

รายงานการวิจัย
เรื่อง

การประเมินการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน
จากนาข้าวชลประทานโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ

โดย
เศวตฉัตร ศรีสุรัตน์

363.73874
ศ875ก

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เงินรายได้คณะสังคมศาสตร์)
ประจำปี 2549
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การประเมินการแพร่กระจายของก้ำชมีเทน
จากนาข้าวชลประทานโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ

โดย

เศวตฉัตร ศรีสุรัตน์

๔ ๔ ๔. ๒๕๕๓

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เงินรายได้คณะสังคมศาสตร์)
ประจำปี ๒๕๔๙

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

S 363972

ประกาศคุณูปการ

งานวิจัยเรื่อง “การประเมินการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ” ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เงินรายได้คณะสังคมศาสตร์) ประจำปี 2549 จึงทำให้สามารถดำเนินการวิจัยเรื่องนี้ได้สำเร็จ

เศวตฉัตร ศรีสุรัตน์



การประเมินการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน
จากนาข้าวชลประทานโดยใช้ดัชนีพีชพรรณ

บทคัดย่อ
โดย
เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เงินรายได้คณะสังคมศาสตร์)

ประจำปี 2549

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมาย 3 ประการคือ เพื่อศึกษาอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน และเพื่อประเมินอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากดัชนีพืชพรรณ

ผลจากการศึกษาพบว่า อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนเฉลี่ยตลอดช่วงระยะการเพาะปลูกข้าวนาปรัง เท่ากับ 42.2 มิลลิกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน โดยอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากระยะต้นกล้าจนถึงสูงที่สุดในระยะออกทรงและลดลงในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ส่วนความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณต่างๆ (IPVI NDVI RVI SAVI) กับอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนมีค่าสูงที่สุดในช่วงออกทรง ซึ่งดัชนีพืชพรรณ RVI สามารถนำไปใช้ในการประเมินอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนได้ดีที่สุดเนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ที่สูงที่สุดเท่ากับ 0.638 สมการพยากรณ์คือ $y = 0.0534x^2 + 3.1837x + 22.753$ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของสมการร้อยละ 16.82 หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า สมการมีความถูกต้องถึงร้อยละ 83.18



**METHANE GAS EMISSION ESTIMATION FROM
IRRIGATED PADDY FIELDS BY USING VEGETATION INDICES**



**An Abstract
By
Sawettachat Srisurat**

**This research is funded by Income Budget of
Srinakharinwirot University (Income of Faculty of Social Sciences)**

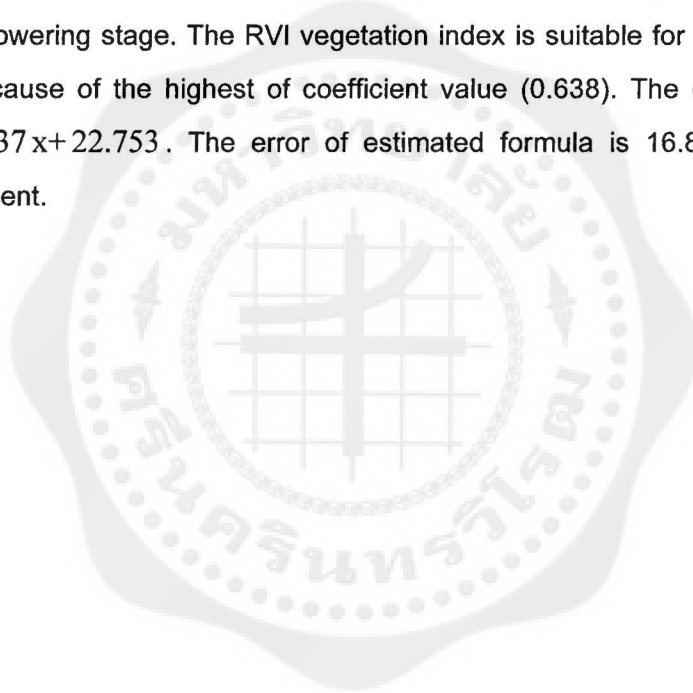
Academic Year 2006

Copyright by Srinakharinwirot University

Abstract

The purpose of this research is three fold as follows: to study methane gas emission rate from irrigated paddy field, to study the relationship of vegetation indices and methane gas emission rate from irrigated paddy field, and to estimate methane gas emission rate by vegetation indices.

Result of the study is as follows: The average rate of methane gas emission of all stage of growth is 42.2 milligram/square meter/day. Methane gas emission rate increased from transplanting stage to maximum flowering stage and decreased in ripening stage. The relationship of vegetation indices (IPVI NDVI RVI SAVI) and methane gas emission rate is highest in maximum flowering stage. The RVI vegetation index is suitable for estimate methane gas emission rate because of the highest of coefficient value (0.638). The estimated formula is $y = 0.0534x^2 + 3.1837x + 22.753$. The error of estimated formula is 16.82 percent or the accuracy is 83.18 percent.



สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความสำคัญของการวิจัย	3
จุดมุ่งหมายของการวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
กรอบแนวคิดของการศึกษา	5
สมมติฐานของการศึกษา	5
 บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	 6
สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	6
ปรากฏการณ์เรือนกระจก	9
การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบ	11
แหล่งและปริมาณการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของไทย	15
ก๊าซมีเทน	18
การแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว	23
การสำรวจข้อมูลระยะไกล	27
ดัชนีพืชพรรณ	30
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
 บทที่ 3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	 35
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	35
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	35
การเก็บรวบรวมข้อมูล	36
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	37
การจัดกระทำข้อมูล	37
การวิเคราะห์ข้อมูล	40
สรุปผลการวิจัย	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์	42
การเลือกพื้นที่ศึกษา	42
การกำหนดช่วงตรวจวัดอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าว	
ชลประทานและค่าการสะท้อนพลังงานของข้าว	46
การศึกษาอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน	47
การศึกษาค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทาน	49
การวิเคราะห์ดัชนีพีชพรรณ	52
ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพีชพรรณและอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทน	
ของนาข้าวชลประทาน	58
สมการประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน	61
ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทาน	65
 บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	 67
จุดมุ่งหมายของการวิจัย	67
สมมติฐานของการศึกษา	67
วิธีดำเนินการศึกษา	67
สรุปผลการศึกษา	68
อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน	68
ความสัมพันธ์ของดัชนีพีชพรรณและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซ	
มีเทนจากนาข้าวชลประทาน	69
การประเมินอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากดัชนีพีชพรรณ	72
อภิปรายผล	72
ข้อเสนอแนะในงานวิจัย	74
 บรรณานุกรม	 76
ภาคผนวก	83

