า การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเพื่อลดการสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจนมีศักยภาพลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ร้อยละ 30 หากดำเนินการจะมีผลให้ลดการใช้ปุ๋ยได้ ร้อยละ 5 7 และ 10 ของปริมาณการใช้ปุ๋ยรวมในปี ค.ศ. 2020 2030 และ 2050 ตามลำดับ โดยใช้เงินทุนประมาณ 11.2 ดอลลาร์สหรัฐต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ในปีงบประมาณ 2558 ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ร่วมกับคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ริเริ่มศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นสังเคราะห์เชิงการค้า DMPP สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นสังเคราะห์เลียบแบบสารออกฤทธิ์ที่พบในรากและน้ำเลี้ยงรากของหญ้าซิกแนลเลื้อย *trans*-methyl cinnamate (51F2) และเถ้าลอยเบา (fly ash) ที่เป็นผลพลอยได้จาก

โรงไฟฟ้าชีวมวลอ้อย ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในแปลงทดลองระดับไร่นา โดยดำเนินการทดลองในแปลงปลูกอ้อยของ โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนลซูก้าร์คอร์ปอเรชั่น อำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์ รวมทั้งวิเคราะห์ต้นทุนและผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในกลุ่มต่าง ๆ ในระบบการปลูกอ้อยด้วย

ผลการวิจัย พบว่า เถ้าลอยเบามีประสิทธิภาพลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์เฉลี่ยรายวันสูงที่สุด ร้อยละ 21.84 รองลงมาคือ DMPP ร้อยละ 7.51 และ *trans*-methyl cinnamate ร้อยละ 2.76 ตามลำดับ ช่วยลดค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อนได้ ร้อยละ 29.72 15.32 และ 10.97 เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ตามลำดับ สำหรับค่าปัจจัยการปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในดินเกษตร พบว่า การใส่ปุ๋ยร่วมกับเถ้าลอยเบา *trans*-methyl cinnamate DMPP และการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว มีค่า 0.004 0.012 0.015 และ 0.021 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าปัจจัยการปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงจากดินเกษตรที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของ IPCC คือ 0.01 (ค่าความไม่แน่นอน 0.003-0.03) ทั้งนี้การใส่สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น DMPP *trans*-methyl cinnamate และเถ้าลอยเบา ไม่มีผลต่อความหลากหลายของแบคทีเรียในดิน เนื่องจากผลการวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลาย Shannon index ไม่แตกต่างกัน และไม่พบว่ามีการตกค้างในดินหลังการใส่สาร 28 วัน

ผลผลิตอ้อยจากแปลงทดลองที่ใส่สาร *trans*-methyl cinnamate ให้น้ำหนักอ้อยสดมากที่สุด 17.9 ตันต่อไร่ รองลงมาคือ แปลงที่ใส่สาร DMPP เถ้าลอยเบา และแปลงที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว เท่ากับ 17.8 17.3 และ 15.6 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้แปลงที่ใส่สาร *trans*-methyl cinnamate DMPP และเถ้าลอยเบา ให้ผลผลิตมากกว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ร้อยละ 14.2 13.8 และ 10.3 ตามลำดับ

ต้นทุนของสาร *trans*-methyl cinnamate (ราคา FOB ที่ 5.45 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม) เถ้าลอยเบา (ต้นทุนค่าขนส่งระยะทาง 50 กม.) และ DMPP (FOB ที่ 23.5 ดอลลาร์สหรัฐต่อกิโลกรัม) เท่ากับ 57.55, 99.39 และ 186.12 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบรายได้จากการขายอ้อยสดต่อต้นทุนการปลูกอ้อย (B/C ratio) พบว่า แปลงอ้อยที่ใส่สาร *trans*-methyl cinnamate DMPP เถ้าลอยเบา และการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว มีค่า 1.25 1.18 1.16 และ 1.11 ตามลำดับ (ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม, 2558)

เพื่อให้ผลศึกษาในระดับไร่นาของระบบการปลูกอ้อยที่ได้ดำเนินการในระยะแรก สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในแปลงเกษตรกรได้จริงอย่างเป็นรูปธรรม ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงได้ดำเนินการต่อเนื่องในระยะที่สอง ในการขยายผลการศึกษาการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นลงสู่แปลงเกษตร เพื่อเป็นตัวอย่างและต้นแบบการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับแปลงเกษตรกรที่การปลูกอ้อยในพื้นที่ พร้อมทั้งประมวล

และสังเคราะห์ผลการศึกษาเพื่อเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมายทั้งระดับผู้กำหนดนโยบาย นักวิชาการ และเกษตรกร ทั้งนี้ แผนการดำเนินงานในปีงบประมาณ 2559 นี้ จะเป็นแนวทางเชิงบูรณาการที่จำเป็นสำหรับการอนุวัติอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework on Climate Change Convention; UNFCCC) เพื่อเตรียมความพร้อมและทางเลือกให้เกษตรกรไทย ในการมีส่วนร่วมในการลดและบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องรีบดำเนินการ เนื่องจากหลัง ค.ศ. 2020 (พ.ศ. 2563) ทุกประเทศที่เป็นภาคีสมาชิกอนุสัญญาฯ ทั้งกลุ่มภาคผนวกที่ 1 และกลุ่มนอกภาคผนวกที่ 1 จะต้องมีพันธกรณีทางกฎหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุกภาคส่วน รวมทั้งภาคเกษตร ภายใต้ข้อตกลงใหม่ที่มีผลบังคับทางกฎหมายซึ่งกำลังเจรจาภายใต้ Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อขยายผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่แปลงการปลูกอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่นำร่อง

1.2.2 เพื่อเผยแพร่ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมายทั้งระดับผู้กำหนดนโยบาย นักวิชาการ และเกษตรกร

1.2.3 เพื่อศึกษาทัศนคติและการยอมรับของเครือข่ายเกษตรต่อการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

1.3 กรอบแนวคิดและสมมุติฐานงานวิจัย

1.3.1 ประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่นำร่อง

ดำเนินการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ตัวอย่างในระดับแปลงปลูกอ้อยนำร่องของเกษตรกร จำนวน 3 ราย โดยนำสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นที่มีศักยภาพนำมาใช้ในการผลิตอ้อยได้แก่ 1) สารกลุ่ม cinnamate ที่ปรับปรุงโครงสร้างจากสารออกฤทธิ์ที่พบในรากและน้ำเลี้ยงรากของหญ้าซิกแนลเลื้อยและข้าวฟ่างและ 2) เถ้าลอยเบา (fly ash) มาประยุกต์ใช้กับระบบการปลูกอ้อยของเกษตรกร โดยอ้างอิงผลการศึกษาในระยะแรกที่ว่า การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและผลผลิต ในขณะเดียวกันช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นข้อมูลบ่งบอกถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ดังกล่าว ทั้งนี้ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรเป็นข้อมูลประกอบที่สำคัญถึงความเป็นไปได้ในการการขยายผลการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นให้กว้างขวางมากยิ่งขึ้น

1.3.2 การเผยแพร่ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมาย ทั้งระดับผู้กำหนดนโยบาย ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย นักวิชาการ และเกษตรกร โดยนำผลการศึกษาในแปลงทดลองระดับไร่นาของระบบการปลูกอ้อยในระยะแรกมาประมวลและสังเคราะห์ผล พร้อมทั้งจัดทำเอกสารเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมายต่าง ๆ ผ่านช่องทางการสื่อสารและเผยแพร่ ได้แก่ การจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบาย (policy brief) เพื่อเผยแพร่ให้หน่วยงานต่างที่เกี่ยวข้อง การประชุมนำเสนอผลการศึกษาและรับฟังคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญและนักวิชาการ การประชุมนำเสนอผลการวิจัยเพื่อเผยแพร่ให้แก่เครือข่ายเกษตรกร การสนทนากลุ่มย่อย และการสำรวจทัศนคติ การยอมรับของเครือข่ายเกษตรกรปลูกอ้อย

1.4 เป้าหมายและตัวชี้วัด

1.4.1 ผลผลิต

- ประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นกลุ่ม cinnamate และวัสดุการเกษตรเถ้าลอยเบา ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในแปลงการปลูกอ้อยนำร่องของเกษตรกร
- อัตราการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นที่เหมาะสมกับการปลูกอ้อยในแปลงของเกษตรกรและอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง
- ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ของการนำสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นกลุ่ม cinnamate และวัสดุการเกษตรเถ้าลอยเบา ไปใช้ในระบบการปลูกอ้อยภายในแปลงของเกษตรกร
- รูปแบบและแนวทางเชิงผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ ในการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นที่ผสมผสานกับวิธีการปลูกอ้อยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแปลงของเกษตรกร
- การเผยแพร่ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมายทั้งระดับผู้กำหนดนโยบาย นักวิชาการ และเกษตรกร
- ทัศนคติและการยอมรับของเครือข่ายเกษตรต่อการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

1.4.2 ตัวชี้วัด

- ค่าประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นกลุ่ม cinnamate และวัสดุการเกษตร เถ้าลอยเบา ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกร
- ข้อมูลความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกร
- รูปแบบและช่องทางการเผยแพร่ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมายทั้งระดับผู้กำหนดนโยบาย นักวิชาการและเกษตรกร
- จำนวนคนที่ได้รับการเผยแพร่ผลงานวิจัย ไม่น้อยกว่า 50 คน
- ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย (policy brief)

1.5 ขอบเขตการดำเนินงาน

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน ประกอบด้วย กระบวนการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) ในแปลงอ้อยของเกษตรกรและการวิจัยแบบเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (participatory action research: PAR) ระหว่าง เกษตรกร ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ผู้กำหนดนโยบาย และนักวิชาการ

1.5.1 การทบทวนวรรณกรรม

ทบทวนเอกสาร รายงานวิจัย บทความวิชาการ เกี่ยวกับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา ในประเด็น ประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพ ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกร และนโยบายสาธารณะของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

1.5.2 การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่นำร่อง

1.5.2.1 การกำหนดพื้นที่ศึกษา ออกแบบการทดลองและพารามิเตอร์ในการศึกษา

ประกอบด้วย 1) พื้นที่ศึกษาและแปลงเกษตรกรที่ปลูกอ้อย 3 ราย 2) พันธุ์อ้อยที่ใช้ในการทดลอง 3) สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและอัตราที่ใช้ในการทดลอง 4) กรรมวิธีทดลอง 5) การออกแบบผังแปลงทดลอง 6) พารามิเตอร์ วิธีการ เทคนิคการเก็บตัวอย่างในภาคสนาม และความถี่ของการเก็บตัวอย่าง และ 7) ระยะเวลาของการทดลอง

1.5.2.2 การดำเนินงานวิจัยในแปลงทดลอง

ประกอบด้วย 1) การออกแบบและวางแผนการทดลอง 2) การเตรียมแปลงและปลูกอ้อย และ 3) การทดลองใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในแปลงทดลอง

1.5.2.3 วิธีการเก็บข้อมูลในแปลงเกษตรกรนำร่องและวิธีวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ประกอบด้วย 1) การเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์คุณสมบัติดิน 2) อัตราการปล่อยไนตรัสออกไซด์ โดยใช้ค่าปัจจัยการปล่อย (emission factor) ไนตรัสออกไซด์ทางตรงจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน จากผลการการวิจัยจากโครงการศึกษาการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย ในปีงบประมาณ 2558 และ IPCC 3) การติดตามตรวจสอบประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในดิน ได้แก่ การวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนียมและไนเตรทที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 4) การเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนาม ด้านการเจริญเติบโตของอ้อย ได้แก่ การศึกษาการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพในระยะเจริญเติบโต และผลผลิต และ 5) การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนและผลตอบแทน ด้วยการบันทึกค่าใช้จ่ายในการผลิตอ้อยในทุกกระบวนการผลิตอ้อย และราคาขายอ้อยหน้าโรงงาน

1.5.3 การเผยแพร่ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

1.5.3.1 การศึกษารูปแบบการเขตกรรมที่เหมาะสมร่วมกับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในระบบการเพาะปลูกอ้อย โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบและแนวทางเชิงผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ ของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นที่ผสมผสานกับวิธีการเขตกรรมต้นแบบสำหรับการปลูกอ้อย

1.5.3.2 การเผยแพร่ผลประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมาย ทั้งระดับผู้กำหนดนโยบาย นักวิชาการ และเกษตรกร

1.5.3.3 การประมวลและสังเคราะห์ผลการศึกษาวิจัยให้กลุ่มเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย และกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์ เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย (policy brief)

1.5.3.4 การประชุมกลุ่มย่อยกับเครือข่ายเกษตรกรเพื่อเผยแพร่วิธีการนำสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นไปใช้ประโยชน์ในแปลง สำหรับการปลูกอ้อยของเกษตรกร

1.5.3.5. การสำรวจและวิเคราะห์ทัศนคติ การยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

1.5.3.6 การจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย โดยนำผลการศึกษาในแปลงทดลองระดับไร่ของระบบการปลูกอ้อยในระยะแรกและผลการศึกษาในระยะที่สอง มาประมวลและสังเคราะห์ นำเสนอต่อหน่วยงานราชการ เอกสาร และเครือข่ายเกษตรกร

1.5.4 การประมวลผลการศึกษา

ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา จากผลการวิจัยในแปลงทดลองของเกษตรกรนำร่อง และการสำรวจและวิเคราะห์ทัศนคติ การยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 2) การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและ 3) การสรุปผลการศึกษาเชิงพรรณนาเกี่ยวกับข้อเสนอแนะเชิงนโยบายจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบถึงประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในแปลงทดลองในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกร

1.6.2 สร้างการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

1.6.3 ทราบผลตอบแทนและต้นทุน รวมถึงผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ภายใต้กรอบการวิเคราะห์ผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ

1.6.4 ได้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเกี่ยวกับการเขตกรรมอ้อยที่เหมาะสมร่วมกับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

1.7 แผนการดำเนินงาน

ระยะเวลา 9 เดือน ระหว่าง มกราคม ถึง กันยายน 2559 ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงานและระยะเวลาการวิจัย

กิจกรรม	เดือนที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 การวิจัยเชิงทดลอง									
1.1 จัดทำและกำหนดขอบเขตและรายละเอียดของการศึกษา	X								
1.2 วางแผนการทดลองศึกษาประสิทธิภาพสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในแปลงอ้อย	X								
1.3 เตรียมแปลงทดลองและการปลูกอ้อยในแปลงเกษตรกร	X								
1.4 ทดลองใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในแปลงทดลองอ้อย พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างและข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง		X	X	X	X	X			
1.5 เก็บตัวอย่างดินเพื่อประเมินประสิทธิภาพการยับยั้งไนตริฟิเคชั่น		X			X				
1.6 เก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนามที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของอ้อย มวลชีวภาพ ผลผลิต และปัจจัยด้านการเขตกรรม				X		X			
1.7 เก็บรวบรวมข้อมูลต้นทุนและผลตอบแทนของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น		X	X	X	X	X	X		
1.8 วิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลการทดลองประสิทธิภาพสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นต่อการลดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจก							X		
1.9 ศึกษารูปแบบการปลูกอ้อยที่เหมาะสมร่วมกับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น							X	X	
2. การวิจัยแบบเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมและการเผยแพร่ผลการศึกษา									
2.1 การจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบายจากผลการศึกษาในระยะแรก		X	X						

กิจกรรม	เดือนที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.2 จัดประชุมนำเสนอผลการศึกษาในระยะแรก				X					
2.3 การเผยแพร่ผลประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมาย		X	X	X	X	X	X		
2.4 ดำเนินการสำรวจและวิเคราะห์ทัศนคติการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น						X	X	X	
3. สรุปผลและจัดทำรายงาน									X

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรของประเทศไทย

พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศไทย เท่ากับ 305.52 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Mt CO_2eq) หากนับรวมการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากภาคการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและป่าไม้ จำนวน 70.94 Mt CO_2eq ประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ 234.58 Mt CO_2eq (ตารางที่ 2) ภาคพลังงานเป็นแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากที่สุด ร้อยละ 72.97 รองลงมาคือภาคเกษตร ภาคอุตสาหกรรม และภาคของเสีย ร้อยละ 17.32 5.97 และ 3.74 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตามชนิดก๊าซเรือนกระจกพบว่า คาร์บอนไดออกไซด์ มีมากที่สุด ร้อยละ 75 ในขณะที่มีเทนและไนตรัสออกไซด์ จากภาคเกษตร และภาคของเสีย คิดเป็นร้อยละ 19 และ 6 ตามลำดับ (ONEP, 2015)

ตารางที่ 2 ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011)

ภาค	การปล่อย CO_2	การดูดกลับ CO_2	การปล่อย CO_2 ทั้งหมด	การปล่อย CH_4	การปล่อย N_2O	ปล่อยทั้งหมด	ร้อยละการปล่อย
พลังงาน	210.40	NO	210.40	11.34	1.19	222.94	72.97
อุตสาหกรรม	17.96	NO	17.96		0.27	18.23	5.97
เกษตร	NA	NO	NA	38.02	14.91	52.93	17.32
การใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและป่าไม้ (LULUCF)	42.70	-114.13	-71.43	0.45	0.05	-70.94	
ของเสีย	0.08	NO	0.08	10.35	1.00	11.43	3.74
ปริมาณการปล่อยทั้งหมด (ไม่นับรวม LULUCF)	228.45	0	228.45	59.70	17.37	305.52	100
ปริมาณการปล่อยทั้งหมด (นับรวม LULUCF)	271.15	-114.13	157.02	60.15	17.42	234.58	

ที่มา ONEP (2015) หน่วย=ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Mt CO_2eq) NA = Not Applicable NO = Not Occurring

เมื่อพิจารณาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร พบว่า การปล่อยมีเทนจากนาข้าวมีปริมาณมากที่สุด 27.19 Mt CO_2eq คิดเป็นร้อยละ 51.38 รองลงมา คือ การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจากดินที่ใช้ในการเกษตร 11.82 Mt CO_2eq หรือร้อยละ 22.34 การหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์ 8.30 Mt CO_2eq หรือร้อยละ 15.68 การจัดการมูลสัตว์ จำนวน 3.85 Mt CO_2eq หรือร้อยละ 7.28 และ การเผาเศษวัสดุการเกษตร 1.76 Mt CO_2eq หรือร้อยละ 3.33 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

เมื่อพิจารณาเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไนตรัสออกไซด์จากดินที่ใช้ในการเกษตร ใน พ.ศ. 2554 เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2543 ร้อยละ 55.53 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2553)

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรของประเทศไทย พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011)

แหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก	CO_2	CH_4		N_2O		NOx	CO	รวม	ร้อยละ
	Gg	Gg	Gg CO_2eq	Gg	Gg CO_2eq	Gg	Gg	Mt CO_2eq	
ปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกและดูดกลับทั้งหมด		1,810.30	38,016.02	48.10	14,910.72	53.99	1,292.46	52.92	100.00
4. ภาคเกษตร									
4A การหมักในระบบย่อยอาหารของสัตว์	NA	395.36	8,302.46	NA	NA	NO	NO	8.30	15.68
4B การจัดการมูลสัตว์	NA	58.39	1,226.14	8.48	2,627.75	NO	NO	3.85	7.28
4C นาข้าว	NA	1,295.00	27,194.96	NA	NA	NO	NO	27.19	51.38
4D ดินที่ใช้ในการเกษตร	NA	NA	NA	38.13	11,819.91	NO	NO	11.82	22.34
4F การเผาเศษวัสดุการเกษตร	NA	61.55	1,292.46	1.49	463.06	53.99	1,292.46	1.76	3.33

ที่มา ONEP (2015) NA = Not Applicable NO = Not Occurring Sector Gg = พันตัน Gg CO_2eq = พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า Mt CO_2eq = ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ทั้งนี้การปล่อย N_2O จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดิน ค่าปัจจัยการปล่อยไนตรัสออกไซด์จากดินการเกษตรทางตรงจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน คือ 0.01 kg N_2O N kg^{-1} N input การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากดินการเกษตรทางอ้อมหลังจากการชะล้างไนเตรท คือ 0.0075 kg N_2O N (kg leaching/runoff) การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากดินการเกษตรทางอ้อมหลังจากการใส่ปุ๋ยและนำไปสู่การปล่อย NO_x และ NH_3 คือ 0.01 kg N_2O N (kg of N applied per kg NH_3 N + NO_x N) การใส่ปุ๋ยยูเรีย ปล่อย CO_2 0.2 ton C ton^{-1} of urea การเผาไร่ ปล่อย CH_4 2.7 g kg^{-1} dry matter burnt และ N_2O 0.07 g kg^{-1} dry matter burnt (IPCC, 1997)

2.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย

ประเทศไทยในปี การผลิต 2558/2559 มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั่วประเทศในเขตพื้นที่สำรวจรวม 47 จังหวัดจำนวน 11,012,839 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยส่งโรงงาน 10,278,045 ไร่ และพื้นที่ปลูกอ้อยทำพันธุ์ 734,794 ไร่ จังหวัดที่ปลูกอ้อยสูงสุด 3 อันดับแรก คือ นครสวรรค์ 739,598 ไร่ กำแพงเพชร 736,884 ไร่ และกาญจนบุรี 730,863 ไร่ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2559)

โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากปี การผลิต 2557/2558 จำนวน 481,912 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 4.58 เนื่องจากรัฐบาลผลักดันนโยบายบริหารพื้นที่เกษตรกรรมของพืช (Zoning) โดยเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวอยู่ในพื้นที่ไม่เหมาะสมไปสู่การปลูกอ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทั้งนี้อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่เหมาะต่อการส่งเสริมให้ชาวนาหันมาปรับเปลี่ยนไร่นาเป็นไร่อ้อย เนื่องจากอ้อยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วนเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่อุตสาหกรรมที่ต่อเนื่องได้ นอกจากจะผลิตเป็นน้ำตาลทรายแล้ว ยังนำผลพลอยได้จากการผลิตไปเป็นวัตถุดิบผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนและยังนำกากอ้อยไปเป็นเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าหรือนำไปผลิตเป็นเยื่อกระดาษได้อีกด้วย นอกจากนี้ โรงงานน้ำตาลทรายพร้อมที่จะพัฒนาและขยายกำลังการผลิตเพื่อรองรับกับปริมาณผลผลิตอ้อยที่เพิ่มขึ้นจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกจากโครงการ Zoning เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้แก่เกษตรกรผู้เพาะปลูกอ้อยว่าจะมีตลาดรองรับผลผลิตอ้อยที่แน่นอนและสร้างความมั่นคงจากการยึดอาชีพชาวไร่อ้อยได้

อัตราการปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการปลูกอ้อยในประเทศไทย ยังไม่ได้มีการตรวจวัดการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสภาพไร่ แต่ใช้วิธีการศึกษาด้วยการการประเมินจักรชีวิต โดยใช้ค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ Yuttitham *et al.* (2011) รายงานว่า น้ำตาลทรายจำนวน 1 กิโลกรัม ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวน 0.55 kg CO_2eq มาจากการปลูกอ้อย 0.49 kg CO_2eq และจากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายของโรงงานน้ำตาล 0.06 kg CO_2eq

จากการทบทวนวรรณกรรม ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยในประเทศบราซิล มีค่าผันแปรตามอัตราการใส่ปุ๋ยและชนิดปุ๋ย กล่าวคือ อัตราการใส่ปุ๋ย 60 90 และ 120 kg N ha^{-1} ตลอดการเพาะปลูกอ้อย ปล่อยไนตรัสออกไซด์ คือ 0.68-1.41 1.78-8.38 และ 2.14-24.22 kg N_2O N ha^{-1} สำหรับการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรท และ 0.60-2.64 0.70-8.94 และ 0.50-8.69 kg N_2O N ha^{-1} สำหรับปุ๋ยยูเรีย (Moir *et al.*, 2012) ในขณะที่ การศึกษาโดยใช้ stable isotope พบว่าดินปลูกอ้อย ที่ใส่ปุ๋ย 80 และ 160 kg N ha^{-1} ปล่อยไนตรัสออกไซด์ประมาณ 0.1-0.45 kg N_2O N ha^{-1} (Macadam *et al.*, 2003)

ในประเทศออสเตรเลีย เปรียบเทียบการปลูกอ้อยสองพื้นที่ ในพื้นที่ที่ 1 ที่ใส่ปุ๋ย 150 และ 160 kg N ha^{-1} พบว่า ในพื้นที่ศึกษาที่ 1 ปล่อยไนตรัสออกไซด์สะสมตลอดฤดูเพาะปลูกจำนวน 45.9 kg N ha^{-1} โดยอัตราการปล่อยในอัตราสูงต่อเนื่องนาน 5 เดือน และในพื้นที่ที่ 2 ปล่อยไนตรัสออกไซด์สะสมตลอดฤดูเพาะปลูกจำนวน 4.7 kg N ha^{-1} โดยมีระยะเวลาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่า 3 เดือน โดยพื้นที่ที่ 1 มีความชื้นในดินและอินทรีย์สารคาร์บอนมากกว่าพื้นที่ศึกษาที่ 2 ตลอดการเพาะปลูก (Altschul *et al.*, 1990)

การปลูกอ้อย ที่แบ่งการใส่ปุ๋ยสองครั้งและไม่แบ่งการใส่ปุ๋ย ปล่อยไนตรัสออกไซด์สะสมตลอดฤดูการเพาะปลูก จำนวน 3.86 และ 3.93 kg N ha^{-1} สำหรับการใส่ปุ๋ยอัตรา 100 kg N ha^{-1} และ 5.81 และ 9.56 3.93 kg N ha^{-1} สำหรับการใส่ปุ๋ยอัตรา 200 kg N ha^{-1} (Cole *et al.*, 2005)

ทั้งนี้การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการปลูกอ้อยมีความผันแปรไปตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การไถพรวน การใช้ปุ๋ยเคมี การให้น้ำ การจัดการเศษวัสดุ การเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยว

2.3 การบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรด้วยแนวคิดผลประโยชน์ร่วมด้านอื่นๆ (co-benefits)

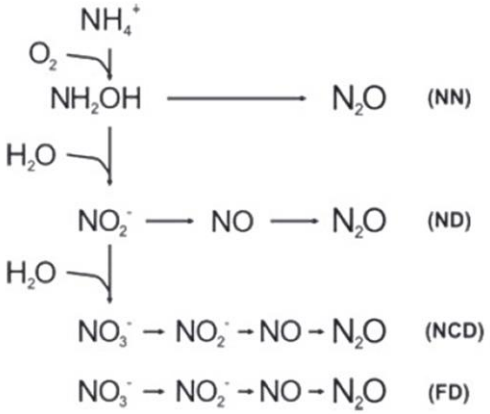
แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร สามารถดำเนินการไปพร้อมกันทั้งภาคการผลิต (supply-side improvements) และภาคการบริโภค (demand-side measures) โดยภาคการผลิต ควรลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่และต่อหน่วยการผลิต เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินและมวลชีวภาพ การพัฒนาการผลิตในระบบการเกษตรโดยเน้น bio-based economy ทดแทน fossil based economy หรือ energy-intensive products ส่วนภาคการบริโภค ควรลดการสูญเสียผลผลิตระหว่างห่วงโซ่อุปทาน ลดปริมาณของเสียจากการแปรรูปและบริโภค

ก๊าซเรือนกระจกจากดินที่ใช้ในการเกษตร (agricultural soil) ที่มิใช่ดินนาน้ำขัง (paddy soil) เป็นแหล่งการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากวงจรไนโตรเจน ที่ประกอบด้วย ไนตริฟิเคชั่นในดิน (soil nitrification) คือ กระบวนการทางชีวภาพในสภาวะที่มีอากาศ แอมโมเนียม (NH_4^+) จะถูกออกซิไดซ์ (oxidized) เป็นไนไตรท์ (NO_2^-) และไนเตรท (NO_3^-) ตามลำดับ ด้วยแบคทีเรียในดินกลุ่ม nitrifying bacteria

และในสภาวะที่ไม่มีอากาศ ดีไนตริฟิเคชั่น (denitrification) จะเปลี่ยน NO_3^- เป็น ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) ด้วยกิจกรรมของแบคทีเรียในดินกลุ่ม Denitrifying bacteria (Robertson & Groffman, 2007)

ในระบบการเกษตร สารอาหารไนโตรเจนกว่าร้อยละ 70 เปลี่ยนรูปไปอย่างรวดเร็วและสูญเสียออกจากระบบ ด้วย ไนตริฟิเคชั่น ดีไนตริฟิเคชั่น การชะละลายด้วยน้ำ และกระบวนการทางกายรูปที่เกี่ยวข้อง ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพืชลดลงเพราะว่าอัตราการเปลี่ยนรูปสารอาหารไนโตรเจนมีสูงกว่าความสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์โดยพืช หากไนโตรเจนถูกชะ (leaching) ลงน้ำใต้ดิน และ/หรือ ถูกพัดพาโดยการไหลบ่าของน้ำท่า (runoff) ลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน จะเป็นสาเหตุของปัญหาการสูญเสียสารอาหารออกจากระบบนิเวศเกษตร มลพิษทางน้ำและยูโทรฟิเคชั่น (eutrophication) (Kuusemets *et al.*, 2001; Gibson & Meyer, 2007; Luo *et al.*, 2011)

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในรูป NH_4^+ และ NO_3^- ในดินเหนียวหรือดินอินทรียวัตถุที่มีประจุลบจะช่วยยึด NH_4^+ ที่มีประจุบวกไว้ โอกาสการถูกชะจะยากกว่า NO_3^- ซึ่งมีประจุลบ ซึ่งจะลดโอกาสการสูญเสียไนโตรเจนจากดินและปุ๋ยออกจากระบบนิเวศเกษตร ทั้งนี้พืชจะใช้ประโยชน์ NH_4^+ ได้ง่ายกว่า NO_3^- เพราะใช้พลังงานน้อยกว่าในกระบวนการดูดซึมธาตุอาหาร (assimilation) ดังนั้นการลดอัตราไนตริฟิเคชั่นจึงเป็นการเพิ่มระยะเวลาการคงอยู่ของสารอาหารไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ไว้ในดิน ให้พืชมีโอกาสดูดซึมสารอาหารอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต และบรรเทาปัญหาการปนเปื้อนไนโตรเจนในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ N_2O ก็เกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชั่น ดีไนตริฟิเคชั่น และ ไนตริไฟเออร์ ดีไนตริฟิเคชั่น (Kool *et al.*, 2010) ดังรูปที่ 1



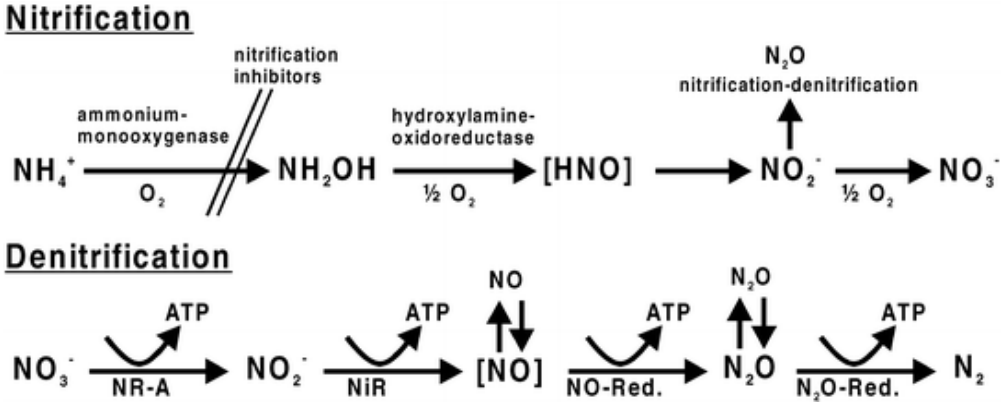
รูปที่ 1 การเกิด nitrous oxide จาก nitrification (NN) nitrifier denitrification (ND) nitrification-coupled denitrification (NCD) และ applied NO_3^- denitrification (FD) (Kool *et al.*, 2010)

แนวทางการอนุรักษ์สารอาหารในระบบเกษตร ป้องกันมลพิษทางน้ำที่ไม่ทราบแหล่งกำเนิดมลสารที่แน่นอนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก วิธีการหนึ่งคือการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนให้มีประสิทธิภาพ (nitrogen-use efficiency: NUE) ด้วยการออกแบบวางแผนการเขตกรรมที่เหมาะสม อาทิ การกำหนดปริมาณการให้น้ำแก่พืชและข้าว ช่วงเวลาไขน้ำ ระบายน้ำ อัตรา วิธีการ รวมถึงระยะเวลาการให้ปุ๋ย เพื่อควบคุม reduction potential ลดอัตราการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนและสูญเสียไนโตรเจนออกจากระบบ ซึ่งจะเพิ่มระยะเวลาให้สารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินได้นานขึ้นและสอดคล้องกับช่วงเวลาที่พืชเจริญเติบโตที่พืชมีความต้องการใช้สารอาหารไนโตรเจนมากที่สุดแต่วิธีการดังกล่าวมีต้นทุนด้านแรงงานและไม่สอดคล้องกับระบบการผลิตของเกษตรกร (Dinnes *et al.*, 2002)

วิธีการหนึ่งในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร คือการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ในช่วงเวลา อัตรา และการปฏิบัติที่เหมาะสม นับเป็นแนวทางเชิงผลประโยชน์ร่วมด้านอื่น ๆ (co-benefits) ที่ช่วยลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์และมีเทนจากดินการเกษตร ในขณะเดียวกันก็ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและผลผลิตไปพร้อมกัน (David *et al.*, 2011)

2.4 กลุ่มของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (nitrification inhibitors; NIs)

สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (nitrification Inhibitors; NIs) เป็นสารประกอบที่ช่วยลดไนตริฟิเคชั่นในดินและน้ำ ซึ่งสามารถรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยการลดการสูญเสียไนโตรเจนและปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม และเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยไนโตรเจน โดย NIs จะไปยับยั้งกระบวนการออกซิเดชั่นของปุ๋ยไนโตรเจน NH_4^+ ให้กลายเป็น NO_3^- โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ *Nitrosomonas* ทำให้ NH_4^+ ลดการสูญเสียไปในรูป NO_3^- และยืดระยะเวลาคงอยู่ในดิน ทำให้พืชสามารถนำ NH_4^+ ไปใช้ได้มากที่สุด (Zerulla *et al.*, 2001) และนอกจากนี้ยังลดการเกิด N_2O โดยจะเกิดระหว่างกระบวนการไนตริฟิเคชั่น-ดีไนตริฟิเคชั่น การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดการสูญเสียปุ๋ยแอมโมเนียและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยกลไกการทำงานของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นจะยับยั้ง NH_4^+ oxidation ของ ammonium monooxygenase (Weiske *et al.*, 2001) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กลไกการยับยั้ง NH_4^+oxidation (ammonium monooxygenase) โดยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (Weiske *et al*., 2001)

สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเริ่มได้รับความสนใจเมื่อประมาณ ค.ศ. 1950 ในระยะแรกมีสาร NIs 64 ชนิดที่ค้นพบ แต่มีเพียงไม่กี่ชนิดที่นำมาใช้ทดลองในการเพาะปลูกกับพืชเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการยับยั้งไนตริฟิเคชั่น และได้รับการยอมรับให้ใช้ได้ในประเทศสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และประเทศญี่ปุ่น (Subbarao *et al.*, 2006b) จากรายงานผลการวิจัยในฐานข้อมูลวิชาการการระดับนานาชาติ สามารถจำแนกสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นที่ใช้สำหรับการเกษตร ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

2.4.1 สารเคมียับยั้งไนตริฟิเคชั่นสังเคราะห์เชิงการค้า

ตัวอย่างสารเคมียับยั้งไนตริฟิเคชั่นในกลุ่มนี้ เช่น Nitrapayrin, DCD (dicyandiamide) และ DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate) (Weiske *et al.*, 2001; Zerulla *et al.*, 2001; Subbarao *et al.*, 2006b; Li *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2010) Liu *et al.* (2013) รวบรวมงานวิจัยที่ใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้งาน ในการปลูกพืชไร่ ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ และข้าว (ตารางที่ 4) พบว่าสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น มีประสิทธิภาพเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน ลดการชะล้างไนเตรท และลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์และมีเทนได้ในสภาพไร่นา

ตารางที่ 4 ผล (inhibited: ↓ ; enhanced: ↑ ; no: ×; and not measured: –) ของสาร DCD และ DMPP ต่อ N_2O และ CH_4 emission, soil nitrate (NO_3^-) soil ammonium (NH_4^+) NO_3^- leaching yield และ plant nitrogen uptake (PNU) ผล (inhibited: ↓ ; enhanced: ↑ ; no: ×; and not means

System	FT	NI	AR	AM	Period	N_2O	N_2O%	CH_4	CH_4%	NO_3^-	NH_4^+	Leaching	Yield	PNU	Literature
Cropland	ASN	DMPP	2.9	C	24	↓	40%, 45%	–	–	×	–	–	×	×	Pfab *et al.* (2012)
	ASN	DMPP	1.1, 1.8, 2.0	C	28	↓	49%	–	–	↓	×	–	×	–	Weiske *et al.* (2001)
	ASN	DCD	10, 18, 19	C	28	↓	26%	–	–	↓	×	–	×	–	Weiske *et al.* (2001)
	Urea	DCD	10	L	8	↓	62–68%	–	–	×	×	↓	↑	↑	Cui *et al.* (2011)
	Urea	DCD	20	C	4	↓	39%	–	–	×	×	–	↑	–	Ding *et al.* (2011)
	Urea	DCD	9	C	3	↓	56%	–	–	↓	×	–	–	–	Jumadi *et al.* (2008)
	Urea	DCD	18	C	3	↓	49%	–	–	↓	↑	–	↑	↑	Majumdar *et al.* (2002)*
	Urea, AN	DCD	12.5	L	3	↓,×	40%, 0%	–	–	–	–	–	–	–	McTaggart *et al.* (1997)
Grassland	ASN, CAN, CS	DMPP	0.5, 0.7, 1.0	MS, C	3	↓	58%, 61%	–	–	–	↑	–	–	–	Macadam *et al.* (2003)
	CS	DMPP	1	MS	1, 3	↓	48%, 69%	–	–	↓	↑	–	×	×	Merino *et al.* (2005)
	CU	DMPP	1, 5	L	3	↓	62–66%	–	–	↓	↑	↓	–	–	Di & Cameron (2012)
	CU	DCD	10	L	3	↓	62–66%	–	–	↓	↑	↓	–	–	Di & Cameron (2012)
	Urea, AS	DCD	12.5	L	24	↓	58%, 56%	–	–	↓	×	–	–	–	McTaggart *et al.* (1997)
	CU	DCD	20, 30	L	6	↓	17–68%	–	–	↓,×	×	–	–	–	De Klein *et al.* (2011)

ตารางที่ 4 ผล (inhibited: ↓ ; enhanced: ↑ ; no: ×; and not measured: –) ของสาร DCD และ DMPP ต่อ N_2O และ CH_4 emission, soil nitrate (NO_3^-) soil ammonium (NH_4^+) NO_3^- leaching yield และ plant nitrogen uptake (PNU) ผล (inhibited: ↓ ; enhanced: ↑ ; no: ×; and not means

System	FT	NI	AR	AM	Period	N_2O	N_2O%	CH_4	CH_4%	NO_3^-	NH_4^+	Leaching	Yield	PNU	Literature
	CU	DCD	7	L	12	↓	17–52%	–	–	↓	↑	–	↑	↑	Zaman *et al.* (2009)
	Urea	DCD	10	L	2	↓	53%, 64%	–	–	↓	↑	–	–	–	Ball *et al.* (2012)
	Urea, CU	DCD	10	FPS	6–10	–	–	–	–	↓	↑	–	↑	↑	Moir *et al.* (2012)
	ASN CAN CS	DCD	25	MS, C	3	↓	43%, 60%	–	–	–	↑	–	↓	↑	Macadam *et al.* (2003)
Rice	Urea, AS	DCD	14	SB	3	↓	11%, 26%	–	–	↓	↑	–	–	–	Majumdar *et al.* (2002)*
	Urea	DCD	12	SB	3	↓	17%	↓	12%	↓	↑	–	×	–	Malla *et al.* (2005)*
	Urea	DCD	21	SB	3	↓	18%	–	–	↓	↑	–	–	–	Majumdar *et al.* (2000)*
	Urea	DMPP	1.8	SB	3	-	-	–	–	↓ 56.60%	↑ 24.30%	-	–	–	Li *et al.* (2008)*
	Urea	DCD	5% of used N	L	2.5	-	-	↓	53%	-	↑	-	–	–	Xu *et al.* (2000)*

หมายเหตุ

FT: fertilizer type; NI: nitrification inhibitor; AR: application rate of nitrification inhibitor (unit: kg ha^{-1}); AM: application method of nitrification inhibitor; Period: measuring period (unit: months); N_2O%: inhibition effect of N_2O in percentage; ASN: ammonium sulfate nitrate; AN: ammonium nitrate; CAN: calcium ammonium nitrate; AS: ammonium sulfate; CS: cattle slurry; CU: cow urine; C: coated on fertilizer granules; L: liquid application; MS: mixed with slurry; FPS: fine particle suspension; SB: surface broadcast.