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 อายุ (Residence time), การดูดซับความร้อน (relative absorption capacity) และ ศักยภาพการทำให้โลกร้อน (global warming potential) ของก๊าซเรือนกระจก CO ₂ , CH ₄ , and N ₂ O	13
ตารางที่ 2 ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2533 ค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWPs) และสัดส่วนการทำให้โลกร้อนของก๊าซแต่ละชนิด (คาดคะเนใน 100 ปีข้างหน้า)	17
ตารางที่ 3 ค่าการประมาณอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวทั่วโลก	20
ตารางที่ 4 อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากผลการทดลองต่างๆในประเทศไทย	21
ตารางที่ 5 ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวในประเทศไทย	22
ตารางที่ 6 การแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวของประเทศปลูกข้าวที่สำคัญในเอเชีย	23
ตารางที่ 7 ช่วงคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า	28
ตารางที่ 8 พื้นที่ชุดดินที่ถูกคัดเลือกในจังหวัดสุพรรณบุรีเพื่อใช้กำหนดพื้นที่ศึกษา	45
ตารางที่ 9 จุดตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงานและการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน	46
ตารางที่ 10 อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเฉลี่ยจากนาข้าวชลประทานในแต่ละพื้นที่ศึกษา	47
ตารางที่ 11 อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต	48
ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว	49
ตารางที่ 13 ปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดงของแต่ละพื้นที่ศึกษา	50
ตารางที่ 14 ปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ของแต่ละพื้นที่ศึกษา	51
ตารางที่ 15 ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา	53
ตารางที่ 16 ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา	54
ตารางที่ 17 ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา	55
ตารางที่ 18 ค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา	56
ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์สรุปค่าดัชนีพืชพรรณต่างๆในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 20	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ IPVI NDVI RVI และ ISVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน	58
ตารางที่ 21	ค่าดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวนาชลประทาน	59
ตารางที่ 22	ระดับของความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน	61
ตารางที่ 23	ค่าเปรียบเทียบของอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดกับค่าที่ได้จากสมการประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานของดัชนีพืชพรรณ RVI	63
ตารางที่ 24	ค่าเปรียบเทียบของปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดกับปริมาณของการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานที่ได้จากการคำนวณโดยสมการประมาณค่าของดัชนีพืชพรรณ RVI	65

สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบที่ 1	10
ภาพประกอบที่ 2	12
ภาพประกอบที่ 3	24
ภาพประกอบที่ 4	25
ภาพประกอบที่ 5	26
ภาพประกอบที่ 6	28
ภาพประกอบที่ 7	29
ภาพประกอบที่ 8	37
ภาพประกอบที่ 9	42
ภาพประกอบที่ 10	43
ภาพประกอบที่ 11	44
ภาพประกอบที่ 12	45
ภาพประกอบที่ 13	46
ภาพประกอบที่ 14	48
ภาพประกอบที่ 15	49
ภาพประกอบที่ 16	50
ภาพประกอบที่ 17	51
ภาพประกอบที่ 18	52
ภาพประกอบที่ 19	54
ภาพประกอบที่ 20	55
ภาพประกอบที่ 21	56
ภาพประกอบที่ 22	57

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
ภาพประกอบที่ 23 กราฟแสดงค่าดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว	60
ภาพประกอบที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ RVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน	62
ภาพประกอบที่ 25 กราฟแสดงอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการตรวจวัดกับจากการประมาณด้วยสมการ	64
ภาพประกอบที่ 26 กราฟแสดงปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดกับปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากสมการประมาณของดัชนีพืชพรรณ RVI	66



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

โลกร้อนขึ้นเป็นผลมาจากปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ชั้นบรรยากาศของโลกถูกห่อหุ้มด้วยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งกักรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนผิวโลกไม่ให้สะท้อนกลับขึ้นสู่อวกาศ เหมือนเรือนกระจกที่ใช้เพาะปลูกต้นไม้ในประเทศเขตร้อน ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านเข้าไปภายในเรือนกระจกได้แต่ความร้อนยังคงอยู่ภายใน โดยที่ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญมีอยู่ 6 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเปอร์ฟลูโอโรคาร์บอน (CFCs) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ทั้งนี้กิจกรรมของมนุษย์เป็นตัวปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศโลก ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ การดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลกเอาไว้แล้วคายพลังงานความร้อนให้กระจายอยู่ภายในชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลก จึงเปรียบเสมือนกระจกที่ปกคลุมผิวโลกให้มีภาวะสมดุลทางอุณหภูมิและเหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตบนผิวโลก แต่ในปัจจุบันก๊าซดังกล่าวบางชนิดสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศมากเกินไปจนสมดุล ซึ่งก๊าซเหล่านี้สามารถดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดและคายพลังงานความร้อนได้ดี พื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของโลก และสิ่งมีชีวิตพื้นผิวโลกอย่างมากมาย

การมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นในบรรยากาศโลก นอกจากเป็นสาเหตุทำให้ภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นประเด็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อมวลมนุษยแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเรื่องของพลังงาน ทรัพยากรน้ำ ระบบนิเวศวิทยา การเกษตรกรรม และในภาคสังคมและเศรษฐกิจด้วย ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของชั้นบรรยากาศและทะเล ทำให้เกิดพายุและสภาพการอากาศที่รุนแรงมากขึ้นและเกิดขึ้นบ่อยครั้ง ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์นั้นสามารถเกิดขึ้นเองได้ในธรรมชาติ แต่การพัฒนาเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมและเกษตรกรรมอย่างหลากหลายได้ส่งผลให้ปริมาณก๊าซเหล่านี้เพิ่มมากขึ้น อันเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นและมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบและปริมาณของหยาดน้ำฟ้าในบางบริเวณ

ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่งที่แม้ว่ามีอยู่ในอากาศเพียง 1.7 ส่วนในล้านส่วน แต่ก๊าซมีเทนมีคุณสมบัติของก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือ ด้วยปริมาตรที่เท่ากัน ก๊าซมีเทนสามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แหล่งกำเนิดของก๊าซมีเทนมีอยู่มากมายทั้งในธรรมชาติและที่เกิดจากฝีมือมนุษย์ เช่น จากแหล่งนาข้าว จากการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิต จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ โดยเฉพาะการเผาไหม้ที่เกิดจากธรรมชาติ และเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงต่าง ๆ สามารถทำให้

เกิดก๊าซมีเทนในบรรยากาศสูงถึงร้อยละ 20 ของก๊าซมีเทนในชั้นบรรยากาศทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษาของ IPCC พบว่าพื้นที่การเกษตรประเภทนาข้าวในประเทศแถบเอเชียและออสเตรเลีย มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศในปริมาณที่มาก และมีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละบริเวณขึ้นอยู่กับชนิดและคุณภาพของดินในแต่ละพื้นที่

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งผลิตข้าวเป็นพืชหลัก และข้าวเป็นพืชที่สำคัญของประเทศ เป็นพืชเศรษฐกิจทั้งในการบริโภคในประเทศและเพื่อการส่งออก ในปีพ.ศ. 2547 ทั่วประเทศมีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีประมาณ 57,480,066 ไร่ และพื้นที่ข้าวนาปรังประมาณ 9,431,931 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2548) โดยส่วนใหญ่แล้วข้าวจะนิยมปลูกในภูมิประเทศที่เป็นพื้นที่ราบลุ่ม ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่ทางภาคกลางซึ่งเป็นที่ราบลุ่มที่ใช้ในการเพาะปลูกข้าว ไม่ว่าจะเป็นจังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดอ่างทอง เป็นต้น (อัมมาร สยามวาลา ; และวิโรจน์ ณ ระนอง.2533 : 43) จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่ม ประกอบกับมีระบบชลประทานที่สามารถแจกจ่ายน้ำสู่พื้นที่เกษตรกรรมได้อย่างพอเพียง พื้นที่ที่ใช้ในการทำเกษตรกรรมส่วนใหญ่จึงเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการทำนา ซึ่งเกษตรกรสามารถทำนาได้ปีละ 2-3 ครั้ง โดยในปี พ.ศ.2548 พื้นที่ปลูกข้าวนาปี 1,121,183 ไร่ พื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง 1,151,990 ไร่ มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปรังเพิ่มขึ้นจากปีพ.ศ. 2547 ถึง 30,807 ไร่ และเพิ่มจากปี พ.ศ. 2546 ถึง 135,812 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2548) จากที่กล่าวมา เห็นได้ว่านาข้าวเป็นแหล่งของการแพร่กระจายก๊าซก๊าซมีเทนแหล่งหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทย ได้มีการขยายพื้นที่ปลูกข้าว รวมทั้งพยายามเพิ่มผลผลิตข้าวควบคู่ไปกับการมีนโยบายในการจำกัดการเกิดก๊าซมีเทน แต่อย่างไรก็ดีแนวทางหลายแนวทางที่นำมาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว เช่น การเพิ่มปุ๋ย การปรับปรุงระบบการให้น้ำ การเพิ่มอินทรีย์วัตถุ ต่างก็เป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มก๊าซมีเทน

การสำรวจระยะไกล เป็นวิทยาการด้านหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการสำรวจข้อมูลที่ให้รายละเอียดเกี่ยวกับสภาพปัจจุบันและสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว อันเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์และวางแผนแก้ปัญหาในการจัดการทรัพยากรและสภาพแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ ข้าวเป็นพืชชนิดหนึ่งที่สามารถนำหลักการของการสำรวจระยะไกลมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยถึงปริมาณการสะท้อนพลังงานของข้าว และสามารถนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับตัวแปรด้านอื่นๆได้ แต่ข้อจำกัดของการสำรวจระยะไกลด้วยข้อมูลดาวเทียมยังคงมีอยู่อีกหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดระยะเวลาที่ต้องการศึกษาซึ่งต้องขึ้นอยู่กับรอบของการโคจรซ้ำของดาวเทียม อีกทั้งข้อมูลที่ได้มาต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอนต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการวิเคราะห์ข้อมูล สภาพอากาศที่เป็นอุปสรรค รวมไปถึงในบางครั้งอาจมีความผันแปรของข้อมูลเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมทำให้การสำรวจภาคพื้นดินจึงเป็นอีกทางเลือกที่ใช้ในการศึกษาการสะท้อนพลังงานของพืช ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณการสะท้อนและการดูดซับพลังงานของวัตถุในการศึกษาค้างนี้ คือ เครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่น (Spectrometer หรือ Spectroradiometer) ทำให้เราทราบความแตกต่างของการสะท้อนพลังงานของ

วัตถุแต่ละชนิดได้อย่างรวดเร็วเช่น พืชสามารถสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ได้ดี ในขณะที่น้ำสามารถดูดซับพลังงานที่ตกกระทบได้เกือบทั้งหมด หรือการสะท้อนและการดูดซับพลังงานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืช จะมีค่าที่แตกต่างกันออกไป