ที่มา: ปรับปรุงจาก Liu *et al*. (2013) เครื่องหมาย * คือ งานวิจัยที่ค้นคว้าเพิ่มเติม

2.4.2 สารชีวภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่นที่มีคุณสมบัติ allelopathy

สาร allelopathy เป็นสารอินทรีย์ที่พืชที่สร้างขึ้นและหลั่งออกจากส่วนต่างๆ ของพืชในระหว่างการเจริญเติบโต มีผลยับยั้งกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตที่เป็นปฏิปักษ์ในธรรมชาติ เช่น แมลง รา แบคทีเรีย และวัชพืช เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเอง ตัวอย่างสาร allelopathy ที่ทำหน้าที่ยับยั้งไนตริฟิเคชั่นคือสารกลุ่มฟีนอลและกรดไขมัน พบได้ในเนื้อเยื่อรากและน้ำเลี้ยงรากของข้าวฟ่างและหญ้าซิกแนลเลื้อย (Ishikawa *et al.*, 2003; Subbarao *et al.*, 2006a; Gopalakrishnan *et al.*, 2007; Subbarao *et al.*, 2007; Subbarao *et al.*, 2008; Zakir *et al.*, 2008; Gopalakrishnan *et al.*, 2009; Subbarao *et al.*, 2009) สารชีวภาพดังกล่าวหากใช้จากส่วนของพืชโดยตรงมักจะมีความเข้มข้นต่ำ หากใช้วิธีการสกัดหยาบจากมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของพืชหรือน้ำเลี้ยงราก (root exudate) ก็ต้องใช้ตัวอย่างพืชจำนวนมากแต่ได้สารสกัดหยาบปริมาณน้อยและไม่ใช่สารออกฤทธิ์บริสุทธิ์ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณสารชีวภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ดังกล่าวด้วยวิธีสังเคราะห์เลียนแบบโครงสร้างของสารที่พบตามธรรมชาติจากส่วนรากของพืชจึงเป็นวิธีที่สะดวกและใช้ทดแทนวิธีการดังกล่าวได้

การศึกษาของ บุญลือ คะเชนทร์ชาติ และคณะ (2558) สังเคราะห์สารอนุพันธ์ของสารกลุ่ม cinnamate 3 ชนิด คือ methyl *p*-coumarate (18F1) (*E*)-ethyl 3-(3-hydroxy-4-methoxyphenyl)acrylate (16F1) และ *trans*-methyl cinnamate (51F2) มีฤทธิ์ยับยั้งไนตริฟิเคชั่น IC_{50} 61.4 µM 142 µM และ 2.5 µM ตามลำดับ เจษฎา จุ้ยประเสริฐ และคณะ (2557) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสาร 16F1 เปรียบเทียบกับสาร DMPP ในอัตรา 1.8 kg ha^{-1} โดยใส่ปุ๋ยยูเรีย 150 kg N ha^{-1} ในแปลงผักบุ้งจีนตลอดระยะเวลาการปลูกถึงเก็บเกี่ยวจำนวน 26 วัน พบว่า ค่าเฉลี่ยรายวันและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยการปล่อยไนตรัสออกไซด์และค่าการปล่อยไนตรัสออกไซด์สะสม ของแปลงทดลองที่ใช้สาร 16F1 (171.97 ± 39.84 µg N_2O N m^{-2} day^{-1} และ 1,891.68 µg N_2O N m^{-2}) มีค่าต่ำกว่าแปลงทดลองที่ใช้สาร DMPP (185.55 ± 40.80 µg N_2O N m^{-2} day^{-1} และ 2,041.03 µg N_2O N m^{-2}) และแปลงทดลองที่ใส่ปุ๋ย (237.17 ± 44.84 µg N_2O N m^{-2} day^{-1} และ 2,608.91 µg N_2O N m^{-2}) (P<0.05) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาตัวแปรน้ำหนักมวลชีวภาพและประสิทธิภาพไนโตรเจน ได้แก่ น้ำหนักมวลชีวภาพ น้ำหนักไนโตรเจนทั้งหมดในพืช ประสิทธิภาพการดูดซึมไนโตรเจนของพืช และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าแปลงทดลอง 16F1 (2,252.19 kg ha^{-1}, 142.56 kg N ha^{-1}, 81.44 และ 15.01) มีค่าสูงกว่าแปลงทดลอง DMPP (2,070.26 kg ha^{-1}, 126.27 kg N ha^{-1}, 79.07 และ 13.80) และแปลงทดลองที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว (1,982.47 kg ha^{-1}, 109.43 kg N ha^{-1}, 69.65 และ 13.51) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ตามลำดับ กล่าวโดยสรุป สาร 16F1 และ DMPP สามารถลดการปล่อย N_2O ได้ร้อยละ 27.49 และ 23.14 และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ร้อยละ 11.1 และ 2.15 ตามลำดับ เมื่อ

เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว โดยอัตราการปล่อย N_2O ที่ต่ำลง ของแปลงทดลองที่ใส่สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น มีความสัมพันธ์กับอัตราไนตริฟิเคชั่นที่ลดลง

2.4.3 สารสกัดหยาบจากส่วนของพืช

สารสกัดหยาบจากส่วนของพืช ที่มีฤทธิ์ยับยั้งไนตริฟิเคชั่น เช่น น้ำมันสกัดจากเมล็ดสะเดา (Majumdar *et al.*, 2000; Mohanty *et al.*, 2008; Thind *et al.*, 2010) หยีน้ำ (Majumdar, 2002) ชา (Pasda *et al.*, 2001; Goldman *et al.*, 2005; Taverniers *et al.*, 2010) สะระแหน่ (Goyal, 2000; Mathurasa *et al.*, 2012) และ ตะไคร้ภูเขาหรือชิงเฮา (Islam *et al.*, 2011; Mathurasa *et al.*, 2012; Pfab *et al.*, 2012)

Datta & Adhya (2014) เปรียบเทียบสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นจากส่วนต่างๆ ของสะเดา (nimin) และหยีน้ำ (karanja) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 90 และ 120 kg N ha^{-1} ในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่า อัตราการปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์จากนาข้าว จากแปลงข้าวที่ใช้สาร DCD มีค่า 372.36 และ 150.97 kg CH_4 ha^{-1} กับ 1.20 และ 1.62 kg N_2O ha^{-1} สะเดา มีค่า 250.17 และ 144.71 kg CH_4 ha^{-1} กับ 0.49 และ 0.30 kg N_2O ha^{-1} ส่วนหยีน้ำ มีค่า 294.59 และ 153.07 kg CH_4 ha^{-1} กับ 0.99 และ 1.05 kg N_2O ha^{-1}

2.4.4 วัสดุการเกษตร

ถ่านชีวภาพ (biochar) เป็นทางเลือกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ให้ผลเชิงผลประโยชน์ร่วมด้านอื่น ๆ ที่น่าสนใจ กล่าวคือ นอกจากใช้เป็นวัสดุการเกษตรช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินแล้ว ยังออกฤทธิ์ยับยั้งไนตริฟิเคชั่น เป็นพลังงานทางเลือกสำหรับชุมชน และสามารถในการเก็บกักคาร์บอน (carbon capture และ sequestration) (McTaggart *et al.*, 1997; Majumdar *et al.*, 2002; Macadam *et al.*, 2003; Merino *et al.*, 2005; Jumadi *et al.*, 2008; Zaman *et al.*, 2009; Cui *et al.*, 2011; Ding *et al.*, 2011; Di & Cameron, 2012) และเริ่มนำมาใช้ในการปลูกอ้อยอย่างแพร่หลาย โดยถ่านชีวภาพสามารถลดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากดินเกษตร ได้ร้อย 54±6 (Kölln *et al.*, 2016) ถ่านชีวภาพที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบ slow และ fast pyrolysis ซึ่งใช้อุณหภูมิในการเผาระหว่าง 400-600 ºC จะมีประสิทธิภาพเหมาะสมในการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์มากที่สุด อัตราการใช้ถ่านชีวภาพ ร้อยละ 1-2 ร้อยละ 2-5 และร้อยละ 10 ของน้ำหนักดินแห้ง สามารถลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ได้ ร้อยละ 27 ร้อยละ 50 และร้อยละ 87 ตามลำดับ

สำหรับเถ้าลอยเบา (fly ash) ที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาไหม้ของโรงไฟฟ้าชีวมวล เช่น อ้อย หรือ พืช ชนิดต่างๆ จากการศึกษาพบว่า การใช้เถ้าลอยเบา อัตรา 6.6 ton dw ha^{-1} ช่วยลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ได้ในป่าไม้เขตอบอุ่น ประเภทป่าสน (spruce forest; *Picea abies*) ที่มีอินทรียวัตถุในดินสูง ในปีที่ 1 และ 2 ได้ร้อยละ 46 และ 50 (Klemedtsson *et al.*, 2010) โดยคุณสมบัติของเถ้าลอยเบาและถ่ายชีวภาพ

ที่เป็นด่างช่วยปรับสภาพ pH ดินให้สูงขึ้น และเพิ่มการยับยั้ง nitrous oxide reductase enzyme เป็นผลให้การปล่อยไนตรัสออกไซด์ลดลง (Gundersen *et al.*, 2012)

บทที่ 3

วิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) ในแปลงอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่นำร่อง ได้แก่ การทดลองการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา ร่วมกับการวิจัยแบบเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (participatory action research: PAR) ระหว่าง เกษตรกร นักวิชาการ ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย เพื่อเผยแพร่ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและรับฟังความคิดเห็นต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ดังรายละเอียดวิธีวิจัยต่อไปนี้

3.1 การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกร

3.1.1 พื้นที่ศึกษาและแปลงเกษตรกรที่ปลูกอ้อย

คัดเลือกแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกร จำนวน 3 ราย ซึ่งเป็นกลุ่มเกษตรกรที่ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตอ้อย จากโรงงานน้ำตาลเกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ซูก้าร์ คอร์ปอเรชั่น

3.1.2 พันธ์อ้อยที่ใช้ในการทดลอง

เกษตรกรปลูกอ้อยพันธุ์อู่ทอง 14 อ้อยพันธุ์นี้มีลักษณะเด่นคือ ปลูกในพื้นที่ดินด่าง pH 7.8 ให้ผลผลิตน้ำหนักสูงสุดเฉลี่ย 21.19 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำตาลสูงสุดเฉลี่ย 3.34 ตันซีซีเอสต่อไร่

3.1.3 สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและอัตราที่ใช้ในการทดลอง

กำหนดชนิดสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น โดยพิจารณาจากผลการวิจัยในปีที่ 1 ได้แก่ 1) สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กลุ่ม cinnamate คือ *trans*-methyl cinnamate (รหัสสาร 51F2) และ 2) วัสดุการเกษตร คือ เถ้าลอยเบา (fly ash)

3.1.4 กรรมวิธีทดลอง

กำหนดกรรมวิธีทดลอง 3 ชุด กรรมวิธีทดลองละ 3 แถว ของเกษตรกรแต่ละราย รวม 3 ราย

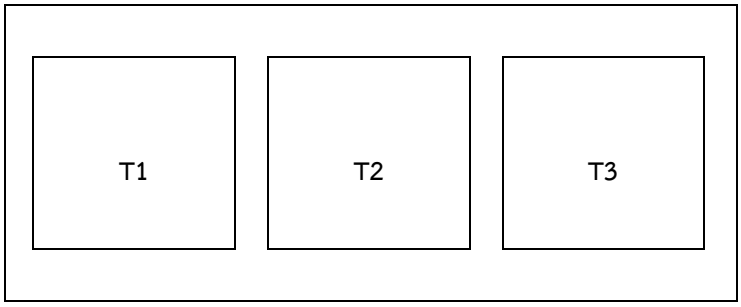
กรรมวิธีทดลองที่ 1 (T1) ปลูกอ้อย ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 75 kg N ha^{-1}

กรรมวิธีทดลองที่ 2 (T2) ปลูกอ้อย ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 75 kg N ha^{-1} ใส่สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate (รหัสสาร 51F2) อัตรา 2 kg ha^{-1}

กรรมวิธีทดลองที่ 3 (T3) ปลูกอ้อย ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 75 kg N ha^{-1} ใส่เถ้าลอยเบา อัตรา 10 ton ha^{-1}

3.1.5 การออกแบบผังแปลงทดลอง

ออกแบบการทดลองในแปลงอ้อยของเกษตรกร โดยสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ระยะปลูกระหว่างแถว 1.60-1.70 เมตร จำนวน 3 แถว แต่ละแถวยาวตามลักษณะพื้นที่ปลูกอ้อย กำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน ขนาด 0.25 ตารางเมตร ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผังการทดลองในแปลงอ้อยของเกษตรกร

3.1.6 พารามิเตอร์ วิธีการเทคนิคการเก็บตัวอย่างในแปลงเกษตรกร และความถี่ของการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 5 สรุปพารามิเตอร์ วิธีการเก็บตัวอย่าง วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างและความถี่ของการเก็บตัวอย่าง

พารามิเตอร์	วิธีการเก็บตัวอย่าง	วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง	ความถี่การเก็บตัวอย่าง
1. กรรมวิธีทดลอง T1 ปลูกอ้อย + ปุ๋ย 75 kg N ha^{-1} T2 ปลูกอ้อย + ปุ๋ย 75 kg N ha^{-1} + 51F2 อัตรา 2 kg ha^{-1} T3 ปลูกอ้อย +ปุ๋ย 75 kg N ha^{-1} + เถ้าลอยเบา อัตรา 10 t ha^{-1}	สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) ระยะปลูกระหว่างแถว 1.60-1.70 เมตร กรรมวิธีทดลองละ 3 แถว	ปลูกอ้อยตามวิธีเกษตรกรปฏิบัติ	
2. ปริมาณการปล่อย N_2O สะสมตลอดฤดูเพาะปลูก	บันทึกอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน	ค่าปัจจัยการปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน	1 ครั้งต่อฤดูเพาะปลูก
3. แอมโมเนียมในรูปที่เป็นประโยชน์ (NH_4^+)	สุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบผสมรวม กรรมวิธีทดลองละ 1 ตัวอย่าง	สกัดสารละลายดินด้วย 2 M KCl วิเคราะห์ด้วยวิธี salicylate-nitroprusside-hypochlorite (Mulvaney, 1996)	เก็บตัวอย่าง วันเว้นวัน นาน 7 วัน
4. ไนเตรทในรูปที่เป็นประโยชน์	สุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบผสม	สกัดสารละลายดินด้วย 2 M KCl	เก็บตัวอย่าง วัน

พารามิเตอร์	วิธีการเก็บตัวอย่าง	วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง	ความถี่การเก็บตัวอย่าง
(NO_3^-)	รวม กรรมวิธีทดลองละ 1 ตัวอย่าง	วิเคราะห์ด้วยวิธี nitrate reduced เป็น nitrite ด้วย VCl_3 (Miranda *et al.*, 2001)	เว้นวัน นาน 7 วัน
4. เนื้อดิน (sand silt และ clay)	สุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบผสม รวม กรรมวิธีทดลองละ 1 ตัวอย่าง	วัดความหนาแน่นของดินในรูปสารละลายดินตามหลักการลอยตัวด้วย hydrometer	1 ครั้ง ก่อนปลูกอ้อย
5. ความหนาแน่นของดิน	เก็บตัวอย่างด้วย soil core แปลงละ 1 ตัวอย่าง	p = น้ำหนักดินแห้ง / ปริมาตรดิน	1 ครั้ง ก่อนปลูกอ้อย
6. อัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่น	สุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบผสม รวม กรรมวิธีทดลองละ 1 ตัวอย่าง	อัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่น ใช้วิธี shaken slurry method (Yang *et al*., 2007)	ในช่วงการใส่ปุ๋ย
7. ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (soil total nitrogen)	สุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบผสม รวม กรรมวิธีทดลองละ 1 ตัวอย่าง	วิธี Dry combustion ด้วยเครื่อง CHN analyzer	1 ครั้ง ก่อนปลูกอ้อย
8. คาร์บอนทั้งหมดในดิน (soil total carbon)	สุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบผสม รวม กรรมวิธีทดลองละ 1 ตัวอย่าง	วิธี Dry combustion ด้วยเครื่อง CHN analyzer	1 ครั้ง ก่อนปลูกอ้อย
9. ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ (Available P)	สุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบผสม รวม กรรมวิธีทดลองละ 1 ตัวอย่าง	ใช้วิธีน้ำยาสกัด Bray II และวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ 820 nM	1 ครั้ง ก่อนปลูกอ้อย
10. โปรแตสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ (Available K)	สุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบผสม รวม กรรมวิธีทดลองละ 1 ตัวอย่าง	วิเคราะห์ปริมาณ K ด้วยเครื่อง ด flame spectrophotometer โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน	1 ครั้ง ก่อนปลูกอ้อย
11. ความเป็นกรดด่างของดิน (soil pH)	สุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบผสม รวม กรรมวิธีทดลองละ 1 ตัวอย่าง	pH meter เตรียมตัวอย่าง ดินต่อน้ำ 1:2	1 ครั้ง ก่อนปลูกอ้อย
12. การเจริญเติบโต ผลผลิต และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน	สุ่มตัวอย่างบันทึกอัตราการเจริญเติบโต และน้ำหนักมวล	นับจำนวนต้นต่อกอ วัดความสูง และดัชนีพื้นที่ใบ คำนวณผลผลิต	1 ครั้ง เมื่ออ้อยอายุได้ 7-8 เดือน

พารามิเตอร์	วิธีการเก็บตัวอย่าง	วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง	ความถี่การเก็บตัวอย่าง
	ชีวภาพ ช่วงปลูกอ้อย กรรมวิธีทดลองละ 1 ตัวอย่าง	ด้วยวิธีของ Simões *et al.* (2005) และคำนวณประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน ตามวิธีของ Hemwong *et al.* (2014)	
13. การเก็บข้อมูลต้นทุนและผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น	บันทึกข้อมูลอัตราการใช้ปัจจัยการผลิต ต้นทุน และผลตอบแทน	คำนวณต้นทุนและผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ด้วยวิธีการ B/C ratio	ตลอดการวิจัย

3.1.7 ระยะเวลาของการทดลอง

กำหนดการปลูกอ้อยแบบข้ามแล้ง เมื่อสิ้นสุดฤดูฝนแล้ว ราวกลางเดือนมกราคม ถึงเดือนกันยายน รวมระยะเวลาการศึกษา 8 เดือน

3.2 การดำเนินงานวิจัยในแปลงทดลองของเกษตรกร

3.2.1 การเตรียมแปลงและปลูกอ้อย

การปลูกอ้อยแบบปลายฝนหรืออ้อยข้ามแล้ง วิธีการปลูกอ้อยเป็นไปตามคำแนะนำของฝ่ายไร่ของโรงงานน้ำตาลเกษตรไทย และกรมวิชาการเกษตร เรื่อง ขั้นตอนการปลูกและการปฏิบัติดูแลรักษาอ้อย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- การเตรียมดิน

1. ปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก กากตะกอนอ้อย หรือชานอ้อย
2. ไถดะ ไถแปร ไถสิ่ว พรวน ยกร่องระยะ 90-140 ซม
3. ในช่วงเตรียมดิน จะใส่เถ้าลอยเบาอัตรา 10 ton/ha ไปพร้อมกัน

- การเตรียมท่อนพันธุ์

1. คัดเลือกอ้อยจากแปลงอ้อย อายุ 8-10 เดือน
2. แช่ท่อนพันธุ์ด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เพื่อป้องกันโรคใบขาว

- การปลูกอ้อย

ปลูกแบบแถวเดี่ยว ใช้เครื่องจักร ระยะปลูกระหว่างต้น 1.6-1.7 เมตร ความลึกที่ระดับ 20 เซนติเมตร ให้น้ำ ป้องกันหนอนด้วงและปลวกโดยการฉีดพ่นท่อนพันธุ์ด้วยแอสเซนด์ อัตรา 450 ซีซี./ไร่ ก่อนกลบดิน วางท่อนพันธุ์และใส่ปุ๋ยตามอัตราที่กำหนด แล้วฝังกลบ

- การใส่ปุ๋ย

ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 16-20-0 อัตรา 50 กก/ไร่ ใส่ปุ๋ยสองครั้ง ครั้งแรกใส่ปุ๋ยรองก้นหลุมก่อนปลูก ครั้งที่สอง เมื่ออ้อยอายุ 90-120 วัน วิธีการฝังปุ๋ยให้ลึก 15-20 เซนติเมตร ห่างกออ้อยประมาณ 30 เซนติเมตร

- การกำจัดวัชพืช

1. ใช้แรงงานคน ดายหญ้า ในช่วงหลังปลูกจนถึง 4 เดือน หรือใช้เครื่องจักรไถพรวนดินระหว่างร่องหลังปลูก เมื่อมีวัชพืชงอก

2. ใช้สารเคมี เช่น อาทราซีน อัตรา 500-625 กรัม/ไร่ และหลังจากนั้น 2-3 เดือนใช้สารเคมีหลังวัชพืชงอกอีก 1 ครั้ง

3. คราดกำจัดวัชพืช พร้อมพรวนปิดความชื้นดิน

- การให้น้ำ

ในเขตที่มีน้ำเสริม เช่น น้ำใต้ดิน หรือในเขตชลประทาน ให้น้ำเฉลี่ย 2-3 ครั้ง ในช่วงที่ขาดน้ำรุนแรง

- การป้องกันไฟ

ควรทำแนวกันไฟรอบๆ แปลงอ้อย

- การเก็บเกี่ยว

เมื่อระยะปลูกครบ 9-10 เดือน อ้อยมีความหวานไม่ต่ำกว่า 10 CCS เก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนหรือเครื่องจักร ตัดอ้อยโดยไม่เผาใบอ้อย ส่งโรงงานภายใน 72 ชั่วโมง

3.2.2 การทดลองใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในดินแปลงทดลอง

ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 75 kg N ha^{-1} ผสมกับสาร 51F2 อัตรา 2 kg ha^{-1} ส่วนเถ้าลอยเบาใส่พร้อมปลูกอ้อยในอัตรา 10 ton ha^{-1} ตามลำดับ

สำหรับวิธีการเตรียมสาร 51F2 ร่วมกับการใส่ปุ๋ย ใช้วิธีคลุกผสมกับปุ๋ยก่อนใส่ลงดิน โดยวิธีฝังปุ๋ยให้ลึก 15-20 เซนติเมตร โดยรถแทคเตอร์ แบ่งใส่สองครั้ง ครั้งแรก ใส่ปุ๋ยรองก้นหลุม ครั้งที่สอง เมื่ออ้อยอายุ 90-120 วัน สำหรับ การใช้เถ้าลอยเบาใส่รองก้นหลุมก่อนปลูก ก่อนการให้ปุ๋ยควรมีระดับน้ำในดินเทียบเท่าความชื้นสนาม (field capacity) ซึ่งเป็นระดับน้ำที่เพียงพอกับความต้องการใช้น้ำของอ้อยและการละลายธาตุอาหารไปใช้ประโยชน์

3.3 วิธีการเก็บข้อมูลในแปลงทดลองและวิธีวิเคราะห์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในแปลงทดลองของเกษตรกรนำร่อง

3.3.1 การศึกษาปริมาณการปล่อยไนตรัสออกไซด์

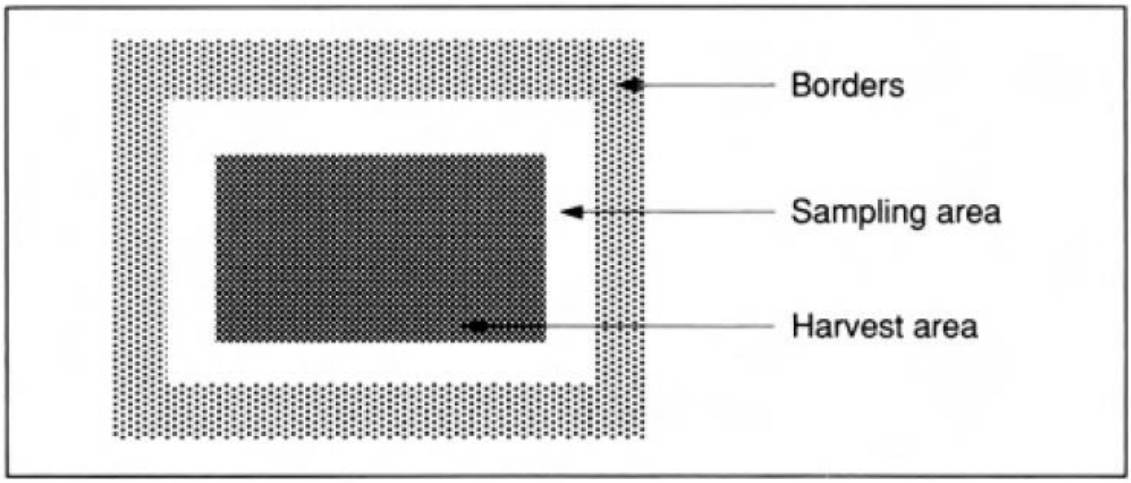
ใช้ค่าปัจจัยการปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate และการใส่ปุ๋ยร่วมกับเถ้าลอยเบา คือ 0.021, 0.012 และ 0.004 ตามลำดับ โดยกำหนดค่าความไม่แน่นอน ที่ระดับ 2 orders of magnitude ระหว่าง 30-300% (IPCC, 1997)

3.3.2 การเก็บตัวอย่างดิน เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นอย่างต่อเนื่องในช่วงของการทดลอง ธาตุอาหารไนโตรเจน รวมทั้งพารามิเตอร์อื่น ๆ ของดินที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลคุณสมบัติดิน เป็นตัวแปรอิสระสำหรับใช้อธิบายปรากฏการณ์ความผันแปรของประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับชนิดสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ แอมโมเนียม ไนเตรท ฟอสฟอรัส โปรแตสเซียม ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน คาร์บอนทั้งหมดในดิน ความเป็นกรดด่างของดิน เนื้อดิน ความชื้นดินโดยน้ำหนัก และความหนาแน่นของดิน

3.3.2.1 การเก็บตัวอย่างดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดิน แต่ละแปลงทดลองจะเก็บ 1 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างจำนวน 1 ตัวอย่างนี้ ได้มาจากการสุ่มเก็บตัวอย่างแบบผสมรวม (composite sampling) จำนวน 3-5 ตัวอย่าง (sub-sampling) ในบริเวณเก็บตัวอย่าง (sampling area) บริเวณกลางแปลงทดลอง ระหว่าง borders และ harvest area ดังรูปที่ 4 โดยการเก็บตัวอย่างนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) การเก็บตัวอย่างดินที่สูญเสียโครงสร้างดิน (disturbed soil sampling) ใช้สว่านเจาะดิน ในการเก็บตัวอย่างที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากผิวดิน สำหรับวิเคราะห์แอมโมเนียม ไนเตรท ฟอสฟอรัส โปรแตสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน คาร์บอนทั้งหมดในดิน ความเป็นกรดด่างของดิน เนื้อดิน และความชื้นดินโดยน้ำหนัก และ 2) การเก็บตัวอย่างดินที่ไม่สูญเสียโครงสร้างดิน (undisturbed soil sampling) จะใช้ soil core สำหรับเก็บตัวอย่างดิน ที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร จากผิวดิน สำหรับวิเคราะห์ ความหนาแน่นของดิน



รูปที่ 4 บริเวณสุ่มเก็บดินและ มวลชีวภาพของอ้อย

3.3.2.2 การวิเคราะห์ความชื้นดินและความหนาแน่น

อบดินที่อุณหภูมิ 105 ºC จนกว่าน้ำหนักดินแห้งจะคงที่ คำนวณน้ำหนักดินก่อนและหลังอบ รายงานความชื้นดินโดยน้ำหนักเป็นหน่วยร้อยละ จากนั้นคำนวณ ความหนาแน่นของดิน (*p*; g/cm^3) ด้วยสัดส่วนระหว่างน้ำหนักดินแห้งต่อปริมาตรดิน

3.3.2.3 การวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนียมและไนเตรทที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ชั่งดินสด 5 กรัม ในหลอด centrifuge ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย KCl ความเข้มข้น 2 M อัตราส่วนต่อดิน 5:1 เขย่าด้วยเครื่องเขย่าแนวนอน ที่ความเร็ว 250 rpm จากนั้นทำให้ตกตะกอนด้วยเครื่อง centrifuge refrigerator ที่ความเร็วรอบ 5,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C ดูดตัวอย่าง สารละลายส่วนที่ใสใส่ขวดเก็บตัวอย่าง รักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -20°C สำหรับตัวอย่างน้ำกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 วิเคราะห์แอมโมเนียมและไนเตรท ด้วยวิธี salicylate-nitroprusside-hypochlorite วัดค่าการดูดกลืนแสงสีเขียวที่ 660 nm (Mulvaney, 1996) และวิธี nitrate reduced to nitrite by VCl_3 salicylate-nitroprusside-hypochlorite วัดค่าการดูดกลืนแสงสีแดงที่ 540 nm (Miranda *et al*. 2001) ตามลำดับ หาน้ำหนักดินแห้ง ด้วยการอบดินที่ 105 $^{\circ}$C เพื่อใช้คำนวณปริมาณความเข้มข้นของ inorganic nitrogen ต่อน้ำหนักดินแห้ง (mg N kg^{-1} dry soil) ร้อยละการคงเหลือของแอมโมเนียมตามจำนวนเวลาหลังใส่ปุ๋ย (% remaining $NH_4^+{}_{Tn}$) คำนวณจากสัดส่วนระหว่างผลต่างของค่าความเข้มข้นแอมโมเนียมของ กรรมวิธีทดลองที่ใส่ปุ๋ยและสาร NIs ณ เวลาหลังใส่ปุ๋ย (NH_4^+ of NIs_{Tn}) กับกรรมวิธีทดลองควบคุมที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว

ณ เวลาหลังใส่ปุ๋ย (NH_4^+ of $fertilizer_{Tn}$) ต่อค่าความเข้มข้นแอมโมเนียมของกรรมวิธีทดลองควบคุมที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ณ เวลาเริ่มต้นการทดลอง (NH_4^+ of $fertilizer_{T0}$) ดังสมการที่ 1

$$\% \text{ remaining } NH_4^+{}_{Tn} = (NH_4^+ \text{of } NIs_{Tn} - NH_4^+ \text{ of } fertilizer_{Tn}) / NH_4^+ \text{ of } fertilizer_{T0}) \times 100 \quad (1)$$

3.3.2.4 อัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่น (potential nitrification)

ศักยภาพไนตริฟิเคชั่น คือ อัตราการเปลี่ยนแอมโมเนียมเป็นไนเตรท ในสภาวะที่ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีอยู่อย่างเพียงพอต่อความต้องการของ nitrifying bacteria ผลการทดลองนี้เป็นตัวชี้วัดว่ากิจกรรมของ nitrifying bacteria มีมากน้อยเพียงใด วิธีการศึกษาอัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่นใช้วิธี shaken slurry method (Yang *et al.*, 2007) เริ่มการทดลองด้วยการร่อนดินด้วยตะแกรง ขนาด 4 มิลลิเมตร ชั่งดิน 15 กรัม ลงใน erlenmeyer flask. ขนาด 250 มิลลิลิตร ปิดด้วยพาราฟิน เติมสารละลาย ที่มี NH_4^+ ความเข้มข้น 1.5 mM และ PO_4^{3-} ความเข้มข้น 1 mM เขย่าด้วยเครื่อง orbital shaker ที่ความเร็ว 180 rpm ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่เวลา 2 6 12 และ 24 ชั่วโมง ดูดสารละลายดิน จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่หลอด centrifuge ในระหว่างการดูดเก็บตัวอย่างควรเขย่า erlenmeyer flask ให้ตัวอย่างดินกับน้ำผสมกันให้ดี centrifuge refrigerator ที่ 5,000 rpm นาน 10 min. กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง วิเคราะห์แอมโมเนียมและไนเตรท ตัวอย่างดินที่เหลือนำไปอบหาน้ำหนักแห้ง คำนวณศักยภาพไนตริฟิเคชั่นจากอัตราการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนเตรทต่อช่วงเวลา (slope) ด้วยสมการเส้นตรง

3.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนามที่เกี่ยวข้องกับ การเจริญเติบโตของอ้อย และปัจจัยด้านการเขตกรรม การบำรุงดูแลต้นอ้อย

การทดลองนี้เป็นการศึกษาความผันแปรของประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและการเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อย ที่เป็นผลมาจากการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.3.1 การศึกษาการเจริญเติบโต

ในระยะการเจริญเติบโตของลำต้นอ้อย เมื่อปลูกอ้อยอายุแล้ว 7 เดือน บันทึกค่าจำนวนลำต่อกอ ความสูง (cm) เส้นรอบวงลำ (cm) ทรงพุ่ม (cm) และดัชนีพื้นที่ใบ (leaf area index; LAI)

3.3.3.2 การศึกษาผลผลิต

ใช้วิธีการประเมินผลผลิตทางอ้อม ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

- ประมาณค่ามวลชีวภาพทั้งหมด (biomass total; BMT) (ton ha^{-1}) ของแต่ละกรรมวิธีทดลอง ด้วยตัวแปรดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ตามวิธีของ Simões *et al.* (2005) ดังสมการที่ 2

$$BMT = 28.0 \times LAI \quad (2)$$

- ประมาณค่าปัจจัยการเปลี่ยนแปลงผลผลิต (different yield factor; DYF) (%) ด้วยการเปรียบเทียบร้อยละการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพทั้งหมดของกรรมวิธีทดลองที่ใช้สาร NIs หรือ เถ้าลอยเบา ($BMT_{NIs\ or\ FLY\ ASH}$) กับ มวลชีวภาพทั้งหมดของกรรมวิธีทดลองที่ใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว (BMT_{FER}) ดังสมการที่ 3

$$DYF = (BMT_{NIs\ or\ FLY\ ASH} - BMT_{FER})/\ BMT_{FER}] \quad (3)$$

- ประเมินผลผลิตอ้อย (yield; Y) (ton ha^{-1}) ของกรรมวิธีทดลองที่ใช้สาร NIs หรือ เถ้าลอยเบาที่เปลี่ยนแปลง ดังสมการที่ 4

$$Y = DYF \times 69.69 \quad (4)$$

เมื่อ 69.69 คือ ผลผลิตอ้อยจากวิธีการปลูกแบบใช้ปุ๋ย (ton ha^{-1}) ของจังหวัดนครสวรรค์ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2557)

3.3.4 ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน

คำนวณประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อมวลชีวภาพตามสมการที่ 5 และประสิทธิภาพของผลผลิตต่อการอัตราการใช้ปุ๋ย (agronomic yield nitrogen use efficiency: ANUE) ตามสมการที่ 6 (Hemwong *et al.*, 2009)

ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนต่อผลผลิต (nitrogen use efficiency agronomic yield)

$$NUE_{agro} = \text{ผลผลิต/อัตราการใช้ปุ๋ย} \quad (5)$$

3.3.5 ประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

$$GHGs\ mitigation\ efficiency\ (\%) = [(GHGs_{FER} - GHGs_{NIs\ or\ Fly\ ash})/\ GHGs_{FER}] \times 100 \quad (6)$$

3.3.6 การวิเคราะห์ค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP)

$$GWP_{N2O}\ (kg\ CO_2\ eq) = N_2O\ (kg\ N_2O\ ha^{-1}) \times GWP\ N_2O;\ 310 \quad (7)$$

3.3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลตอบแทนและต้นทุน

บันทึกอัตราการใช้ปัจจัยการผลิต ราคา ค่าใช้จ่าย ในทุกกระบวนการผลิตอ้อย และราคาขายอ้อยหน้าโรงงาน วิเคราะห์ข้อมูลความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นด้วย benefit cost analysis (B/C ratio) สมการที่ 8

B/C = ผลตอบแทน (บาท/ไร่) / ต้นทุน (บาท/ไร่) (8)

3.4 การเผยแพร่ผลประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมาย

3.4.1 กลุ่มเป้าหมายและการดำเนินการรับฟังความคิดเห็น

ได้แก่ ผู้กำหนดนโยบาย นักวิชาการ และเกษตรกร

- ดำเนินการประมวลและสังเคราะห์ผลการศึกษาวิจัยให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายและกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์ เพื่อจัดทำ policy brief โดยการเชิญผู้เชี่ยวชาญเฉพาะร่วมกันวิเคราะห์สังเคราะห์ความรู้จากงานวิจัย เขียนเป็นเอกสารที่ใช้สื่อให้ข้อมูลและข้อเสนอแนะทางนโยบาย ต่อผู้มีอำนาจในการตัดสินใจเชิงนโยบาย (policy maker) และเผยแพร่ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

- ดำเนินการจัดประชุมนำเสนอผลการศึกษาในระยะแรกให้กับนักวิชาการและนักวิจัยทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค พร้อมทั้งรับฟังข้อเสนอแนะเพิ่มเติม จำนวน 1 ครั้ง จำนวนผู้เข้าร่วมประชุมไม่น้อยกว่า 35 คน

- ดำเนินการประชุมกลุ่มย่อยกับเครือข่ายเกษตรกร เพื่อเผยแพร่วิธีการนำสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นไปใช้ประโยชน์ในแปลง สำหรับการปลูกอ้อยของเกษตรกร จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละไม่น้อยกว่า 25 คน รวม 50 คน

3.4.2 ประเด็นการเผยแพร่

- นโยบายและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคการเกษตรของประเทศไทย

- การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย หรือพืชเศรษฐกิจอื่นๆ จากรายงานผลการวิจัยในต่างประเทศและประเทศไทย

- นโยบาย แนวทาง ปัญหาอุปสรรคและความท้าทายในบริบทของประเทศไทยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

- แลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นและรับฟังข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

3.5 การสำรวจและวิเคราะห์ทัศนคติ การยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ศึกษาปัจจัยเกี่ยวข้องกับการยอมรับ เช่น ปัจจัยทางเศรษฐกิจ รายได้ ความพึงพอใจในราคาผลผลิต ขนาดของแปลงเกษตร จำนวนแรงงาน ปัจจัยทางสังคม แหล่งข้อมูลข่าวสาร การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ ตลอดจนเพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ การฝึกอบรมที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีที่ผ่านกระบวนการยอมรับตามขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนที่หนึ่ง การได้รับความรู้และข่าวสาร ขั้นตอนที่สอง การสร้างความเชื่อถือในข่าวสาร ขั้นตอนที่สาม

การตัดสินใจยอมรับ ขั้นตอนที่สี่ การแสดงออกถึงความเชื่อและการยอมรับ ขั้นตอนที่ห้า การยืนยันการตัดสินใจยอมรับและแสดงถึงการยอมรับนำไปปฏิบัติ

- วิธีการศึกษา ในการศึกษาทัศนคติ การยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ใช้แบบสอบถามและการสนทนากลุ่ม รายละเอียดในผนวก 4 และ 5 ตามลำดับ

3.6 การจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย (policy brief) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในระบบการเพาะปลูกอ้อย

ทำการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบและแนวทางเชิงผลประโยชน์ร่วมด้านอื่น ๆ ในการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นที่ผสมผสานกับวิธีการเขตกรรมต้นแบบสำหรับการปลูกอ้อย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยวิธีการะดมสองและการประชุมกลุ่มย่อย (focus group) ระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบการปลูกอ้อย และหน่วยงานภาครัฐเอกชนที่มีภารกิจและหน้าที่ในการส่งเสริมการผลิตอ้อย ได้แก่ ชาวไร่อ้อย ผู้ประกอบการโรงงานน้ำตาล สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กรมส่งเสริมการเกษตร กรมวิชาการเกษตร องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

โดยนำผลการศึกษาในแปลงทดลองระดับไร่นาของระบบการปลูกอ้อยในระยะแรก และผลการศึกษาในระยะที่สองบางส่วน มาประมวลและสังเคราะห์ผลเพื่อจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและนำเสนอต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องผ่านการจัดประชุมวิชาการนำเสนอผลการศึกษาในระยะแรก

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การทดลองการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรในพื้นที่นำร่อง

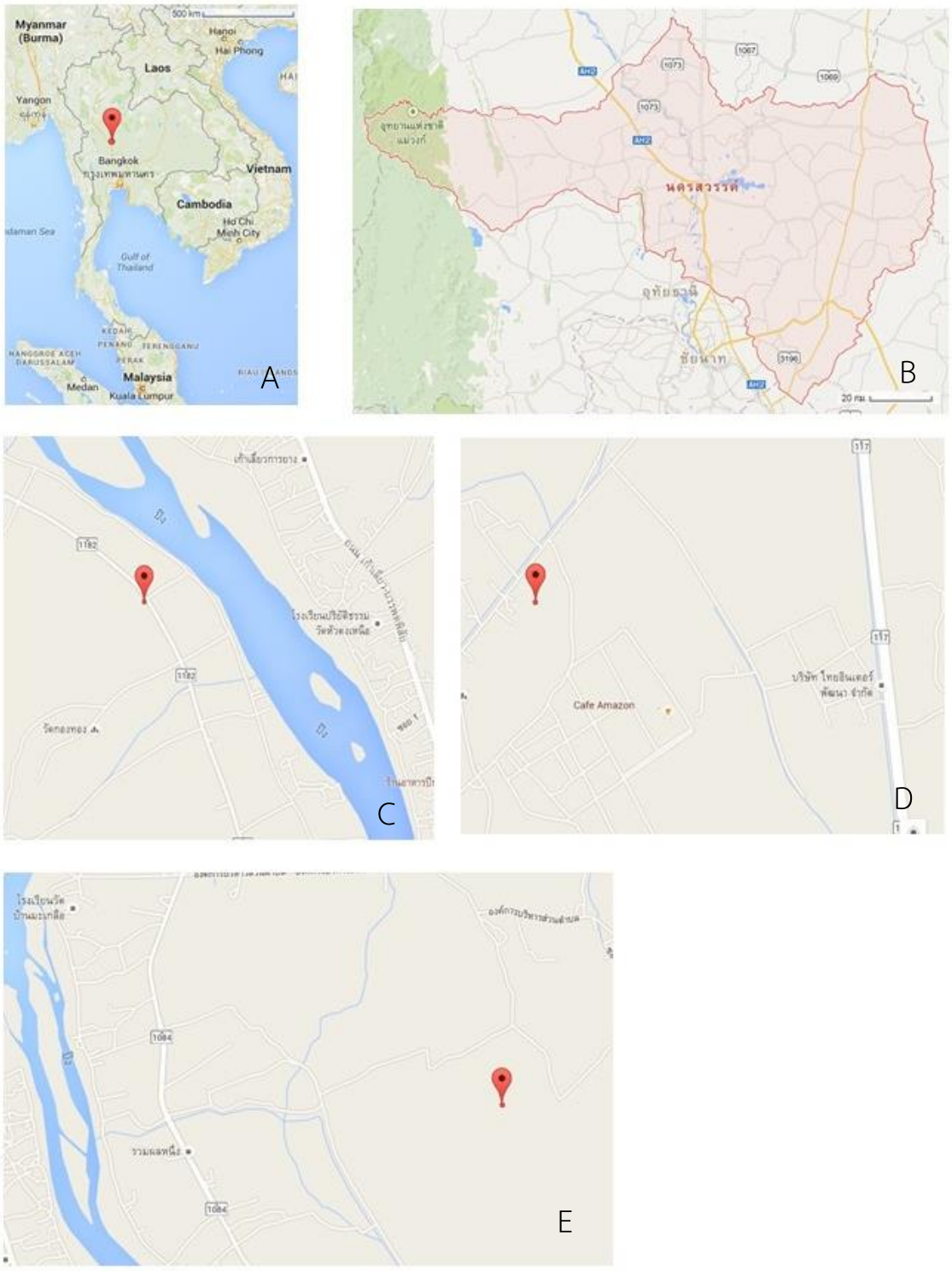
คัดเลือกเกษตรกรซึ่งมีทัศนคติ การยอมรับ มีความพร้อมในระดับดีมาก และยินดีเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยในฐานะแปลงเกษตรกรนำร่อง สำหรับใช้เป็นแปลงอ้อยต้นแบบในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการศึกษาดูงานสำหรับเกษตรกรชาวไร่อ้อยรายอื่นที่จะเข้ามาศึกษาหาความรู้ตลอดระยะเวลาการวิจัย ซึ่งเกษตรกรชาวไร่อ้อยทั้ง 3 ราย คือ

แปลงปลูกอ้อยที่ 1 นางบุญยืน เหมือนเผ่า หมู่บ้านหูกวาง ตำบลหูกวาง อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ (15°52'53.3"N 100°02'48.4"E) พื้นที่ปลูกอ้อย 6 ไร่

แปลงปลูกอ้อยแปลงที่ 2 นายกิตติ อังศุธรรม หมู่บ้านมะเกลือ หมู่ 4 ตำบลมะเกลือ อำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์ (15°47'10.1"N 100°06'05.2"E) พื้นที่ปลูกอ้อย 13 ไร่

แปลงปลูกอ้อยแปลงที่ 3 นายกิตติ ยังกุด หมู่บ้านดงบ้านโพธิ์ หมู่ 7 ตำบลหัวดง อำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์ (15°54'06.8"N 100°05'48.8"E) พื้นที่ปลูกอ้อย 40 ไร่

ที่ตั้งและการเข้าถึงแปลงอ้อยของเกษตรกร ดังรูปที่ 5 และสภาพแปลงอ้อยทั้ง 3 แปลง ก่อนการปลูกอ้อยในปี 2559 ดังรูปที่ 5 6 7 และ 8 ตามลำดับ



รูปที่ 5 ตำแหน่งที่ตั้งและการเข้าถึงพื้นที่วิจัย (A) ประเทศไทย (B) จังหวัดนครสวรรค์ (C) แปลงปลูกอ้อยที่ 1 (D) แปลงปลูกอ้อยที่ 2 และ (E) แปลงปลูกอ้อยที่ 3

รูปที่ 6 แปลงปลูกอ้อยที่ 1 นางบุญยืน เหมือนเผ่า และการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกอ้อย

รูปที่ 7 แปลงปลูกอ้อยแปลงที่ 2 นายกิตติ อังศุธรรม และการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกอ้อย

รูปที่ 8 แปลงปลูกอ้อยแปลงที่ 3 นาย กิตติ ยังกุด และการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกอ้อย

4.2 ดำเนินการเตรียมแปลงทดลองและชุดการทดลองในแปลงอ้อยเกษตรกร

4.2.1 คุณสมบัติดิน

ดินปลูกอ้อยในแปลงของเกษตรกรนำร่อง เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ดินเนื้อหยาบ ประเภทดินร่วนปนทรายและร่วนเหนียวปนทราย ความหนาแน่นดินค่อนข้างมาก ดินทึบจากการบดอัดด้วยรถไถ และควรที่จะระเบิดชั้นดินดานก่อนการปลูก ดินมีสภาพกรดเล็กน้อย ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส และโปรตัสเซียม ในรูปที่เป็นประโยชน์ ในดินอยู่ในเกณฑ์สูงเนื่องจากใส่ปุ๋ยเคมีเป็นประจำ มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลางถึงสูง และค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกในเกณฑ์สูง ดังรายละเอียดในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของดินก่อนปลูกอ้อยจากแปลงเกษตรกร

พารามิเตอร์	หน่วย	แปลงที่ 1 นางบุญยืน เหมือนเผ่า	แปลงที่ 2 นายกิตติ อังศุธรรม	แปลงที่ 3 นายกิตติ ยังกุด
Soil texture		Sandy Clay Loam	Sandy Loam	Sandy Loam
Sand	%	61	61	61
Silt	%	15	23	31
Clay	%	24	16	8
Bulk density	g/cm^3	1.41	1.49	1.56
Soil pH		6.45	6.63	6.68
Total N	%	0.053	0.123	0.123
Available P	mg/kg	5.8	57.4	55.1
Available K	Mg/kg	219	245	200
Total C	%	2.1	2.026	1.073
Organic matter	%	2.85	5.18	2.0
CEC	cmol/kg	37	39	27

4.2.2 การปลูกอ้อย

ปลูกอ้อยของเกษตรกรแต่ละรายจะไม่ตรงกัน ขึ้นอยู่กับความพร้อมของเกษตรกร แรงงาน และปัจจัยการผลิต เกษตรนำร่องในโครงการศึกษา ฯ แปลงที่ 1 ปลูกอ้อยวันที่ 19 มกราคม 2559 แปลงที่ 2 ปลูกอ้อยวันที่ 29 มกราคม 2559 และแปลงที่ 3 ปลูกอ้อยวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2559 (รูปที่ 9-14)

4.2.3 การใส่ปุ๋ย การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น และเถ้าลอยเบาในแปลงอ้อยเกษตรกร

ครั้งที่ 1 เมื่อปลูกอ้อย ใส่ปุ๋ย สูตร 16-20-0 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ สำหรับกรรมวิธีทดลองที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ใส่ปุ๋ย สูตร 16-20-0 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น อัตรา 0.16 กิโลกรัม/ไร่ สำหรับกรรมวิธีทดลองที่ใส่สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น และ ใส่ปุ๋ย สูตร 16-20-0 อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับ เถ้าลอยเบาอัตรา 800 กิโลกรัม/ไร่ โดยเถ้าลอยเบาใส่ก่อนการปลูกอ้อย 2 อาทิตย์ (รูปที่ 9-14)

ครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุเมื่ออ้อยอายุ 90-120 วัน หลังปลูก ใส่ปุ๋ย สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น และเถ้าลอยเบา อัตราการใช้เหมือนครั้งที่ 1 โดยดำเนินการในวันที่ 26 เมษายน 2559 พร้อมกันทั้ง 3 แปลง

รูปที่ 9 การเตรียมดินแปลงปลูกอ้อย

รูปที่ 10 การใส่เถ้าลอยเบารองก้นหลุมก่อนการปลูกอ้อย

รูปที่ 11 แปลงปลูกอ้อยที่ใส่เถ้าลอยเบาพร้อมสำหรับการปลูกอ้อย

รูปที่ 12 การใส่ปุ๋ยและสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในขั้นตอนการปลูกอ้อย

รูปที่ 13 การปลูกอ้อยด้วยรถแทคเตอร์ ขุดหลุม รดน้ำ ใส่ปุ๋ยรองก้นหลุม สับท่อนพันธุ์ลงปลูก และฝังกลบในขั้นตอนเดียว

รูปที่ 14 สภาพแปลงอ้อยหลังจากปลูกเสร็จแล้ว

4.2.4 การติดตามการดำเนินงานในแปลงของเกษตรกร

การติดตามดำเนินงานการทดลองใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในแปลงเกษตรกรตัวอย่าง โดยมีเจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่ร่วมกับนักวิจัย ดำเนินการเป็นประจำทุกเดือน ตั้งแต่เดือน มกราคม-กรกฎาคม 2559 (รูปที่ 15-21)

รูปที่ 15 ติดตามความก้าวหน้าแปลงอ้อยของเกษตรกร วันที่ 28 มีนาคม 2559 อายุอ้อย 121 วันหลังปลูก

รูปที่ 16 แปลงปลูกอ้อยที่ 1 นางบุญยืน เหมือนเผ่า วันที่ 27 พฤษภาคม 2559 อายุอ้อย 120 วันหลังปลูก

รูปที่ 17 แปลงปลูกอ้อยที่ 1 นางบุญยืน เหมือนเผ่า วันที่ 8 กรกฎาคม 2559 อายุอ้อย 161 วันหลังปลูก

รูปที่ 18 แปลงปลูกอ้อยที่ 2 นายกิตติ อังศุธรรม วันที่ 27 พฤษภาคม 2559 อายุอ้อย 130 วันหลังปลูก

รูปที่ 19 แปลงปลูกอ้อยที่ 2 นายกิตติ อังศุธรรม วันที่ 8 กรกฎาคม 2559 อายุอ้อย 171 วันหลังปลูก

รูปที่ 20 แปลงปลูกอ้อยที่ 3 นายกิตติ ยังกุด วันที่ 28 พฤษภาคม 2559 อายุอ้อย 112 วันหลังปลูก

รูปที่ 21 แปลงปลูกอ้อยที่ 3 นายกิตติ ยังกุด วันที่ 7 กรกฎาคม 2559 อายุอ้อย 153 วันหลังปลูก

4.3 ประสิทธิภาพการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

4.3.1 ประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

4.3.1.1 การปล่อยไนตรัสออกไซด์โดยใช้ค่าปัจจัยการปล่อยการศึกษาเมื่อ พ.ศ. 2558

การปล่อยไนตรัสดออกไซด์ กรณีที่ใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 767.09 kg CO_2eq/ha (พิสัย 230.13-2,301.27 kg CO_2eq/ha) กรณีที่ใช้ปุ๋ยร่วมกับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate (รหัสสาร 51F2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 438.34 kg CO_2eq/ha (พิสัย 131.50-1,315.01 kg CO_2eq/ha) และกรณีที่ใช้ปุ๋ยร่วมกับการใส่เถ้าลอยเบา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 146.11 kg CO_2eq/ha (พิสัย 43.83-438.34 kg CO_2eq/ha) ทั้งนี้ กรณีที่ใช้ปุ๋ยร่วมกับการใช้ เถ้าลอยเบา สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น trans-methyl cinnamate ประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 66.67 และ 42.86 (ตารางที่ 7)

4.3.1.2 การปล่อยไนตรัสออกไซด์โดยใช้ค่าปัจจัย Tier 1

ค่าปัจจัยการปล่อยไนตรัสตรัสออกไซด์ทางตรง จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (F) กำหนดให้การใช้สาร *trans*-methyl cinnamate และเถ้าลอยเบา ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ร้อยละ 15.32 และ 29.72 ตามลำดับ โดยกำหนดค่าความไม่แน่นอน (uncertainty) ที่ระดับ 2 orders of magnitude ระหว่าง ร้อยละ 30-300 ผลการศึกษาพบว่า กรณีที่ใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 365.28 kg CO_2eq/ha (พิสัย 109.58-1,095.84 kg CO_2eq/ha) กรณีที่ใช้ปุ๋ยร่วมกับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate (รหัสสาร 51F2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 309.32 kg CO_2eq/ha (พิสัย 92.80-927.96 kg CO_2eq/ha) และกรณีที่ใช้ปุ๋ยร่วมกับการใส่เถ้าลอยเบา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 256.72 kg CO_2eq/ha (พิสัย 365.28-770.16 kg CO_2eq/ha) ทั้งนี้ กรณีที่ใช้ปุ๋ยร่วมกับการใช้ เถ้าลอยเบา สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate ประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 17.00 และ 15.32 (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 การปล่อยไนตรัสออกไซด์โดยใช้ค่าปัจจัยการปล่อยการศึกษาเมื่อ พ.ศ. 2558

กรรมวิธีทดลอง	ค่าปัจจัยการปล่อย		ค่าการปล่อย N_2O N (kg/ha)	ค่าการปล่อย N_2O N (kg/ha)	ค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) (kg CO_2eq/ha)	ร้อยละของประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
F	เฉลี่ย	0.021	1.575	2.475	767.09	
	ต่ำสุด	0.006	0.473	0.742	230.13	
	สูงสุด	0.063	4.725	7.423	2,301.27	
F+51F2	เฉลี่ย	0.012	0.900	1.414	438.34	
	ต่ำสุด	0.004	0.270	0.424	131.50	42.86
	สูงสุด	0.036	2.700	4.242	1,315.01	
F+Fly ash	เฉลี่ย	0.004	0.300	0.471	146.11	
	ต่ำสุด	0.001	0.090	0.141	43.83	66.67
	สูงสุด	0.012	0.900	1.414	438.34	

ตารางที่ 8 การปล่อยไนตรัสออกไซด์โดยใช้ค่าปัจจัย Tier 1

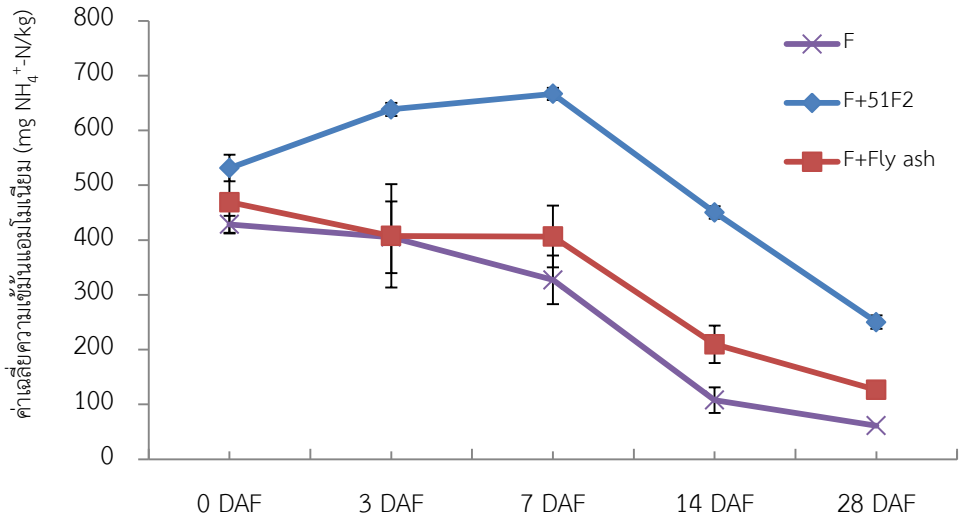
กรรมวิธีทดลอง	ค่าปัจจัยการปล่อย		ค่าการปล่อย N_2O N (kg/ha)	ค่าการปล่อย N_2O N (kg/ha)	ค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWP) (kg CO_2eq/ha)	ร้อยละของประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
F	เฉลี่ย	0.01	0.750	1.178	365.28	
	ต่ำสุด	0.03	2.250	3.535	1,095.84	
	สูงสุด	0.003	0.225	0.354	109.58	
F+51F2	เฉลี่ย	0.009	0.635	0.998	309.32	
	ต่ำสุด	0.025	1.905	2.993	927.96	15.32
	สูงสุด	0.003	0.191	0.299	92.80	
F+Fly ash	เฉลี่ย	0.007	0.527	0.828	256.72	
	ต่ำสุด	0.021	1.581	2.484	770.16	17.00
	สูงสุด	0.010	0.750	1.178	365.28	

4.3.2 ประสิทธิภาพชะลอการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียมของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

ร้อยละการคงเหลือของแอมโมเนียมบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการชะลอการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียมของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา ผลการทดลองพบว่า การคงเหลือของแอมโมเนียมในดิน กรณีการใส่ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate กับเถ้าลอยเบา มีค่ามากกว่า กรณีการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ร้อยละ 23.95 กับ 7.64 ร้อยละ 54.43 กับ 0.57 ร้อยละ 79.24 กับ 18.46 ร้อยละ 79.92 กับ 23.78 และ ร้อยละ 44.07 กับ 15.24 ณ วันที่ 0 3 7 14 และ 28 วันหลังใส่ปุ๋ย (day after added fertilizer; DAF) ตามลำดับ ดังรายละเอียดความเข้มข้นของแอมโมเนียมในดิน ในตารางที่ 9 และรูปที่ 22

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นแอมโมเนียมในดินและร้อยละการคงเหลือของแอมโมเนียม เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว วันที่ 0 3 7 14 และ 28 วันหลังใส่ปุ๋ย

อายุอ้อย (DAF)	F	F+51F2		F+Fly ash	
	เฉลี่ย±SD (mg NH_4^+N/kg)	เฉลี่ย±SD (mg NH_4^+N/kg)	ร้อยละการคงเหลือของแอมโมเนียม	เฉลี่ย±SD (mg NH_4^+N/kg)	ร้อยละการคงเหลือของแอมโมเนียม
0	428.66±15.43	531.46±24.39	23.98	469.26±57.40	7.64
3	405.17±65.28	638.51±12.05	54.43	407.60±94.52	0.57
7	327.25±44.24	666.91±11.07	79.24	406.38±56.46	18.46
14	107.80±23.62	450.37±11.42	79.92	209.74±34.01	23.78
28	61.25±10.00	250.15±12.14	44.07	126.56±30.24	15.24



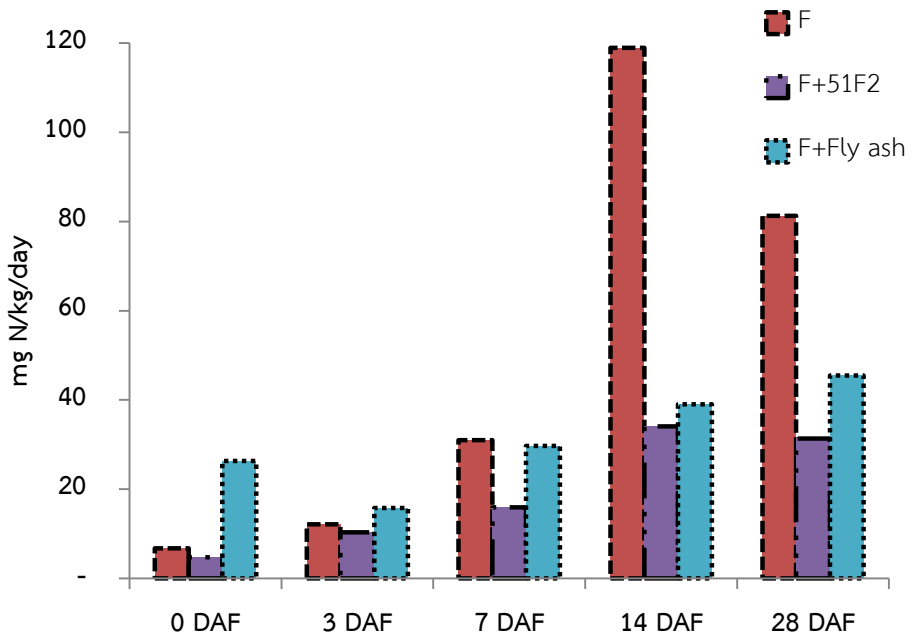
รูปที่ 22 ความผันแปรของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นแอมโมเนียมในดิน วันที่ 0 3 7 14 และ 28 วันหลังใส่ปุ๋ย

4.3.3 ประสิทธิภาพการยับยั้งอัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่น

อัตราไนตริฟิเคชั่นจะเกิดสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยลงดิน เพราะเป็นสภาวะที่ความเข้มข้นไนโตรเจนในดินสูง ไม่เป็นปัจจัยจำกัดในการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่นโดย nitrifying bacteria ในการทดลองนี้จึงมีสมมุติฐานว่า หาก *trans*-methyl cinnamate และเถ้าลอยเบา มีประสิทธิภาพในการยับยั้งไนตริฟิเคชั่นจริง จะต้องมีอัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่นน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ผลการทดลองพบว่า เมื่อใส่สาร *trans*-methyl cinnamate มีประสิทธิภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่นดีที่สุด รองลงมาคือการใส่เถ้าลอยเบา โดยออกฤทธิ์สูงสุดในวันที่ 14 และ 28 หลังใส่ปุ๋ย (DAF) เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว บ่งชี้ว่า สาร *trans*-methyl cinnamate มีฤทธิ์สามารถยับยั้งการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียมเป็นไนเตรทได้ประมาณ 28 วัน

ตารางที่ 10 อัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่น (mg N/kg/day) วันที่ 0 3 7 14 และ 28 วันหลังใส่ปุ๋ย

Treatment	อัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่น (mg N/kg/day)				
	0 DAF	3 DAF	7 DAF	14 DAF	28 DAF
F	6.72	12.13	30.99	118.97	81.25
F+51F2	4.73	10.31	15.89	34.09	31.36
F+Fly ash	26.31	15.81	29.71	39.00	45.47



รูปที่ 23 ความผันแปรของอัตราศักยภาพไนตริฟิเคชั่น (mg N/kg/day) วันที่ 0 3 7 14 และ 28 วันหลังใส่ปุ๋ย

4.4 การเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อย

4.4.1 การเจริญเติบโตของอ้อย

การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate และเถ้าลอยเบา ร่วมกับการใส่ปุ๋ยส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อย โดยมี จำนวนลำ/ไร่ จำนวนกอ/ไร่ จำนวนลำต่อกอ ความสูง ขนาดลำ และดัชนีพื้นที่ใบ มากกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 11 และ 12)

ตารางที่ 11 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของอ้อย

แปลงทดลอง	กรรมวิธีทดลอง	จำนวนลำ/ไร่	จำนวนกอ/ไร่	จำนวนลำ/กอ	ความสูง (ซม)	ขนาดลำ (ซม)	LAI (m^2/m^2)
แปลงที่ 1 อายุอ้อย 161 DAT	F	11,448.89	1,351.11	7.11	111.07	9.52	2.99
	F+51F2	11,521.00	1,386.67	8.56	112.53	10.33	3.30
	F+Fly ash	11,484.44	1,361.11	7.33	118.87	10.65	3.10
แปลงที่ 2 อายุอ้อย 171 DAT	F	12,088.89	1,244.44	9.22	185.80	9.77	3.17
	F+51F2	14,044.44	1,280.00	9.78	226.53	10.89	3.50
	F+Fly ash	13,404.44	1,351.11	10.00	191.93	10.13	3.20
แปลงที่ 3 อายุอ้อย 153 DAT	F	10,915.56	1,173.33	8.56	93.33	10.85	3.63
	F+51F2	11,200.00	1,315.56	9.78	124.80	11.41	3.92
	F+Fly ash	11,448.89	1,422.22	9.00	108.87	11.19	3.98

ตารางที่ 12 ร้อยละความแตกต่างของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของอ้อย

แปลงทดลอง	กรรมวิธีทดลอง	จำนวนลำ/ไร่	จำนวนกอ/ไร่	จำนวนลำ/กอ	ความสูง (ซม)	ขนาดลำ (ซม)	LAI (m^2/m^2)
แปลงที่ 1 อายุอ้อย 161 DAT	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	F+51F2	0.63	2.63	20.31	1.32	8.54	10.31
	F+Fly ash	0.31	0.74	3.13	7.02	11.90	3.62
แปลงที่ 2 อายุอ้อย 171 DAT	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	F+51F2	16.18	2.86	6.02	21.92	11.50	10.49
	F+Fly ash	10.88	8.57	8.43	3.30	3.72	1.02
แปลงที่ 3 อายุอ้อย 153 DAT	F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	F+51F2	2.61	12.12	14.25	33.71	5.16	8.04
	F+Fly ash	4.89	21.21	5.14	16.64	3.13	9.69

4.4.2 ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน

เมื่อประเมินผลผลิตอ้อยจากดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) พบว่า มวลชีวภาพทั้งหมด (total biomass; BMT) และผลผลิต ของกรรมวิธีทดลอง F+51F2 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ F+Fly ash และ F ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบร้อยละของผลผลิตอ้อย พบว่ากรรมวิธีทดลอง F+51F2 และ F+Fly ash มีน้ำหนักผลผลิตต่อพื้นที่มากกว่ากรรมวิธีทดลอง F ร้อยละ 10.49-2.52 และ 9.69-1.02 ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิต (NUE_{agro}; yield kg/ N kg input) ของกรรมวิธี F+51F2 มีค่าสูงสุด ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 มวลชีวภาพทั้งหมด (BMT) ผลผลิต (Yield) ร้อยละความแตกต่างของผลผลิต (Different yield; %) ไนโตรเจนทั้งหมดในผลผลิตอ้อย และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (NUE)

	กรรมวิธีทดลอง	LAI (m^2/m^2)	BMT (ton/ha)	DYF	Yield (ton/ha)	Different yield (%)	N in yield (kg N/ha)	NUE_{agro} (yield kg/ N kg input)	Different NUE_{agro} (%)
แปลงที่ 1	F	2.99	83.76	1.00	69.69	-	76.66	929.20	
	F+51F2	3.30	92.40	1.10	76.87	10.31	84.56	1,024.99	10.31
	F+Fly ash	3.20	89.60	1.07	74.55	6.97	82.00	993.93	6.97
แปลงที่ 2	F	3.17	88.69	1.00	69.69	-	76.66	929.20	
	F+51F2	3.50	98.00	1.10	77.00	10.49	84.70	1,026.71	10.49
	F+Fly ash	3.30	92.40	1.04	72.60	4.18	79.86	968.05	4.18
แปลงที่ 3	F	3.63	101.59	1.00	69.69	-	76.66	929.20	
	F+51F2	3.92	109.76	1.08	75.29	8.04	82.82	1,003.88	8.04
	F+Fly ash	3.98	111.44	1.10	76.44	9.69	84.09	1,019.24	9.69
เฉลี่ยทั้ง 3 แปลง	F	3.26	91.35	1.00	69.69	-	76.66	929.20	
	F+51F2	3.57	100.05	1.10	76.39	9.61	84.03	1,018.53	9.61
	F+Fly ash	3.49	97.81	1.07	74.53	6.95	81.98	993.74	6.95

หมายเหตุ BMT = 28.0 x LAI (Simões *et al.*, 2005); ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 fraction N = 0.11 (วัลลีย์ อมรพล และคณะ 2555); ผลผลิตอ้อยนครสวรรค์ ฤดูการผลิต 2556/2557 = 69.69 ton ha^{-1}; อัตราการใช้ปุ๋ย = 60.9 kg N ha^{-1}; Different yield (%) หมายถึง ความแตกต่างของผลผลิตของกรรมวิธีทดลองที่ใส่สาร NIs และเถ้าลอยเบา เปรียบเทียบกับผลิตของกรรมวิธีทดลองที่ใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว

4.5 ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตอ้อยสด

4.5.1 ต้นทุนการปลูกอ้อย

การผลิตอ้อยเฉลี่ย สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 3-4 ครั้ง จากอ้อยใหม่ อ้อยตอปีที่ 1 2 และ 3 รวมระยะเวลา 4 ปี แต่เกษตรกรมักจะปลูกอ้อยใหม่ เมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยตอปีที่ 2 แล้ว เพราะผลผลิตจะลดต่ำลง ทั้งนี้ต้นทุนการปลูกอ้อยจะสูงในปีแรกและลดต่ำลงในปีถัดมา ในงานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลต้นทุนการผลิต เฉลี่ยภาคกลาง ฤดูการผลิต 2555/2556 (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2558)

การปลูกอ้อยใหม่ อ้อยตอปีที่ 1 และ 2 กรณีที่ใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว (F) ต้นทุนรวมต่อผลผลิต เท่ากับ 1,249.71 882.14 และ 887.79 บาท/ตัน กรณีที่ใช้ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น trans-methyl cinnamate (F+51F2) ต้นทุนรวมต่อผลผลิต เท่ากับ 1,156.33 822.50 และ 827.18 บาท/ตัน และกรณีที่ใช้ปุ๋ยร่วมกับเถ้าลอยเบา (F+Fly ash) ต้นทุนรวมต่อผลผลิต 1,185.12 844.62 และ 849.76 บาท/ตัน

ต้นทุนการใช้สาร *trans*-methyl cinnamate เท่ากับ 57.55 บาท/ไร่ และต้นทุนของเถ้าลอยเบา 99.39 บาท/ไร่ ราคา *trans*-methyl cinnamate FOB US $1-9.9/kg หรือเฉลี่ย US $5.45/กก. (Wuhan Jadechem International Trade Co., Ltd.) หรือ 179.85 บาท/กก. หากใช้สารอัตรา 2 กก./เฮกแตร์ หรือ 0.32 กก/ไร่ ต้นทุนการใช้สาร 57.55 บาท/ไร่ ส่วนต้นทุนการใช้เถ้าลอยเบา เกิดจากค่าขนส่งตามระยะทาง โดยค่าขนส่งเถ้าลอยเบา 1 เที่ยว ไปกลับ ตามระยะทาง คือ 14.50 บาท/กม สำหรับรถบรรทุกดิน 6 ล้อ ซึ่งบรรทุกน้ำหนักได้ 9-11 ตัน หรือมีค่าใช้จ่าย 621.18 บาท ต่อ 10 ตัน หรือ 99.39 บาท/ไร่ (คำนวณที่ อัตราการใช้ 10 ton/ha หรือ 1.6 ตัน/ไร่)

4.5.2 ผลตอบแทนการปลูกอ้อย

ราคาอ้อยหน้าโรงงานเฉลี่ยทั่วประเทศ ฤดูกาลผลิตปี 55/56 คือ 950 บาท/ตัน ที่ความหวาน 10 CCS แต่โดยทั่วไปเกษตรกร จะตัดอ้อยเมื่อได้ความหวาน 12.5 โดย ทุกๆ ความหวาน 1 CCS ที่เพิ่มขึ้น จะได้ราคาเพิ่ม 6% ของราคาอ้อยขั้นต้น หรือ 57 บาท/1 CCS หากอ้อยมีความหวานเพิ่มขึ้น 2.5 CCS จะได้ราคาอ้อยเพิ่มขึ้น 142.5 บาท/ตัน และเงินตามอ้อย อีก 160 บาท/ตัน รวมผลตอบแทนอ้อยทั้งหมด 1,252.50 บาท/ตัน

4.5.3 สัดส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio)

ค่าเฉลี่ย B/C ratio ของการปลูกอ้อยตลอดระยะเวลา 3 ปี ของการใช้ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate มีค่า 1.37 ในขณะที่การใช้ปุ๋ยร่วมกับเถ้าลอยเบา และการใช้ปุ๋ยเพียงอย่าง

เดียวมีค่า 1.34 และ 1.28 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียวสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate และเถ้าลอยเบาทำกำไรได้ร้อยละ 7.5 และ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยผลตอบแทน ราคาหน้าโรงงาน ต้นทุนรวม กำไรต่อผลผลิต กำไรต่อพื้นที่ และสัดส่วนผลตอบแทนการลงทุน (B/C ratio) จากการปลูกอ้อยใหม่ อ้อยตอปีที่ 1 และ ปีที่ 2

กรรมวิธีทดลอง	ปีปลูกอ้อย	ต้นทุน (C) (บาท/ตัน)	ผลตอบแทน (B)(บาท/ตัน)	กำไร (บาท/ตัน)	ผลผลิต (ตัน/ไร่	กำไร (บาท/ไร่)	B/C	B/C เฉลี่ย	%B/C เพิ่ม
F	อ้อยใหม่	1,249.71	1,252.50	2.79	12.65	35.28	1.00	1.28	
	อ้อยตอปี 1	882.14	1,252.50	370.36	10.11	3,744.35	1.42		
	อ้อยตอปี 2	887.79	1,252.50	364.71	10.92	3,982.60	1.41		
F+51F2	อ้อยใหม่	1,156.33	1,252.50	96.17	13.87	1,333.60	1.08	1.37	7.5
	อ้อยตอปี 1	822.50	1,252.50	430.00	11.08	4,765.48	1.52		
	อ้อยตอปี 2	827.18	1,252.50	425.32	11.97	5,091.16	1.51		
F+Fly ash	อ้อยใหม่	1,185.12	1,252.50	67.38	13.53	911.60	1.06	1.34	4.7
	อ้อยตอปี 1	844.62	1,252.50	407.88	10.81	4,410.27	1.48		
	อ้อยตอปี 2	849.76	1,252.50	402.74	11.68	4,703.63	1.47		

ตารางที่ 15 ผลตอบแทนและต้นทุนการผลิตอ้อย กรณีใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว

รายการ	ต้นทุน อ้อยปลูก	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 1	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 2	%
1. ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่)	11,465.32	81.29	5,322.59	70.85	5,865.17	71.67
1.1 ค่าแรงงาน	5,465.79	38.75	2,657.60	35.37	2,930.27	35.81
(1) เตรียมดิน	1,337.19	9.48		0.00	-	
(2) ปลูก	886.74	6.29		0.00	-	
(3) ดูแลรักษา	607.37	4.31	591.13	7.87	681.89	8.33
(4) เก็บเกี่ยว	2,634.49	18.68	2,066.47	27.51	2,248.38	27.47
1.2 ค่าวัสดุ	5,453.56	38.67	2,411.53	32.10	2,655.61	32.45
(1) ค่าพันธุ์อ้อย	2,604.29	18.47	-		-	
(2) ค่าปุ๋ย	1,787.13	12.67	1,523.35	20.28	1,781.15	21.76
(3) ค่าสารกำจัดวัชพืชและศัตรูพืช	803.39	5.70	652.10	8.68	720.99	8.81
(4) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง หล่อลื่น	258.75	1.83	236.08	3.14	153.47	1.88
(5) ไม่ใช้สาร NIs						
1.3 ค่าดอกเบี้ย	545.97	3.87	253.46	3.37	279.29	3.41
2. ค่าการจัดการ (7% ของต้นทุนผันแปร)	802.57	5.69	372.58	4.96	410.56	5.02
3. ต้นทุนคงที่ (บาท/ไร่)	1,835.99	13.02	1,817.56	24.19	1,907.86	23.31
3.1 ค่าเช่าที่ดิน	1,721.59	12.21	1,721.59	22.92	1,721.59	21.04
3.2 ค่าเสื่อมเครื่องมือและอุปกรณ์	112.71	0.80	93.88	1.25	185.00	2.26
3.3 ค่าเสียโอกาสเครื่องมืออุปกรณ์	1.69	0.01	2.09	0.03	1.27	0.02
4. ต้นทุนรวม (บาท/ไร่)	14,103.88	100.00	7,512.73	100.00	8,183.59	100.00
ต้นทุนถ่วงน้ำหนักด้วยพื้นที่	8,180.25		1,652.80		1,636.72	
5. ผลผลิตต่อไร่ (ตัน/ไร่)	12.65		10.11	-20.08	10.92	-13.68
6. ต้นทุนรวม (บาท/ตัน)	1,114.93		743.10		749.41	
7. ค่าขนส่งเฉลี่ย (บาท/ตัน)	134.78	12.09	139.04	18.71	138.38	18.47

ตารางที่ 15 ผลตอบแทนและต้นทุนการผลิตอ้อย กรณีใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว

รายการ	ต้นทุน อ้อยปลูก	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 1	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 2	%
ระยะทาง (ก.ม.)	**42.84**		**46.91**		**50.16**	
8. ต้นทุนรวม หน้าโรงงาน (บาท/ตัน)	**1,249.71**		**882.14**		**887.79**	
9. ผลตอบแทน หน้าโรงงาน (บาท/ตัน) ความหวาน 10 CCS	**950**		**950**		**950**	
10. ผลตอบแทน หน้าโรงงาน (บาท/ตัน) ความหวาน 12.5 CCS	**1,092.50**		**1,092.50**		**1,092.50**	
11. B/C ณ หน้าโรงงาน	**0.87**		**1.24**		**1.23**	

ตารางที่ 16 ผลตอบแทนและต้นทุนการผลิตอ้อย กรณีใส่สาร 51F2

รายการ	ต้นทุน อ้อยปลูก	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 1	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 2	%
1. ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่)	11,522.87	81.34	5,380.14	71.03	5,922.72	71.83
1.1 ค่าแรงงาน	5,465.79	38.59	2,657.60	35.09	2,930.27	35.54
(1) เตรียมดิน	1,337.19	9.44		0.00	-	
(2) ปลูก	886.74	6.26		0.00	-	
(3) ดูแลรักษา	607.37	4.29	591.13	7.80	681.89	8.27
(4) เก็บเกี่ยว	2,634.49	18.60	2,066.47	27.28	2,248.38	27.27
1.2 ค่าวัสดุ	5,511.11	38.91	2,469.08	32.60	2,713.16	32.91
(1) ค่าพันธุ์อ้อย	2,604.29	18.38	-		-	
(2) ค่าปุ๋ย	1,787.13	12.62	1,523.35	20.11	1,781.15	21.60
(3) ค่าสารกำจัดวัชพืชและศัตรูพืช	803.39	5.67	652.10	8.61	720.99	8.74
(4) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง หล่อลื่น	258.75	1.83	236.08	3.12	153.47	1.86
(5) ค่าสาร 51F2	57.55		57.55		57.55	
1.3 ค่าดอกเบี้ย	545.97	3.85	253.46	3.35	279.29	3.39
2. ค่าการจัดการ (7% ของต้นทุนผันแปร)	806.60	5.69	376.61	4.97	414.59	5.03
3. ต้นทุนคงที่ (บาท/ไร่)	1,835.99	12.96	1,817.56	24.00	1,907.86	23.14
3.1 ค่าเช่าที่ดิน	1,721.59	12.15	1,721.59	22.73	1,721.59	20.88
3.2 ค่าเสื่อมเครื่องมือและอุปกรณ์	112.71	0.80	93.88	1.24	185.00	2.24
3.3 ค่าเสียโอกาสเครื่องมืออุปกรณ์	1.69	0.01	2.09	0.03	1.27	0.02
4. ต้นทุนรวม (บาท/ไร่)	14,165.46	100.00	7,574.31	100.00	8,245.17	100.00
ต้นทุนถ่วงน้ำหนักด้วยพื้นที่	8,180.25		1,652.80		1,636.72	
5. ผลผลิตต่อไร่ (ตัน/ไร่)	13.87		11.08	-20.08	11.97	-13.68
6. ต้นทุนรวม (บาท/ตัน)	1,021.55		683.46		688.80	
7. ค่าขนส่งเฉลี่ย (บาท/ตัน)	134.78	13.19	139.04	20.34	138.38	20.09

ตารางที่ 16 ผลตอบแทนและต้นทุนการผลิตอ้อย กรณีใส่สาร 51F2

รายการ	ต้นทุน อ้อยปลูก	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 1	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 2	%
ระยะทาง (ก.ม.)	42.84		46.91		50.16	
8. ต้นทุนรวม หน้าโรงงาน (บาท/ตัน)	1,156.33		822.50		827.18	
9. ผลตอบแทน หน้าโรงงาน (บาท/ตัน) ความหวาน 10 CCS	1,110.00		1,110.00		1,110.00	
10. ผลตอบแทน หน้าโรงงาน (บาท/ตัน) ความหวาน 12.5 CCS	1,252.50		1,252.50		1,252.50	
11. B/C หน้าโรงงาน	1.08		1.52		1.51	

ตารางที่ 17 ผลตอบแทนและต้นทุนการผลิตอ้อย กรณีเถ้าลอยเบา

รายการ	ต้นทุน อ้อยปลูก	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 1	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 2	%
1. ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่)	11,564.71	81.38	5,431.42	71.19	5,981.54	72.00
1.1 ค่าแรงงาน	5,465.79	38.46	2,657.60	34.83	2,930.27	35.27
(1) เตรียมดิน	1,337.19	9.41		0.00	-	
(2) ปลูก	886.74	6.24		0.00	-	
(3) ดูแลรักษา	607.37	4.27	591.13	7.75	681.89	8.21
(4) เก็บเกี่ยว	2,634.49	18.54	2,066.47	27.09	2,248.38	27.06
1.2 ค่าวัสดุ	5,552.95	39.08	2,520.36	33.04	2,771.98	33.36
(1) ค่าพันธุ์อ้อย	2,604.29	18.33	-		-	
(2) ค่าปุ๋ย	1,787.13	12.58	1,523.35	19.97	1,781.15	21.44
(3) ค่าสารกำจัดวัชพืชและศัตรูพืช	803.39	5.65	652.10	8.55	720.99	8.68
(4) ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง หล่อลื่น	258.75	1.82	236.08	3.09	153.47	1.85
(5) ค่าขนส่งเถ้าลอบเบา	99.39		108.83		116.37	
1.3 ค่าดอกเบี้ย	545.97	3.84	253.46	3.32	279.29	3.36
2. ค่าการจัดการ (7% ของต้นทุนผันแปร)	809.53	5.70	380.20	4.98	418.71	5.04
3. ต้นทุนคงที่ (บาท/ไร่)	1,835.99	12.92	1,817.56	23.82	1,907.86	22.96
3.1 ค่าเช่าที่ดิน	1,721.59	12.12	1,721.59	22.57	1,721.59	20.72
3.2 ค่าเสื่อมเครื่องมือและอุปกรณ์	112.71	0.79	93.88	1.23	185.00	2.23
3.3 ค่าเสียโอกาสเครื่องมืออุปกรณ์	1.69	0.01	2.09	0.03	1.27	0.02
4. ต้นทุนรวม (บาท/ไร่)	14,210.23	100.00	7,629.18	100.00	8,308.11	100.00
ต้นทุนถ่วงน้ำหนักด้วยพื้นที่	8,180.25		1,652.80		1,636.72	
5. ผลผลิตต่อไร่ (ตัน/ไร่)	13.53		10.81	-20.08	11.68	-13.68
6. ต้นทุนรวม (บาท/ตัน)	1,050.34		705.58		711.38	
7. ค่าขนส่งเฉลี่ย (บาท/ตัน)	134.78	12.83	139.04	19.71	138.38	19.45

ตารางที่ 17 ผลตอบแทนและต้นทุนการผลิตอ้อย กรณีเถ้าลอยเบา

รายการ	ต้นทุน อ้อยปลูก	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 1	%	ต้นทุน อ้อยตอปีที่ 2	%
ระยะทาง (ก.ม.)	42.84		46.91		50.16	
8. ต้นทุนรวม หน้าโรงงาน (บาท/ตัน)	1,185.12		844.62		849.76	
9. ผลตอบแทน หน้าโรงงาน (บาท/ตัน) ความหวาน 10 CCS	1,110.00		1,110.00		1,110.00	
10. ผลตอบแทน หน้าโรงงาน (บาท/ตัน) ความหวาน 12.5 CCS	1,252.50		1,252.50		1,252.50	
11. B/C หน้าโรงงาน	1.06		1.48		1.47	

4.6 การเผยแพร่ผลประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมาย

4.6.1 การแนะนำโครงการวิจัยแก่ชาวไร่อ้อย

โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกร และเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย ได้ร่วมจัดประชุมเชิงปฏิบัติการร่วมกับฝ่ายไร่ บริษัท เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) เพื่อแนะนำโครงการศึกษาให้ชาวไร่อ้อยได้ทราบการดำเนินงานในปีที่ 2 จำนวน 25 คน เมื่อวันที่ 6 มกราคม 2559 ณ จังหวัดนครสวรรค์ (รูปที่ 24)

รูปที่ 24 การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อแนะนำโครงการศึกษาให้ชาวไร่อ้อยได้รับทราบ

4.6.2 สาระสำคัญเกี่ยวกับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

จากการทบทวนวรรณกรรม สรุปเป็นสาระสำคัญสำหรับใช้ในการเผยแพร่ประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยสู่กลุ่มเป้าหมาย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 บทนำ

1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร

ใน พ.ศ. 2543 ภาคเกษตรของประเทศไทยปล่อยก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases; GHGs) มากเป็นลำดับที่ 2 รองมาจากภาคพลังงาน คิดเป็นร้อยละ 17.32 (52.92 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) ในระหว่าง พ.ศ. 2543-2547 ปริมาณ GHGs ที่ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศจากภาคเกษตรเฉลี่ยปีละ 53.8 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หากพิจารณาการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในดินเกษตร ปริมาณการปล่อยไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide; N_2O) ทางตรงและทางอ้อม ในปี พ.ศ. 2554 เท่ากับ 11.82 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2543 ร้อยละ 35.6 ทั้งนี้การปล่อย N_2O จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดิน

2) การเกษตรในกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเทศไทยในฐานะรัฐภาคีสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC) ได้แสดงเจตจำนงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีเป้าหมาย อย่างเป็นทางการ จำนวน 2 ฉบับ ประกอบด้วย

1) หนังสือแสดงเจตจำนงการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (Nationally Appropriate Mitigation Actions; NAMAs) ภายใน ค.ศ. 2020 (พ.ศ. 2563) โดยมีเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 7 ถึง 20 ในภาคพลังงานและภาคขนส่ง เมื่อเทียบกับระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานตามปกติ (business as usual; BAU)

2) หนังสือแสดงเจตจำนงการมีส่วนร่วมของประเทศในการลดก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภายหลัง พ.ศ. 2563 (Intended Nationally Determined Contributions; INDCs) กำหนดเป้าหมายการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกหลัง ค.ศ. 2020 โดยมีเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 20 ถึง 25 ในทุกภาคส่วน (economy-wide) เมื่อเทียบกับระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานตามปกติ ภายใน ค.ศ. 2030 (พ.ศ. 2573) ทั้งนี้การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังกล่าว จะดำเนินการในภาคพลังงานและภาคขนส่งเป็นหลัก อย่างไรก็ตามเนื้อหาในหนังสือแสดงเจตจำนง ได้ระบุไว้ว่า ภาคการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และป่าไม้ จะพิจารณาดำเนินการภายหลัง

ภาคเกษตรมีศักยภาพเชิงเทคนิคในการลดการปล่อย GHGs ซึ่งรวมถึงการกักเก็บคาร์บอนในดิน ดังต่อไปนี้ 1) ศักยภาพการลดการปล่อย GHGs จากภาคเกษตรบางส่วน สามารถดำเนินการให้บรรลุได้ด้วยต้นทุนที่ค่อนข้างต่ำ 2) แนวทางและวิธีการลดการปล่อย GHGs ในภาคเกษตร ช่วยสร้างผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ (co-benefits) เช่น ด้านความมั่นคงทางด้านอาหาร ผลผลิต ความต้านทานและฟื้นตัวจากผลกระทบและการบริการของระบบนิเวศ 3) ประเทศกำลังพัฒนา มีศักยภาพเชิงเทคนิคในการลดการปล่อย GHGs จากภาคเกษตรประมาณร้อยละ 70 โดยภายใน ค.ศ. 2030 ศักยภาพเชิงเทคนิคของการลดการปล่อย GHGs จากภาคเกษตร ถูกคาดการณ์ว่าจะมีค่าอยู่ระหว่าง 4.5 – 6 Gt CO_2eq/ปี ด้วยการกักเก็บคาร์บอนในดิน, การลดการปล่อยมีเทน, และไนตรัสออกไซด์ ร้อยละ 89, 9, และ 2 ตามลำดับ

การลดการปล่อย GHGs ในภาคเกษตร ได้กลายเป็นเป้าหมายของประเทศกำลังพัฒนาหลายๆ ประเทศ เช่น ใน ค.ศ. 2013 มี 55 ประเทศ แสดงเจตจำนงการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (NAMAs) ด้วยการดำเนินการในภาคเกษตร

INDCs ของรัฐภาคีสมาชิก UNFCCC จำนวน 103 ประเทศ จัดทำข้อเสนอลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร ทั้งสิ้น 87 แผน โดยไม่มีเงื่อนไข (an unconditional contribution) และ 47 ประเทศ สามารถดำเนินการได้หากได้รับการสนับสนุนทางด้านการเงิน นอกจากนี้ อีก 7 ประเทศ มีมาตรการภาคปฏิบัติในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร ยกตัวอย่างเช่น ประเทศบังคลาเทศ แม้ไม่แสดงเจตจำนงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร แต่กล่าวถึงมาตรการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรภายใต้เงื่อนไขที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ (conditional, possible, action-based contributions) ด้วยการส่งเสริมการทำนาด้วยวิธีเปียกสลับแห้ง (alternate wetting and drying; AWD) คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 20 ของระบบชลประทาน เพื่อลดการปล่อยมีเทนจากนาข้าว