ความสำคัญของการวิจัย

จากการที่ประเทศทั่วโลกได้ร่วมกันแก้ไขปัญหามหาภาวะโลกร้อน โดยการยกย่องอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The United Nation Framework Convention on Climate Change : UNFCCC) ขึ้น โดยประเทศไทยได้ให้สัตยาบันในอนุสัญญาดังกล่าว เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม พ.ศ. 2537 จึงทำให้มีข้อผูกพันที่จะต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขต่าง ๆ ในอนุสัญญา เพื่อรักษาระดับความหนาแน่นของก๊าซเรือนกระจกที่สะสมอยู่ในบรรยากาศ ให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และระบบภูมิอากาศของโลก อาทิ ต้องทำการศึกษา รวบรวมและจัดทำรายงานแห่งชาติที่แสดงข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (พัชรี แสงจันทร์ และ สิริธร คมณีทิพย์รัตน์, 2548, หน้า 83-94) ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงเหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกข้าว และเป็นพื้นที่มีการขยายตัวของพื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง โดยนำเครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่น ซึ่งมีความสะดวกรวดเร็วและง่ายต่อการเก็บข้อมูลในภาคสนาม มาใช้ในการเก็บค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาปรังในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อใช้ข้อมูลการสะท้อนพลังงานของข้าวนาปรังในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตตลอดฤดูกาลเพาะปลูก ในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณ รวมไปถึงการตรวจวัดและวิเคราะห์การแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากข้าวนาปรัง เพื่อนำมาสร้างสมการพยากรณ์ในการประเมินการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากดัชนีพืชพรรณ

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งจุดมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน

จากนาข้าวชลประทาน

3. เพื่อประเมินอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากดัชนีพืชพรรณ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ทำให้ทราบถึงอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน
2. ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซ

มีเทนจากนาข้าวชลประทาน

3. ทำให้ได้ผลการพยากรณ์ในการประเมินอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากดัชนีพืชพรรณ

ขอบเขตของการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาดังนี้

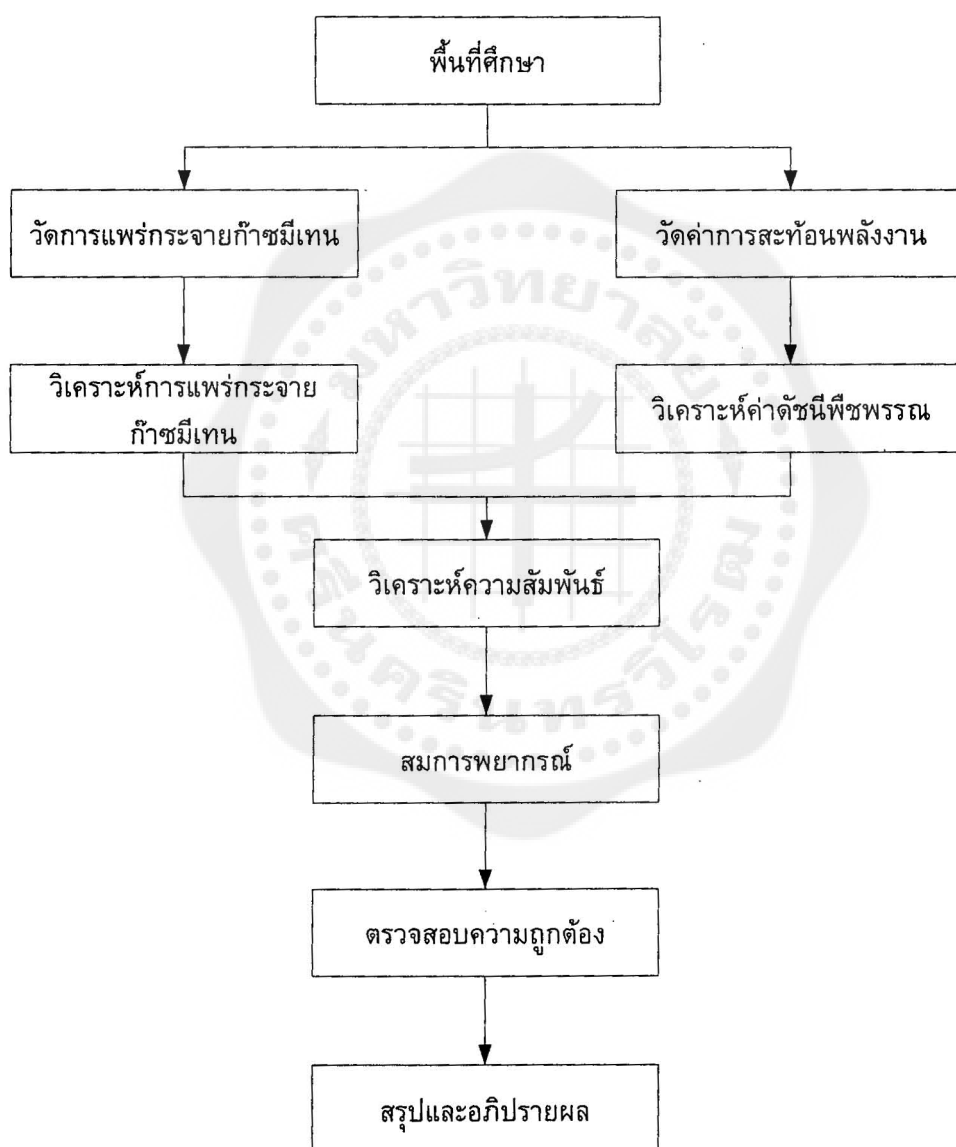
1. พื้นที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่นาข้าวชลประทานหรือพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังในจังหวัดสุพรรณบุรี
2. การศึกษาอยู่ในช่วงการทำนาปรังตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคมพ.ศ.2550
3. ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่
 - ปริมาณการสะท้อนพลังงานของข้าวนาปรัง (Spectral Reflectance) ในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared : NIR)
 - อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. นาข้าวชลประทานหรือนาข้าวนาปรัง หมายถึง ข้าวจ้าวหรือข้าวเหนียวที่ปลูกนอกฤดูกาล มีการใช้น้ำชลประทานเป็นหลักในการเพาะปลูก
2. ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices) หมายถึง ค่าที่ใช้ในการประเมินการสะท้อนพลังงานของพืช
3. ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared : NIR) หมายถึง ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.75-0.95 ไมโครเมตร
4. ช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) หมายถึง ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.63-0.68 ไมโครเมตร
5. ดัชนีพืชพรรณ IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง
6. ดัชนีพืชพรรณ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลต่างของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง

7. ดัชนีพืชพรรณ RVI (Ratio Vegetation Index) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่อปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง
8. ดัชนีพืชพรรณ SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) หมายถึง ค่าดัชนีพืชพรรณที่ถูกปรับแก้ผลกระทบจากการสะท้อนพลังงานของพื้นดิน

1.7 กรอบแนวคิดของการศึกษา



สมมติฐานของการศึกษา

- อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับค่าดัชนีพืชพรรณ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา
- ปรากฏการณ์เรือนกระจก
- การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบ
- แหล่งและปริมาณการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของไทย
- ก๊าซมีเทน
- การแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว
- การสำรวจข้อมูลระยะไกล
- ดัชนีพืชพรรณ
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

- ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดสุพรรณบุรีตั้งอยู่บริเวณภาคกลางด้านทิศตะวันตกของประเทศไทย อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 3 - 10 เมตร มีเนื้อที่ทั้งหมด 5,358 ตารางกิโลเมตร (3,348,775 ไร่) ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 14 องศา 4 ลิปดา ถึง 15 องศา 5 ลิปดาเหนือ และระหว่างลองจิจูดที่ 99 องศา 17 ลิปดา ถึง 100 องศา 16 ลิปดาตะวันออก โดยมีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ จังหวัดอุทัยธานีและจังหวัดชัยนาท
ทิศใต้	ติดต่อกับจังหวัดนครปฐม
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับจังหวัดอ่างทอง สิงห์บุรี และพระนครศรีอยุธยา
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับจังหวัดกาญจนบุรีและอุทัยธานี

- ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดสุพรรณบุรี สามารถแบ่งออกเป็น 2 เขตใหญ่ๆ ได้ดังนี้

เขตแรก บริเวณเทือกเขาสูงและพื้นที่ลอนลาดสลับลอนชัน (Mountainous and undulating plain) เริ่มตั้งแต่ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภอดูหมื่น ทอดขึ้นไปทางทิศเหนือ มีความลาดเท 2-8 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดสลับเชิงเขา ส่วนด้านทิศตะวันตกของอำเภอด่านช้าง มีสภาพเป็นลูกคลื่นลอนลาดสลับซับซ้อนจนถึงเทือกเขาสูงชัน เป็นแนวเขาที่ติดกับเขตเทือกเขาตะนาวศรี มีลำธารเล็กๆ หลายสายไหลผ่านลงสู่ลำห้วยกระเสียว ซึ่งอยู่ในที่ราบหุบเขา ปัจจุบันกรมชลประทานได้สร้างเขื่อนกันน้ำบริเวณบ้านนาตาป็น คือ เขื่อนกระเสียว ถัดจากแนว

เทือกเขาเป็นที่ราบหุบเขามาทางตะวันออกจะเป็นแนวลูกคลื่นลอนชันถึงเนินเขา แล้วค่อยๆ ลาดเทลงมาทางทิศตะวันออกจนถึงแม่น้ำท่าจีน

เขตที่สองเป็นบริเวณที่ราบลุ่ม (Plain) เป็นพื้นที่อยู่ทางด้านตะวันออกของจังหวัด อยุรภูมิแม่น้ำสุพรรณบุรีทั้ง 2 ฝั่ง ตั้งแต่เหนือจรดใต้ มีความลาดชันระหว่าง 0-3 เปอร์เซ็นต์ ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 3 เมตร ส่วนทิศเหนืออยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 10 เมตร พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดใช้ทำนา มีแม่น้ำไหลผ่านจากทิศเหนือจรดทิศใต้ได้แก่ แม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำสุพรรณบุรี

• ลักษณะภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของจังหวัดสุพรรณบุรีจะมีลักษณะคล้ายกับจังหวัดอื่นๆ ในภาคกลาง นอกจากนี้จะมีลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านในเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านในเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม และยังมีมตะวันออกเฉียงใต้จากทะเลจีนใต้เริ่มพัดผ่านเข้ามาในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม จากอิทธิพลของลมมรสุมดังกล่าวทำให้เกิดฤดูกาล 3 ฤดู คือ

ฤดูฝน	เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม
ฤดูหนาว	เริ่มตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์
ฤดูร้อน	เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

จังหวัดสุพรรณบุรีมีปริมาณฝนเฉลี่ยประมาณ 1,195 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 28.5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 74.07 เปอร์เซ็นต์ (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2530 : 1-7)

• ทรัพยากรดิน

ดินที่พบในจังหวัดสุพรรณบุรีมีจำนวน 33 กลุ่ม ชุดดินจำนวน 167 ชุดดิน ลักษณะดินของจังหวัดสุพรรณบุรีแบ่งตามความเหมาะสมและการใช้ประโยชน์เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกกลุ่มดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว พบอยู่บริเวณที่ราบลุ่มของฝั่งแม่น้ำสุพรรณบุรีและบริเวณตอนกลางของจังหวัด กลุ่มที่สองกลุ่มดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไร่ ส่วนใหญ่จะพบอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัด กลุ่มสุดท้ายเป็นกลุ่มดินที่เป็นปัญหาต่อการพัฒนาการเกษตรได้แก่ กลุ่มดินที่มีสภาพเป็นกรด กลุ่มดินตื้น กลุ่มดินภูเขาและพื้นที่ดินเค็ม