3) ทางเลือกการลดก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (non-CO_2) จากดินภาคเกษตร

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก มาตรการเพื่อลดการปล่อย N_2O จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในดินเกษตร ได้แก่ 1) มาตรการเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ย ได้แก่ การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ส่งเสริมการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรททดแทนปุ๋ยยูเรีย การเปลี่ยนการใช้ปุ๋ยเคมีมาเป็นปุ๋ยอินทรีย์ การใช้ปุ๋ยเคมีควบคู่กับปุ๋ยอินทรีย์ การใส่ปุ๋ยตามความต้องการของพืช และการทำเกษตรกรรมประณีต และ 2) มาตรการจัดการเพาะปลูก ได้แก่ การทำการเกษตรแบบไม่ไถพรวน การใช้วัสดุคลุมดิน การใช้ปุ๋ยคอกและถ่านชีวภาพ

กล่าวเฉพาะการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเพื่อลดการสูญเสียธาตุอาหารไนโตรเจน มีศักยภาพลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ร้อยละ 30 โดยการดำเนินการนี้มีผลให้ลดการใช้ปุ๋ย ร้อยละ 5 7 และ 10 ของปริมาณการใช้

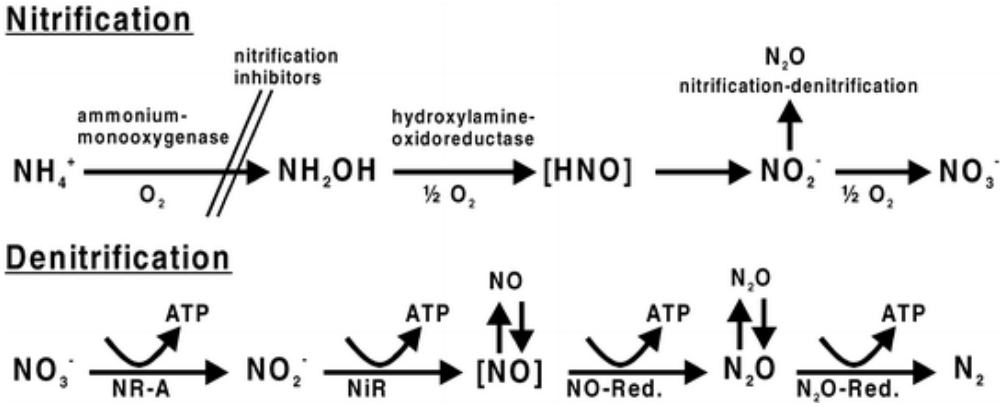
รวมใน ค.ศ. 2020, 2030, และ 2050 โดยใช้เงินทุนประมาณ 11.2 USD/ton CO_2eq ในขณะที่ถ่านชีวภาพ เพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินได้ 14 ton CO_2eq/ha มีค่าใช้จ่ายประมาณ 28.0 USD/ton CO_2eq

สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ถ่านชีวภาพ และเถ้าลอยเบา นอกจากมีศักยภาพลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์แล้ว ยังสามารถกักเก็บคาร์บอนในดิน ลดการชะละลายธาตุอาหารไนโตรเจนลงแหล่งน้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และผลผลิต ซึ่งนับเป็นผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ (co-benefits) ที่เอื้ออำนวยให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมและมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ส่วนที่ 2 สาระสำคัญเกี่ยวกับสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

1) สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (Nitrification Inhibitors; NIs)

NIs คือ วัตถุออกฤทธิ์ (ได้แก่ สารเคมี สารชีวภาพจากส่วนของพืช และ วัสดุทางการเกษตร เช่น ถ่านชีวภาพ และเถ้าลอยเบา) ที่ลดอัตราไนตริฟิเคชั่นในดิน ด้วยการยับยั้งการออกซิเดชั่น แอมโนเมียม (ammonium; NH_4^+) เป็น ไนเตรท (nitrate; NO_3^-) การทำงานเอนไซม์ ammonium monooxygenase ของแบคทีเรีย *Nitrosomonas* ดังรูปที่ 25



รูปที่ 25 กลไกการยับยั้ง NH_4^+oxidation โดยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (Weiske *et al.*, 2001)

ผลของ NIs สามารถลดการเสียธาตุอาหารไนโตรเจนในรูป NO_3^- และยืดระยะเวลาคงอยู่ในดินของ NH_4^+ ทำให้พืชสามารถนำ NH_4^+ ไปใช้ได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังลดอัตราการชะละลายไนเตรท (nitrate leaching) ลงสู่แหล่งน้ำผิวดินและใต้ดินและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไนตรัสออกไซด์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม

2) ประเภทของ NIs

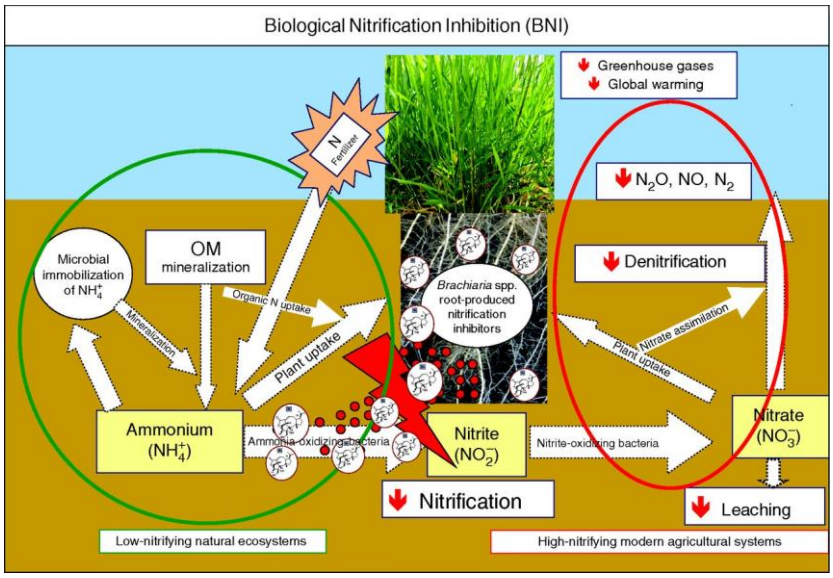
จากรายงานผลการวิจัยในฐานข้อมูลวิชาการการระดับนานาชาติ จำแนกประเภท NIs ได้ 4 กลุ่ม โดย 3 กลุ่มแรก ยับยั้งไนตริฟิเคชั่นด้วยกลไกทางชีวภาพ และอีก 1 กลุ่ม ยับยั้งไนตริฟิเคชั่นด้วยคุณสมบัติด้านเคมี ดังนี้

- **สารเคมียับยั้งไนตริฟิเคชั่นสังเคราะห์เชิงการค้า**

ตัวอย่างสารเคมียับยั้งไนตริฟิเคชั่นในกลุ่มนี้ เช่น nitrapayrin, DCD (dicyandiamide) และ DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate) จากผลการศึกษา พบว่า สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน ลดการชะล้างไนเตรท และลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์และมีเทนได้ในสภาพไร่นา

- **สารชีวภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่นที่มีคุณสมบัติ allelopathy**

สาร allelopathy คือ สารอินทรีย์ที่พืชที่สร้างขึ้นระหว่างการเจริญเติบโต มีผลยับยั้งกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตที่เป็นปฏิปักษ์ในธรรมชาติ เช่น แมลง รา แบคทีเรีย และวัชพืช เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเอง ตัวอย่างสาร allelopathy ที่ทำหน้าที่ยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ได้แก่ สารในกลุ่มฟีนอลและกรดไขมัน ซึ่งเรียกว่าสารชีวภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (biological nitrification inhibitors; BNIs) ที่พบได้ในเนื้อเยื่อรากและน้ำเลี้ยงรากของข้าวฟ่างและหญ้าซิกแนลเลื้อย (รูปที่ 26)



รูปที่ 26 กระบวนการทำงานของสารชีวภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในดิน (Subbarao *et al*., 2007)

สาร BNIs ดังกล่าว หากใช้จากส่วนของพืชโดยตรงมักจะมีความเข้มข้นต่ำ หากใช้วิธีการสกัดหยาบจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น เนื้อเยื่อส่วนเหนือดิน (tissues) หรือสกัดจากน้ำเลี้ยงราก (root exudate) ก็ต้องใช้ตัวอย่างพืชจำนวนมากแต่ได้สารสกัดหยาบปริมาณน้อย และสารออกฤทธิ์มีความบริสุทธิ์ต่ำ ดังนั้นการเพิ่มปริมาณสารชีวภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ดังกล่าวด้วยวิธีสังเคราะห์เลียนแบบโครงสร้างของสารที่พบตามธรรมชาติจึง

เป็นวิธีที่สะดวกกว่า การศึกษาของ บุญลือ และคณะ (2556) ได้สังเคราะห์สารอนุพันธ์ของสารกลุ่ม cinnamate 3 ชนิด คือ methyl *p*-coumarate (18F1) (*E*)-ethyl 3-(3-hydroxy-4-methoxyphenyl)acrylate (16F1) และ *trans*-methyl cinnamate (51F2) มีฤทธิ์ยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ที่ IC_{50} 61.4 µM 142 µM และ 2.5 µM ตามลำดับ

- **ส่วนของพืช**

ส่วนของพืชที่มีฤทธิ์ยับยั้งไนตริฟิเคชั่น เช่น น้ำมันสกัดจากเมล็ดสะเดา หยีน้ำ ชา สะระแหน่ และ ตะไคร้ภูเขาหรือชิงเฮา จากการวิจัยในไร่นา พบว่า สะเดา และหยีน้ำ มีประสิทธิภาพลดการปล่อยมีเทนและไนตรัสออกไซด์ได้

- **วัสดุการเกษตร**

การใช้ถ่านชีวภาพ (biochar) ให้ผลประโยชน์ร่วมอื่น ได้แก่ เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ลดการปล่อยเรือนกระจก งานทางเลือกสำหรับชุมชน และสามารถเก็บกักคาร์บอนได้ ถ่านชีวภาพได้รับความนิยมจากเกษตรกรนำมาใช้ในการปลูกอ้อยอย่างแพร่หลาย อัตราการใช้ถ่านชีวภาพ ร้อยละ 1-2 ร้อยละ 2-5 และร้อยละ 10 ของน้ำหนักดินแห้ง สามารถลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ได้ ร้อยละ 27, 50, และ 87 ตามลำดับ

สำหรับเถ้าลอยเบา (fly ash) ที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาไหม้ของโรงไฟฟ้าชีวมวล จากการศึกษาพบว่า การใช้เถ้าลอยเบา อัตรา 6.6 ton ha^{-1} ช่วยลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ได้ในป่าไม้เขตอบอุ่น ประเภทป่าสน (spruce forest; *Picea abies*) ที่มีอินทรียวัตถุในดินสูง ในปีที่ 1 และ 2 ได้ร้อยละ 46 และ 50 โดยคุณสมบัติของเถ้าลอยเบาและถ่ายชีวภาพ ที่เป็นด่างช่วยปรับสภาพ pH ดินให้สูงขึ้น ซึ่งในดินที่มีสภาพเป็นกรดนี้จะช่วยเพิ่มอัตราการยับยั้งเอนไซม์ nitrous oxide reductase ที่ทำหน้าที่เปลี่ยน N_2O เป็น N_2 หรือ มี N_2O/N_2 สูง เป็นผลให้การปล่อยไนตรัสออกไซด์ลดลง

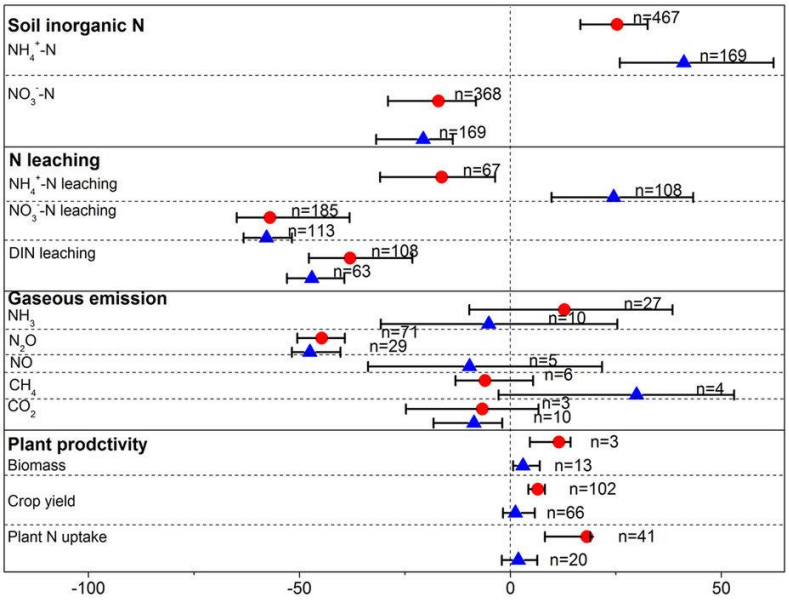
3) กลไกการทำงานของ NIs ในการยับยั้งการปล่อย N_2O

N_2O เป็นผลพลอยได้ไนตริฟิเคชั่น (nitrification) และ ดีไนตริฟิเคชั่น (denitrification) เมื่อเติม NIs พร้อมกับปุ๋ยลงดิน การปล่อยแอมโมเนียมในรูปที่เป็นประโยชน์จึงเปลี่ยนรูปไปอย่างช้าๆ (slow release) ซึ่งเป็นผลมาจากการลดอัตราไนตริฟิเคชั่น ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในรูป NH_4^+ และ NO_3^- ในดินเหนียวหรือดินอินทรียวัตถุที่มีประจุลบจะช่วยยึด NH_4^+ ที่มีประจุบวกไว้ โอกาสการถูกชะจะยากกว่า NO_3^- ซึ่งมีประจุลบ ซึ่งจะลดโอกาสการสูญเสียไนโตรเจนจากดินและปุ๋ยออกจากระบบนิเวศเกษตร ดังนั้นการลดอัตราไนตริฟิเคชั่นจึงเป็นการเพิ่มระยะเวลาการคงอยู่ของสารอาหารไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ไว้ในดิน ให้พืชมีโอกาสดูดซึมสารอาหารอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต ในระบบการเกษตร สารอาหารไนโตรเจนกว่าร้อยละ 70 เปลี่ยนรูปไปอย่างรวดเร็วและสูญเสียออกจากระบบ ด้วย ไนตริฟิเคชั่น ดีไนตริฟิเคชั่น และการชะละลายด้วยน้ำ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพืชลดลง เพราะว่าอัตราการเปลี่ยนรูปสารอาหารไนโตรเจนมีสูงกว่า

ความสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์โดยพืช หากไนโตรเจนถูกชะลงน้ำใต้ดิน และ/หรือ ถูกพัดพาโดยการไหลบ่าของน้ำท่า (runoff) ลงสู่แหล่งน้ำผิวดิน จะเป็นสาเหตุของปัญหาการสูญเสียสารอาหารออกจากระบบนิเวศเกษตร มลพิษทางน้ำและยูโทรฟิเคชั่น (eutrophication)

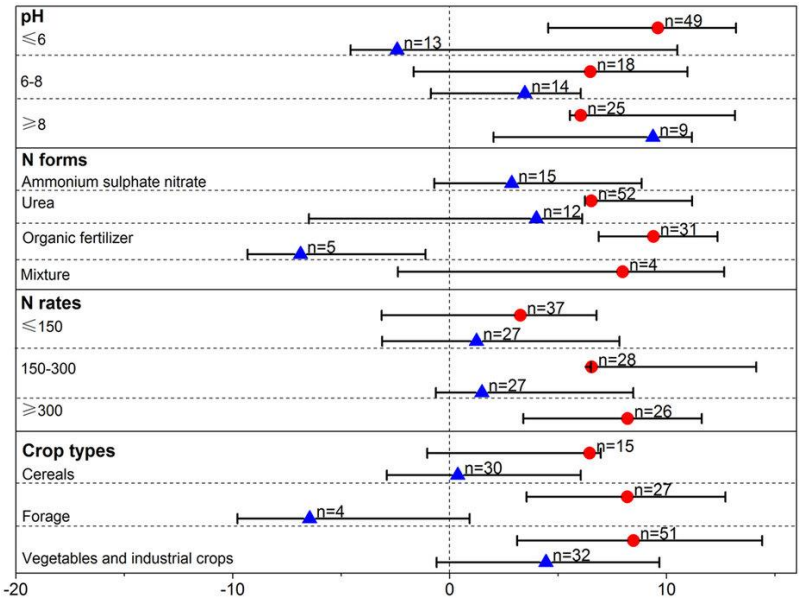
4) การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ NIs ในการเกษตรของต่างประเทศ

ผลการศึกษาการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น DCD และ DMPP จำนวน 77 แปลงทดลองในสภาพไร่นา ในสหภาพยุโรป อินเดีย จีน อินโดนีเซีย ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ พบว่า การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น DCD และ DMPP มีประสิทธิภาพเพิ่มความเข้มข้นของแอมโมเนียมในดิน ร้อยละ 25.3 และ 41.1 ความเข้มข้นของไนเตรทในดินลดลงร้อยละ 17 และ 20.7 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกไนตรัสออกไซด์ลดลงร้อยละ 44.7 และ 47.6 และ DCD ช่วยเพิ่มผลผลิต ร้อยละ 6.5 ส่วน DMPP มีค่าผันแปรระหว่าง -1.6 ถึง 5.8 (รูปที่ 27)



รูปที่ 27 ร้อยละของประสิทธิภาพการใช้ DCD (O) และ DMPP (Δ) ในการเกษตร ต่อความเข้มข้นของ inorganic N, N leaching, gaseous emission และ plant productivity (Yang *et al.*, 2016)

การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นมีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลิต ในสภาพแวดล้อมและคุณสมบัติดินแตกต่างกัน ในด้าน pH ชนิดของปุ๋ยที่ใช้ อัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และ ชนิดพืช (รูปที่ 28)



รูปที่ 28 ร้อยละของประสิทธิภาพการใช้ DCD (O) และ DMPP (Δ) ต่อ ผลผลิต (yield) ในพื้นที่วิจัยที่มีสภาพแวดล้อมและคุณสมบัติดินแตกต่าง ในด้าน soil pH, N forms, N rates และ crop types (Yang et al., 2016)

ด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการปล่อยแอมโมเนีย ไนตรัสออกไซด์ ไนตริกออกไซด์ การชะละลายอนินทรีย์ไนโตรเจน พบว่า มีต้นทุนเพื่อการบำบัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งหมด คือ \$28.25 kg^{-1} N เมื่อใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น DCD และ DMPP มีประสิทธิภาพลดการสูญเสียไนโตรเจนได้ 5.48 และ 10.62 kg N ha^{-1} การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีใช้สาร DCD และ DMPP จะช่วยลดการใช้จ่ายเงินเพื่อการบำบัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ 17.61 และ 28.12 \$ ha^{-1} ตามลำดับ โดยต้นทุนของ DCD และ DMPP อยู่ที่ 26.25 และ 33.75 \$ ha^{-1} และให้ผลผลิตเพิ่มคิดเป็นมูลค่า 118.14 และ 21.3 \$ ha^{-1} และภาครัฐจะได้ผลตอบแทนที่เป็นรายได้จากการเก็บภาษี 109.49 และ 15.67 \$ ha^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

5) การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ NIs ในประเทศไทย

ธิดา ปิ่นชัยศิริ และ ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ (2557) ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน 3 ชนิด น้ำมันสะเดาไทย (*Azadirachta indica* A. Juss var. *siamensis* Veleton) โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) (ST) และ 3, 5-Dimethylpyrazole (DMP) ผลการศึกษาพบว่าการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชันลดการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดินจนถึงวันที่ 7 ของการบ่มดิน การเติม DMP ST และน้ำมันสะเดา ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย มีประสิทธิภาพในการชะลออัตราของไนตริฟิเคชันและลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ ได้ร้อยละ 8.92,

6.37, และ 1.0 ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตร่วมกับสาร DMP ST และน้ำมันสะเดาลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ ได้ ร้อยละ 6.94, 6.93, และ 4.37 ตามลำดับ

บุญลือ คะเชนทร์ชาติ และคณะ (2558) สังเคราะห์สารอนุพันธ์ของสารกลุ่ม Cinnamate 3 ชนิด คือ methyl *p*-coumarate (18F1) (*E*)-ethyl 3-(3-hydroxy-4-methoxyphenyl)acrylate (16F1) และ *trans*-methyl cinnamate (51F2) เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของสาร 16F1 เปรียบเทียบกับสาร DMPP ในอัตรา 1.8 kg ha^{-1} โดยใส่ปุ๋ยยูเรีย 150 kg N ha^{-1} ในแปลงผักบุ้งจีน ตลอดระยะเวลาการปลูกถึงเก็บเกี่ยวจำนวน 26 วัน พบว่า สาร 16F1 และ DMPP สามารถลดการปล่อย N_2O ได้ร้อยละ 27.49 และ 23.14 และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ร้อยละ 11.1 และ 2.15 ตามลำดับ

6) การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ NIs ในการผลิตอ้อยในประเทศไทย

ใน พ.ศ. 2558 ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ได้มอบหมายให้คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ดำเนินโครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน กรณีศึกษา การผลิตอ้อย สรุปผลวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- **สาร NIs ที่ใช้ในการศึกษา**

ในการวิจัยเลือกใช้สาร DMPP และ *trans*-methyl cinnamate ในการศึกษาเนื่องจากมีคุณสมบัติของสารที่คงตัวและไม่ละลายน้ำง่าย

- **ประสิทธิภาพของวัตถุยับยั้งไนตริฟิเคชั่น**

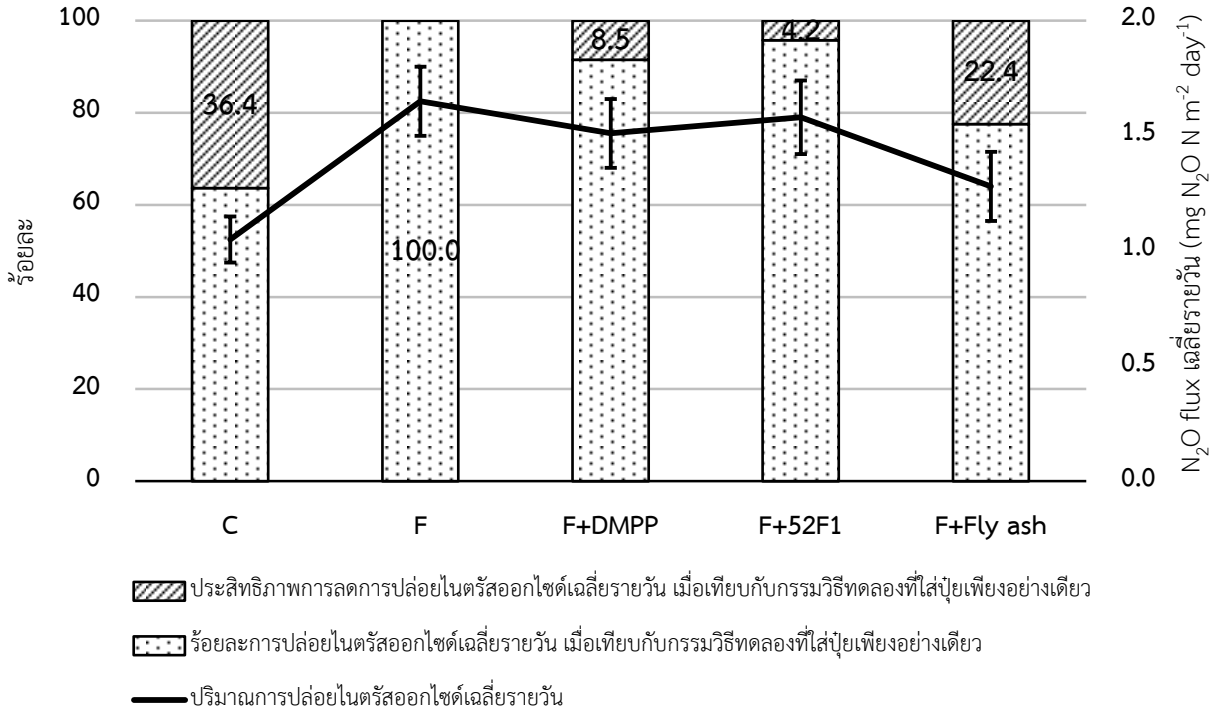
ในการวิจัยกำหนดกรรมวิธีทดลอง 4 ชุด ได้แก่ 1) ปลูกอ้อย ไม่ใส่ปุ๋ย และ NIs หรือ เถ้าลอยเบา 2) ปลูกอ้อย ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว (F) 3) ปลูกอ้อยใส่ปุ๋ยรวมกับ 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) อัตรา 1.5 kg ha^{-1} 4) ปลูกอ้อยใส่ปุ๋ยร่วมกับ *trans*-methyl cinnamate (51F2) อัตรา 2 kg ha^{-1} และ 5) ปลูกอ้อยใส่ปุ๋ยร่วมกับเถ้าลอยเบา อัตรา 10 ton ha^{-1} แต่ละกรรมวิธีทดลองทำ 4 ซ้ำ ในพื้นที่แปลงทดลองขนาด 100 ตารางเมตร โดยใส่ปุ๋ยอัตรา 75 kg N ha^{-1} ดำเนินการทดลองตั้งแต่ปลูกอ้อยถึงเก็บเกี่ยว รวมระยะเวลา 1 ปี ระหว่างวันที่ 5 มกราคม 2558 ถึง วันที่ 6 มกราคม 2559

- **ประสิทธิภาพการชะลอการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียและไนเตรทในดิน**

สาร DMPP และ *trans*-methyl cinnamate มีประสิทธิภาพ ช่วยชะลอการการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียกับไนเตรทในดิน ร้อยละ 12.3 และ 11.1 กับร้อยละ 25.7 และ 14.7 เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว

- **ประสิทธิภาพการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์รายวันเฉลี่ย**

เถ้าลอยเบามีประสิทธิภาพลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์เฉลี่ยรายวันสูงที่สุด ร้อยละ 21.84 รองลงมาคือ DMPP ร้อยละ 7.51 และ *trans*-methyl cinnamate (51F2) ร้อยละ 2.76 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดลองที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ดังแสดงในรูปที่ 5 และ ตารางที่ 5



รูปที่ 29 อัตราการปล่อยไนตรัสออกไซด์เฉลี่ยรายวันและร้อยละประสิทธิภาพการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์เฉลี่ยรายวัน ของกรรมวิธีทดลองที่ใส่ NIs และเถ้าลอยเบา เมื่อเทียบกับกรรมวิธีทดลองที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่าง

- **ค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อนและค่าปัจจัยการปล่อยไนตรัสออกไซด์**

เถ้าลอยเบา, *trans*-methyl cinnamate (51F2), และ DMPP ช่วยลดศักยภาพการทำให้โลกร้อนได้ ร้อยละ 29.72, 15.32 และ 10.97 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว สำหรับค่าปัจจัยการปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงจากการใช้ปุ๋ยเคมีในการเกษตร พบว่า การใส่ปุ๋ยในแปลง เถ้าลอยเบา *trans*-methyl cinnamate (51F2), DMPP และ การใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว มีค่า 0.004, 0.012, 0.015, และ 0.021 ตามลำดับ ในขณะที่ ค่าปัจจัยการปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงจากดินเกษตรที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน คือ 0.01 โดยมีค่าความไม่แน่นอน อยู่ระหว่าง 0.003-0.03 (IPCC, 1997) ดังรายละเอียดในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบประสิทธิภาพลดการปล่อย N_2O ศักยภาพการทำให้โลกร้อน และค่าปัจจัยการปล่อย

ตัวแปร	หน่วย	กรรมวิธีทดลอง				
		C	F	F+DMPP	F+51F2	F+Fly ash
การปล่อย N_2O เฉลี่ยรายวัน	mg N_2O N m^{-2} d^{-1}	0.90 ±0.09	1.38 ±0.14	1.27 ±0.13	1.34 ±0.14	1.08 ±0.13
ประสิทธิภาพลดการปล่อย N_2O เฉลี่ยรายวัน	%	-	-	7.51	2.76	21.84
การปล่อย N_2O สะสม	kg N_2O N ha^{-1}	2.66	4.25	3.78	3.60	2.99
ประสิทธิภาพลดการปล่อย N_2O สะสม	%	-	-	10.97	15.32	29.72
GWP N_2O	ton CO_2 eq ha^{-1}	1.296	2.068	511.841	1.751	1.453
ประสิทธิภาพการลด GWP N_2O	%	-	-	10.97	15.32	29.72
อัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน	Kg N ha^{-1}	-	75.0	75.0	75.0	75.0
ปัจจัยการปล่อย N_2O N		-	0.021	0.015	0.012	0.004
ประสิทธิภาพการลด ปัจจัยการปล่อย N_2O N	%	-	-	11.06	15.29	29.65

- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

- การยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ในการทดลองในห้องปฏิบัติการ สาร *trans*-methyl cinnamate ไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ควบคุมโรค sheath blight, ละลาย inorganic phosphate, ผลิต siderophores และ ตรึงไนโตรเจน

- ประชากรแบคทีเรียในดิน

การใช้ DMPP *trans*-methyl cinnamate (51F2), และเถ้าลอยเบา ในดินไม่ได้มีผลกระทบต่อความหลากหลายของแบคทีเรียในดิน ผลการวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลาย (Shannon index; HI) ไม่แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่างดินที่ศึกษา ผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลจากการศึกษาอื่นๆ ซึ่งรายงาน

ว่าแบคทีเรียในกลุ่ม *Acidobacteria* มีความหลากหลายมากที่สุดในดิน สำหรับแบคทีเรียกลุ่มที่มีความสามารถออกซิไดส์แอมโมเนีย (ammonia-oxidizing bacteria) ซึ่งเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่พบได้น้อยในดิน ในการศึกษานี้พบแบคทีเรียดังกล่าวในตัวอย่างดิน ที่ใส่เถ้าลอยเบา ส่วนแบคทีเรียกลุ่มที่มีความสามารถในการออกซิไดส์ไนไตรท์ (nitrite-oxidizing bacteria) พบในตัวอย่างดิน ที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว DMPP และ เถ้าลอยเบา

- การตกค้างในสิ่งแวดล้อมและความเป็นพิษต่อมนุษย์

สาร DMPP จัดเป็นวัตถุอันตราย (OSHA 29 CFR 1910.120) ในรูปผง มีข้อกำหนดให้ใช้ภายนอก ไม่มีความเสี่ยงที่จะได้รับสารเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นการใช้สาร DMPP จึงมีความปลอดภัยต่อสุขภาพของผู้ใช้ สำหรับการชะละลาย DMPP ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม พบว่า ตลอดระยะเวลา 2 ปี จาการศึกษาด้วย Lysimeter ในแปลงปลูกมะเขือเทศ ข้าวสาลี และ กะหล่ำปลีแดง พบว่า สาร DMPP ในน้ำใต้ดินมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของน้ำดื่ม ของ PPP regulation ทั้งนี้สาร DMPP มีกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพในดินภายใน 60 วัน สำหรับสาร 51F2 หรือ *trans*-methyl cinnamate เป็นสารที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร แต่งกลิ่น จัดเป็นวัตถุไม่อันตราย มีความปลอดภัย ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (EC regulation EC1271/2008) การทดลองในการปลูกอ้อยในประเทศไทย สาร DMPP หลังจากใส่ปุ๋ย 28 วัน พบความเข้มข้นในดินแปลงอ้อย 0.206 และ 0.267 mg/g dry soil ส่วน สาร 51F2 ไม่พบว่าตกค้างในดิน

- **ผลผลิตและผลตอบแทนการลงทุน (B/C ratio)**

ผลผลิตอ้อยจากแปลงที่ใส่สาร *trans*-methyl cinnamate (51F2) ให้หนักอ้อยสดมากที่สุด 17.871 ตัน/ไร่ รองลงมาคือ แปลงที่ใส่สาร DMPP, เถ้าลอยเบา แปลงที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว เท่ากับ 17.801, 17.262, และ15.645 ตัน/ไร่ ทั้งนี้แปลงที่ใส่สาร *trans*-methyl cinnamate (51F2), DMPP และ เถ้าลอยเบา ให้ผลผลิตมากกว่า แปลงที่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ร้อยละ 14.22 13.78 และ 10.33 ตามลำดับ

ต้นทุนของสาร *trans*-methyl cinnamate (FOB US$ 5.45/kg), เถ้าลอยเบา (ต้นทุนค่าขนส่งระยะทาง 50 กม.) และ DMPP (FOB US$ 23.5/kg) เท่ากับ 57.55, 99.39, และ 186.12 บาท/ไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบรายได้จากการขายอ้อยสดต่อต้นทุนการปลูกอ้อย (B/C ratio) พบว่า แปลงอ้อยที่ใส่สาร *trans*-methyl cinnamate, DMPP, เถ้าลอยเบา และการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว มีค่า 1.25 1.18 1.16 และ 1.11 ตามลำดับ

7) ตัวอย่างการใช้ NIs ในต่างประเทศ

การใช้สาร nitrapyrin หรือ DCD เริ่มใช้แพร่หลายในช่วงหลังทศวรรษ 1990 คิดเป็นพื้นที่ ร้อยละ 1.16 ของพื้นที่เพาะปลูกในสหรัฐอเมริกา ในยุโรปตะวันตก มีการใช้ DCD ร่วมกับปุ๋ย คิดเป็นพื้นที่ 0.29% ของพื้นที่เพาะปลูก และนิวซีแลนด์ ใช้ DCD ในฟาร์มโคนม ร้อยละ 5 จากทั้งหมด 2,000 แห่งทั่วประเทศ

โดยทั่วไปการใช้ NIs ในภาคเกษตรกรในต่างประเทศ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิต เช่น สหภาพยุโรป อนุญาตให้ใช้ NIs ในการเกษตรได้ ในอัตราที่กำหนดตามร้อยละน้ำหนักปุ๋ยไนโตรเจน เช่น อัตราการใช้ DCD มีค่าต่ำสุด 2.5% และ สูงสุด 4.5% ของน้ำหนักปุ๋ยไนโตรเจน และ 3,4-dimethyl-1H-pyrazole phosphate (DMPP) มีค่าต่ำสัด 0.8% และ สูงสุด 1.6% ของน้ำหนักปุ๋ยไนโตรเจน ส่วนการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ดำเนินการภายใต้นโยบายการลดมลพิษจากไนเตรท ได้แก่ มาตรการทางกฎหมายและมาตรการทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการส่งเสริมการใช้แนวกันชนชะลอและดูดซับไนเตรท

ในสหภาพยุโรปให้ความสำคัญกับภาคเกษตร ด้วยเล็งเห็นว่ามีศักยภาพลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ใน 4 กลุ่ม 1) ปศุสัตว์ ด้วยการเปลี่ยนสูตรอาหารเพื่อลดมีเทน 2) ลด anaerobic digestion ด้วยการลดการปศุสัตว์ประเภทสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง เช่น หมูและสัตว์ปีก 3) ลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยคอก และ 4) การใช้ NIs ซึ่งสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 122 Mt CO_2eq ภายใน ค.ศ. 2020 โดยมีต้นทุน €25/ton CO_2eq

เวียดนาม มีนโยบายลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ด้วยการใช้ NIs ประมาณการณ์ว่า นาข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีปล่อยไนตรัสออกไซด์ 6.5 ton CO_2eq/ha/season หากใช้ NIs จะลดก๊าซเรือนกระจกได้ 0.39 ton CO_2eq/ha/season หรือ ร้อยละ 6

รัฐ Iowa ประเทศสหรัฐอเมริกา สนับสนุนการลดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำจากการปนเปื้อนไนเตรทและฟอสเฟต จากการใช้ปุ๋ย ด้วยการสนับสนุนงบประมาณ $3 ต่อเฮกแตร์ สำหรับเกษตรกรที่ใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น nitrapyrin

8) อัตราและวิธีใช้วัตถุยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

- สาร DMPP และ สาร *trans*-methyl cinnamate

สาร DMPP ใช้ในอัตรา 0.24 กิโลกรัม/ไร่ และ สาร *trans*-methyl cinnamate ใช้อัตรา 0.32 กิโลกรัม/ไร่ โดยแบ่งใส่ตามจำนวนครั้งของการใส่ปุ๋ย วิธีเตรียมสาร คลุกสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นกับปุ๋ยก่อนการใช้งาน (รูปที่ 10) เช่น ใส่ปุ๋ยรองก้นหลุมครั้งที่ 1 ใช้ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 12 กิโลกรัม/ไร่ สาร DMPP หรือ สาร *trans*-methyl cinnamate จะแบ่งใส่ครั้งละครึ่งหนึ่ง กรณีที่

เกษตรกรใส่ปุ๋ย 3 ครั้งก็แบ่งสารเป็น 3 ส่วนวิธีใช้ เมื่อคลุกสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นกับปุ๋ยเข้ากันดีแล้วควรใช้ทันที เพื่อป้องกันสารเสื่อมสภาพ วิธีการใส่ปุ๋ย ควรให้ขณะดินมีความชื้นโดยโรยข้างแถวอ้อยห่างประมาณ 10 เซนติเมตร และต้องฝังกลบปุ๋ย ยกเว้นการให้ปุ๋ยรองก้นร่อง

- เถ้าลอยเบา

ใช้ในอัตรา 1.6 ตัน /ไร่ โดยใส่รองก้นหลุมก่อนการปลูกอ้อย

4.6.3 การสัมมนาเผยแพร่และรับฟังความคิดเห็น เรื่อง การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย

การสัมมนาเผยแพร่และรับฟังความคิดเห็น เรื่อง การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย ดำเนินการในวันพุธที่ 11 พฤษภาคม 2559 เวลา 08.30-13.00 น. ณ ห้องกมลฤดี โรงแรมเดอะสุโกศล กรุงเทพฯ โดยมีผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการผลิตอ้อยและการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก จากภาครัฐ เอกชน นักวิชาการ ตัวแทนชาวไร่อ้อย และเกษตรกรที่ร่วมทดสอบการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากดินการเกษตรในระบบการปลูกอ้อยและเตรียมความพร้อมของเกษตรกรไทยในการมีส่วนร่วมในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในฐานะที่ประเทศไทยเป็นรัฐภาคีอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 21 (COP21) ที่กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 กำหนดเป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแผน INDCs (Intended Nationally Determined Contributions) ลงให้ได้ร้อยละ 20-25 ภายใน พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030)

รูปแบบการสัมมนา โครงการศึกษาได้นำเสนอประเด็น ว่าด้วย การเกษตรในกรอบอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดย ดร.อัศมน ลิ่มสกุล และนำเสนอ ผลการประมวลและสังเคราะห์ผลการศึกษาในระยะแรก โดยใช้เอกสารสาระสำคัญ ในหัวข้อ 4.5.2 ประกอบการประชุม เพื่อระดับความคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมประชุมเพื่อจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบาย (policy brief) โดย อาจารย์ ดร. บุญลือ คะเชนทร์ชาติ การสัมมนา มีผู้เข้าร่วมจาก 24 หน่วยงาน รวมจำนวน 48 คน รายชื่อผู้เข้าประชุมแสดงไว้ในผนวก 1 และ ผนวก 2

ผลการสัมมนา สรุปประเด็นข้อคิดเห็นเพื่อการจัดทำข้อเสนอเชิงนโยบาย ตลอดจนการศึกษาวิจัยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา ที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายและโรงไฟฟ้าชีวมวล ดังต่อไปนี้

ประเด็นเรื่องประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

โดยปกติอ้อยจะดูดใช้ไนเตรทเป็นหลัก ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตของอ้อยจาการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเป็นผลมาจาการลดการชะล้างไนเตรท จากการลดไนตริฟิเคชั่น โดยหลักการของไนตริฟิเคชั่นคือทำหน้าที่คล้ายๆ osmocote หรือ slow release คือจะค่อยๆ เปลี่ยนแอมโมเนียมเป็นไนเตรท ซึ่งในเชิงระบบของวงจรไนโตรเจนก็คือไนเตรทจะปลดปล่อยออกมา กลไกทั้งหมดจะรับช่วงต่อกันเป็นทอดๆ กรณีที่อ้อยใช้ไนเตรทเป็นหลัก พืชก็จะก็มีโอกาสได้ดูดใช้ประโยชน์จากปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินได้มากขึ้น

ประเด็นเรื่องวิธีการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

การใช้สาร NIs จะใช้พร้อมกับการใส่ปุ๋ยทุกครั้ง โดยปกติการปลูกอ้อยที่จะใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง คือ ครั้งแรก รองพื้นก่อนปลูกอ้อย และระยะอ้อยแตกกอ ประมาณ 120-150 วันหลังปลูก โดยอัตราการใส่สาร DMPP คือ 1.5 กิโลกรัม/เฮกแตร์ และ 51F2 อัตรา 2.0 กิโลกรัม/เฮกแตร์

ประเด็นเรื่องกลไกการพัฒนาที่สะอาด

ในปี 2005 ประเทศอินเดีย มีความพยายามดำเนินโครงการ CDM โดยการใช้สารชีวภาพยับยังไนตริฟิเคชั่น จากสารสกัดจากสะเดา (NM0175: Green House Gas (GHG) emissions reduction by use of 'Nimin- a natural nitrification inhibitor ' with Urea in agriculture soils) แต่เนื่องจากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เชิงประจักษ์มีไม่ครบถ้วน และ มีค่าความไม่แน่นอนสูงในการประมาณค่า Projected emission อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยในปัจจุบันยืนยันตรงกันว่าสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นมีผลลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ได้และมีผลประโยชน์ร่วมอื่นๆ อีก ดังนั้นหาก CDM ยังมีการดำเนินการอยู่ อาจเป็นช่องทางหนึ่งในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีแรงจูงใจจากงบประมาณในการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการซื้อขายคาร์บอนเครดิต

ประเด็นวัสดุเหลือใช้จากการผลิตน้ำตาล

ในกระบวนการหีบอ้อย จะมีวัสดุเหลือใช้ 2 ประเภท คือ กากอ้อย ที่เรียกว่า filter cake หรือ ขี้เป็ด และเถ้าลอยเบา จากการเผาไหม้กากอ้อย ของโรงไฟฟ้าชีวมวลของโรงงานน้ำตาล ซึ่งกากอ้อย ถือได้ว่าเป็นปุ๋ยพืชสดเป็นแหล่งอินทรียวัตถุสำหรับการปลูกอ้อยที่สำคัญ แต่ยังไม่ได้ทำหน้าที่เปลี่ยน pH ดิน ให้เป็นกลางมากขึ้น เหมือนเถ้าลอยเบา จึงไม่มีผลต่อการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ดินกลุ่ม nitrifying bacteria อย่างไรก็ตามการใส่ filter cake เป็นประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิต อัตราการผลิตก๊าซเรือนกระจกจะลดลงเมื่อเทียบกับผลผลิตที่

เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ filter cake เมื่อใส่ลงไปในดิน ก็จะค่อยๆกระตุ้นกิจกรรมจุลินทรีย์ ให้สามารถเก็บกักไนโตรเจนในดินได้ โดยเกษตรกรจะกองไว้ในดิน เพ่อให้ลดอุณหภูมิที่เพิ่มสูงจากการหมัก ก่อนที่จะกระจายในแปลงอ้อย

ประเด็นการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกในต่างประเทศ

ในประเทศสมาชิก สหภาพยุโรป การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และลดมลพิษจากไนเตรทที่ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำเป็นหลัก ซึ่งเกษตรกรต้องปฏิบัติตามกฎหมาย Regulatory: Cross Compliance and Nitrate Action plans for Nitrate Vulnerable Zone และมาตรการทางเศรษฐศาสตร์ Economic (voluntary participation) Agri-environmental payments ด้วยการส่งเสริมการใช้แนวกันชนเพื่อชะลอและดูดซับไนเตรท (buffer strips or field corners under Cross Compliance and ecosystem services) โดยสาร DCD และ DMPP ได้รับการอนุญาตให้ใช้ได้ แต่ยังไม่พบว่ามีประเทศไทยได้จัดทำบัญชีการลดก๊าซเรือนกระจกจากสารนับยั้งไนตริฟิเคชั่น ภายใต้อนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีเพียง ประเทศ นิวซีแลนด์ ได้แสดงเจตจำนงลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรไว้ใน New Zealand' s sixth national communication under UNFCCC ดังรายละเอียดต่อไปนี้ the use of the nitrification inhibitor dicyandiamide (DCD), which reduces nitrous oxide emissions from livestock-grazed pasture by approximately 30 % and is currently the only commercially available technology for this purpose – further work in this area is on hold pending the development of an international food safety standard for DCD

ประเด็น MRV ที่ใช้ หากมีการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดก๊าซเรือนกระจก

ระบบ MRV เพื่อจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก จำเป็นต้องมี Baseline emission และ Projected emission กล่าวเฉพาะการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร อ้างอิง Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories และ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

ประเด็นการดำเนินการด้านการผลิตอ้อยมีอะไรบ้างที่เป็นมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่แล้วและสามารถนำมาคำนวณ Projected emission ได้หรือไม่

กรณีอ้อย หากเกษตรกรไม่เผาอ้อย จะได้ราคาอ้อยเพิ่ม ตันละ 50 บาท แต่หากเผาจะหักราคาตันละ 20 บาท ด้วยระบบการผลิตอ้อยแบบโควตา ตาม พรบ. อ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 มีงบประมาณในการ

incentive เกษตรกรไม่ที่ไม่เผาอ้อย ทุกวันนี้สัดส่วนของอ้อยไฟไหม้กับอ้อยสด อยู่ที่ประมาณร้อยละ 70 ต่อ 30 ซึ่งน่าจะนำมาจัดทำบัญชีการลดก๊าซเรือนกระจกได้ ดังนั้นการจัดทำข้อมูลพื้นฐานการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาอ้อย จึงเป็นข้อมูลสำคัญในการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก และการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจากใน Tier ที่ 2 และ 3 เพื่อนำไปใช้ในพื้นที่อื่นๆ ของประเทศ

ประเด็นการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในระยะยาวและผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ในระยะเวลา 1 ปี จากการทดลองในภาคสนาม ยังไม่พบว่าสาร NIs เกิน 1 mg /kg dry soil แต่ระยะยาว 3-5 ปี ยังไม่มีรายงานผลการวิจัย

ประเด็นการเพิ่มผลิตโดยการให้น้ำที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของการปล่อยไนตรัสออกไซด์จากดินเกษตร

กรณีที่เกษตรกร จัดการน้ำ ที่เพิ่มผลผลิตได้ บางพื้นที่ใช้น้ำผิวดินอย่างเดียว แต่บางพื้นที่ใช้น้ำใต้ดินด้วย ผลผลิตค่อนข้างแตกต่างกัน เช่น ที่จังหวัดสุพรรณบุรี ชัยภูมิ ตอนนี้ สถาบันสารสนเทศและทรัพยากรน้ำและการเกษตร เริ่มการทดลองมีการเติมน้ำใต้ดินโดยอาศัยน้ำผิวดินในช่วงน้ำหลาก เพื่อส่งน้ำให้แปลงอ้อย ทั้งนี้การจัดการน้ำมีปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ถ้าปริมาณน้ำในช่องว่างดิน (Water filled pore space) มีค่า ร้อยละ 80-90 จะเพิ่มการผลิตไนตรัสออกไซด์ ดังนั้นการใส่สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาอาจเป็นวิธีการที่ช่วยลดการผลิตไนตรัสออกไซด์ได้

ประเด็นการประเมินวัฏจักรวงจรชีวิต (life cycle assessment)

LCA เป็นวิธีมาตรฐานและเป็นเทคนิคในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่มีความเป็นไปได้

ประเด็นการดำเนินการที่ทำได้ก่อนเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เกษตรกรและโรงานน้ำตาล ได้มีการใช้เถ้าลอยเบาเป็นปกติอยู่แล้ว การดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีใช้ biochar และ เถ้าลอยเบา น่าจะมีความเป็นได้มากกว่า การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ที่มีประเด็นด้านผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมและต้นทุน ดังนั้นกลไกการสร้างแรงจูงใจและการสนับสนุนด้านงบประมาณ น่าจะดำเนินการได้ ภายใต้เงื่อนไข ตาม พรบ. อ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2557 คล้ายกับกรณีการเพิ่มราคาอ้อยต่อตัน กรณีไม่เผาอ้อย

ประเด็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากนาข้าวมาเป็นไร่อ้อย

มีการขยายพื้นที่การปลูกอ้อยเพิ่มขึ้นทุกปี ประกอบกับนโยบายของรัฐบาล ที่ผ่านมามีส่งเสริมการขยายพื้นที่ปลูกอ้อย และปัจจุบันโรงงานมีถึง 50 โรงงาน แต่ยังไม่มีการศึกษาวิจัยในประเด็นการเปลี่ยนแปลงบัญชีก๊าซเรือนกระจกกรณีการเปลี่ยนการใช้ที่ดินจากนาข้าวมาเป็นไร่อ้อย

ประเด็นข้อพิจารณาการลดก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

การลดก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร ประเด็นที่ควรพิจารณา ประการแรก คือ ควรมีระบบการตรวจวัดแบบง่าย simplify ที่สุด เพราะว่าเกษตรกรเป็นผู้ดำเนินการ และกระบวนของ MRV น่าจะลดขั้นตอนของการตรวจวัดที่ซับซ้อนได้ เช่น ไม่ต้องส่งผลวิเคราะห์ที่เสียค่าใช้จ่ายที่มากเกิน แต่ต้องเป็นมาตรฐานสากลที่ประเทศสามารถทำได้ ประการที่สอง ในเชิงมาตรการความร่วมมือจากภาคส่วนรัฐและเอกชน ให้มาช่วยกันคิดกันว่าจะดำเนินการในเชิงนโยบายอย่างไร ประการที่สาม ในอนาคตวิธีการนี้ได้ผลในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปริมาณสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา จะมีเพียงพอต่อความต้องการใช้งานหรือไม่ ซึ่งควรวางแผนในระบบ supply chain ร่วมด้วย

รูปที่ 30 บรรยากาศการสัมมนาเผยแพร่และรับฟังความคิดเห็น เรื่อง “การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย

4.6.4 การเผยแพร่ความรู้ เรื่อง การเพิ่มผลผลิตและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น แก่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมาย

ดำเนินการจัดประชุม ระหว่างวัน ที่ 8-9 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 08.30-13.00 น. ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์ โดยมีชาวไร่อ้อย เข้าร่วมรับฟังการเผยแพร่ 57 คน เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่และส่งเสริมการปลูกอ้อยของโรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จำนวน 18 คน (รายชื่อผู้เข้าร่วมประชุมในผนวก 3)

กระบวนการเผยแพร่ความรู้ ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ 1) ประเมินวัดความรู้ก่อนและหลังการเผยแพร่ความรู้ ซึ่งได้รายงานผลการศึกษานี้ไว้ในหัวข้อ 4.6 2) การบรรยายให้ความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ การสร้างความตระหนักถึงบทบาทและคุณค่าของชาวไร่อ้อยกับการมีส่วนร่วมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ไปพร้อมกัน โดยวิทยากรจากฝ่ายไร่และนักวิจัย 3) การประชุมกลุ่มย่อย (focus group) เพื่อรับฟังข้อเสนอเกี่ยวกับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการปลูกอ้อย และ 4) การเยี่ยมไร่ของเกษตรกรนำร่อง เพื่อศึกษาและซักถามประเด็นการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

รูปที่ 31 การทดสอบความรู้เกี่ยวกับภาวะโลกร้อนและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อนและหลังการรับฟังการเผยแพร่ (pre test/post test)

รูปที่ 32 เจ้าหน้าที่อาวุโส โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย ให้ความรู้เกี่ยวกับบทบาทของชาวไร่อ้อยและโรงงานน้ำตาลที่มีส่วนร่วมในการบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย

รูปที่ 33 เจ้าหน้าที่ฝ่ายส่งเสริมการปลูกอ้อย โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย ให้ความรู้เกี่ยวกับบทบาทของชาวไร่อ้อยและโรงงานน้ำตาลที่มีส่วนร่วมในการบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย

รูปที่ 34 นักวิจัยบรรยายเรื่องภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

รูปที่ 35 กระบวนการประชุมกลุ่มย่อยเพื่อสนทนากลุ่ม (focus group) ระหว่าง นักวิจัย เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่ และชาวไร่อ้อย เพื่อรับฟังและสร้างแนวทางปฏิบัติการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในการปลูกอ้อย

รูปที่ 36 ชาวไร่อ้อยที่เข้าร่วมประชุม เยี่ยมชมแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรนำร่องการการบรรเทาการปลอ่ยก๊าช เรือนกระจกจากการปลูกอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

รูปที่ 37 บรรยากาศเยี่ยมชมแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรนำร่องการการบรรเทาการปลอ่ยก๊าชเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

4.7 ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

4.7.1 ผลการศึกษาจากแบบสอบถาม

การศึกษาเรื่อง ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือ ซึ่งโครงการวิจัยนี้ขอรับการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนส่วนกลาง มหาวิทยาลัยมหิดล ตามหนังสือรับรองที่ COA No. MU-CIRB 2016/092.2207 (หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในคนและแบบสอบถามแสดงไว้ในผนวก 6)

การสัมภาษณ์ชาวไร่อ้อย ด้วยแบบสอบถาม ดำเนินการ ระหว่างวันที่ 8-9 กรกฎาคม 2559 มีกลุ่มเป้าหมายเข้าร่วม จำนวน 57 คน ณ อาคารถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร บริษัท เกษตรไทยอินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) โดยมีผู้ตอบแบบสอบถามกลับคืน จำนวนทั้งสิ้น 50 คน คิดเป็นร้อยละ 87 ของผู้เข้าร่วมทั้งหมด ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรจำนวนดังกล่าว ภายหลังจากการจัดสนทนากลุ่มย่อยและเยี่ยมชมแปลงสาธิตของเกษตรกรนำร่อง

มีผลการศึกษาเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปและประสบการณ์การปลูกอ้อย ทัศนคติต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น การยอมรับต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น และส่วนที่ 2 ความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย ซึ่งเป็นการทดสอบความรู้ความเข้าใจของกลุ่มตัวอย่างก่อนและหลังการอบรมความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับก๊าซเรือนกระจกและภาวะโลกร้อนจากการทำไร่อ้อย และเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น เกี่ยวกับพฤติกรรมปลูกอ้อยที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การรู้จักก๊าซเรือนกระจก ชนิดของก๊าซเรือนกระจก ความเกี่ยวข้องของก๊าซเรือนกระจกกับภาวะโลกร้อน ภาวะโลกร้อนและผลกระทบ และแนวทางแก้ปัญหา มีผลการศึกษา รายละเอียดดังนี้

4.7.1.1 ส่วนที่ 1 **ผลการวิเคราะห์ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น**

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

เพศ

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 80.0 และเป็นเพศชาย จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.0 รายละเอียดดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	10	20.0
หญิง	40	80.0
รวม	50	100.0

อายุ

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 50-54 ปี มากที่สุด จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 34.0 รองลงมาได้แก่ อายุระหว่าง 45-49 ปี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.0 อายุระหว่าง 60 ปี ขึ้นไป จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 14.0 และน้อยที่สุด อายุต่ำกว่า 40 ปี เท่ากับ อายุระหว่าง 55-59 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 10.0 ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามอายุ

อายุ	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่า 40 ปี	5	10.0
40-44 ปี	6	12.0
45-49 ปี	10	20.0
50-54 ปี	17	34.0
55-59 ปี	5	10.0
60 ปี ขึ้นไป	7	14.0
รวม	50	100.0

ระดับการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 119 คน คิดเป็นร้อยละ 38.0 รองลงมาได้แก่ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.0 และมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 14.0 ในขณะที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี และสูงกว่าปริญญาตรีน้อยที่สุดเท่ากัน จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.0 ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามระดับการศึกษา

ระดับการศึกษา	จำนวน	ร้อยละ
ประถมศึกษาตอนต้น	4	8.0
ประถมศึกษาตอนปลาย	19	38.0
มัธยมศึกษาตอนต้น	7	14.0
มัธยมศึกษาตอนปลาย	10	20.0
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	3	6.0
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	4	8.0
ปริญญาตรี	1	2.0
สูงกว่าปริญญาตรี	1	2.0
ไม่ตอบ	1	2.0
รวม	50	100.0

ตอนที่ 2 ประสบการณ์การปลูกอ้อย

ระยะเวลาที่ประกอบอาชีพทำไร่อ้อย

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำไร่อ้อยอยู่ในช่วงระหว่าง 16-30 ปี มากที่สุด จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 38.0 รองลงมาได้แก่ ประกอบอาชีพทำไร่อ้อยอยู่ในช่วงระหว่าง 6-15 ปี จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 30.0 อยู่ในช่วงไม่เกิน 5 ปี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.0 และน้อยที่สุดอยู่ในช่วงมากกว่า 30 ปี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 12.0 ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 จำนวนและร้อยละระยะเวลาที่ประกอบอาชีพทำไร่อ้อยของกลุ่มตัวอย่าง

ระยะเวลาที่ประกอบอาชีพทำไร่อ้อย	จำนวน	ร้อยละ
ไม่เกิน 5 ปี	10	20.0
6-15 ปี	15	30.0
16-30 ปี	19	38.0
มากกว่า 30 ปี	6	12.0
รวม	50	100.0

เหตุผลที่เลือกประกอบอาชีพทำไร่อ้อย

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เลือกประกอบอาชีพไร่อ้อยเพราะเป็นอาชีพหลักของครอบครัวมากที่สุด จำนวน 39 คน คิดเป็นร้อยละ 78.0 รองลงมาได้แก่ ปลูกตามความต้องการของตลาดจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 26.0 สภาพดินฟ้าอากาศเหมาะสม จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.0 และน้อยที่สุด ลงทุนต่ำ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4.0 ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 เหตุผลที่เลือกประกอบอาชีพทำไร่อ้อยของกลุ่มตัวอย่าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

เหตุผลที่เลือกประกอบอาชีพไร่อ้อย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เป็นอาชีพหลักของครอบครัว	39	78.0
สภาพดินฟ้าอากาศเหมาะสม	10	20.0
ปลูกตามความต้องการของตลาด	13	26.0
ลงทุนต่ำ	2	4.0
ระยะเวลาปลูกไม่นาน	7	14.0
รายได้สูง	7	14.0
ไม่มีอาชีพสำรองอย่างอื่น	7	14.0
เหตุผลอื่นๆ	4	8.0

ความถี่ของการปลูกอ้อย

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ทำไร่อ้อยอยู่ในช่วงระหว่าง 3-4 ครั้ง/ ปีมากที่สุด จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 66.0 รองลงมาได้แก่ น้อยกว่า 3 ครั้ง/ปี จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 28.0 และน้อยที่สุด มากกว่า 4 ครั้ง/ปี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 6.0 ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 จำนวนและร้อยละความถี่ของการปลูกอ้อยของกลุ่มตัวอย่าง

ความถี่ของการปลูกอ้อย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
น้อยกว่า 3 ครั้ง/ปี	14	28.0
3-4 ครั้ง/ปี	33	66.0
มากกว่า 4 ครั้ง/ปี	3	6.0
รวม	50	100.0

จำนวนพื้นที่ทำไร่อ้อยทั้งหมด

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีพื้นที่ทำไร่อ้อยตั้งแต่ 50 ไร่ขึ้นไปมากที่สุด จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 38.0 รองลงมา ได้แก่ มีพื้นที่ไร่อ้อยน้อยกว่า 30 ไร่ จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 34.0 และน้อยที่สุดมีพื้นที่ทำไร่อ้อยอยู่ในช่วงระหว่าง 30-39 ไร่ จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 28.0 ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 จำนวนพื้นที่ทำไร่อ้อยของกลุ่มตัวอย่าง

จำนวนพื้นที่ทำไร่อ้อยทั้งหมด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
น้อยกว่า 30 ไร่	17	34.0
30-39 ไร่	14	28.0
50 ไร่ขึ้นไป	19	38.0
รวม	50	100.0

ลักษณะการใช้แรงงานในการเพาะปลูก

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ใช้เครื่องจักรในการเพาะปลูกอ้อยมากที่สุด จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 81.6 รองลงมาได้แก่ จ้างแรงงานคน จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 75.5 และน้อยที่สุด คือการช่วยกันในครัวเรือน จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 36.7 ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ลักษณะการใช้แรงงานในการเพาะปลูกของกลุ่มตัวอย่าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

ลักษณะการใช้แรงงานในการเพาะปลูก	จำนวน (คน)	ร้อยละ
การจ้างแรงงานคนในการปลูกอ้อย	37	75.5
การใช้เครื่องจักรในการปลูกอ้อย	40	81.6
การช่วยกันปลูกอ้อยในครัวเรือน	18	36.7

ต้นทุนการปลูกอ้อย

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีต้นทุนการปลูกอ้อยอยู่ในช่วงระหว่าง 5,001-8,000 บาท/ไร่ จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 38.0 รองลงมาได้แก่ มีต้นทุนการปลูกอ้อย มากกว่า 8,000 บาท/ไร่ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 26.0 และน้อยที่สุด ต่ำกว่า 3,000 บาท/ไร่ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 16.0 ตามลำดับ โดยมีต้นทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 13,391 บาท/ไร่ รายละเอียดดังตารางที่ 27

ตารางที่ 27 ต้นทุนการปลูกอ้อยของกลุ่มตัวอย่าง

ต้นทุนการปลูกอ้อย (บาท/ไร่)	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ต่ำกว่า 3,000 บาท	8	16.0
3,001-5,000 บาท	10	20.0
5,001-8,000 บาท	19	38.0
มากกว่า 8,000 บาท	13	26.0
รวม	50	100.0

รายได้จากการขายผลผลิตเฉลี่ย

กลุ่มตัวอย่างมีรายได้จากการขายผลผลิตอ้อยอยู่ระหว่าง 250,001- 500,000 บาท/ปี มากที่สุด จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 38.0 รองลงมา ได้แก่ รายได้จากการขายผลผลิตอ้อยอยู่สูงกว่า 500,000 บาท/ปี จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 24.0 และน้อยที่สุด ต่ำกว่า 100,000 บาท/ปี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 18.0 และมีรายได้จากการขายผลผลิตอ้อยอยู่ระหว่าง 100,001-250,000 บาท/ปี น้อยที่สุด จำนวน 8 คน คิดเป็น ร้อยละ 16.0 ตามลำดับ โดยมีรายได้จากการขายผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 720,831 บาท/ปี รายละเอียดดังตารางที่ 28

ตารางที่ 28 รายได้จากการขายผลผลิตอ้อยของกลุ่มตัวอย่าง

รายได้จากการขายผลผลิตอ้อย (บาท/ปี)	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ต่ำกว่า 100,000 บาท	9	18.0
100,001-250,000 บาท	8	16.0
250,001- 500,000 บาท	19	38.0
สูงกว่า 500,000 บาท	12	24.0
ไม่ตอบ	2	4.0
รวม	50	100.0

ความพึงพอใจในราคาผลผลิตที่ได้รับ

กลุ่มตัวอย่างไม่มีความพึงพอใจในราคาผลผลิตที่ได้รับเป็นจำนวนมากที่สุด จำนวน 32 คน คิดเป็น ร้อยละ 64.0 ในขณะที่มีความพึงพอใจต่อราคาผลผลิตที่ได้รับ จำนวน 17 คน คิดเป็น ร้อยละ 34.0 ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 จำนวนความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อราคาผลผลิตที่ได้รับ

ความพึงพอใจในราคาผลผลิตที่ได้รับ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
พึงพอใจ	17	34.0
ไม่พึงพอใจ	32	64.0
ไม่ตอบ	1	2.0
รวม	50	100.0

ปัญหาการปลูกอ้อยที่เกษตรกรประสบ

ปัญหาการปลูกอ้อยที่เกษตรกรประสบ แสดงรายละเอียดได้ได้ดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อปัญหาการปลูกอ้อย

ลักษณะปัญหา	ระดับปัญหา					ไม่ตอบ	$\bar{\bar{X}}$	S.D.	แปลผล[1]
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
พันธุ์อ้อยราคาสูง	18	17	10	3	2	-	3.92	1.085	มาก
	36.0%	34.0%	20.0%	6.0%	4.0%	-			
น้ำแล้ง/น้ำท่วม	31	16	1	1	1	-	4.50	0.814	มากที่สุด
	62.0%	32.0%	2.0%	2.0%	2.0%	-			
ปุ๋ยมีราคาสูง	9	17	22	2	-	-	3.66	0.823	มาก
	18.0%	34.0%	44.0%	4.0%	-	-			
สารกำจัดศัตรูพืชราคาสูง	3	21	23	3	-	-	3.48	0.707	มาก
	6.0%	42.0%	46.0%	6.0%	-	-			
แมลงศัตรูพืชมีปริมาณมาก	8	18	16	5	1	2	3.56	0.965	มาก
	16.0%	36.0%	32.0%	10.0%	2.0%	4.0%			
วัชพืชขึ้นจำนวนมาก	6	20	16	7	1	-	3.46	0.952	มาก
	12.0%	40.0%	32.0%	14.0%	2.0%	-			
ค่าจ้างแรงงานมีราคาสูง	8	12	22	6	-	2	3.46	0.922	มาก
	16.0%	24.0%	44.0%	12.0%	-	4.0%			
รวม							3.73	0.462	มาก

จากตารางข้างต้น พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีปัญหาการปลูกอ้อยโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.73, s.d.=0.462) โดยพบว่าปัญหาน้ำแล้งขาดแคลน/น้ำท่วม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.50, s.d. = 0.814) รองลงมา ได้แก่ ปัญหาพันธุ์อ้อยราคาสูงอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.92, s.d. =1.085) ปัญหาปุ๋ยมีราคาสูงอยู่ใน

[1] ช่วงคะแนนการแปลผลค่าเฉลี่ย แบ่งเป็น 5 ระดับได้แก่ ระดับมากที่สุด (4.21 - 5.00) ระดับมาก (3.41 - 4.20) ระดับปานกลาง (2.61- 3.40) ระดับน้อย (1.81 - 2.60) ระดับน้อยที่สุด (1.00 - 1.80)

ระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.66, s.d. = 0.823) ปัญหาแมลงศัตรูพืชมีอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.56, s.d. = 0.965) ปัญหาสารกำจัดศัตรูพืชราคาสูงอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =3.48, s.d. = 0.707) และปัญหาวัชพืชขึ้นจำนวนมาก($\overline{X}$ = 3.46, s.d.=0.952) และปัญหาค่าจ้างแรงงานมีราคาสูงอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.46 s.d.=0.922) ตามลำดับ

การส่งเสริมการปลูกอ้อยจากภาคภาคเอกชนและเครือข่ายเกษตรกร

การส่งเสริมการปลูกอ้อยจากภาคภาคเอกชนและเครือข่ายเกษตรกร แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 31 ตารางที่ 31 ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อการส่งเสริมการปลูกอ้อยจากภาคเอกชนและเครือข่ายเกษตรกร

การส่งเสริม	ระดับการส่งเสริม					ไม่ตอบ	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
- โรงงานจัดให้ความรู้/การอบรมเรื่องการปลูกอ้อย	21 42.0%	16 32.0%	7 14.0%	2 4.0%	4 8.0%	- -	3.96	1.212	มาก
- เกษตรกรเข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการปลูกอ้อยที่โรงงานจัดขึ้น	20 40.0%	19 38.0%	6 12.0%	3 6.0%	2 4.0%	- -	4.04	1.068	มาก
โรงงานสนับสนุนปัจจัย-- การผลิตให้เกษตรกรไปใช้ก่อน	8 16.0%	23 46.0%	11 22.0%	5 10.0%	2 4.0%	1 2.0%	3.61	1.017	มาก
- เครือข่ายเกษตรกรรวมตัวกันเพื่อพัฒนาและถ่ายทอดองค์ความรู้การปลูกอ้อย	10 20.0%	16 32.0%	14 28.0%	5 10.0%	5 10.0%	- -	3.42	1.214	มาก
รวม							3.76	0.718	มาก

จากตารางข้างต้นพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นต่อการส่งเสริมการปลูกอ้อยจากภาคเอกชนและเครือข่ายเกษตรกรกรโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.76, s.d. = 0.718) โดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าได้เข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการปลูกอ้อยที่โรงงานจัดขึ้นอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.04, s.d. =1.068) รองลงมาได้แก่ มีความเห็นว่าโรงงานจัดให้ความรู้/การอบรมเรื่องการปลูกอ้อยอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.96, s.d. = 1.212) โรงงานสนับสนุนปัจจัยการผลิตให้เกษตรกรอยู่ในระดับมากไปใช้ก่อน($\overline{X}$ = 3.61, s.d. = 1.214) และเครือข่ายเกษตรกรรวมตัวกันเพื่อพัฒนาและถ่ายทอดองค์ความรู้การปลูกอ้อยอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 3.42, s.d. = 1.214) ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ทัศนคติของเกษตรกรต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ด้านเศรษฐกิจ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านเศรษฐกิจของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ทัศนคติด้านเศรษฐกิจ	ระดับความคิดเห็น					ไม่ตอบ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
- การใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นมีต้นทุนต่ำ	11 22.0%	33 66.0%	5 10.0%	1 2.0%	- -	- -	4.08	0.634	มาก
- การใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบามีต้นทุนต่ำ	12 24.0%	30 60.0%	6 12.0%	2 4.0%	- -	- -	4.04	0.727	มาก
- การใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น	10 20.0%	26 52.0%	14 28.0%	- -	- -	- -	3.92	0.695	มาก
- การใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบาจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น	8 16.0%	27 54.0%	14 28.0%	- -	- -	1 2.0%	3.88	0.666	มาก
รวม							3.98	0.529	มาก

จากตารางข้างต้นพบว่า ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านเศรษฐกิจของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ = 3.98,s.d.=0.529) โดยมีความคิดเห็นว่าการใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นมีต้นทุนต่ำอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ = 4.08,s.d.=0.634) รองลงมา ได้แก่ การใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบามีต้นทุนต่ำอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ = 4.04,s.d.=0.727) การใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ =3.92,s.d.=0.695) และการใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบาจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ = 3.88,s.d.=0.666) ตามลำดับ

ด้านสังคม แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 33

ตารางที่ 33 ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านสังคมของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ทัศนคติด้านสังคม	ระดับความคิดเห็น					ไม่ตอบ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
- เกษตรกรจะไปบอกต่อให้เพื่อนบ้านในชุมชนรู้จักการใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น	12 24.0%	30 60.0%	5 10.0%	2 4.0%	1 2.0%	- -	4.00	0.833	มาก
- เกษตรกรในชุมชนจะพึงพอใจการใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบา	18 36.0%	26 52.0%	6 12.0%	- -	- -	- -	4.24	0.657	มากที่สุด
- การใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น	32 64.0%	17 34.0%	1 2.0%	- -	- -	- -	4.62	0.530	มากที่สุด
- การใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบาจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น	31 62.0%	16 32.0%	2 4.0%	1 2.0%	- -	- -	4.54	0.676	มากที่สุด
รวม							4.35	0.505	มากที่สุด

จากตารางข้างต้นพบว่า ระดับความคิดเห็นทัศนคติของด้านสังคมเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.35,s.d.=0.505) โดยมีความคิดเห็นว่าการใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นจะทำ

ให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.62,s.d.=0.530) รองลงมา ได้แก่ การใช้เทคโนโลยีที่ช่วยลดลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบาจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.54,s.d.=0.676) เกษตรกรในชุมชนจะพึงพอใจการใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบาอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.24,s.d.=0.657) และเกษตรกรจะไปบอกต่อให้เพื่อนบ้านในชุมชนรู้จักการใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ = 4.00,s.d.=0.833) ตามลำดับ

ด้านสิ่งแวดล้อม แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 34

ตารางที่ 34 ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านสิ่งแวดล้อมของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ทัศนคติด้านสิ่งแวดล้อม	ระดับความคิดเห็น					ไม่ตอบ	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
- การใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ไม่เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน	22 44.0%	21 42.0%	3 6.0%	4 8.0%	- -	- -	4.22	0.887	มากที่สุด
- การใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบา ไม่เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน	22 44.0%	21 42.0%	3 6.0%	4 8.0%	- -	- -	4.22	0.887	มากที่สุด
รวม							4.22	0.858	มากที่สุด

จากตารางข้างต้นพบว่า ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านสิ่งแวดล้อมของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.22,s.d.=0.858) โดยมีความคิดเห็นว่าการใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไน

ตริฟิเคชั่นไม่เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชนอยู่ในระดับมากที่สุดเท่ากับการใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบาไม่เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน ($\overline{X}$ = 4.22,s.d.=0.887)

ด้านการมีส่วนร่วม แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ระดับระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านการมีส่วนร่วมของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ทัศนคติด้านการมีส่วนร่วม	ระดับความคิดเห็น					ไม่ตอบ	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
การมีส่วนร่วมเรียนรู้วิธีการทำไร่อ้อยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอ เช่น การไม่เผาไร่ การบำรุงดินหลังการเก็บเกี่ยว	16 32.0%	23 46.0%	3 6.0%	1 2.0%	6 12.0%	1 2.0%	3.86	1.258	มาก
รวม							3.86	1.258	มาก

จากตารางข้างต้นพบว่า ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านการมีส่วนร่วมของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ = 3.86,s.d.=1.258) กล่าวคือเกษตรกรมีส่วนร่วมเรียนรู้วิธีการทำไร่อ้อยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอ เช่น การไม่เผาไร่ การบำรุงดินหลังการเก็บเกี่ยวอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก

ด้านนโยบายรัฐบาล

แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านนโยบายรัฐบาลของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

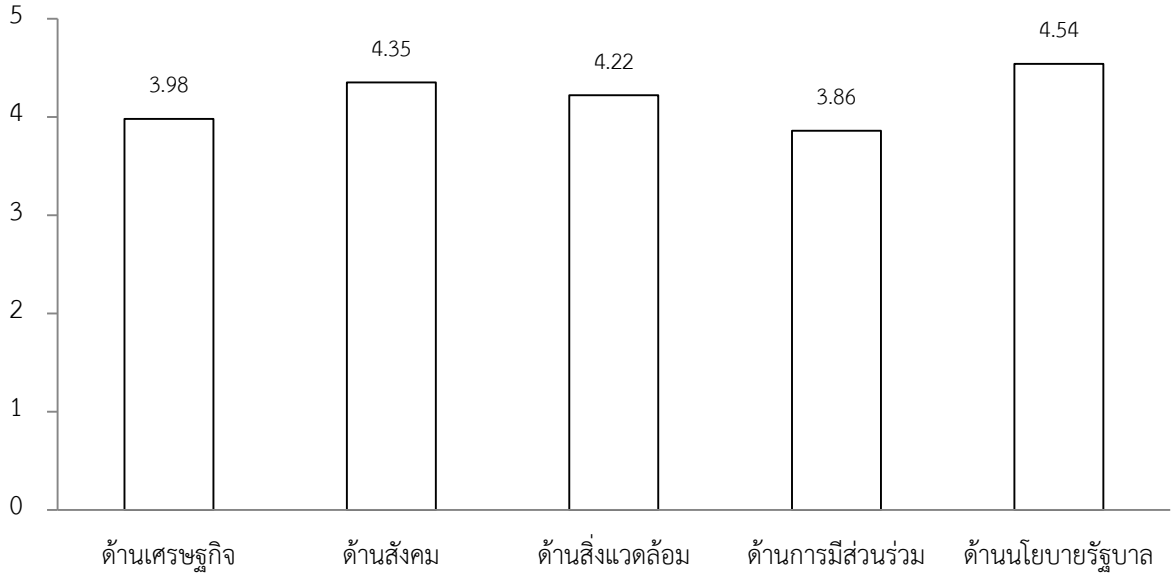
ทัศนคติด้านนโยบายรัฐบาล	ระดับความคิดเห็น					ไม่ตอบ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
- โรงงานควรส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและ/หรือการใช้เถ้าลอยเบาต่อเกษตรกรไร่อ้อยในพื้นที่ต่าง ๆ	25 50.0%	22 44.0%	2 4.0%	1 2.0%	- -	- -	4.42	0.673	มากที่สุด
- รัฐบาลควรส่งเสริมให้เกษตรกรไร่อ้อยทั่วประเทศนำเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น และ/หรือการใช้เถ้าลอยเบามาปรับใช้ในพื้นที่ของตัวเอง	34 68.0%	15 30.0%	1 2.0%	- -	- -	- -	4.66	0.519	มากที่สุด
รวม							4.54	0.461	มากที่สุด

จากตารางข้างต้นพบว่า ระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านนโยบายรัฐบาลของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.54,s.d.=0.461) โดยมีความคิดเห็นว่ารัฐบาลควรส่งเสริมให้เกษตรกรไร่อ้อยทั่วประเทศนำเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น และ/หรือการใช้เถ้าลอยเบามาปรับใช้ในพื้นที่ของตัวเองอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.66, s.d. =0.519) รองลงมาได้แก่ มีความ เห็นว่าโรงงานควรส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและ/หรือการใช้เถ้าลอยเบาต่อเกษตรกรไร่อ้อยในพื้นที่ต่างๆอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.42, s.d. =0.673)

ทั้งนี้สามารถสรุปภาพรวมระดับความคิดเห็นทัศนคติของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและการใช้เถ้าลอยเบาในด้านต่าง ๆ อยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ = 4.20,s.d.=0.395) โดยพบว่ากลุ่มตัวอย่างเกษตรกรมีระดับความคิดเห็นทัศนคติด้านนโยบายรัฐบาลอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.54,s.d.=0.461) รองลงมา ได้แก่ ด้านสังคมอยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.35,s.d.=0.505) ด้านสิ่งแวดล้อมในระดับเห็นด้วยมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.22,s.d.=0.858) ด้านเศรษฐกิจอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ = 3.98,s.d.=0.529) และด้านการมีส่วนร่วมอยู่ในระดับเห็นด้วยมาก ($\overline{X}$ = 3.86 ,s.d.=1.258) ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 37และรูปที่ 38

ตารางที่ 37ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทัศนคติของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นด้านต่าง ๆ

ทัศนคติของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านเศรษฐกิจ	3.98	.529	มาก
ด้านสังคม	4.35	.505	มากที่สุด
ด้านสิ่งแวดล้อม	4.22	.858	มากที่สุด
ด้านการมีส่วนร่วม	3.86	1.258	มาก
ด้านนโยบายรัฐบาล	4.54	.461	มากที่สุด
	4.20	.395	มาก



รูปที่ 38 แสดงค่าเฉลี่ยทัศนคติของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในด้านต่าง ๆ

ตอนที่ 4 การยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ด้านการได้รับความรู้และข่าวสาร แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ระดับการยอมรับด้านการได้รับความรู้และข่าวสารของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ด้านการได้รับความรู้และข่าวสาร	ระดับการยอมรับ					ไม่ตอบ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
- การได้รับความรู้เกี่ยวกับการใช้สารยับยั้งกระบวนกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาหลังจากรับฟังการบรรยายข้อมูลจากนักวิจัย	22 44.0%	20 40.0%	8 16.0%	- -	- -	- -	4.28	0.730	มากที่สุด
- การได้รับความรู้เกี่ยวกับการใช้สารยับยั้งกระบวนกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาหลังจากประชุมกลุ่มย่อยและเยี่ยมชมแปลงสาธิต	30 60.0%	16 32.0%	3 6.0%	- -	- -	- -	4.55	0.614	มากที่สุด
รวม							4.42	0.592	มากที่สุด

จากตารางข้างต้นพบว่า ระดับการยอมรับด้านการได้รับความรู้และข่าวสารของต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.42,s.d.=0.592) โดยเกษตรกรมีระดับการยอมรับความรู้เกี่ยวกับการใช้สารยับยั้งกระบวนกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาหลังจากประชุมกลุ่มย่อยและเยี่ยมชมแปลงสาธิตอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.55, s.d. =0.614) และการได้รับความรู้เกี่ยวกับการใช้สารยับยั้งกระบวนกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาหลังจากรับฟังการบรรยายข้อมูลจากนักวิจัยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.28, s.d. =0.730)

ด้านการสร้างความเชื่อถือในข่าวสาร แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ระดับการยอมรับด้านการสร้างความเชื่อมั่นในข่าวสารของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ด้านการสร้างความเชื่อมั่นในข่าวสาร	ระดับการยอมรับ					ไม่ตอบ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
- การฟังบรรยายและให้ความรู้จากนักวิจัยและฝ่ายโรงงานช่วยสร้างความรู้/ความเข้าใจการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบามากขึ้น	13 26.0%	26 52.0%	5 10.0%	6 12.0%	- -	- -	3.92	0.922	มาก
- การรับฟังข้อมูลจากเกษตรกรที่เคยทดลองใช้ทำให้มั่นใจที่จะเลือกใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบามากขึ้น	25 50.0%	21 42.0%	4 8.0%	- -	- -	- -	4.42	0.642	มากที่สุด
- ผลจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาทำให้มั่นใจต่อการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบามากขึ้น	18 36.0%	21 42.0%	7 14.0%	4 8.0%	- -	- -	4.06	0.913	มาก
รวม							4.13	0.614	มาก

จากตารางข้างต้นพบว่า ระดับการยอมรับด้านการสร้างความเชื่อมั่นในข่าวสารของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.13, s.d.=0.614) โดยเกษตรกรยอมรับการรับฟังข้อมูลจากเกษตรกรที่เคยทดลองใช้ทำให้มั่นใจที่จะเลือกใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบามากขึ้นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.42 s.d.=0.642) รองลงมาได้แก่ ผลจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาทำให้มั่นใจต่อการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบามากขึ้นอยู่ในระดับยอมรับมาก ($\bar{X}$ = 4.06, s.d.=0.913) และการฟังบรรยายและให้ความรู้จากนักวิจัยและฝ่าย

โรงงานช่วยสร้างความรู้/ความเข้าใจการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบามากขึ้นอยู่ในระดับยอมรับมาก ($\overline{X}$ = 3.92, s.d.=0.922) ตามลำดับ

ด้านการตัดสินใจยอมรับ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 40

ตารางที่ 40 ระดับการยอมรับด้านการตัดสินใจของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ด้านการตัดสินใจยอมรับ	ระดับการยอมรับ					ไม่ตอบ	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
- ความสนใจที่จะนำสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นไปใช้ในการปลูกอ้อย	31 62.0%	17 34.0%	2 4.0%	- -	- -	- -	4.58	0.575	มากที่สุด
- ความสนใจที่จะนำเถ้าลอยเบาไปใช้ในการปลูกอ้อย	28 56.0%	16 32.0%	3 6.0%	1 2.0%	- -	2 4.0%	4.46	0.798	มากที่สุด
รวม							4.51	0.585	มากที่สุด

จากตารางข้างต้นพบว่า ระดับการยอมรับด้านการตัดสินใจยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51, s.d.=0.585) โดยเกษตรกรตัดสินใจยอมรับว่ามีความสนใจที่จะนำสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นไปใช้ในการปลูกอ้อยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.58, s.d. =0.575) และตัดสินใจยอมรับที่จะนำเถ้าลอยเบาไปใช้ในการปลูกอ้อยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.46, s.d. =0.798) ตามลำดับ

ด้านการแสดงออกถึงความเชื่อและการยอมรับ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 41

ตารางที่ 41 ระดับการยอมรับด้านการแสดงออกถึงความเชื่อและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

ด้านการแสดงออกถึงความเชื่อและการยอมรับ	ระดับการยอมรับ					ไม่ตอบ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด				
- ความต้องการมีส่วนร่วมในการช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการทำไร่อ้อยโดยใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่น	13 26.0%	26 52.0%	5 10.0%	6 12.0%	- -	- -	4.66	0.479	มากที่สุด
- ความต้องการมีส่วนร่วมในการช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการทำไร่อ้อยโดยใช้เถ้าลอยเบา	25 50.0%	21 42.0%	4 8.0%	- -	- -	- -	4.44	0.787	มากที่สุด
- ความยินดีส่งเสริมและบอกต่อข้อมูลการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแก่เกษตรกรรายอื่น	18 36.0%	21 42.0%	7 14.0%	4 8.0%	- -	- -	4.56	0.501	มาก
รวม							4.55	0.556	มากที่สุด

จากตารางข้างต้นพบว่า ระดับการยอมรับด้านการแสดงออกถึงความเชื่อและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.55, s.d.=0.556) โดยเกษตรกรมีความต้องการมีส่วนร่วมในการช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการทำไร่อ้อยโดยใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.66, s.d. =0.479) รองลงมา ได้แก่ ความยินดีส่งเสริมและบอกต่อข้อมูลการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาเพื่อลดปริมาณการ

ปล่อยก๊าซเรือนกระจกแก่เกษตรกรรายอื่นอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.56, s.d. =0.501) และความต้องการมีส่วนร่วมในการช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการทำไร่อ้อยโดยใช้เถ้าลอยเบาอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.44, s.d. =0.787) ตามลำดับ

ด้านการยืนยันตัดสินใจ ยอมรับ และแสดงถึงการยอมรับนำไปปฏิบัติ รายละเอียดดังตารางที่ 42

ตารางที่ 42 ระดับการยอมรับด้านการยืนยันตัดสินใจ ยอมรับ และแสดงถึงการยอมรับนำไปปฏิบัติของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