• ทรัพยากรแหล่งน้ำ

จังหวัดสุพรรณบุรีมีทรัพยากรแหล่งน้ำที่ประกอบด้วย แหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำชลประทาน ดังนี้

- แม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำสุพรรณบุรี เข้าสู่จังหวัดสุพรรณที่อำเภอเดิมบางนางบวช ปลายแม่น้ำไหลลงสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร
- แม่น้ำจะเข้สามพัน ไหลมาจากเขาหัวนอน อำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี ไหลลงสู่แม่น้ำสุพรรณบุรีที่ปากคลองสองพี่น้อง

- ลำน้ำกระเสียว เกิดจากลำน้ำสายต่างๆ มารวมทางด้านตะวันตกของอำเภอด่านช้าง กลายเป็นลำห้วยกระเสียวไหลลงสู่ตอนกลางของจังหวัดสุพรรณบุรี ที่อำเภอสามชูกเป็นลำน้ำที่มีน้ำไหลผ่านตลอดปี

- แหล่งน้ำชลประทาน ในจังหวัดสุพรรณบุรีมีโครงการชลประทานขนาดต่างๆ โดยเป็นโครงการชลประทานขนาดใหญ่ 13 โครงการ มีพื้นที่ได้รับประโยชน์ 1,957,114 ไร่ ส่วนโครงการชลประทานขนาดกลาง 3 โครงการ พื้นที่ได้รับประโยชน์ 6,500 ไร่ และโครงการชลประทานขนาดเล็ก 73 โครงการ พื้นที่ได้รับประโยชน์ 140,350 ไร่ ซึ่งรวมพื้นที่ได้รับประโยชน์จากโครงการชลประทานทั้งสิ้น 2,103,964 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 62.83 ของพื้นที่จังหวัด

- แหล่งน้ำใต้ดินในจังหวัดสุพรรณบุรีส่วนใหญ่นั้นมีปริมาณน้ำใต้ดินน้อย มีอัตราการให้น้ำประมาณ 1 - 30 ลูกบาศก์ต่อชั่วโมง สำหรับแหล่งน้ำใต้ดินที่มีปริมาณน้ำมากครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอด่านช้าง

● ทรัพยากรป่าไม้

จังหวัดสุพรรณบุรีมีพื้นที่ป่าส่วนใหญ่อยู่บริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัด ซึ่งประกอบด้วย ป่าสงวนแห่งชาติ 7 แห่ง มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 825,102.52 ไร่ อุทยานแห่งชาติ 1 แห่ง คือ อุทยานแห่งชาติพุเตย วนอุทยาน 1 แห่ง คือ วนอุทยานพุทอง และเขตห้ามล่าสัตว์ป่า 1 แห่ง คือ เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงฉวาก โดยพื้นที่ป่าเหล่านี้กระจายอยู่ทางตอนเหนือและตะวันตก และป่าไม้เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้เบญจพรรณ แต่ในปัจจุบันสภาพป่าไม้ในจังหวัดสุพรรณบุรีเปลี่ยนแปลงไปมากเนื่องจากการบุกรุกทำลายเพื่อใช้เป็นที่ทำมาหากินของราษฎร (ปิติชัย พงษ์วานิชชอนันต์, 2543 : 54-57) จากข้อมูลในปีพ.ศ. 2541 จังหวัดสุพรรณบุรีมีพื้นที่ป่าไม้อยู่เพียง 369,847 ไร่ หรือเท่ากับ ร้อยละ 11.05 ของเนื้อที่จังหวัดเท่านั้น

● สภาพเศรษฐกิจ

มูลค่ารวมผลิตภัณฑ์ของจังหวัดสุพรรณบุรีในปี พ.ศ. 2539 มีมูลค่ารวม 39,634 ล้านบาท ภาคเศรษฐกิจที่สำคัญที่สุดเป็นภาคเกษตรกรรม มีมูลค่า 9,724 ล้านบาท หรือเท่ากับ ร้อยละ 24.5 โดยมีเนื้อที่เพาะปลูกทั้งสิ้นประมาณ 2,213,213 ไร่ อยู่ในเขตพื้นที่ชลประทานประมาณ 1,602,978 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 47.86 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด พืชที่มีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ข้าว จากรายงานผลการสำรวจข้าวนาปรัง ปี 2545/46 พบว่าจังหวัดสุพรรณบุรีมีเนื้อที่ปลูกข้าวนาปรัง ประมาณ 1,016,178 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2546 : ออนไลน์) ส่วนภาคเศรษฐกิจที่มีความสำคัญรองลงมา ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม มีมูลค่า 7,874 ล้านบาท หรือเท่ากับ ร้อยละ 19.8 และภาคการค้าปลีกและค้าส่ง มีมูลค่า 7,015 ล้านบาท หรือเท่ากับ ร้อยละ 17.7

● โครงสร้างพื้นฐาน

ด้านการคมนาคมขนส่งมีทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 340 กรุงเทพฯ-สุพรรณบุรี ซึ่งปัจจุบันขยายเป็นถนนคอนกรีต 8 เลน ถนนเส้นนี้จะเป็นถนนเชื่อมต่อระหว่างภาคเหนือและภาคใต้

โดยไม่ต้องผ่านกรุงเทพฯ มีถนนสายต่างๆ ความยาวรวมทั้งสิ้น 32,448 กิโลเมตร จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นจังหวัดที่มีระบบโครงข่ายเส้นทางคมนาคมขนส่งที่สมบูรณ์มากจังหวัดหนึ่งในประเทศ

- สภาพสังคม

จังหวัดสุพรรณบุรีมีประชากรทั้งสิ้น 868,681 คน เป็นชาย 423,112 คน หญิง 445,569 คน ความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ย 163 คนต่อตารางกิโลเมตร (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2546 : ออนไลน์) อำเภอที่มีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุด คือ อำเภอศรีประจันต์ อำเภอที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยที่สุด คือ อำเภอด่านช้าง ประชากรส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ

- การใช้ที่ดิน

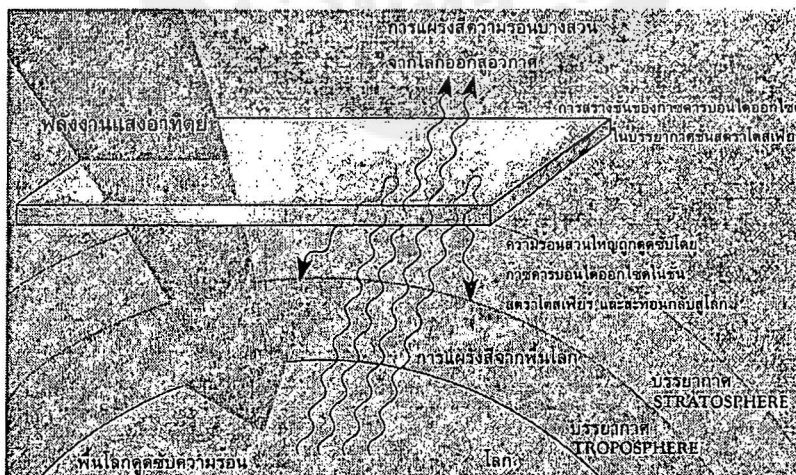
การใช้ที่ดินจังหวัดสุพรรณบุรีมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำการเกษตร โดยแบ่งออกเป็น ร้อยละ 76.6 แหล่งน้ำร้อยละ 1.4 เมืองหรือชุมชนร้อยละ 6.3 ป่าหรือสวนป่าร้อยละ 15.4 พื้นที่ใช้ประโยชน์อื่นอีกร้อยละ 3 (ศิริชัย อารยะรังสฤษฎ์,วันเพ็ญ ทองจุฑาและประเจียด บัวศรี,2537 : 33) ทำให้จังหวัดสุพรรณบุรีมีรายได้ส่วนใหญ่มาจากภาคเกษตรกรรม โดยพื้นที่ที่ใช้ในการทำการเกษตร มีอยู่ประมาณ 2,213,213 ไร่ แบ่งออกเป็น พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี 1,244,697 ไร่ ข้าวนาปรัง 954,370 ไร่ อ้อย 673,764 ไร่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 161,420 ไร่ มันสำปะหลัง 24,655 ไร่ ข้าวโพดฝักอ่อน 5,510 ไร่ ข้าวโพดรับประทานฝักสด 2,617 ไร่ ไม้ผลไม้ยืนต้น 115,064 ไร่ พืชผัก 79,912 ไร่ ไม้ดอกไม้ประดับ 2,996 ไร่

ปรากฏการณ์เรือนกระจก

ปรากฏการณ์เรือนกระจกเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการที่โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ พลังงานนี้ส่วนใหญ่ถูกส่งมาสู่โลกในรูปของแสงแดด (พลังงานช่วงคลื่นสั้น) ซึ่งจะมีการสะท้อน การดูดซับและการส่งผ่านขึ้นอยู่กับปริมาณของพลังงาน (Augenbraun, Elaine and David 1999) โดยก๊าซเรือนกระจกธรรมชาติ (Natural greenhouse effect) อันได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ไอน้ำ มีเทน (CH₄) ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) และ โอโซน (O₃) ซึ่งเป็นก๊าซหลักที่มีผลต่อภาวะที่ทำให้บรรยากาศอบอุ่นหรือที่เรียกว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effects) โดยที่พลังงานจากดวงอาทิตย์ในรูปของพลังงานแสงบางส่วนก็จะสะท้อนกลับออกไปสู่ห้วงอวกาศ ในรูปของรังสีอินฟราเรดหรือพลังงานความร้อน (พลังงานช่วงคลื่นยาว) และพลังงานความร้อนนี้จะถูกก๊าซเรือนกระจกที่กล่าวมา ซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศตามธรรมชาติในปริมาณที่ไม่มากนัก โดยที่ก๊าซเหล่านี้มีปริมาณรวมทั้งสิ้นไม่ถึงร้อยละ 1 ของบรรยากาศ ดูดกลืนพลังงานความร้อนเอาไว้บางส่วน (นัฐปัทม์ จิตพิทักษ์,2542) จะช่วยทำให้เกิดความอบอุ่นกับพื้นผิวโลก การที่โลกได้สะท้อนเอาความร้อนออกไปบ้าง ช่วยทำให้โลกไม่ร้อนจนลูกโซน มีผลทำให้โลกมีอุณหภูมิอุ่นขึ้นจากเดิมอีกประมาณ 30 องศาเซลเซียส ระดับอุณหภูมิดังกล่าวเป็นระดับที่จำเป็นและพอเหมาะสำหรับการดำรงชีพของมนุษย์ สัตว์และพืช

ก๊าซเรือนกระจกธรรมชาตินั้นจะทำหน้าที่เหมือนแผ่นกระจกในเรือนต้นไม้ที่ยอมให้แสงแดดลอดผ่านได้ แต่ความร้อนสะท้อนออกไม่ได้นั่นเอง ซึ่งจะทำให้รักษาความร้อนไว้ให้คงอยู่ภายในเรือนต้นไม้ แต่ในปัจจุบันมีก๊าซบางชนิดสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศมากเกินไปจนสมดุล ซึ่งก๊าซเหล่านี้สามารถดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดและคายพลังงานความร้อนได้ดี พื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของโลก และสิ่งมีชีวิตพื้นผิวโลกอย่างมากมาย ปรากฏการณ์เรือนกระจกนั้นมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกนี้มาก หากปราศจากปรากฏการณ์เรือนกระจกที่มีอยู่โดยธรรมชาติแล้ว อุณหภูมิของโลกจะต่ำกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ทำให้ความอบอุ่นของโลกไม่เพียงพอที่มนุษย์จะอยู่อาศัยได้ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ บนโลกนี้อาจไม่เกิดขึ้นในทางตรงกันข้าม หากปรากฏการณ์เรือนกระจกเกิดขึ้นมากเกินไป จนทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นกว่าที่เป็นอยู่อาจจะทำให้เกิดปัญหาที่ร้ายแรงต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และพืช