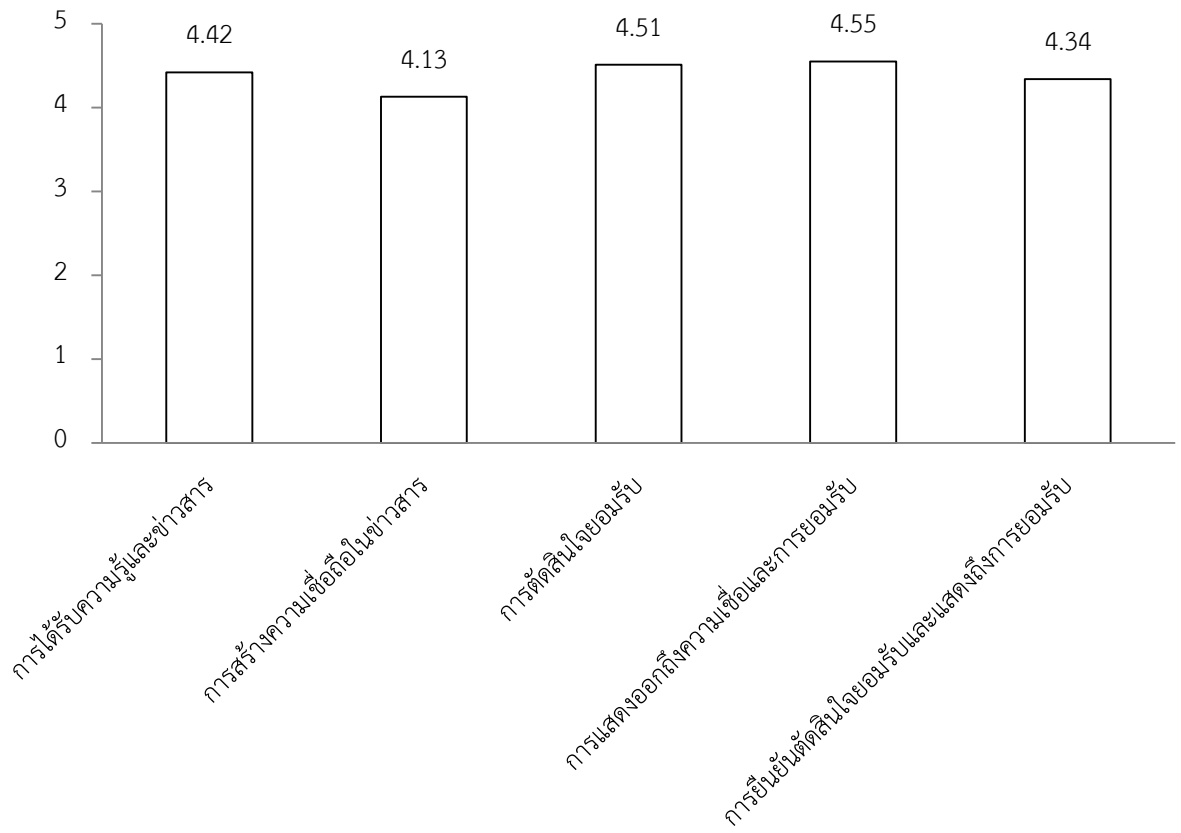
ด้านการยืนยันตัดสินใจ ยอมรับ และแสดงถึงการยอมรับนำไปปฏิบัติ	ระดับการยอมรับ						$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	ไม่ตอบ			
- การยอมรับและยืนยันที่จะใช้ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นในการปลูกอ้อยแน่นอน	31 62.0%	17 34.0%	2 4.0%	- -	- -	- -	4.44	1.013	มากที่สุด
- การยอมรับและยืนยันที่จะใช้ปุ๋ยร่วมกับเถ้าลอยเบาในการปลูกอ้อยแน่นอน	28 56.0%	16 32.0%	3 6.0%	1 2.0%	- -	2 4.0%	4.31	1.025	มากที่สุด
รวม							4.34	1.017	มากที่สุด

จากตารางข้างต้นพบว่า ระดับการยอมรับการยอมรับด้านการยืนยันตัดสินใจ ยอมรับ และแสดงถึงการยอมรับนำไปปฏิบัติของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.34,s.d.=1.017) โดยมีการยอมรับและยืนยันที่จะใช้ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นในการปลูกอ้อยแน่นอนอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.44, s.d. =1.013) และการยอมรับและยืนยันที่จะใช้ปุ๋ยร่วมกับเถ้าลอยเบาในการปลูกอ้อยแน่นอนอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.31, s.d. =1.025) ตามลำดับ

ทั้งนี้ สามารถสรุปภาพรวมระดับการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในด้านต่าง ๆ และการใช้เถ้าลอยเบาอยู่ในระดับยอมรับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.39, s.d.=.384) โดยระดับการยอมรับด้านการแสดงออกถึงความเชื่อและการยอมรับอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.55, s.d.=1.025) รองลงมา ได้แก่ ด้านการตัดสินใจยอมรับอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.51, s.d.=0.556) ด้านการได้รับความรู้และข่าวสารอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.42, s.d.=0.592) ด้านการยืนยันตัดสินใจ ยอมรับ และแสดงถึงการยอมรับนำไปปฏิบัติอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$= 4.34, s.d.=1.017) และด้านการสร้างความเชื่อถือในข่าวสารอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$= 4.13, s.d.=1.025) ตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 43 และรูปที่ 39

ตารางที่ 43 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นด้านต่าง ๆ

การยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น	$\overline{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านการได้รับความรู้และข่าวสาร	4.42	.592	มากที่สุด
ด้านการสร้างความเชื่อถือในข่าวสาร	4.13	.614	มาก
ด้านการตัดสินใจยอมรับ	4.51	.585	มากที่สุด
ด้านการแสดงออกถึงความเชื่อและการยอมรับ	4.55	.556	มากที่สุด
ด้านการยืนยันตัดสินใจ ยอมรับ และแสดงถึงการยอมรับนำไปปฏิบัติ	4.34	1.017	มากที่สุด
	4.39	.384	มากที่สุด



รูปที่ 39 ค่าเฉลี่ยการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

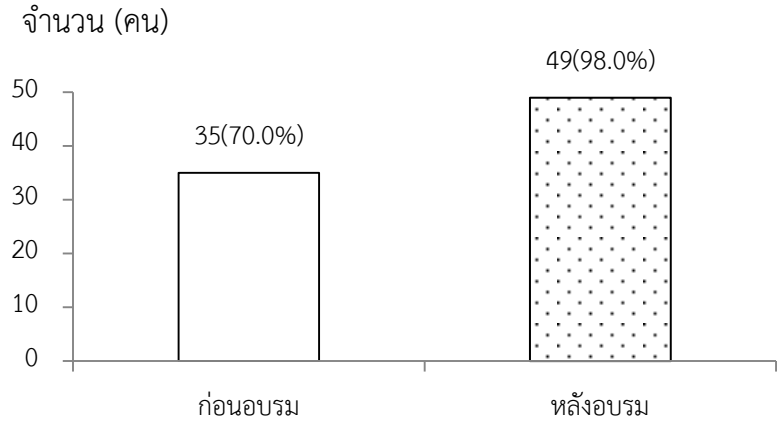
4.7.1.2 ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย

การรู้ว่าการทำไร่อ้อยสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ก่อนการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างทราบว่า การทำไร่อ้อยสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากที่สุด จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 70.0 รองลงมา ได้แก่ ไม่ทราบ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 18.0 และน้อยที่สุด ไม่แน่ใจ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ10.0 หลังการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างทราบว่า การทำไร่อ้อยสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ มากที่สุด เพิ่มเป็นจำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 98.0 และไม่แน่ใจ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.0 รายละเอียดดังตารางที่ 44 และรูปที่ 40

ตารางที่ 44 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ทราบว่าการทำไร่อ้อยสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ก่อนและหลังการอบรม

การทำไร่อ้อยสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้	ก่อนอบรม		หลังอบรม	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ทราบ	35	70.0	49	98.0
ไม่ทราบ	9	18.0	-	-
ไม่แน่ใจ	5	10.0	1	2.0
ไม่ตอบ	1	2.0	-	-
รวม	50	100.0	50	100.0



รูปที่ 40 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ทราบว่าการทำไร่อ้อยสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ก่อนและหลังการอบรม

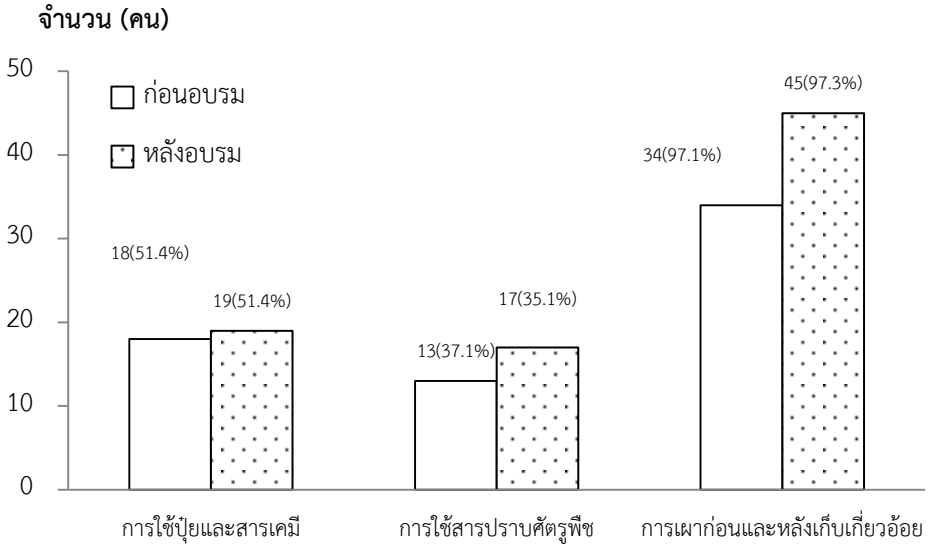
การรู้เรื่องพฤติกรรมปลูกอ้อยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ก่อนการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างทราบว่า การเผาก่อนและหลังเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นพฤติกรรมการปลูกอ้อยที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด จำนวน 34 คน คิดเป็นร้อยละ 97.1 รองลงมา ได้แก่การใช้ปุ๋ยและสารเคมี จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 51.4 และการใช้สารปราบศัตรูพืช จำนวน 13 คน น้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 37.1

หลังการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างทราบว่า การเผาก่อนและหลังเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นพฤติกรรมปลูกอ้อยที่กระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เพิ่มเป็นจำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 97.3 รองลงมา ได้แก่ การใช้ปุ๋ยและสารเคมี เพิ่มเป็นจำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 51.4 และการใช้สารปราบศัตรูพืช น้อยที่สุด เพิ่มเป็นจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 35.1 รายละเอียดดังตารางที่ 45 และรูปที่ 41

ตารางที่ 45 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ทราบเกี่ยวกับพฤติกรรมการปลูกอ้อยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก่อนและหลังอบรม (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

พฤติกรรมปลูกอ้อยที่	ก่อนอบรม		หลังอบรม	
ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
การใช้ปุ๋ยและสารเคมี	18	51.4	19	51.4
การใช้สารปราบศัตรูพืช	13	37.1	17	35.1
การเผาก่อนและหลังเก็บเกี่ยวอ้อย	34	97.1	45	97.3



รูปที่ 41 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่ทราบเกี่ยวกับพฤติกรรมการปลูกอ้อยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ก่อนและหลังการอบรม

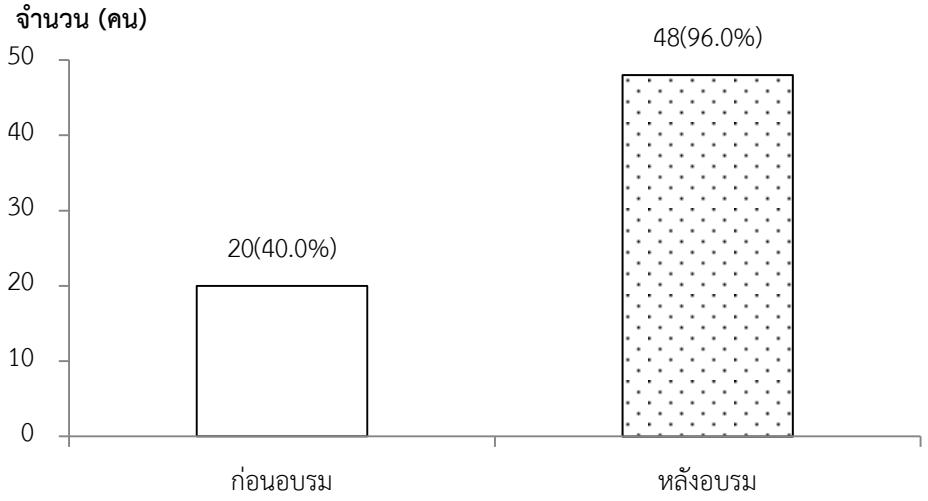
การรู้จักก๊าซเรือนกระจก

ก่อนการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างไม่รู้จักก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 58.0 และรู้จัก จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 40.0

หลังการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้จักก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เพิ่มเป็นจำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 96.0 และไม่รู้จัก จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.0 รายละเอียดดังตารางที่ 46 และรูปที่ 42

ตารางที่ 46 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่รู้จักก๊าซเรือนกระจก ก่อนและหลังการอบรม

การรู้จักก๊าซเรือนกระจก	ก่อนอบรม		หลังอบรม	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
รู้จัก	20	40.0	48	96.0
ไม่รู้จัก	29	58.0	1	2.0
ไม่ตอบ	1	2.0	1	2.0
	50	100.0	50	100.0



รูปที่ 42 จำนวนและร้อยละเกษตรกรที่รู้จักก๊าซเรือนกระจก ก่อนและหลังการอบรม

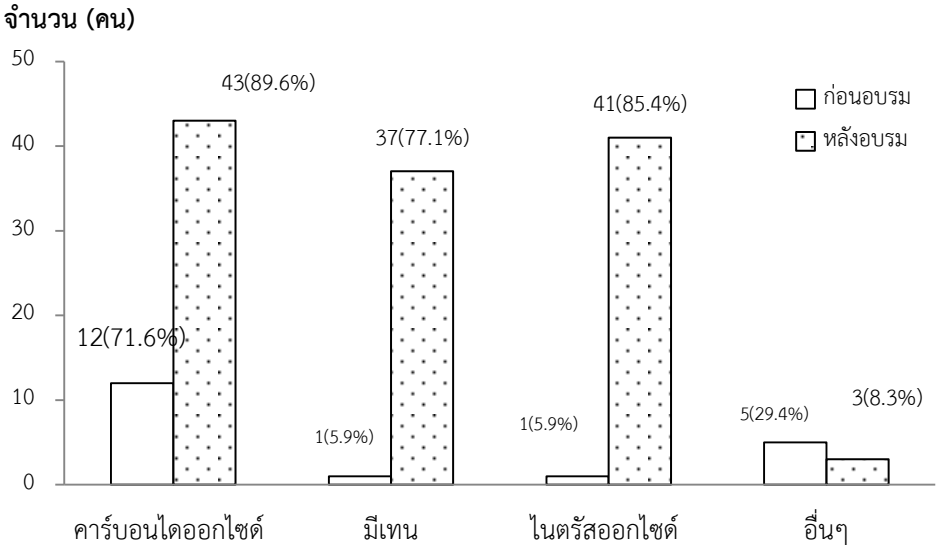
ชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่รู้จัก

ก่อนการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้จักก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนได้ออกไซ้มากที่สุด จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 70.6 รองลงมา อื่น ๆ ได้แก่ ไม่แน่ใจ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 29.4 และรู้จักก๊าซมีเทน เท่ากับรู้จักไนตรัสออกไซด์ น้อยที่สุด จำนวน 1 คน คิดเป็น ร้อยละ5.9

หลังการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้จักก๊าซเรือนกระจกได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด เพิ่มเป็น จำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 89.6 รองลงมา ได้แก่รู้จักไนตรัสออกไซด์ เพิ่มเป็นจำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 85.4 รู้จักมีเทน เพิ่มเป็นจำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 5.9 และน้อยที่สุด ได้แก่ ไม่แน่ใจ จำนวน 3 คน คิดเป็น ร้อยละ 8.3 รายละเอียดดังตารางที่ 47 และรูปที่ 43

ตารางที่ 47 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้จักชนิดก๊าซเรือนกระจก (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

ชนิดก๊าซเรือนกระจกที่รู้จัก	ก่อนอบรม		หลังอบรม	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
คาร์บอนไดออกไซด์	12	70.6	43	89.6
มีเทน	1	5.9	37	77.1
ไนตรัสออกไซด์	1	5.9	41	85.4
อื่นๆ เช่น ไม่แน่ใจ	5	29.4	3	8.3



รูปที่ 43 จำนวนและร้อยละเกษตรกรที่รู้จักชนิดของก๊าซเรือนกระจก ก่อนและหลังการอบรม

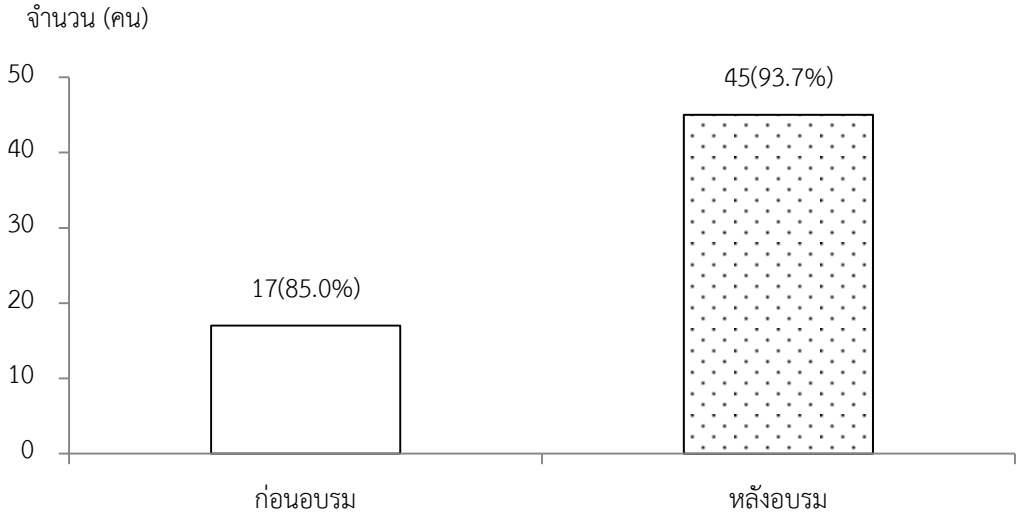
การรู้ว่าการทำไร่อ้อยสามารถปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

ก่อนการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้ว่าการทำไร่อ้อยสามารถปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 85.0

หลังการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้ว่าการทำไร่อ้อยสามารถปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 93.7 รองลงมาได้แก่ ไม่แน่ใจ และ คิดว่าไม่ได้ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.1 รายละเอียดดังตารางที่ 48 และรูปที่ 44

ตารางที่ 48 แสดงจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่าการทำไร่อ้อยสามารถปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ก่อนและหลังการอบรม

การทำไร่อ้อยสามารถปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้	ก่อนอบรม		หลังอบรม	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
ได้	17	85.0	45	93.7
ไม่ได้	-	-	1	2.1
ไม่แน่ใจ	-	-	1	2.1
ไม่ตอบ	3	15.0	1	2.1
	20	100.0	48	100.0



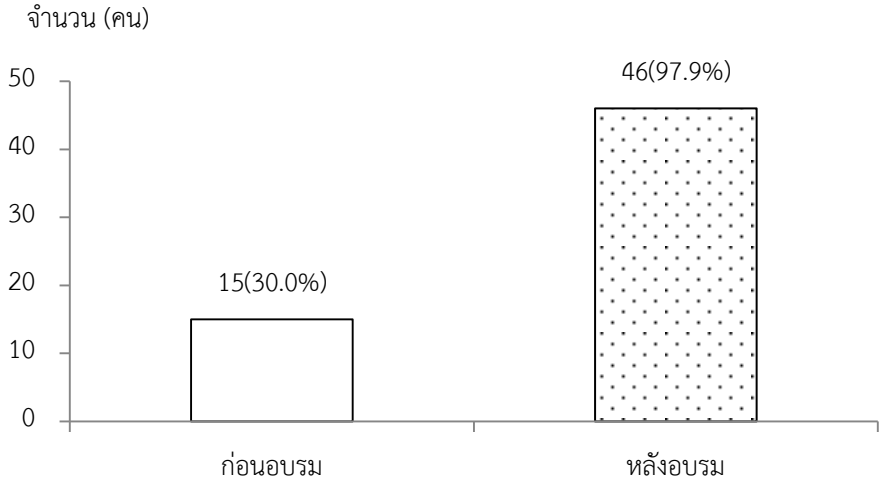
รูปที่ 44 จำนวนและร้อยละเกษตรกรที่รู้ว่าการทำไร่อ้อยสามารถปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ก่อนและหลังการอบรม

การรู้ว่าการปลูกอ้อยโดยใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ก่อนการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างคิดว่าการปลูกอ้อยโดยใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบไม่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ ผู้ที่ไม่แน่ใจ มากที่สุด จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 32.0 ในขณะที่มีกลุ่มตัวอย่างคิดว่าการปลูกอ้อยโดยใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 30.0 หลังการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้ว่าการปลูกอ้อยโดยใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มากที่สุด จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 97.9

ตารางที่ 49 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่าการปลูกอ้อยโดยใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ก่อนและหลังการอบรม

การปลูกอ้อยโดยใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ก่อนอบรม		หลังอบรม	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
เกี่ยวข้อง	15	30.0	46	97.9
ไม่เกี่ยวข้อง	16	32.0	-	-
ไม่แน่ใจ	16	32.0	-	-
ไม่ตอบ	3	6.0	1	2.0
	50	100.0	50	100.0



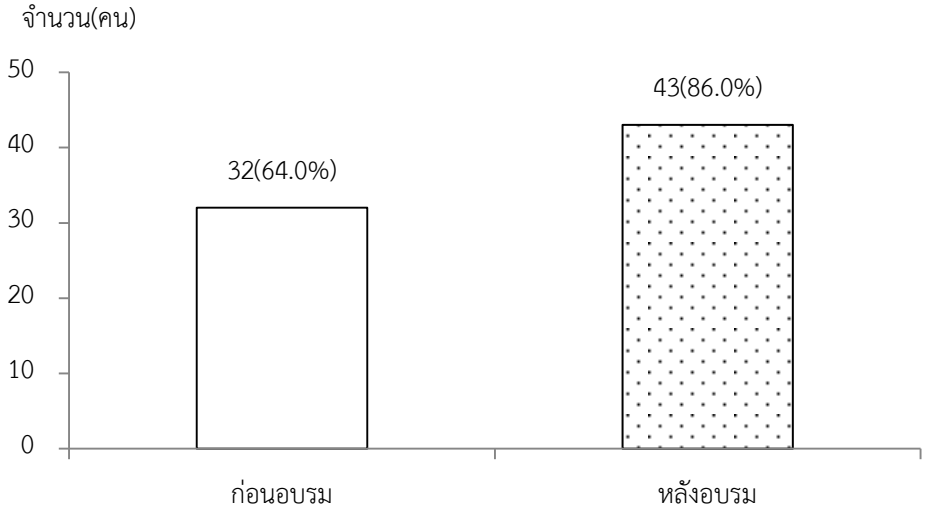
รูปที่ 45 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่าการปลูกอ้อยโดยใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ก่อนและหลังการอบรม

การรู้จักภาวะโลกร้อน

ก่อนการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้จักภาวะโลกร้อนมากที่สุด จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 64.0 และไม่รู้จัก จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 16.0 หลังการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้จักภาวะโลกร้อนมากที่สุด เพิ่มเป็นจำนวน 43 คน คิดเป็นร้อยละ 86.0 และไม่รู้จัก จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 14.0 รายละเอียดตารางที่ 50 และรูปที่ 46

ตารางที่ 50 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้จักภาวะโลกร้อน ก่อนและหลังอบรม

การรู้จักภาวะโลกร้อน	ก่อนอบรม		หลังอบรม	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
รู้จัก	32	64.0	43	86.0
ไม่รู้จัก	8	16.0	-	-
ไม่ตอบ	10	20.0	7	14.0
	50	100.0	50	100.0



รูปที่ 46 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้จักภาวะโลกร้อน ก่อนและหลังการอบรม

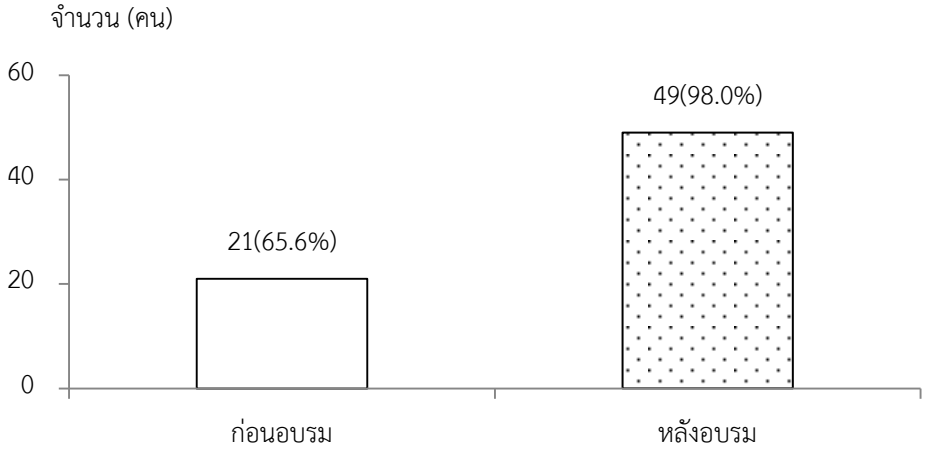
การรู้ว่าก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

ก่อนการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้ว่าก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมากที่สุด จำนวน 21 คน คิดเป็นร้อยละ 65.6 และไม่แน่ใจ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 25.0

หลังการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้ว่าก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนมากที่สุด เพิ่มเป็นจำนวน 49 คน คิดเป็นร้อยละ 98.0 และ ไม่แน่ใจจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.0 รายละเอียดดังตารางที่ 51และรูปที่ 47

ตารางที่ 51จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่าก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ก่อนและหลังการอบรม

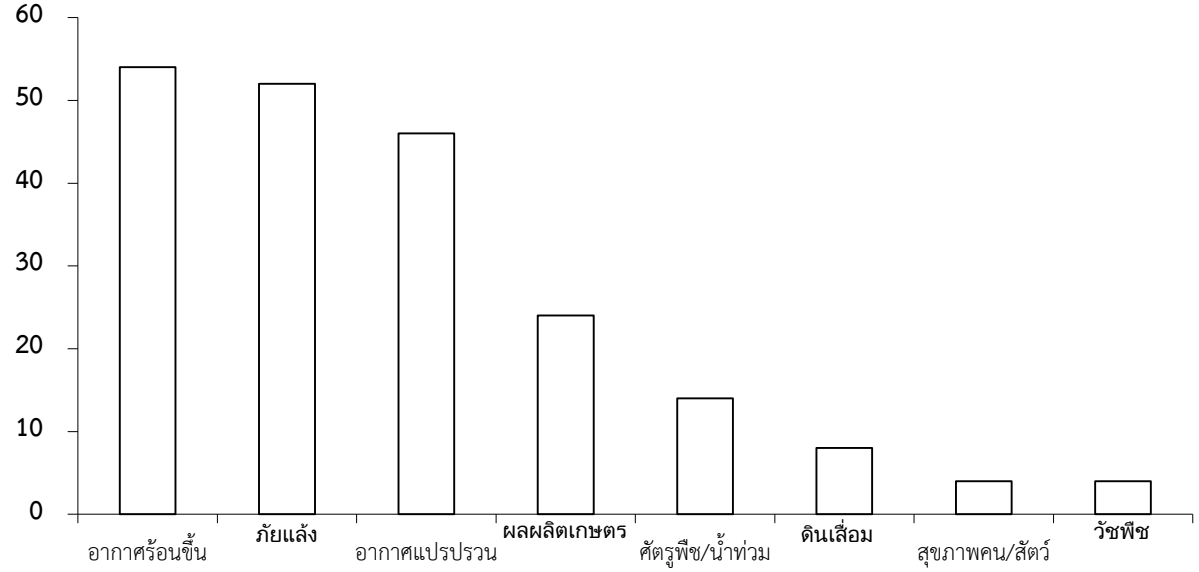
ก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน	ก่อนอบรม		หลังอบรม	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
เป็นสาเหตุ	21	65.6	49	98.0
ไม่ใช่สาเหตุ	-	-	-	-
ไม่แน่ใจ	8	25.0	-	-
ไม่ตอบ	3	9.4	1	2.0
	32	100.0	50	100.0



รูปที่ 47 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่าก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนก่อนและหลังการอบรม

ผลกระทบของภาวะโลกร้อน

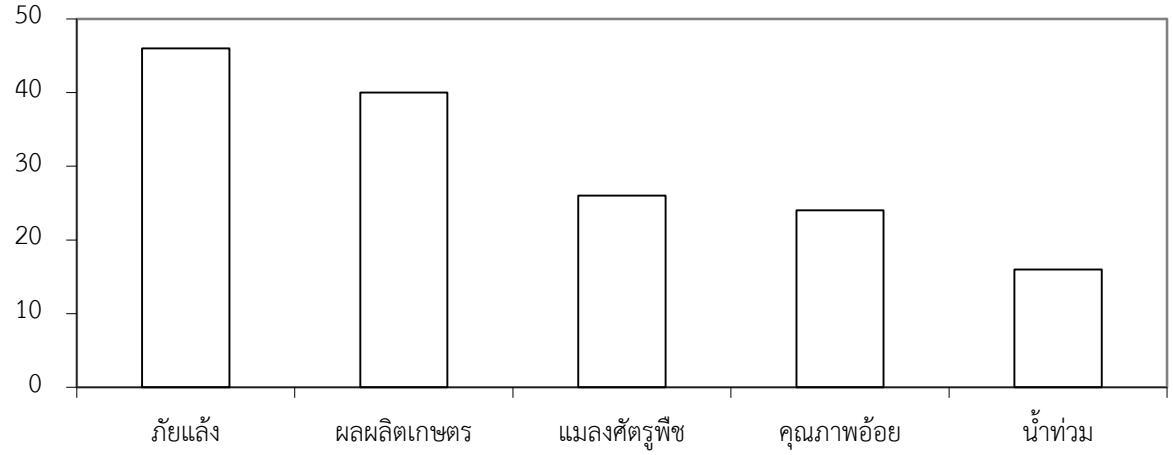
กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ เห็นว่าผลกระทบของภาวะโลกร้อน ได้แก่ ปัญหาอากาศร้อนขึ้น มากที่สุด จำนวน 27 คน คิดเป็นร้อยละ 54 รองลงมาได้แก่ ปัญหาภัยแล้ง จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 52 ปัญหาอากาศแปรปรวน จำนวน 23 คนคิดเป็นร้อยละ 46 ปัญหาผลผลิตการเกษตรเสียหาย จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 24 ปัญหาแมลงศัตรูพืชและน้ำท่วม จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 14 ปัญหาดินเสื่อม จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 8 ปัญหาสุขภาพคน พฤติกรรมสัตว์ และ วัชพืช จำนวนอย่างละ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4 ดังรูปที่ 48



รูปที่ 48 ร้อยละความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อผลกระทบของภาวะโลกร้อน

ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อการประกอบอาชีพหรือวิถีชีวิต

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ เห็นว่าปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการประกอบอาชีพที่สำคัญ มากที่สุด คือ ปัญหาภัยแล้ง เป็นจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 46 รองลงมาได้แก่ ปัญหาผลผลิตการเกษตรตกต่ำไม่ได้ปริมาณตามที่ต้องการ จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ปัญหาแมลงศัตรูพืช จำนวน13 คน คิดเป็นร้อยละ 26 ปัญหาด้านคุณภาพอ้อย อาทิ ความยาวลำต้น ความหวาน ความแข็งแรง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 24 และปัญหาน้ำท่วม จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 16 ตามลำดับ ดังรูปที่ 49



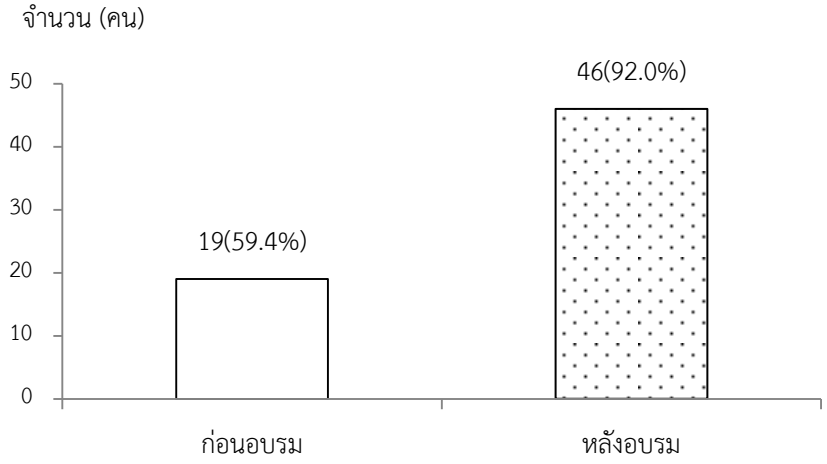
รูปที่ 49 ร้อยละความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อการประกอบอาชีพหรือวิถีชีวิต

แนวทางแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน

ก่อนการอบรม พบว่ากลุ่มตัวอย่างรู้ว่ามีแนวทางการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนมากที่สุด จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 59.4 และไม่มีแนวทางแก้ปัญหา จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.5 หลังการอบรม กลุ่มตัวอย่างรู้ว่ามีแนวทางการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนมากที่สุด เพิ่มเป็นจำนวนจำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 92.0 และไม่มีแนวทางแก้ปัญหา จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.0 รายละเอียดดังตารางที่ 52 และรูปที่ 50

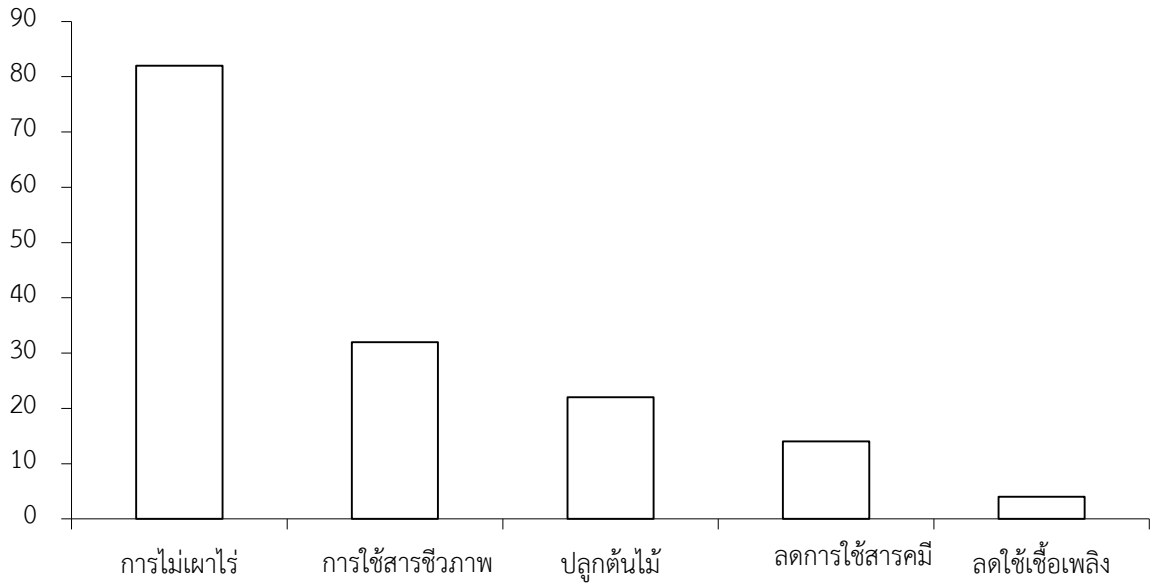
ตารางที่ 52 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่ามีแนวทางการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน ก่อนและหลังการอบรม

แนวทางการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน	ก่อนอบรม		หลังอบรม	
	จำนวน(คน)	ร้อยละ	จำนวน(คน)	ร้อยละ
มี	19	59.4	46	92.0
ไม่มี	4	12.5	1	2.0
ไม่ตอบ	9	28.1	3	6.0
	32	100.0	50	100.0



รูปที่ 50 จำนวนและร้อยละกลุ่มตัวอย่างที่รู้ว่ามีแนวทางแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนก่อนและหลังการอบรม

ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน ที่สำคัญได้แก่ การรณรงค์ไม่เผาพื้นที่เกษตร มากที่สุด จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 82 รองลงมาได้แก่การใช้สารชีวภาพยับยั้งการเกิดก๊าซเรือนกระจก จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 32 การปลูกต้นไม้ จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 22 ลดการใช้สารเคมี จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 14 และ ลดการใช้เชื้อเพลิง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 4 ตามลำดับ ดังรูปที่ 51



รูปที่ 51 ร้อยละความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างต่อแนวทางแก้ปัญหาวะโลกร้อน

4.7.2 ผลการศึกษาจากการสนทนากลุ่มย่อย (focus group)

การศึกษาทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย 1) การศึกษาเกี่ยวกับทัศนคติ ความคิดเห็นเบื้องต้นของเกษตรกรต่อความน่าสนใจในการนำเทคโนโลยีสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นไปประยุกต์ใช้ มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการจัดสนทนากลุ่มย่อย (Focus Group) และ 2) การศึกษาทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการใช้แบบสอบถาม(Questionnaire) เพื่อให้ได้รับข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการวิจัย โดยคณะผู้ดำเนินโครงการใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) สมาชิกเกษตรกรปลูกอ้อยจาก 3 เขตการผลิตในอำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์ ที่ขายผลผลิตให้กับโรงงานน้ำตาลเกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนลซูก้าร์คอร์ปอเรชั่น เป็นกลุ่มเป้าหมายในการศึกษา มีเกณฑ์ในการเลือก กล่าวคือ เป็นสมาชิกเครือข่ายเขตส่งเสริมการปลูกอ้อยของบริษัท เกษตรไทยอินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) สาขา 3 มาแล้วไม่ต่ำกว่า 5 ปี ไม่เคยใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาในไร่อ้อยมาก่อน รวมทั้งเป็นแกนนำเกษตรหรือต้นแบบที่มีความสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตอ้อยสู่สมาชิกเครือข่ายเชิงพื้นที่ จึงได้กลุ่มเป้าหมายทั้งสิ้น จำนวน 57 คน ซึ่งได้ดำเนินการศึกษาตามวิธีการข้างต้น รายละเอียดดังนี้

1) การจัดสนทนากลุ่มย่อย (Focus Group)

ดำเนินการระหว่างวันที่ 8-9 กรกฎาคม 2559 มีกลุ่มเป้าหมายเข้าร่วม จำนวน 29 คน และ 28 คน ตามลำดับ ณ อาคารถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร บริษัท เกษตรไทยอินเตอร์เนชั่นแนล ชูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) โดยแบ่งกลุ่มเป้าหมายออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 7-8 คน มีวิทยากรและผู้บันทึกข้อมูลประจำกลุ่ม จำนวน 2 คน/กลุ่ม ใช้เวลาสนทนา จำนวน 1 ชั่วโมง โดยเป็นการศึกษาประสบการณ์การรับรู้ในอดีตเกี่ยวกับเทคโนโลยีดังกล่าว ความเชื่อมั่น/ไม่เชื่อมั่น ความสนใจ/ไม่น่าสนใจรวมทั้งเหตุผลที่เกี่ยวข้องจากเกษตรกรต่อโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการประยุกต์ใช้สาร NIs (ภายหลังจากการฟังบรรยายการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากวิทยากร) เพื่อรับทราบทัศนคติและความคิดเห็นเบื้องต้นของเกษตรกรกรต่อความน่าสนใจในการนำสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นไปประยุกต์ใช้ มีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

2) ประสบการณ์การได้รับความรู้และข่าวสารเกี่ยวกับแนวคิด เทคนิค หรือโครงการในลักษณะเดียวกันของกลุ่มเป้าหมายในอดีต

ในกรณีการนำเสนอเทคโนโลยีการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ซึ่งนักวิจัยได้นำเสนอ เป็นสิ่งที่กลุ่มเป้าหมายไม่รู้จัก ไม่มีประสบการณ์ทดลองใช้ หรือเคยได้รับข่าวสารโครงการนี้มา

ก่อน การนำเสนอเทคโนโลยีดังกล่าวจึงเป็นการให้ความรู้เกี่ยวกับสารยับยั้งการเปลี่ยนรูปปุ๋ยและมีผลดีต่อสิ่งแวดล้อมครั้งแรกต่อกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่ศึกษา

อย่างไรก็ตาม กลุ่มเป้าหมายในพื้นที่ศึกษา เคยมีประสบการณ์เข้าร่วมเรียนรู้ หรือรับฟังข่าวสารและการประชาสัมพันธ์เทคนิคการใช้สารยับยั้งการเปลี่ยนรูปปุ๋ยจากภาคเอกชนที่มีบทบาทด้านการผลิตหรือการส่งเสริมการเกษตรในพื้นที่ อาทิ

- บริษัท แอมเวย์ (ประเทศไทย) จำกัด ประชาสัมพันธ์เรื่อง การใช้สารยับยั้งการเปลี่ยนรูปปุ๋ย กล่าวคือ ทำให้ปุ๋ยที่ใส่ไปในแปลงปลูกคงสภาพได้นานขึ้น แต่เป็นคนละชนิดกับที่นักวิจัยแนะนำ

- บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด มีการส่งเสริมการใช้เถ้าลอยเบา แต่เป็นอัตราส่วนที่ไม่เท่ากันในแต่ละแปลง และปัจจัยด้านความแตกต่างของสภาพดินในแปลงทำให้ผลผลิตที่ได้รับมีความแตกต่างกันด้วย

3) ความเชื่อมั่น เชื่อถือต่อความรู้และข่าวสารจากแนวคิด เทคนิค หรือโครงการลักษณะเดียวกันที่กลุ่มเป้าหมายได้รับตั้งแต่อดีต-ปัจจุบัน

กล่าวได้ว่า กลุ่มเป้าหมายมีความเชื่อมั่นว่าเป็นโครงการที่มีประโยชน์ และมีความเชื่อถือต่อนักวิจัยที่ได้เข้ามาแนะนำความรู้ดังกล่าว เนื่องจากสามารถชะลอการเปลี่ยนรูปปุ๋ยได้ จึงมีความสนใจทั้งเทคนิคการใช้สารยับยั้งการเปลี่ยนรูปปุ๋ยและการใช้เถ้าลอยเบาไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่เพาะปลูกของตนเอง

ทั้งนี้ต้องมีการแจ้งข้อมูล สถานที่ติดต่อซื้อได้สะดวก เนื่องจากที่ผ่านมาต้องใช้เวลานานในการจองคิว โดยเฉพาะเถ้าลอยเบา ยิ่งไปกว่านั้นเกษตรกรบางรายมีพื้นที่เพาะปลูกห่างไกลจากโรงงานก่อให้เกิดข้อจำกัดหรือต้นทุนการขนส่งที่สูงขึ้น รวมทั้งมีความประสงค์ได้รับการสนับสนุนด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตซึ่งใช้เทคโนโลยีดังกล่าวจากภาคเอกชนเพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกรมากขึ้น

4) ความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมายต่อเนื้อหาที่บรรยายโดยนักวิจัย

ในภาพรวม กลุ่มเป้าหมายมีความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาว่าเป็นการยับยั้งการเปลี่ยนรูปปุ๋ย ทำให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปในแปลงปลูกคงสภาพได้นานขึ้น โดยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นจะยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียไนโตรโซโมแนท ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนปุ๋ยแอมโมเนียมเป็นไนไตรท์ ส่วนเถ้าลอยเบาที่มีฤทธิ์เป็นด่าง เมื่อใส่ลงไปในดินจะปรับสภาพ pH ในดินให้เป็นด่างมากขึ้น แบคทีเรียไนโตรโซโมแนทจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่ดินมี pH มากกว่า 6.5 สำหรับวิธีใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ใช้ในอัตรา 0.32 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี โดยปกติ หากมีการใส่ปุ๋ยสองครั้ง คือ ปุ๋ยรองก้นหลุมและปุ๋ยแต่งหน้า ก็แบ่งพร้อมกับการใส่ปุ๋ยทั้งสองครั้ง วิธีใช้ทำได้โดยคลุกสารยับยั้งกับปุ๋ย แล้วใช้ปุ๋ยที่ผสมนั้นทันที เพื่อป้องกันสารเสื่อมสภาพ สำหรับเถ้าลอยเบา ใช้ในอัตรา 1.6 ตัวต่อไร่ต่อปี โดยใส่ครั้งเดียวก่อนการไถพรวนการปลูกอ้อยใหม่ อย่างน้อย 2 อาทิตย์ ทั้งนี้ การปลูกอ้อยในปีหนึ่งๆ เกษตรกรควรเลือกใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นหรือเถ้าลอยเบา อย่างใดอย่างหนึ่ง เพื่อประหยัดงบประมาณและแรงงาน โดยข้อดีของการใช้สารยับยั้งเมื่อเทียบกับเถ้าลอยเบาในด้านต้นทุนการ

ผลิตที่สำคัญคือ ไม่ต้องใช้คนงานเยอะ ทำให้เกิดการประหยัดค่าจ้างแรงงานมากขึ้น รวมทั้งมีความเข้าใจต่อการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาที่ซึ่งจะไปยับยั้งการเปลี่ยนรูปของปุ๋ยจึงสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้ ทำให้เกษตรกรได้รับรายได้เพิ่มขึ้น รวมทั้งการใช้สารยับยั้งดังกล่าว กลุ่มเป้าหมายที่เข้าร่วมโครงการต้องไม่เผาไร่ ซึ่งผู้รับซื้อผลผลิตจะเพิ่มราคาขายให้ตันละ 30 บาทต่อไร่ ในกรณีที่เกษตรกรไม่เผาแปลงเพาะปลูกของตนเอง

5) ความเชื่อมั่นของกลุ่มเป้าหมายต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

กล่าวได้ว่าในภาพรวม กลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่มีความเชื่อมั่นต่อโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการประยุกต์ใช้สารยับยั้งไนตรีฟิเคชั่นใน 2 ประเด็นที่สำคัญ กล่าวคือ 1) เชื่อมั่นต่อการศึกษาของนักวิจัยซึ่งได้ทำการศึกษาทั้งจากผลงานวิจัยในอดีต การศึกษาในห้องปฏิบัติการ และการทดลองในแปลงสาธิตซึ่งอยู่ในพื้นที่เพาะปลูกของกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการมาก่อนหน้าว่าวิธีการของนักวิจัยสามารถทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง ทั้งนี้หากกลุ่มเป้าหมายรายอื่นได้ทำการทดลองใช้ในแปลงปลูกของตนเองและติดตามผลอย่างต่อเนื่องจะส่งผลให้มีความเชื่อมั่นต่อสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นมากขึ้น 2) เชื่อมั่นในผลประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นสามารถช่วยลดโลกร้อนได้มากขึ้น เนื่องจากทำให้เกิดการลดการปลดปล่อย ก๊าซเรือนกระจกและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน

ในขณะที่ กลุ่มเป้าหมายบางส่วนที่ยังไม่มีความเชื่อมั่นต่อโครงการดังกล่าว เกิดจากยังไม่ได้นำไปทดลองใช้จริงในพื้นที่เพาะปลูกของตนเอง จึงยังไม่มีความมั่นใจในผลประโยชน์ที่จะได้รับ รวมทั้งมีความเห็นว่าเนื่องจากการทดลองใช้สารดังกล่าวต้องมีการควบคุมกระบวนการหรือปัจจัยการผลิตในพื้นที่ให้อยู่ในสภาพที่คล้ายคลึงกันจึงจะได้ผลผลิตเหมือนกัน ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำได้ยากในทางปฏิบัติ

6) ความสนใจของกลุ่มเป้าหมายที่จะนำเทคโนโลยีการประยุกต์ใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นไปใช้ในพื้นที่เพาะปลูกของตนเอง

กล่าวได้ว่า กลุ่มเป้าหมายมีความสนใจทั้งการนำสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบามาใช้ในพื้นที่เพาะปลูกเนื่องจากมีความเข้าใจเนื้อหาการบรรยายจากนักวิจัย จึงเชื่อมั่นว่าวิธีการดังกล่าวสามารถลดต้นทุนการผลิต ทำให้ปุ๋ยที่ใส่ในแปลงอยู่ได้นานขึ้น และทำให้ได้รับผลผลิตต่อไร่มากขึ้น โดยคาดว่าจะทดลองใช้ทันทีภายหลังจากได้เข้าไปเยี่ยมชมแปลงสาธิตแล้ว ทั้งนี้เกษตรกรยอมรับที่จะใช้สารหากได้รับการสนับสนุนทางการเงิน

7) ความห่วงกังวลที่เกี่ยวข้อง

กลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่มีความห่วงเกี่ยวกับการติดต่อสั่งซื้อสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับตัวแทนจำหน่าย สถานที่สั่งซื้อ และต้นทุนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง มากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ความต่อเนื่องของโครงการส่งเสริมการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา ในกรณีที่การดำเนินโครงการดังกล่าวจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องขาดความต่อเนื่อง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการให้ การจำหน่าย หรือการเข้าถึงสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในระยะยาวได้

4.8 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย (policy brief) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในระบบการเพาะปลูกอ้อย

ประเทศไทยปลูกอ้อย พ.ศ. 2558/2559 จำนวน 11,012,839 ไร่ ปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงรวม 643,779 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า กำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ ร้อยละ 30 โดยใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น เพื่อบรรลุเป้าหมายดังกล่าว ภาครัฐ โรงานน้ำตาล และเกษตรกร ควรที่จะดำเนินการมาตรการดังต่อไปนี้

1) รัฐบาลควรสนับสนุนแนวคิดผลประโยชน์ในด้านอื่น ๆ (co-benefits) และสนับสนุนด้านการเงิน (incentive) ในการดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจก ด้วยการใช้วัตถุยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

การใช้ NIs ทั้งในรูปสารอินทรีย์สังเคราะห์และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นทั้งมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (mitigation) และมาตรการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (adaptation) ที่ให้ผลประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ไปพร้อมกัน ได้แก่ เพิ่มศักยภาพการผลิต ลดการสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจน เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน ลดการชะละลายธาตุอาหารไนโตรเจน และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลการวิจัยเรื่องนี้พบว่า การใช้วัตถุยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเพิ่มผลผลิตอ้อยได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศจำนวนมาก

- **กรณีศึกษาผลประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ที่ได้รับจากการแก้ไขปัญหาอ้อยไฟไหม้**

ในปีการผลิต 2547/2548, 2548/2549, 2549/2550 และ 2558/2559 ปริมาณอ้อยไฟไหม้ที่ส่งเข้าหีบมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ คิดเป็นร้อยละ 47.47, 52.73, 58.49, และ 65 ตามลำดับ สาเหตุเนื่องมาจากการขาดแคลนแรงงาน และปริมาณเครื่องจักรที่ใช้ทดแทนแรงงานยังมีไม่มากพอและไม่สามารถทดแทนแรงงานได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว มีผลกระทบด้านลบ ได้แก่ ค่าความหวานลดลง การสูญเสียน้ำหนักสด อ้อยสกปรกส่งผลให้การหีบอ้อยช้าสูญเสียน้ำตาลซูโครสเป็นเด็กซ์แทรนในขบวนการผลิตโดยจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอ้อย ปัญหามลพิษทางอากาศ ทำลายระบบนิเวศในแปลงปลูกอ้อย และปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเศษวัสดุการเกษตรในที่โล่ง

ดังนั้น คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย จึงออกระเบียบว่าด้วย หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการตัดสินข้อโต้แย้งเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพอ้อย อ้อยไฟไหม้ ความบริสุทธิ์ของอ้อย และกำหนดประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานน้ำตาล พ.ศ. 2549 เพื่อป้องกันแก้ไขปัญหาสร้างแรงจูงใจอ้อยไฟไหม้ โดย

มาตรการทางเศรษฐศาสตร์ โดย ระเบียบข้อ 3 (2) อ้อยไฟไหม้ จะถูกหักเงินค่าอ้อยจากราคาอ้อยขั้นต้นไว้ตันละ 20 บาท โดยให้โรงงานนำผลรวมของจำนวนเงินที่หักตามข้อ 3 (2) และ ข้อ 3 (3) คืนเงินให้กับชาวไร่อ้อยที่ส่งอ้อยสดคุณภาพดีไม่เกินตันอ้อยละ 50 บาท ผลจากการดำเนินมาตรการนี้ ให้ผลประโยชน์ในด้านอื่น ๆ แก่ เกษตรกรได้เงินคืนค่าอ้อยสด 70-100 บาท/ตัน (กลุ่มมิตรผล, 2553; กลุ่มน้ำตาลกุมภวาปี, 2559) และขายใบอ้อยสดและยอดอ้อย เพื่อเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ตันละ 600 บาท โรงงานลดต้นทุนการผลผลิตและมีเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลเพิ่มขึ้น และลดปัญหาคุณภาพอากาศและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตามยังไม่มีการจัดทำบัญชีลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเศษวัสดุการเกษตรในที่โล่ง

- ความเป็นไปได้ในการดำเนินนโยบายผลประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ในการจัดการผลิตอ้อยด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

จากกรณีศึกษาในข้อ 3.1.1 เป้าหมายการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ ร้อยละ 30 โดยใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น สามารถดำเนินการได้ ด้วยอาศัยอำนาจตาม พระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 มีความเป็นไปได้ที่จะดำเนินนโยบายผลประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ในการจัดการผลิตอ้อยด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ดังรายละเอียดเพื่อพิจารณา ต่อไปนี้

1) เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก ต้นทุนและผลตอบแทนผลประโยชน์ในด้านอื่น

ประเทศไทยปลูกอ้อย พ.ศ. 2558/2559 จำนวน 11,012,839 ไร่ ปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรงรวม 643,779 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า กำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ ร้อยละ 30 โดยใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น โดยกำหนดประสิทธิภาพลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ได้ร้อยละ 30 ดังนั้นพื้นที่ปลูกอ้อยเป้าหมายที่จะต้องดำเนินการ เท่ากับร้อยละ 17.7 ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ

ต้นทุนการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate เท่ากับ 57.55 บาท/ไร่ คิดเป็นต้นทุนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 580 บาท หรือ $16.6 /ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผลตอบแทนในเชิงผลประโยชน์ในด้านอื่น ๆ จำแนกเป็น ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 เท่ากับมูลค่า 970 บาท/ไร่ ทั้งนี้สัดส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน 1.67

นอกจากนี้ ยังมีผลประโยชน์อื่นๆ ที่สามารถคำนวณเป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ การลดภาระการบำบัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวเนื่องกับการสูญเสียไนโตรเจนที่ลดลง และภาครัฐที่จัดเก็บได้เพิ่มขึ้นจากภาษีมูลค่าเพิ่มและภาษีรายได้บุคคลธรรมดาและนิติบุคคล

2) การยอมรับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นของเกษตรกร

ผลการสำรวจทัศนคติ การยอมรับเทคโนโลยีการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาของเกษตรกร ใน อำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า เกษตรกร มีความรู้และความตระหนักต่อปัญหาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทั้งนี้เกษตรกรมีระดับการยอมรับเทคโนโลยีการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา เพื่อเพิ่มผลผลิต และ ลดก๊าซเรือนกระจก ในระดับดีมาก ซึ่งเกษตรกรยอมรับที่จะมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบค่าใช้จ่ายเพื่อจัดซื้อสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (cost-share)

2) รัฐบาลควรที่จะส่งเสริมการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภาคเกษตรด้านความมั่นคงทางอาหารและความยืดหยุ่นในการปรับตัว ด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

อ้อยเป็นทั้งพืชพลังงานและพืชอาหาร นอกจากนี้ยังเป็นวัตถุดิบสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของอ้อยและผลผลิต การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา ยังช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการปรับตัว การตอบสนองของผลผลิตอ้อยต่อพื้นที่ ต่อปัจจัยทางเศรษฐกิจ และสภาพภูมิอากาศ ดังสมการเชิงเส้น คาดการณ์ผลผลิตอ้อย ต่อไปนี้

ผลผลิตอ้อยต่อไร่ = 1.483 + 0.154 x ราคาอ้อย - 0.0492 x อุณหภูมิกลางคืน + 0.00014 x ปริมาณน้ำฝน (t-1) + 0.842 x ผลผลิตอ้อยต่อไร่ (t-1)

จากสมการ ตัวแปร ราคาอ้อย สภาพภูมิอากาศ เป็นปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ หรือไม่มีความยืดหยุ่นในการปรับตัว แตกต่างจากการปรับตัวในวิธีการผลิต ที่สามารถเพิ่มผลผลิตได้และให้ผลประโยชน์ด้านอื่น ๆ เช่น การลดพิษทางอากาศและน้ำ และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

3) รัฐบาลควรสร้างแรงจูงใจแก่โรงงานอ้อยในการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย

โรงงานอ้อยควรเป็นผู้ประสานงานในการดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวของเกษตรกร ผ่านองค์กรและสถาบันชาวไร่อ้อย หัวหน้ากลุ่มชาวไร่อ้อย หัวหน้าโควตา โดยรัฐบาลกำหนดมาตรฐานเชิงสมรรถภาพลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (performance standards) ในกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย โดยรัฐบาลใช้เป็นข้อพิจารณาให้โควตาการผลิตน้ำตาลทรายเพิ่มให้กับโรงงาน

4) หน่วยงานภาครัฐควรประกาศใช้ระบบการตรวจวัด การรายงานผล และการทวนสอบ (MRV) สำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกและการลดก๊าซเรือนกระจก

ก่อนการดำเนินนโยบายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น หน่วยงานภาครัฐบาลที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ควรที่จะจัดทำและประกาศใช้ ระบบการตรวจวัด การรายงานผล และการทวนสอบ ที่เหมาะสมกับประเทศไทย (T-MRV) เพื่อประโยชน์ในการดำเนินการตาม INDCs

5) หน่วยงานภาครัฐควรจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การกักเก็บคาร์บอนในดิน ตรวจสอบผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมและการประเมินผลการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา อย่างต่อเนื่อง

การศึกษาวิจัย ประกอบด้วย การจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (baseline emission) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (project emission) ในการผลิตอ้อย และศึกษาอัตราการกักเก็บคาร์บอนในดิน การพัฒนาการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกใน Tier 2 และ Tier 3 รวมถึงการติดตามตรวจสอบผลกระทบต่อสุขภาพและการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยทางอาหารในพื้นที่ที่มีการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา อย่างต่อเนื่อง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 ประสิทธิภาพการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์และเพิ่มผลผลิตในการปลูกอ้อยในแปลงเกษตรกรนำร่อง

ปริมาณการปล่อยไนตรัสออกไซด์ทางตรง จากดินปลูกอ้อยที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน กรณีที่ใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 767.09 kg CO_2eq/ha (พิสัย 230.13-2,301.27 kg CO_2eq/ha) กรณีที่ใช้ปุ๋ยร่วมกับการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate (รหัสสาร 51F2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 438.34 kg CO_2eq/ha (พิสัย 131.50-1,315.01 kg CO_2eq/ha) และกรณีที่ใช้ปุ๋ยร่วมกับการใส่เถ้าลอยเบา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 146.11 kg CO_2eq/ha (พิสัย 43.83-438.34 kg CO_2eq/ha)

ทั้งนี้กรณีที่ใช้ปุ๋ยร่วมกับการใช้ เถ้าลอยเบา สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate ประสิทธิภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 66.67 และ 42.86 ร้อยละการคงเหลือของแอมโมเนียมในดิน มีค่ามากกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว ร้อยละ 23.95 กับ 7.64 ร้อยละ 54.43 กับ 0.57 ร้อยละ 79.24 กับ 18.46 ร้อยละ 79.92 กับ 23.78 และ ร้อยละ 44.07 กับ 15.24 ณ วันที่ 0 3 7 14 และ 28 วัน หลังใส่ปุ๋ยตามลำดับ ทั้งนี้สาร *trans*-methyl cinnamate และเถ้าลอยเบา ออกฤทธิ์ยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในดินได้นานไม่น้อยกว่า 28 วัน

ผลผลิตของอ้อยในแปลงที่ใส่ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น และเถ้าลอยเบา มีน้ำหนักผลผลิตต่อพื้นที่มากกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียวร้อยละ 10.49-2.52 และ 9.69-1.02 ตามลำดับ ทั้งนี้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิต มีค่า 1,018.53 และ 993.74 yield kg/N kg input ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ย B/C ratio ของการปลูกอ้อยตลอดระยะเวลา 3 ปี ของการใช้ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate มีค่า 1.37 ในขณะที่การใช้ปุ๋ยร่วมกับเถ้าลอยเบา และการใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว มีค่า 1.34 และ 1.28 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเพียงอย่างเดียวพบว่าสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น *trans*-methyl cinnamate และเถ้าลอยเบา ทำกำไรได้ร้อยละ 7.5 และ 4.7 ตามลำดับ

5.2 ความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายต่อการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย

จากการเผยแพร่ สาระสำคัญเชิงประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ได้แก่ ชะลอการการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียในดินได้ ร้อยละ 11.0-12.3 การใส่เถ้าลอยเบา สาร *trans*-methyl cinnamate และ สาร 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) ร่วมกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ลดก๊าซเรือนกระจกได้ ร้อยละ 29.7 15.3 และ 10.97 และผลผลิตเพิ่มขึ้น ร้อยละ 14.2 10.3 และ 13.78 เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว โดยมีสัดส่วนผลตอบแทนการลงทุน (B/C ratio) อยู่ที่ 1.16 1.25 และ 1.18 ตามลำดับ

กลุ่มเป้าหมายในระดับผู้กำหนดนโยบาย นักวิชาการ และเกษตรกร มีความเห็นสอดคล้องกับผลการวิจัยว่า ภาคเกษตรเป็นภาคส่วนที่เป็นแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ แต่ในขณะเดียวกันภาคเกษตรมีศักยภาพเชิงเทคนิคในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและกักเก็บคาร์บอนในดินได้ด้วยต้นทุนที่ค่อนข้างต่ำ พร้อมทั้งสามารถช่วยสร้างผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ (co-benefits) เช่น ความมั่นคงด้านอาหาร ผลผลิต ความต้านทาน ความยืดหยุ่น และการฟื้นตัวจากผลกระทบ และการบริการของระบบนิเวศ

สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา นอกจากจะมีศักยภาพลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์แล้ว ยังมีคุณสมบัติกักเก็บคาร์บอนในดิน ลดการชะละลายธาตุอาหารไนโตรเจนลงแหล่งน้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และผลผลิตอีกด้วย ซึ่งนับเป็นผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ ที่จูงใจให้ทุกภาคส่วนมีส่วนร่วมและเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะใช้เป็นเครื่องมือเพื่อจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคเกษตร

ทั้งนี้ควรมีการศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวข้องก่อนการขยายผลสู่ระดับการปฏิบัติในแปลงอ้อย ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องควรที่จะเตรียมความพร้อม ในประเด็นต่อไปนี้ 1) ประเด็นด้านประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 2) การผนวกการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในกลไกการพัฒนาที่สะอาด 3) กรณีศึกษาการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกในต่างประเทศ 4) การกำหนด MRV ในบัญชีก๊าซเรือนกระจกและบัญชีลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ 5) การดำเนินการด้านการผลิตอ้อยที่เป็นมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่แล้วและสามารถนำมาคำนวณ projected emission 6) การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในระยะยาวและผลกระทบสิ่งแวดล้อม 7) การเพิ่มผลิตโดยการให้น้ำที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของการปล่อยไนตรัสออกไซด์จากดินเกษตร 8) การใช้แนวคิดการประเมินวัฏจักรวงจรชีวิต (life cycle assessment; LCA) ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลางและขั้นปลาย 9) ประเด็นการดำเนินการที่ทำได้ก่อนในการปลูกอ้อยเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การลดก๊าซ

เรือนกระจกจากการเผาเศษวัสดุการเกษตร 10) การผันแปรของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากนาข้าวมาเป็นไร่อ้อย และ 11) ห่วงโซ่อุปทานและการผลิตสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

5.3 ความรู้ ทัศนคติ และการยอมรับเทคโนโลยีการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นของเกษตรกร

หลังการเผยแพร่ความรู้ เรื่อง การเพิ่มผลผลิตและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ให้แก่เกษตรกรกลุ่มเป้าหมาย พร้อมกับการใช้แบบสอบถามและการสนทนากลุ่มย่อย พบว่า เกษตรกรมีความรู้ระดับดีต่อปัญหาภาวะโลกร้อนและผลกระทบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยตระหนักรู้ว่าการปลูกอ้อยปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การยอมรับเทคโนโลยีการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา พบว่า เมื่อเกษตรกรได้รับสารเกี่ยวกับการเพิ่มผลผลิตและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น เกิดทัศนคติและมีความเชื่อถือในข่าวสาร ในระดับมากถึงมากที่สุด ในประเด็น 1) ด้านเศรษฐกิจ การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบามีผลต่อการสร้างรายได้และพัฒนาเศรษฐกิจจากผลผลิตที่ได้เพิ่มมากขึ้น 2) ด้านสังคม เครือข่ายเกษตรกรมีการยอมรับและสนับสนุนการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา 3) ด้านสิ่งแวดล้อม เกษตรกรมีทัศคติที่ดีว่าการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน 4) ด้านการมีส่วนร่วม ยินดีที่มีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ 5) ด้านนโยบายรัฐ เกษตรกรเห็นด้วยต่อการส่งเสริมการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นของภาครัฐ

ทั้งนี้เกษตรกรแสดงออกถึงความเชื่อมั่น ยอมรับ และยืนยันตัดสินใจยอมรับและนำไปปฏิบัติ ในระดับมากถึงมากที่สุด ทั้งนี้เกษตรกรมีความต้องการได้รับการสนับสนุนด้านการเงินจากภาครัฐหรือโรงงานน้ำตาลและยินดีปันส่วนค่าใช้จ่ายในการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

5.4 ข้อเสนอเชิงนโยบายการใช้การยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

เป้าหมายการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ ร้อยละ 30 โดยใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น เพื่อบรรลุเป้าหมายดังกล่าว ภาครัฐ โรงงานน้ำตาลและเกษตรกร ควรที่จะดำเนินการมาตรการดังต่อไปนี้ 1) รัฐบาลควรสนับสนุนแนวคิดผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ และสนับสนุนแรงจูงใจด้านการเงินในการดำเนินมาตรการลดก๊าซเรือนกระจก ด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา 2) ความเป็นไปได้ในการดำเนินนโยบายผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ ในการจัดการผลิตอ้อยด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น 3) รัฐบาลควรที่จะส่งเสริมการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภาคเกษตรด้านความมั่นคงทางอาหารและความยืดหยุ่นในการปรับตัวด้วย

การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา 4) รัฐบาลควรที่จะสร้างแรงจูงใจแก่โรงงานอ้อยในการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อย 5) หน่วยงานภาครัฐควรประกาศใช้ระบบการตรวจวัด การรายงานผล และการทวนสอบ (Measurable Reportable Verifiable; MRV) สำหรับการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกและการลดก๊าซเรือนกระจก 6) หน่วยงานภาครัฐควรจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การกักเก็บคาร์บอนในดิน ตรวจสอบผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมและการประเมินผลการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาอย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E.W. & Lipman, D.J. (1990) Basic local alignment search tool. *Journal of molecular biology*, 215, 403-410.

Ball, B., Cameron, K., Di, H. & Moore, S. (2012) Effects of trampling of a wet dairy pasture soil on soil porosity and on mitigation of nitrous oxide emissions by a nitrification inhibitor, dicyandiamide. *Soil Use and Management*, 28, 194-201.

Bouwman, A.F. (1996) Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 46, 53-70.

Chen, D., Suter, H.C., Islam, A. & Edis, R. (2010) Influence of nitrification inhibitors on nitrification and nitrous oxide (N_2O) emission from a clay loam soil fertilized with urea. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 660-664.

Cole, J.R., Chai, B., Farris, R.J., Wang, Q., Kulam, S., McGarrell, D.M., Garrity, G.M. & Tiedje, J.M. (2005) The Ribosomal Database Project (RDP-II): sequences and tools for high-throughput rRNA analysis. *Nucleic acids research*, 33, D294-D296.

Cui, M., Sun, X., Hu, C., Di, H.J., Tan, Q. & Zhao, C. (2011) Effective mitigation of nitrate leaching and nitrous oxide emissions in intensive vegetable production systems using a nitrification inhibitor, dicyandiamide. *Journal of Soils and Sediments*, 11, 722-730.

Datta, A. & Adhya, T. (2014) Effects of organic nitrification inhibitors on methane and nitrous oxide emission from tropical rice paddy. *Atmospheric Environment*, 92, 533-545.

David, B.-R., Kenne, R.-F., Lina, F.-C., Hermann, R.-D. & Lilliana, H.-C. (2011) The effect of nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on nitrifying organism populations under *in vitro* conditions. *Agricultural Sciences*, 02, 198-200.

De Klein, C., Cameron, K., Di, H., Rys, G., Monaghan, R. & Sherlock, R. (2011) Repeated annual use of the nitrification inhibitor dicyandiamide (DCD) does not alter its effectiveness in reducing N 2 O emissions from cow urine. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 480-491.

Di, H. & Cameron, K. (2012) How does the application of different nitrification inhibitors affect nitrous oxide emissions and nitrate leaching from cow urine in grazed pastures? *Soil Use and Management*, 28, 54-61.

Ding, W.X., Hongyan, Y.Y. & Cai, Z.C. (2011) Impact of urease and nitrification inhibitors on nitrous oxide emissions from fluvo-aquic soil in the North China Plain. *Biology and Fertility of Soils*, 47, 91-99.

Dinnes, D.L., Karlen, D.L., Jaynes, D.B., Kaspar, T.C., Hatfield, J.L., Colvin, T.S. & Cambardella, C.A. (2002) Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained midwestern soils. *Agronomy Journal*, 94, 153-171.

Gibson, C.A. & Meyer, J.L. (2007) Nutrient Uptake in a Large Urban River. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 43, 576-587.

Goldman, E.R., Medintz, I.L., Whitley, J.L., Hayhurst, A., Clapp, A.R., Uyeda, H.T., Deschamps, J.R., Lassman, M.E. & Mattoussi, H. (2005) A Hybrid Quantum Dot–Antibody Fragment Fluorescence Resonance Energy Transfer-Based TNT Sensor. *Journal of the American Chemical Society*, 127, 6744-6751.

Gopalakrishnan, S., Watanabe, T., Pearse, S.J., Ito, O., Hossain, Z. & Subbarao, G.V. (2009) Biological nitrification inhibition by Brachiaria humidicola roots varies with soil type and inhibits nitrifying bacteria, but not other major soil microorganisms. *Soil Science and Plant Nutrition*, 55, 725-733.

Gopalakrishnan, S., Subbarao, G.V., Nakahara, K., Yoshihashi, T., Ito, O., Maeda, I., Ono, H. & Yoshida, M. (2007) Nitrification inhibitors from the root tissues of *Brachiaria humidicola*, a tropical grass. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 1385-1388.

Goyal, S.S. (2000) Analytical methods and quality assurance. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31, 1919-1927.

Gundersen, P., Christiansen, J.R., Alberti, G., Brüggemann, N., Castaldi, S., Gasche, R., Kitzler, B., Klemedtsson, L., Lobo-do-Vale, R. & Moldan, F. (2012) The response of methane and nitrous oxide fluxes to forest change in Europe. *Biogeosciences*, 9, 3999-4012.

Hemwong, S., Toomsan, B., Cadisch, G., Limpinuntana, V., Vityakon, P. & Patanothai, A. (2009) Sugarcane residue management and grain legume crop effects on N dynamics, N losses and growth of sugarcane. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 83, 135-151.

IPCC (1997) Greenhouse gas reference manual: revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Reference Volume 3. (ed. by J.T. Houghton, L.G. Meira Filho,

B. Lin, K. Tre´Anton, I. Mamaty, Y. Bonduky, D.J. Briggs and B.A. Callander). Intergovernmental Panel on Climate Change.

Ishikawa, T., Subbarao, G.V., Ito, O. & Okada, K. (2003) Suppression of nitrification and nitrous oxide emission by the tropical grass *Brachiaria humidicola*. *Plant and Soil*, 255, 413-419.

Islam, M.R., Singh Chauhan, P., Kim, Y., Kim, M. & Sa, T. (2011) Community level functional diversity and enzyme activities in paddy soils under different long-term fertilizer management practices. *Biology and Fertility of Soils*, 47, 599-604.

Jumadi, O., Hala, Y., Muis, A., Ali, A., Palennari, M., Yagi, K. & Inubushi, K. (2008) Influences of chemical fertilizers and a nitrification inhibitor on greenhouse gas fluxes in a corn (*Zea mays* L.) field in Indonesia. *Microbes and environments*, 23, 29-34.

Klemedtsson, L., Ernfors, M., Björk, R.G., Weslien, P., Rütting, T., Crill, P. & Sikström, U. (2010) Reduction of greenhouse gas emissions by wood ash application to a *Picea abies* (L.) Karst. forest on a drained organic soil. *European Journal of Soil Science*, 61, 734-744.

Kölln, O.T., Franco, H.C.J., Ferreira, D.A., Vargas, V.P., Castro, S.A.d.Q., Cantarella, H., Caldana, C. & Trivelin, P.C.O. (2016) Root extracts of *Bracchiaria humidicola* and *Saccharum spontaneum* to increase N use by sugarcane. *Scientia Agricola*, 73, 34-42.

Kool, D.M., Wrage, N., Zechmeister-Boltenstern, S., Pfeffer, M., Brus, D., Oenema, O. & Van Groenigen, J.W. (2010) Nitrifier denitrification can be a source of N_2O from soil: a revised approach to the dual-isotope labelling method. *European Journal of Soil Science*, 61, 759-772.

Kuusemets, V., Mander, U., Lohmus, K. & Ivask, M. (2001) Nitrogen and phosphorus variation in shallow groundwater and assimilation in plants in complex riparian buffer zones. *Water Science & Technology*, 44, 615–622.

Li, H., Chen, Y.X., Liang, X.Q., Lian, Y.F. & Li, W.H. (2009) Mineral-nitrogen Leaching and Ammonia Volatilization from a Rice-Rapeseed System as Affected by 3,4-Dimethylpyrazole Phosphate. *Journal of Environmental Quality*, 38, 2131-2137.

Li, H., Liang, X., Chen, Y., Lian, Y., Tian, G. & Ni, W. (2008) Effect of nitrification inhibitor DMPP on nitrogen leaching, nitrifying organisms, and enzyme activities in a rice-oilseed rape cropping system. *Journal of Environmental Sciences*, 20, 149-155.

Liu, C., Wang, K. & Zheng, X. (2013) Effects of nitrification inhibitors (DCD and DMPP) on nitrous oxide emission, crop yield and nitrogen uptake in a wheat–maize cropping system. *Biogeosciences*, 10, 2427-2437.

Luo, L.-g., Itoh, S., Zhang, Q.-w., Yang, S.-q., Zhang, Q.-z. & Yang, Z.-l. (2011) Leaching behavior of nitrogen in a long-term experiment on rice under different N management systems. *Environmental Monitoring and Assessment*, 177, 141-150.

Ma, B.L., Wu, T.Y., Tremblay, N., Deen, W., Morrison, M.J., McLaughlin, N.B., Gregorich, E.G. & Stewart, G. (2010) Nitrous oxide fluxes from corn fields: on-farm assessment of the amount and timing of nitrogen fertilizer. *Global Change Biology*, 16, 156-170.

Macadam, X.M.B., del Prado, A., Merino, P., Estavillo, J.M., Pinto, M. & González-Murua, C. (2003) Dicyandiamide and 3, 4-dimethyl pyrazole phosphate decrease N_2O emissions from grassland but dicyandiamide produces deleterious effects in clover. *Journal of plant physiology*, 160, 1517-1523.

Majumdar, D. (2002) Suppression of nitrification and N_2O emission by karanjin - a nitrification inhibitor prepared from karanja (*Pongamia glabra* Vent.). *Chemosphere*, 47, 845-850.

Majumdar, D., Pathak, H., Kumar, S. & Jain, M. (2002) Nitrous oxide emission from a sandy loam Inceptisol under irrigated wheat in India as influenced by different nitrification inhibitors. *Agriculture, ecosystems & environment*, 91, 283-293.

Majumdar, D., Kumar, S., Pathak, H., Jain, M.C. & Kumar, U. (2000) Reducing nitrous oxide emission from an irrigated rice field of North India with nitrification inhibitors. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 81, 163-169.

Mathurasa, L., Tongcumpou, C., Sabatini, D.A. & Luepromchai, E. (2012) Anionic surfactant enhanced bacterial degradation of tributyltin in soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 75, 7-14.

McTaggart, I., Clayton, H., Parker, J., Swan, L. & Smith, K. (1997) Nitrous oxide emissions from grassland and spring barley, following N fertiliser application with and without nitrification inhibitors. *Biology and Fertility of Soils*, 25, 261-268.

Merino, P., Menéndez, S., Pinto, M., González-Murua, C. & Estavillo, J. (2005) 3, 4-Dimethylpyrazole phosphate reduces nitrous oxide emissions from grassland after slurry application. *Soil Use and Management*, 21, 53-57.

Miranda, K.M., Espey, M.G. & Wink, D.A. (2001) A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. *Nitric Oxide*, 5, 62-71.

Mohanty, S., Patra, A.K. & Chhonkar, P.K. (2008) Neem (*Azadirachta indica*) seed kernel powder retards urease and nitrification activities in different soils at contrasting moisture and temperature regimes. *Bioresource Technology*, 99, 894-899.

Moir, J., Malcolm, B., Cameron, K. & Di, H. (2012) The effect of dicyandiamide on pasture nitrate concentration, yield and N offtake under high N loading in winter and spring. *Grass and Forage Science*, 67, 391-402.

Mulvaney, R.L. (1996) Nitrogen: inorganic forms. *Methods of Soil Analysis. Part* 3. *Chemical Methods* (ed. by D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Leoppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnson and M.E. Sumner), pp. 1123–1184. Soil Science Society of American and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.

ONEP (2015) Thailand's First Biennial Update Report under the United Nations Framework Convention on Climate Change. In, p. 78, Bangkok.

Pasda, G., Hähndel, R. & Zerulla, W. (2001) Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. *Biology and Fertility of Soils*, 34, 85-97.

Pfab, H., Palmer, I., Buegger, F., Fiedler, S., Müller, T. & Ruser, R. (2012) Influence of a nitrification inhibitor and of placed N-fertilization on N 2 O fluxes from a vegetable cropped loamy soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 150, 91-101.

Robertson, G.P. & Groffman, P.M. (2007) Nitrogen Transformations. *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry* (ed. by A.P. Eldor), pp. 341-364. Academic Press, Oxford, UK.

Simões, M.d.S., Rocha, J.V. & Lamparelli, R.A.C. (2005) Spectral variables, growth analysis and yield of sugarcane. *Scientia Agricola*, 62, 199-207.

Smith, P., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., Haberl, H., Harper, R., House, J., Jafari, M., Masera, O., Mbow, C., Ravindranath, N.H., Rice, C.W., Roble do Abad, C., Romanovskaya, A., Sperling, F. & Tubiello, F. (2014) Chapter 11 - Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). *Climate Change* 2014: *Mitigation of Climate Change. IPCC Working Group III Contribution to AR*5. Cambridge University Press.

Subbarao, G., Ishikawa, T., Ito, O., Nakahara, K., Wang, H. & Berry, W. (2006a) A bioluminescence assay to detect nitrification inhibitors released from plant roots: a case study with *Brachiaria humidicola*. *Plant and Soil*, 288, 101-112.

Subbarao, G., Rondon, M., Ito, O., Ishikawa, T., Rao, I., Nakahara, K., Lascano, C. & Berry, W. (2007) Biological nitrification inhibition (BNI)—is it a widespread phenomenon? *Plant and Soil*, 294, 5-18.

Subbarao, G., Nakahara, K., Ishikawa, T., Yoshihashi, T., Ito, O., Ono, H., Ohnishi-Kameyama, M., Yoshida, M., Kawano, N. & Berry, W. (2008) Free fatty acids from the pasture grass *Brachiaria humidicola* and one of their methyl esters as inhibitors of nitrification. *Plant and Soil*, 313, 89-99.

Subbarao, G.V., Ito, O., Sahrawat, K.L., Berry, W.L., Nakahara, K., Ishikawa, T., Watanabe, T., Suenaga, K., Rondon, M. & Rao, I.M. (2006b) Scope and strategies for regulation of nitrification in agricultural systems-challenges and opportunities. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25, 303-335.

Subbarao, G.V., Nakahara, K., Hurtado, M.P., Ono, H., Moreta, D.E., Salcedo, A.F., Yoshihashi, A.T., Ishikawa, T., Ishitani, M., Ohnishi-Kameyama, M., Yoshida, M., Rondon, M., Rao, I.M., Lascano, C.E., Berry, W.L. & Ito, O. (2009) Evidence for biological nitrification inhibition in Brachiaria pastures. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 17302-17307.

Taverniers, I., Van Bockstaele, E., De Loose, M. & Gad, S.C. (2010) Analytical Method Validation and Quality Assurance. *Pharmaceutical Sciences Encyclopedia*. John Wiley & Sons, Inc.

Thind, H., Bijay, S., Pannu, R., Yadvinder, S., Varinderpal, S., Gupta, R., Vashistha, M., Singh, J. & Kumar, A. (2010) Relative performance of neem (*Azadirachta indica*) coated urea vis-à-vis ordinary urea applied to rice on the basis of soil test or following need based nitrogen management using leaf colour chart. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 87, 1-8.

Weiske, Benckiser, Herbert & Ottow (2001) Influence of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in comparison to dicyandiamide (DCD) on nitrous oxide emissions, carbon dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments. *Biology and Fertility of Soils*, 34, 109-117.

Yang, M., Fang, Y., Sun, D. & Shi, Y. (2016) Efficiency of two nitrification inhibitors (dicyandiamide and 3, 4-dimethypyrazole phosphate) on soil nitrogen transformations and plant productivity: a meta-analysis. *Scientific Reports*, 6, 22075.

Yang, X.M., Hart, S.C. & Drury, C.F. (2007) Nitrification Techniques for Soils. *Soil Sampling and Methods of Analysis, Second Edition*. CRC Press.

Yuttitham, M., Gheewala, S.H. & Chidthaisong, A. (2011) Carbon footprint of sugar produced from sugarcane in eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 19, 2119-2127.

Zakir, H., Subbarao, G.V., Pearse, S.J., Gopalakrishnan, S., Ito, O., Ishikawa, T., Kawano, N., Nakahara, K., Yoshihashi, T., Ono, H. & Yoshida, M. (2008) Detection, isolation and characterization of a root-exuded compound, methyl 3-(4-hydroxyphenyl) propionate, responsible for biological nitrification inhibition by sorghum (*Sorghum bicolor*). *New Phytologist*, 180, 442-451.

Zaman, M., Saggar, S., Blennerhassett, J. & Singh, J. (2009) Effect of urease and nitrification inhibitors on N transformation, gaseous emissions of ammonia and nitrous oxide, pasture yield and N uptake in grazed pasture system. *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 1270-1280.

Zerulla, W., Barth, T., Dressel, J., Erhardt, K., Horchler von Locquenghien, K., Pasda, G., Rädle, M. & Wissemeier, A. (2001) 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) - a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biology and Fertility of Soils*, 34, 79-84.

เจษฎา จุ้ยประเสริฐ. ชัยนันต์ กำลังกล้า. และ ทศพล แก้วข้าว (2557) การอนุรักษ์สารอาหารไนโตรเจนและการลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ในแปลงผักด้วยสารชีวภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่น. มหาวิทยาลัยมหิดล, ศาลายา นครปฐม. โครงงานวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

บุญลือคะเชนทร์ชาติและคณะ (2558) รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์แผนงานวิจัยการพัฒนาและประยุกต์สารชีวภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่นจากแหล่งพันธุกรรมข้าวและหญ้า เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าว อนุรักษ์สารอาหารไนโตรเจน และบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก, สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม (2558) รายงานวิจัยฉลับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน กรณีศึกษา การผลิตอ้อย. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, ปทุมธานี.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2557) รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2556/57. กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้าตาลทราย ส้านักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้าตาลทราย ส้านักงานคณะกรรมการอ้อยและน้าตาลทราย, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2559) รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2558/59. กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้าตาลทราย สำนักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้าตาลทราย ส้านักงานคณะกรรมการอ้อยและน้าตาลทราย, กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2553) รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2555) เอกสารประกอบการประชุมรับฟังความคิดเห็น โครงการคาดการณ์การปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้ภาพฉายในอนาคตโดยใช้แบบจำาลองภาคเกษตร (ed by, p. 31. วันที่ 25 มิถุนายน 2555 โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ คอนเวนชั่น กรุงเทพฯ. .

วัลลีย์ อมรพล พินิจ กัญญาศิลปิน ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศรีสุดา ทิพยรักษ์ และ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. (2555) การจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเพื่อการผลิตอ้อยในดินทรายภาคตะวันออก. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ 3: 141-148

สุธิดา ปิ่นชัยศิริ และ ภัทรา เพ่งธรรมกีรติ (2557) ผลของการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชันต่อการปล่อยแก๊สไนตรัสออกไซด์จากดินภายใต้การบ่มในห้องปฏิบัติการ การประชุมวิชาการ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำ ปี 2557 วันที่ 11-13 มิถุนายน 2557 จังหวัดขอนแก่น

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2557) รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปการผลิต 2556/57

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2558) เอกสารประกอบการฝึกอบรม โครงการจัดทาต้นทุนผลผลิตและถ่ายทอดความรู้เพื่อลดต้นทุนการผลิตอ้อยของเกษตรกรในปีเพาะปลูก 2557/58

ภาคผนวก

ผนวก 1

รายชื่อหน่วยงานและจำนวนผู้ร่วมประชุมโครงการสัมมนาเผยแพร่และรับฟังความคิดเห็น
เรื่อง“การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย”
วันพุธที่ 11 พฤษภาคม 2559 เวลา 08.30-13.00 น โรงแรมเดอะสุโกศล กรุงเทพมหานคร

ลำดับที่	ชื่อหน่วยงาน	จำนวน
1	สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร	1
2	กรมวิชาการเกษตร	2
3	สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ	3
4	บริษัท เคทิส วิจัยและ พัฒนา จำกัด (KTIS R&D)	8
5	UNDP-ONEP	1
6	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	5
7	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	3
8	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	1
9	กรมส่งเสริมการเกษตร	1
10	สหสมาคมชาวไร่อ้อยแห่ง ประเทศไทย	1
11	สำนักงานประสานการ จัดการการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ (สปอ.) สผ.	1
12	สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร	1
13	กรมชลประทาน	2
14	ชมรมสถาบันชาวไร่อ้อย ภาคอีสาน	1
15	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น	1
16	กรมพัฒนาที่ดิน	1
17	กองนโยบายเทคโนโลยีเพื่อ การเกษตรและเกษตรกรรมยั่งยืน	2
18	กรมวิชาการเกษตร	1
19	สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.)	1
20	สำนักประสานการจัดการ การเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศ	1
21	ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	5
22	คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2
23	สหพันธ์ชาวไร่อ้อยแห่งประเทศไทย	1
24	เกษตรกร	2

ผนวก 2

สรุปรายชื่อผู้เข้าร่วมประชุมโครงการสัมมนาเผยแพร่และรับฟังความคิดเห็น
เรื่อง“การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย”
วันพุธที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 เวลา 08.30 – 13.00 น.
ณ ห้องกมลฤดี โรงแรมเดอะสุโกศล กรุงเทพมหานคร

ชื่อ – สกุล	หน่วยงาน	ตำแหน่ง
กัณวีย์ ตระกูลแสง	กรมวิชาการเกษตร	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ
ก่อเกียรติ สมประสงค์	สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ
จรินทร์ ระดมกิจ	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)	ผู้จัดการบริษัท
ชลธิชาพรินทร์ นิธิศสุทธิบุตร	UNDP-ONEP	นักวิจัย
ชัยนันต์ กำลังกล้า	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	นักศึกษา
ชมาภัทร ทองสมุทร	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	นักศึกษา
ชณกช คำภา	สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ	นักวิเคราะห์นโยบายและแผน
ชาญชัย รุกขวัฒนกุล	สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ
ธารารัตน์ มณีน่วม	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	นักวิเคราะห์นโยบายและแผน
เฉลิมพงษ์ ตีกขาว	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)	ผู้จัดการฝ่ายไร่
นฤมล ลดาวัลย์ ณ อยุธยา	กรมส่งเสริมการเกษตร	วิศวกรการเกษตรชำนาญการ
นิศาชล เรืองโสม	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	นักศึกษา
นงนาถ อังศุธรรม	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)	เกษตรกร
บุญลือ คะเชนทร์ชาติ	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	อาจารย์
บุษบา เรืองสุข	สหสมาคมชาวไร่อ้อยแห่งประเทศไทย	หัวหน้าสำนักงาน
ปทิตา ธรรมเจริญ	สำนักงานประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ(สปอ.) สผ.	เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน
ปรมาภรณ์ คงหลำ	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
ปุณณกา พิสกุล	สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร	เศรษฐกิจปฏิบัติการ
มัณฑนา สุจริต	กรมชลประทาน	นักวิชาการเกษตร ชำนาญการพิเศษ
มนตรี วิศณุพรประสิทธิ์	ชมรมสถาบันชาวไร่อ้อยภาคอีสาน	เลขาธิการ
พิวัตร เกตุยิ้ม	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
มณฑิรา ยุติธรรม	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	อาจารย์
วราลักษณ์ งามสมจิตร	กรมชลประทาน	นักวิชาการเกษตร ชำนาญการพิเศษ
วรรณวิภา แก้วประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	อาจารย์
สุมาลี กลางสุข	กรมพัฒนาที่ดิน	นักวิชาการเกษตร ชำนาญการพิเศษ

ชื่อ – สกุล	หน่วยงาน	ตำแหน่ง
สุภาวรรณ เพ็ชรศรี	กองนโยบายเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรและเกษตรกรรมยั่งยืน	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ
สมชาย บุญประดับ	กรมวิชาการเกษตร	
สิรินยา ลิม	สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.)	นักวิจัยนโยบาย
ศิวัช แก้วเจริญ	สำนักประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ
ศิริพร รัตนศักดิ์ภักดี	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)	นักวิจัย
อัสมน ลิ่มสกุล	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
เอกวัล ลือพร้อมชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	รองศาสตราจารย์
อตินิสภ์ ตำนานทอง	สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมหาชน)	นักวิเคราะห์
ธวัชชัย แสงคำสุข	สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร	นักวิจัย
วุฒิชัย แขวงเกิด	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
นิดาลักษณ์ อรุณจันทร์	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
อัศธร คำเป็ง	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
วสุเนตร รัตนสุวรรณศรี	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
ปกรเมฆ โพธากุล	สหพันธ์ชาวไร่อ้อยแห่งประเทศไทย	ประธาน
สุชาติ เมธีพิทักษ์	กองเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรยั่งยืน	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ
ศักดิ์ชัย หงษ์ทอง	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	นักวิจัย
ภาอร ใจเย็น	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	นักวิจัย
กุศล ภูธนกิจ	สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล มหาวิทยาลัยมหิดล	นักวิจัย
มุกดา กลิ่นศรี	เครือข่ายนักวิจัย	นักวิจัย
พีระ พรหมมา	เครือข่ายนักวิจัย	นักวิจัย

โครงการสัมมนาเผยแพร่และรับฟังความคิดเห็น เรื่อง

“การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น กรณีศึกษา การผลิตอ้อย”

วันพุธที่ ๑๑ พฤษภาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๓.๐๐ น.

ณ ห้องกมลฤดี โรงแรมเดอะสุโกศล กรุงเทพมหานคร

ชื่อ – สกุล	หน่วยงาน	ตำแหน่ง	E-mail	โทรศัพท์/ โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
กนกศรี ศรินนภากร	สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร	นักวิจัย				
กัณวีย์ ตระกูลแสง	กรมวิชาการเกษตร	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ	Kannawee.tedoa.in.th	08-98175222 02-5794131		
ก่อเกียรติ สมประสงค์	สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ	Koekiet@nesdb.go.th	02-2804085 ต่อ 2509 08-31322899		
จรินทร์ ระดมกิจ	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)					
ชลธิชาพรินทร์ นิธิศสุทธิบุตร						
ชัยนันต์ กำลังกล้า	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์					

ชื่อ – สกุล	หน่วยงาน	ตำแหน่ง	E-mail	โทรศัพท์/ โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
ชมาภัทร ทองสมุทร	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์					
ชณกช ศิริวงษ์	สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ	นักวิเคราะห์นโยบายและแผน	chanahod@nesdb.go.th	02-2804085 ต่อ 2522 02-2800892		
ชาญชัย รุกขวัฒนกุล	สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ		02-2804085 ต่อ 2530		
ชุติมา จงภักดี	องค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน (GIZ)					
ธารารัตน์ มณีน่วม	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	นักวิเคราะห์นโยบายและแผน	thararatm@hotmail.com	02-5612445 ต่อ 310		
เฉลิมพงษ์ ตึกขาว	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)					
นฤมล ลดาวัลย์ ณ อยุธยา	กรมส่งเสริมการเกษตร	วิศวกรการเกษตรชำนาญการ				
นิศาชล เรืองโสม	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์					
นงนาถ อังศุธรรม	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)					

ชื่อ – สกุล	หน่วยงาน	ตำแหน่ง	E-mail	โทรศัพท์/ โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
มณฑิรา ยุติธรรม	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์	อาจารย์	Monthira.yut@mahidol.ac.th	02-4415000 ต่อ 2201 02-4419509-10		
วราลักษณ์ งามสมจิตร	กรมชลประทาน	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	Waraluk88@hotmail.com	02-2414794 02-2414794		
วรรณวิภา แก้วประดิษฐ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	อาจารย์	wanwka@gmail.com	062-4274341		
สุมาลี กลางสุข	กรมพัฒนาที่ดิน	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	sm_chaleeon.doa	02-5795214 02-5794194		
สุภาวรรณ เพ็ชศรี	กองนโยบายเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรและเกษตรกรรมยั่งยืน	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ	sptsmi@yahoo.com	08-19120157 02-6299047		
สุดสวัสดิ์ ดวงศรีไสย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	อาจารย์				
สมชาย บุญประดับ	กรมวิชาการเกษตร	ผชช. อ:นย ปลูกพืช	boonpradot@gmail.com	02-579-0574		
สิรินยา ลิม	สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.)	นักวิจัยนโยบาย	sirinya@sti.or.th	080-816-0002		

ชื่อ – สกุล	หน่วยงาน	ตำแหน่ง	E-mail	โทรศัพท์/ โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
บุญลือ คะเชนทร์ชาติ	คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	อาจารย์		02-4415000 ต่อ 1219		
บุษบา เรืองสุข	สหสมาคมชาวไร่อ้อยแห่งประเทศไทย	หัวหน้าสำนักงาน	busabasugarcane@gmail.com	02-2191970-72 02-2191974		
ปทิตา ธรรมเจริญ	สำนักงานประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ(สปอ.) สผ.	เจ้าหน้าที่วิเคราะห์นโยบายและแผน	P_thumcharoen@hotmail.com	02-2656500 ต่อ 6784 02-2656692		
ปรมาภรณ์ คงหลำ	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)					
ปุณณกา พิสกุล	สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร	เศรษฐกิจปฏิบัติการ	Arer_oae@hotmail.com	02-5790627 02-5796580		
ภาวิญญ์ เถลิงศรี	โครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (UNDP)			+66 2 304 9100 +66 2 280 0556		
มัณฑนา สุจริต	กรมชลประทาน	นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ	Mantana1603@yahoo.com	02-2414524 02-2414794		
มนตรี วิศณุพร ประสิทธิ์	ชมรมสถาบันชาวไร่อ้อยภาคอีสาน	เลขาธิการ	chomromesarn@yahoo.com	02-2153143-4 02-2153143		
พิวัตร เกตุยิ้ม	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)					

ชื่อ – สกุล	หน่วยงาน	ตำแหน่ง	E-mail	โทรศัพท์/ โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
ศิวัช แก้วเจริญ	สำนักประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	นักวิชาการสิ่งแวดล้อมชำนาญการ	sivachk@gmail.com	02-2656692 02-2656692		
ศิริพร รัตนศักดิ์ภักด	บริษัท เคทิส วิจัยและพัฒนา จำกัด (KTIS R&D)					
อัสมน ลิ่มสกุล	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม					
เอกวัล ลือพร้อมชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	รองศาสตราจารย์	Ekawan.l@chula.ac.th	02-2185070 02-2567576		
อตินิสภ์ ตำนานทอง	สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์กรมหาชน)	นักวิเคราะห์		02-5197435 02-5197697		
[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	02 5771136		
[illegible]	ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม		02-5771136		
[illegible]	〃	〃		02-5771136		
[illegible]	[illegible]	[illegible]	t.somnam@tgo.or.th	02-1419813		
[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	081-856 1991		

ชื่อ – สกุล	หน่วยงาน	ตำแหน่ง	E-mail	โทรศัพท์/ โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
สุมล				02-2815991		
ศักดิ์ชัย		นวย. ว.		0962978898		
นาย				0816444836	นาย	
วิมล		นักวิชาการ	wimol@haii.or.th	0894968824		
วสุเนตร	ศูนย์วิจัยและฝึกอบรม ด้านสิ่งแวดล้อม	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม		02-577-2311	วสุเนตร	
ชลธิชา	UNDP – ONEP	Technical coordinator	chontichaporn.n@gmail.com			
นิตยา				0919206445		
				0825489737		

ผนวก 3

สรุปรายชื่อเกษตรกรที่เข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ
การเพิ่มผลผลิตและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกอ้อยด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
การขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย
ระหว่างวัน ที่ 8-9 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 08.30-13.00 น.
ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

วันที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

ที่	ชื่อ-สกุล	เขต	ที่อยู่
1	นายบุญยิ่ง เขียวสุข	14	11/1หมู่ 8 ต.บ้านมะเกลืออ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
2	นางจิราภรณ์ เขียวสุข	14	11/1หมู่ 8 ต.บ้านมะเกลืออ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
3	นายเอนก สนิท	14	14/1หมู่ 8 ต.บ้านมะเกลืออ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
4	นางจันทร์แรม อยู่คลาย	14	264/3 ต.หนองเต่า อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
5	นายสัญชัย เชื้อราค	14	122/1 หมู่ 7 ต.บ้านมะเกลือ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
6	นายเผือก คงผ่อง	13	เขาดิน อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
7	นางสีนวล พงษ์ไพบูลย์	13	เขาดิน อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
8	นายสุทธิชัย พงษ์ไพบูลย์	13	เขาดิน อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
9	นางมาลี สังขดิษฐ์	14	มหาโพธิ์ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
10	นางขันทอง จูอี้	14	มหาโพธิ์ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
11	นางสาวภิรมย์ ซ้อนทรัพย์	14	มหาโพธิ์ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
12	นางนงนาถ อังศุธรรม	11	84/2 หมู่ 4 ต.บ้านมะเกลือ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
13	นางบุญยืน เหมือนเผ่า	13	49 หมู่ 3 ต.หูกวาง อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์
14	นายสวิก เนียมศิลป์	13	46/3หมู่ 3 ต.หูกวาง อ.บรรพตพิสัย จ.นครสวรรค์
15	นางบุญตรา จสัยสุข	14	48/3 หมู่ 4 ต.บ้านมะเกลือ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
16	นางสาวมณีทวิชาติสกุล	14	75 หมู่ 7 ต.บ้านมะเกลือ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
17	นางวัชรี เขมวิสัย	14	10/2 หมู่ 7 ต.บ้านมะเกลือ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
18	นางเกษร จุลชวด	14	78/2 หมู่ 4 ต.บ้านมะเกลือ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์

ที่	ชื่อ-สกุล	เขต	ที่อยู่
19	นายสนิท โพบุญ	13	29/1 หมู่ 3 ต.บ้านแก่ง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
20	นางศรีทอง โพบุญ	13	37/3 หมู่ 3 ต.บ้านแก่ง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
21	นายอำนาจ โพบุญ	13	29/1 หมู่ 3 ต.บ้านแก่ง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
22	นางเพเยาว์ สมบุญโภชน์	14	96/7 หมู่ 11 ต.บ้านมะเกลือ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
23	นางสุภาพ เชียวชาญ	13	48/1 หมู่ 10 ต.เขาดิน อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
24	นางวิน โพธิ์อ่อน	14	102/8 หมู่ 11 ต.บ้านมะเกลือ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
25	นางสาวเพลินพิศ ยิ้มแพร	14	231/4 หมู่ 6 ต.หนองเต่า อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
26	นางบรรจบ น้อยกลัด	14	118/1 หมู่ 4 ต.เก้าเลี้ยว อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
27	นางสาวบุณฑริก เมฆวิมานลอย	14	132/2 หมู่ 12 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
28	นางเสาวลักษณ์ พรรธนะแพทย์	14	88/1 หมู่ 4 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
29	นายเล็ก พรรธนะแพทย์	14	56 หมู่ 4 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์

เจ้าหน้าที่ โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ที่	ชื่อ-สกุล	
1	อมร ตรีสุชัย	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
2	นายวงกต แสนชา	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
3	นายจรูญ สอนสวน	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
4	นายวิชาญ สิงห์โตน้อย	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
5	นายวิรัตน์ เปล่งวรรณ์	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
6	นายนพมร คำวันศรี	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
7	นางสาวปรมากรณ์ คงหล้า	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
8	ชุติมณฑน์ เกตุยิ้ม	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
9	ชญา เกตุยิ้ม	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
10	สมเพียร พันธ์สูงเนิน	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
11	พิจิตร เกตุยิ้ม	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
12	อำนาจ กลัดปรี	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่

วันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

ที่	ชื่อ-สกุล	เขต	ที่อยู่
1	นายมนศรี โพธิ์ศักดิ์ศรี	11	39/2 หมู่ 4 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
2	อุมาพร นิลเสถียร	11	141/1 หมู่ 3 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
3	สุทัศน์ กล่ำกลิ่น	11	247 หมู่ 1 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
4	วรรญา แท่งทอง	11	65/1 หมู่ 7 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
5	ไพบูรณ์ เกิดผล	11	186/1 หมู่ 1 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
6	นางเกษร โฉมยา	11	234 หมู่ 1 ต.เก้าเลี้ยว อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
7	สวาท ขอเทียม	11	255 หมู่ 5 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
8	บรรจง ยังฉิม	11	73/2 หมู่ 7 ต.บางม่วง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
9	ศิริวรรณ กลิ่นนิ่มนวล	11	86 หมู่ 8 ต.บางม่วง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
10	นายกิตติ ยังกรุต	11	73 หมู่ 7 ต.บางม่วง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
11	ปาริฉัตร อังศุธรรม	11	84/2 หมู่ 4 ต.บ้านมะเกลือ อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
12	นางสาวนุกูล ยังฉิม	11	59 หมู่ 7 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
13	นางวิภา โพธิ์สอาด	11	33/3 หมู่ 4 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
14	วรรณา บุญวัฒน์	11	34/6 หมู่ 4 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
15	นางกิมล้วน ด่างเจริญ	11	101/1 หมู่ 1 ต.เก้าเลี้ยว อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
16	นางกันตพร ด้วงชื่อ	11	51 หมู่ 3 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
17	นางอรุณ สุดเขียน	11	54 หมู่ 4 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
18	นายกฤษณะ เสาวลักษณ์	11	218 หมู่ 4 ต.เก้าเลี้ยว อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
19	นายเผอิญ พรหมวัน	11	178 หมู่ 4 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
20	นายทศพร สื่อใจรักษ์	11	107/1 หมู่ 4 ต.เก้าเลี้ยว อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
21	นางกัญญาญ เพ็ญรา	11	78/3 หมู่ 4 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
22	นายสมาน สิงคต	11	186 หมู่ 1 ต.เก้าเลี้ยว อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
23	นางทิพร ขาวแดง	11	67/1 หมู่ 7 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
24	นางแจ่มใส สอนศรี	11	45 หมู่ 7 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
25	นางศศิประภา บัวตูม	11	2 หมู่ 7 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
26	นางเสงี่ยม อินทรีเม่น	11	88/2 หมู่ 4 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์
27	บุญมา ทาฟู	11	1/1 หมู่ 7 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์

ที่	ชื่อ-สกุล	เขต	ที่อยู่
28	นางประสาน ดีพรม	11	104 หมู่ 3 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์

เจ้าหน้าที่ โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ที่	ชื่อ-สกุล	
1	อมร ตรีสุชัย	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
2	นายวงกต แสนชา	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
3	นายจรูญ สอนสวน	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
4	นายวิชาญ สิงห์โตน้อย	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
5	นายวิรัตน์ เปล่งวรรณ์	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
6	นายนพมร คำวันศรี	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
7	นางสาวปรมากรณ์ คงหล้า	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
8	ชุติมณฑน์ เกตุยิ้ม	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
9	ชญา เกตุยิ้ม	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
10	สมเพียร พันธ์สูงเนิน	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
11	พิจิตร เกตุยิ้ม	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
12	อำนาจ กลัดปรี	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
13	นายปิยะ ปลื้มประมูล	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
14	นายกิตติศักดิ์ กุศลมา	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
15	สอ.สมเพียร พันธ์สูงเนิน	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
16	นาชูสิทธิ์ เชาว์พานิช	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
17	นายพิษณุ ชุ่มจู	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่
18	นายเฉลิมพงษ์ ตึกขาว	เจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่

8 ก.ค. 59

การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสำรวจทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
ตาม โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย
ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย
ระหว่างวัน ที่ ๘-๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๓.๐๐ น.
ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ชื่อ – สกุล	เขต	ที่อยู่	โทรศัพท์/โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
นายบุญยัง เชี่ยวปัญ	014	11/1 หมู่ 8 ต.บ้านบ่อ เมือง	056 207181	บุญยัง	
นางสุมาลี ทวีวัฒ	014	11/28 ต. บ้านบ่อ เมือง	089-6960/6		
[illegible]	014	14/1 ต.บ้านบ่อ เมือง	089 852 3888	[illegible]	
จันทร์แรม อยู่คง	014	264/3 ต. [illegible]	085 340984	จันทร์แรม	
สมัย [illegible]	014	122/1 หมู่ 7 บ้านบ่อ เมือง	083621758	[illegible]	

8 ก.ค. 59

การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสำรวจทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
ตาม โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย
ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย
ระหว่างวัน ที่ ๘-๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๓.๐๐ น.
ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ชื่อ – สกุล	เขต	ที่อยู่	โทรศัพท์/โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
นาย ผ่อง อ่วมผ่อน	013	เขาดิน	084-4942570	ผ่อง	
นาง ศิริมล พงษ์ไพบูลย์	013	เขาดิน	081-3792097	ศิริมล	
นายสุทธิชัย พงษ์ไพบูลย์	013	เขาดิน	084-8176297	สุทธิชัย	
นาง มาลี สร้อยดิษฐ	014	มหาโพธิ์	084 85 135 25	มาลี	
นางพันทอง จุยี้	014	มหาโพธิ์	081-3246430	พันทอง	
น.ส. จิรัมย์ ซ้อนทรัพย์	014	มหาโพธิ์	087-2063023	จิรัมย์	

8 ก.ค. 59

การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสำรวจทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
ตาม โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย
ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย
ระหว่างวัน ที่ ๘-๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๓.๐๐ น.
ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ชื่อ – สกุล	เขต	ที่อยู่	โทรศัพท์/โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
นาย นพดล ช้างสุธรรม	011	84/2 ม.4 ต.เก้าเลี้ยว อ.หนองบัว	086-936-4787	นพดล ช้างสุธรรม	
นางบุญเย็น เหลือมเพ่า	013	49 หมู่ 3 ต.หูกวาง อ.บรรพตพิสัย	089-9070844	บุญเย็น	
นาง สิริกา เนียมศิลป์	013	46/3 ม.3 ต.หูกวาง อ.บรรพตพิสัย	087-8388249		
นางมุมตรา ศรีชัยสุข	014	48/2 ม.14 ต.บ้านมะเกลือ อ.เมือง จ.นว	-0821709130		
น.ส. มณี ทวีชาติสกุล	014	75 ม.7 ต. บ้านมะเกลือ อ. เมือง จ.นว	087. 5745537	มณี	
นาง อัจฉรา เรืองวิชิต	014	10/2 ม.7 ต. บ้านมะเกลือ อ. เมือง จ.นว	088 274 6936		

8 ก.ค. 59

การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสำรวจทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
ตาม โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย
ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย
ระหว่างวัน ที่ ๘-๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๓.๐๐ น.
ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ชื่อ – สกุล	เขต	ที่อยู่	โทรศัพท์/โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
นางเกษมศ ศุภวงศ	014	78/2 หมู่ 4 ต.ม่านเมะ เกลือ	0845778048	เกษม	
นาง ศิริลักษณ์ โพธิ์บุญ	013	29/1 ม.3 ต.บ้านแก่ง	0897607811	ศิริลักษณ์	
นางสมิต โพธิ์บุญ	013	37/3 ม.3 ต.บ้านแก่ง		สมิต	
นายอำนาจ โพธิ์บุญ	013	29/1 ม.3 ต.บ้านแก่ง	086-210-9785	อำนาจ	
นาย พยงค์ สมบุญโกษณ์	014	96/7 ม.11 บ้านม่วงเกลือ	0944938645	พยงค์	
นาง สุวาพร ชื่นชาสุ	013	48/1 ม.10 ต.เทพนิมิต	081-0346651	สุวาพร	

8 ก.ค. 59

การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสำรวจทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
ตาม โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย
ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย
ระหว่างวัน ที่ ๘-๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๓.๐๐ น.
ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ชื่อ – สกุล	เขต	ที่อยู่	โทรศัพท์/โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
นาง อัน ใฝ่ธัญญ	014	102/8 ม.1 ต.ลันนะเกลือ	0810453015	อัน	
น.ส เพลินพิศ ยิ้มแพง		231/4 ม.6 ต.หนองเต่า	084-8190336	เพลินพิศ	
นางพรรณพ ห้อยทัลด	014	114/1 ม4 ต เทพสิงห	087-0135176	พรรณพ	
น.ส.พุฒพร เหมาจานอย	014	132/1 ม.12 ต. หนองกง	089-0068792	พุฒพร	
นางสาวอัญชนก พรธนะแพทย์	014	88/1 ม.4 ต.นิวง		สาวสะอัก	
นาย เสก พรธนะแพทย์	014	56 ม4 นิวง	0865923128	เสก	

๑ ก-ค-๖๑

การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสำรวจทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
ตาม โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย
ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย
ระหว่างวัน ที่ ๘-๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๓.๐๐ น.
ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ชื่อ – สกุล	เขต	ที่อยู่	โทรศัพท์/โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
[illegible]		34/2 ม.4 ต. เขาดิน อ.เก้าเลี้ยว จ. นครสวรรค์	0899077240	[illegible]	
[illegible]		141/1 ม.3 ต.หนอง อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์	0625600756	[illegible]	
[illegible]		247 หมู่ 1 ต.เก้าเลี้ยว อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์	0800261055	[illegible]	
[illegible]		ต.เก้าเลี้ยว อ.เก้าเลี้ยว จ.นครสวรรค์ 65/1 หมู่ 7 ต.หนอง	0965785413	[illegible]	

๑ ก.ค. ๕๙

การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสำรวจทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
ตาม โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย
ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย
ระหว่างวัน ที่ ๘-๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๓.๐๐ น.
ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ชื่อ – สกุล	เขต	ที่อยู่	โทรศัพท์/โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
ไพบูรณ์ เกตุผล	011	186/1 หมู่ 1		ไพบูรณ์	
หงเกษร โสมยา	011	234 หมู่ 1 ต. เก้าเลี้ยว	0806213321	เกษร	
สาธา บอเทียม	011	101/2 ม.7 ต. หนอ		สาธา	
ชรรอง ยั่วฉิม	011	255 หมู่ 5 ต เก้าเลี้ยว		ชรรอง	
สิริวงศ์ กิตติพงษ์	011	86 หมู่ บางม่วง	086-2082458	สิริวงศ์	
หาญกิตติ ยังอรุณ		73/2 หมู่	0817853965		

๑ ก.ค. ๕๙

การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสำรวจทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
ตาม โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย
ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย
ระหว่างวัน ที่ ๘-๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๓.๐๐ น.
ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ชื่อ – สกุล	เขต	ที่อยู่	โทรศัพท์/โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
นางทิพร ทางแดง	๐๓	67/1 ม.7 ต.หัวดง	086-2060607	ทิพร	
นางแจ่มใส สอนศรี	๐๑๑	1 ม 7 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว	081-7865672	แจ่มใส	
นางศศิประภา ยศทูล	๐๑๑	45 ม.7 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว	0801167433	ศศิประภา	
หมเสนียม อินทร์แม่น (อินทร์แม่น)	๐๑๑	98/2 ม4 ต หัวดง อ เก้าเลี้ยว	0861194756	เสนียม	
บุญมา ทาฟู	๐๑๑	1/1 ม.7 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว	087-2119345	บุญมา	
นางประเสริฐ ดีพรม		104 ม.3 ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว	086-2138220	ประเสริฐ	

9 ก.ค. 59

การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสำรวจทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
ตาม โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย
ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย
ระหว่างวัน ที่ ๘-๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๓.๐๐ น.
ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ชื่อ – สกุล	เขต	ที่อยู่	โทรศัพท์/โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
นาง อรณ สุดเปี่ยน	011	54 ม.4 ต.หนองเต่าเลี้ยว	081-3793105	อรณ	
นาย กฤษณะ เสาวลักษณ์	011	218/4 ต.เก้าเลี้ยว	083-1645162	กฤษณะ	
นางเพ็ญศิริ พรหมวัน	011	178 ต.หนองบัว	081-1346371	เพ็ญศิริ	
นาย ทศพร สี่หาญใจรักษ์	011	107/1 ต.เก้าเลี้ยว	082-8796620	ทศพร	
นาง กัลยาณี เพชรฤทธิ์	011	78/3 ม.4 ต.หนองบัว	0844815686	กัลยาณี	
นาง [illegible] [illegible]	011	186/ม.1 ต.เก้าเลี้ยว	0953307345	[illegible]	

๑ ก.ค. ๕๙

การประชุมเชิงปฏิบัติการ การสำรวจทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
จากการผลิตอ้อยด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น
ตาม โครงการศึกษาการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย
ด้วยสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นการขยายผลการศึกษาสู่แปลงเกษตรกรและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย
ระหว่างวัน ที่ ๘-๙ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๙ เวลา ๐๘.๓๐ – ๑๓.๐๐ น.
ณ ห้องประชุม โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย จังหวัดนครสวรรค์

ชื่อ – สกุล	เขต	ที่อยู่	โทรศัพท์/โทรสาร	ลายมือชื่อ	หมายเหตุ
ปาริฉัตร อ้งศุธรรม	๐๑๑	๕๔/๒ ม.๔ ต.บ้านมะเกลือ อ.เมือง นว.	๐๙๑-๒๔๒๕๐๑๖	ปาริฉัตร	
น.ส. นุกูล ยู่ขลิ้ม	๐๑๑	๕๙ ม๗ ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว นว	๐๘๗.๑๐๐๗๗๙	นุกูล	
นาง วิมล โพธิ์ศอาด	๐๑๑	๘๘/๘ ม.๔ ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว นว	๐๘๑๐๔๑๑๘๐๕	วิมล	
วรรณา บุญวัฒน์	๐๑๑	๓๔/๖ ม.๔ ต.หัวดง อ.เก้าเลี้ยว	๐๘๕๗๓๗๒๓๓๐	วรรณา	
นางกิ่งแก้ว ศางเศรียน	๐๑๑	๑๐๑/๑ ม.๑ ต.เก้าเลี้ยว อ.เก้าเลี้ยว	๐๘๓-๕๘๔๖๐๐	กิมล้วน	
นางกันตพร ตั้งชื่น	๐๑๑	๕๑ ม๓ หัวดง อ.เก้าเลี้ยว	๐๙๔๙๖๑๔๕๖	กันตพร	

ผนวก 4

แบบสอบถาม

ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยี

การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

คำชี้แจง: การสัมภาษณ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบการจัดทำโครงการวิจัยเรื่อง “ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น” ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้รับประกอบการจัดทำรายงานดังกล่าวเท่านั้นโดยไม่มีการเปิดเผยรายชื่อ ตำแหน่ง และหน่วยงานที่สังกัดของผู้ตอบแบบสอบถาม

วัตถุประสงค์: เพื่อสัมภาษณ์ด้วยการตอบแบบสอบถามประกอบการศึกษาการสำรวจและวิเคราะห์ทัศนคติการยอมรับของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยที่มีต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

รหัสผู้ให้สัมภาษณ์ :.....รหัสหน่วยงาน:.....

วันที่.....เวลา.....

ส่วนที่ 1 : ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย √ หรือเขียนตอบลงในช่องว่างที่กำหนดโดยตอบตามความเป็นจริงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1: ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ ( ) ชาย ( ) หญิง
2. อายุ.....ปี
3. ระดับการศึกษา

( ) ประถมศึกษาตอนต้น ( ) ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

( ) ประถมศึกษาตอนปลาย ( ) ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

( ) มัธยมศึกษาตอนต้น ( ) ปริญญาตรี

( ) มัธยมศึกษาตอนปลาย ( ) สูงกว่าปริญญาตรี โปรดระบุ.....

( ) อื่นๆ

ตอนที่ 2: ข้อมูลประสบการณ์การปลูกอ้อย

1. ประกอบอาชีพทำไร่อ้อยมาเป็นระยะเวลา.....ปี
2. เหตุผลที่เลือกประกอบอาชีพไร่อ้อย (สามารถเลือกตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) เป็นอาชีพหลักของครอบครัว ( ) สภาพดินฟ้าอากาศเหมาะสม

( ) ปลูกตามความต้องการของตลาด ( ) ลงทุนต่ำ

( ) ระยะเวลาปลูกไม่นาน ( ) รายได้สูง

( ) ไม่มีอาชีพสำรองอย่างอื่น ( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

3. ไว้ตออ้อย ..... ปี ถึงจะปลูกใหม่
4. จำนวนพื้นที่ทำไร่อ้อยทั้งหมด .....ไร่
5. ลักษณะการใช้แรงงานในการเพาะปลูก (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

5.1 ใส่ปุ๋ยแต่งหน้า ( ) จ้างแรงงาน.....คน/ไร่ ( ) ใช้เครื่องจักร

5.2 ตัดอ้อยส่งโรงงาน ( ) จ้างแรงงาน.....คน/ไร่ ( ) ใช้เครื่องจักร

6. ต้นทุนการปลูกอ้อยใหม่ ..... บาท/ไร่ หรือ ..... บาท/พื้นที่ทั้งหมด
7. ผลผลิต ..... ตัน/ไร่ หรือ ผลผลิตทั้งหมด ..... ตัน/พื้นที่ทั้งหมด

ราคาอ้อยที่ขายได้ ..... บาท/ตัน หรือ ..... บาท/ผลผลิตทั้งหมด 8. ท่านพึงพอใจในราคาผลผลิตที่ได้รับหรือไม่

( ) พึงพอใจ ( ) ไม่พึงพอใจ เหตุผล.....

9. ปัญหาการปลูกอ้อยที่เกษตรกรประสบ

ปัญหา	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
พันธุ์อ้อยราคาสูง					
น้ำแล้งขาดแคลน/น้ำท่วม					
ปุ๋ยมีราคาสูง					
แมลงศัตรูพืชมีปริมาณมาก					
วัชพืชขึ้นจำนวนมาก					
ค่าจ้างแรงงานมีราคาสูง					
ขาดแคลนแรงงาน					

อื่นๆ.....

10. การส่งเสริมการปลูกอ้อยจากภาครัฐ ภาคเอกชน และเครือข่ายเกษตรกร

รูปแบบการส่งเสริม	จำนวนครั้ง	ความถี่	ใช่	ไม่ใช่
โรงงานน้ำตาลให้ความรู้เรื่องการปลูกอ้อย ** จัดกี่ครั้ง ความถี่ เช่น เข้าทุกครั้ง	.....	.....		
เกษตรกรเข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการปลูกอ้อยที่โรงานน้ำตาลจัดขึ้น ** จัดกี่ครั้ง ความถี่ เช่น เข้าทุกครั้ง	.....	.....		
โรงงานน้ำตาลให้พันธุ์อ้อย ปุ๋ย และสารกำจัดศัตรูพืชไปใช้ก่อน			.....	.....
เขตที่ชาวไร่อ้อยสังกัด รวมตัวกันเป็นเครือข่ายเพื่อพัฒนาและถ่ายทอดองค์ความรู้การปลูกอ้อยใหม่			.....	.....

อื่นๆ..... .....

ตอนที่ 3: ทัศนคติของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา

รายการ	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
ด้านเศรษฐกิจ					
1) ท่านเห็นว่า การใช้เทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มผลผลิตและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นมีต้นทุนเหมาะสม					
2) ท่านเห็นว่า การใช้เทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มผลผลิตและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบามีต้นทุนเหมาะสม					
3) ท่านเห็นว่า การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น					
4) ท่านเห็นว่า การใช้ เถ้าลอยเบาจะทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น					
ด้านสังคม					
5) ท่านเห็นว่า เกษตรกรในชุมชนของท่านจะสนใจการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น					
6) ท่านเห็นว่า เกษตรกรในชุมชนของท่านจะสนใจการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบา					
7) ท่านเห็นว่า โรงงานน้ำตาลและภาครัฐ จะให้การสนับสนุนการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง					

รายการ	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
8) ท่านเห็นว่า โรงงานน้ำตาลและภาครัฐ จะให้การสนับสนุนการใช้เถ้าลอยเบาเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง					
ด้านสิ่งแวดล้อม					
9) ท่านเห็นว่า การใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน					
10) ท่านเห็นวา การใช้เทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้เถ้าลอยเบา ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชน					
ด้านการมีส่วนร่วม					
11) ท่านมีส่วนร่วมเรียนรู้วิธีการทำไร่อ้อยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอ					
12) ท่านมีส่วนร่วมติดตามหรือประเมินผลเทคนิควิธีการต่างๆ เกี่ยวกับการทำไร่อ้อยที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม					
ด้านนโยบายรัฐบาล					
13) ท่านเห็นว่า หน่วยงานด้านการเกษตรควรส่งเสริมการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น และ/หรือการใช้เถ้าลอยเบา ต่อเกษตรกรไร่อ้อยในพื้นที่ต่าง ๆ					
14) ท่านเห็นว่า รัฐบาลควรส่งเสริมให้เกษตรกรไร่อ้อยทั่วประเทศนำเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น และ/หรือการ					

รายการ	เห็นด้วยมากที่สุด	เห็นด้วยมาก	เห็นด้วยปานกลาง	เห็นด้วยน้อย	เห็นด้วยน้อยที่สุด
ใช้เถ้าลอยเบามาปรับใช้ในพื้นที่ของตัวเอง					

ตอนที่ 4: การยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

รายการ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
ด้านการได้รับความรู้และข่าวสาร					
1. ท่านได้รับความรู้เกี่ยวกับการใช้สารยับยั้งกระบวนกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาหลังจากรับฟังการบรรยายข้อมูลในการประชุมกลุ่มย่อย					
2. ท่านได้รับความรู้เกี่ยวกับการใช้สารยับยั้งกระบวนกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาหลังจากเยี่ยมชมการทดลองใช้ในแปลงสาธิต					
ด้านการสร้างความเชื่อถือในข่าวสาร					
3. การส่งเสริมให้ความรู้จากผู้นำชุมชนและนักวิชาการช่วยสร้างความเชื่อมั่นในการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบามากขึ้น					
4. การรับฟังข้อมูลจากเกษตรกรที่เคยทดลองใช้ทำให้ท่านมั่นใจที่จะเลือกใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบามากขึ้น					
5. ผลจากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาทำให้ท่านมั่นใจต่อการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบา					

รายการ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
มากขึ้น ว่าสามารถเพิ่มผลผลิตและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้					
ด้านการตัดสินใจยอมรับ					
6. ท่านสนใจที่จะนำสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นไปใช้ในการปลูกอ้อย					
7. ท่านสนใจที่จะนำเถ้าลอยเบาไปใช้ในการปลูกอ้อย					
8. ผลจากการทดลองใช้ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นในแปลงสาธิตช่วยเพิ่มความมั่นใจและตัดสินใจนำมาใช้ในแปลงปลูกอ้อยของท่าน					
9. ผลจากการทดลองใช้ปุ๋ยร่วมกับเถ้าลอยเบาในแปลงสาธิตช่วยเพิ่มความมั่นใจและตัดสินใจนำมาใช้ในแปลงปลูกอ้อยของท่าน					
ด้านการแสดงออกถึงความเชื่อและการยอมรับ					
10. ท่านต้องการมีส่วนร่วมในการช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการทำไร่อ้อยโดยใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่น					
11. ท่านต้องการมีส่วนร่วมในการช่วยลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการทำไร่อ้อยโดยใช้เถ้าลอยเบา					
12. ท่านยินดีส่งเสริมและเผยแพร่ข้อมูลการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นและเถ้าลอยเบาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแก่เกษตรกรรายอื่น					
ด้านการยืนยันตัดสินใจ ยอมรับ และแสดงถึงการยอมรับนำไปปฏิบัติ					
13. ท่านยอมรับและยืนยันที่จะใช้ปุ๋ยร่วมกับสารยับยั้ง					

รายการ	มากที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อยที่สุด
กระบวนการไนตริฟิเคชั่นในการปลูกอ้อยแน่นอน					
14. ท่านยอมรับและยืนยันที่จะใช้ปุ๋ยร่วมกับเถ้าลอยเบาในการปลูกอ้อยแน่นอน					

ส่วนที่ 2: แบบสอบถามความรู้ความเข้าใจของเกษตรกรเกี่ยวกับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตอ้อย

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ หรือเขียนตอบลงในช่องว่างที่กำหนดโดยตอบตามความเป็นจริงหรือสอดคล้องกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

1. ทราบหรือไม่ว่าการปลูกอ้อยเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน

( ) ทราบ ( ) ไม่แน่ใจ ( ) ไม่ทราบ (ข้ามไปข้อ3)

2. พฤติกรรมปลูกอ้อยในข้อใด ที่ท่านคิดว่าเป็นสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

( ) การใช้ปุ๋ย

( ) การใช้สารปราบศัตรูพืช

( ) การเผาก่อนและหลังเก็บเกี่ยวอ้อย

( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

3. คุณรู้จักก๊าซเรือนกระจกหรือไม่

( ) รู้จัก ( ) ไม่รู้จัก (ข้ามไปข้อ 6)

4. ก๊าซเรือนกระจกที่ท่านรู้จัก มีก๊าซอะไรบ้าง

( ) คาร์บอนไดออกไซด์ ( ) มีเทน ( ) ไนตรัสออกไซด์

( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. ท่านคิดว่าการทำไร่อ้อยสามารถปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้หรือไม่

( ) ได้ ( ) ไม่ได้ ( ) ไม่แน่ใจ (ข้ามไปข้อ 7)

6. ท่านคิดว่าการปลูกอ้อยโดยใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบเกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือไม่

( ) เกี่ยวข้อง ( ) ไม่เกี่ยวข้อง ( ) ไม่แน่ใจ

7. ท่านคิดว่าก๊าซเรือนกระจกเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

( ) เป็นสาเหตุ ( ) ไม่ใช่สาเหตุ ( ) ไม่แน่ใจ

8. ผลกระทบของของภาวะโลกร้อน มีอะไรบ้าง (ลองยกตัวอย่าง 2-3 ข้อ)

.....

.....

.....

9. ท่านคิดว่ามีแนวทางการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนหรือไม่อย่างไร

( ) มี คือ .....

.....

( ) ไม่มี.....

.....

10. ท่านคิดว่าภาวะโลกร้อนและเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีผลกระทบต่อการปลูกอ้อยและผลผลิตอ้อยอย่างไร (โปรดระบุ 3 ลำดับ โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย)

อันดับ 1) .....

อันดับ 2) .....

อันดับ 3) .....

ขอขอบพระคุณที่เสียสละเวลาตอบแบบสอบถาม

คณะผู้วิจัย

ผนวก 5

แบบคำถามประกอบการจัดสนทนากลุ่ม

คำชี้แจง: การจัดสนทนากลุ่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบการการศึกษาวิจัยเรื่อง “ทัศนคติและการยอมรับของเกษตรกรต่อเทคโนโลยีการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น” ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้รับจากการสนทนากลุ่มใช้ประกอบการจัดทำรายงานวิจัยเท่านั้นโดยไม่มีการเปิดเผยรายชื่อ ข้อมูลส่วนบุคคล ตลอดจนทัศนคติของผู้ให้ข้อมูลทุกกรณี

วัตถุประสงค์: เพื่อจัดสนทนากลุ่มด้วยการบันทึกเสียงเก็บข้อมูลประกอบการศึกษาเกี่ยวกับทัศนคติ ความคิดเห็นเบื้องต้นของเกษตรกรกรต่อความน่าสนใจในการนำเทคโนโลยีสาร NIs ไปประยุกต์ใช้ (ภายหลังจากที่ได้เข้ารับฟังบรรยายโดยวิทยากร)

รหัสผู้เข้าประชุม:.....**จำนวน**.....**คน**

วันที่.....**เวลา**.....-.....

1) เกษตรกรเคยได้รับความรู้และข่าวสารเกี่ยวกับแนวคิดนี้ เทคนิคนี้ หรือโครงการนี้มาก่อนหรือไม่ ที่ไหน อย่างไร ใครเป็นผู้มาถ่ายทอด

2) ต่อเนื่องจากข้อ 1 เกษตรกรมีความเชื่อมั่น เชื่อถือต่อความรู้และข่าวสารจากแนวคิดนี้ เทคนิคนี้ หรือโครงการนี้ที่ได้รับในครั้งนั้นมามากน้อยแค่ไหน มีความต้องการที่จะนำไปใช้หรือไม่อย่างไร

3) จากที่ได้ฟังบรรยายโดยนักวิจัยในวันนี้แล้ว มีความเข้าใจเนื้อหาที่บรรยายหรือไม่ อย่างไร

หลักการ คือ การชลอการเปลี่ยนรูปปุ๋ยไนโตรเจน เพื่อให้ปุ๋ยอยู่ในดินได้นานขึ้น ไม่สูญหายไป พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่

วิธีการใช้งาน อัตราการใช้งาน เป็นเท่าใด มีความเหมาะสมหรือไม่

ผลตอบแทนที่จะได้รับ เช่น ผลผลิตเพิ่มขึ้น

4) จากที่ได้ฟังบรรยายโดยนักวิจัยในวันนี้แล้ว มีความเชื่อมั่นต่อโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการประยุกต์ใช้สาร NIs มากน้อยแค่ไหน

5) มีความสนใจและความพร้อม ที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปประยุกต์ใช้ในแปลงของตนเองหรือไม่อย่างไร

6) ถ้ายังไม่มีความสนใจหรือความพร้อม มีความห่วงกังวลในประเด็นอะไร และจะเชื่อมั่นมากขึ้นได้อย่างไร

ผนวก 6

COA No. MU-CIRB 2016/092.2207

Mahidol University Central Institutional Review Board (MU-CIRB)

Certificate of Approval

Protocol No.: 2016/095.1406

Title of Project: Farmers' Attitude and Adoption of mitigating greenhouse gas emissions from sugarcane production by nitrification inhibitors (Under Project of Mitigation of greenhouse gas emissions from sugarcane production by nitrification inhibitors: Extension of study results to farmer plot and dissemination to target groups

Approval includes:

1) Principle Investigator: Dr.Boonlue Kachenchart
   Affiliation: Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University
   Research Site: Amphoe Kao Liao, Nakhon Sawan Province
2) Submission Form version date 1 July 2016
3) Protocol version date 14 June 2016
4) Participant Information Sheet version date 1 July 2016
5) Informed Consent Form version date 14 June 2016
6) Self-Admin Questionnaire version date 14 June 2016
7) Questionnaire version date 14 June 2016

MU-CIRB is in full compliance with International Guidelines for Human Research Protection such as Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guidelines and the International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice (ICH-GCP)

Date of Approval: *22 / July / 2016*

Date of Expiration: *21 / July / 2017*

Signature of Chairperson: .....

(Professor Dr.Rutja Phuphaibul)

MU-CIRB Chair

Signature of Institute Representative: .....

(Professor Dr.Sansanee Chaiyaroj)

Vice President for Research

** See list of Co-investigators at the back page*

Page 1 of 2