คำว่าเรือนกระจกนั้น ในความเป็นจริงคือ สิ่งก่อสร้างที่เป็นเรือนที่ปิดล้อมด้วยกระจกหรือวัสดุอื่น ซึ่งให้ผลในการเก็บกักความร้อนคล้าย ๆ กัน เช่นพลาสติกใช้ในการเพาะชำและปลูกพืชบางชนิด อากาศภายในเรือนกระจกจะร้อนและชื้นกว่าอากาศภายนอก ประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นจึงใช้เรือนกระจกกันมาก ทำให้สามารถปลูกพืชหลายชนิด โดยเฉพาะพืชจำพวกผักซึ่งปลูกได้ตลอดปี ปรากฏการณ์เก็บกักความร้อนเช่นนี้ เกิดขึ้นจากคุณสมบัติพิเศษของกระจกที่ยอมให้ความร้อนจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามา โดยกระจกคุณภาพดีจะให้ความร้อนผ่านเข้ามาได้ถึงร้อยละ 90 แต่เมื่อรังสีความร้อนภายในเรือนกระจกจะผ่านออก กระจกก็สามารถกักความร้อนไว้ได้ถึงร้อยละ 90 เช่นเดียวกัน ทำให้อุณหภูมิภายในเรือนกระจกสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิที่อยู่ภายนอก แต่อุณหภูมิภายในเรือนกระจกก็มิได้เพิ่มสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ เพราะอุณหภูมิภายในยิ่งสูงการแผ่รังสีออกยิ่งเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งถึงจุดที่ความร้อนที่เข้าไปในเรือนกระจกกับความร้อนที่แผ่ออกมาเท่ากัน อุณหภูมิเรือนกระจกจะคงที่อยู่ที่จุดนั้น (เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์, 2542)



ภาพประกอบที่ 1 ปรากฏการณ์เรือนกระจก

การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบ

ในระยเวลานับร้อยปีที่ผ่านมา การเพิ่มระดับของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมันและก๊าซธรรมชาติรวมทั้งการตัดไม้ทำลายป่าทำให้เกิด ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การทำการเกษตร เช่น การปลูกข้าวในนาที่มีน้ำขังหรือการปลูกพืชที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน การย่อยอาหารโดยการหมักในกระเพาะ (Enteric fermentation) ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminant animal) ตลอดจนการบำบัดน้ำเสียและการทำลายขยะมูลฝอย ทำให้เกิดก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์และควีนจากท่อไอเสียรถยนต์ปล่อยก๊าซโอโซน (IAEA,1992 :1)

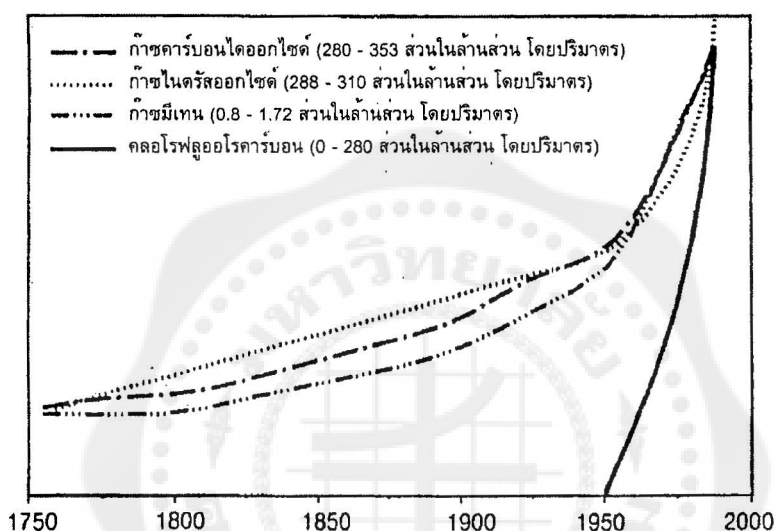
การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกเป็นปรากฏการณ์ที่นักวิทยาศาสตร์ยุคใหม่เริ่มยอมรับ ได้ปรากฏให้เห็นชัดเจนขึ้น ตั้งแต่เริ่มศตวรรษนี้ (นิพนธ์ ตั้งธรรม,2549) นอกจากนี้ในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา ยังมีการปล่อยสารกลุ่มฮาโลคาร์บอน ที่ผลิตขึ้นมาใช้ในทางอุตสาหกรรมและการพัฒนาเศรษฐกิจ ที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดในธรรมชาติได้แก่ คลอโรฟลูโอโรคาร์บอน(chlorofluorocarbons-CFC) ไฮโดรคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (Hydrochlorofluorocarbons-HCFCs) ไฮโดรคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (Hydrochloro fluorocarbons-HFCs) และเพอร์ฟลูโอรีเนตคาร์บอน (Perfluorinted carbon-PFCs) สาเหตุดังกล่าวทำให้เกิดปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจกขยายตัว ทำให้การดูดซับพลังงานความร้อนมีมากขึ้น มีผลทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นจนเกินความสมดุลทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate change) หรืออีกนัยหนึ่งคือ ภาวะโลกร้อน (Global warming) หรือ สภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effects)

โดยตั้งแต่ระยะก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรมหรือประมาณ 200 ปีก่อนนั้น อุณหภูมิของโลกค่อนข้างคงที่ เนื่องจากสัดส่วนของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศไม่มีการเปลี่ยนแปลงเท่าใดนัก แต่ภายหลังจากการปฏิวัติอุตสาหกรรม มนุษย์ได้ริเริ่มการใช้กระบวนการผลิตสินค้าแบบใหม่และขยายพื้นที่เพาะปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรมากขึ้น พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้น โดยในช่วงเวลาดังกล่าวความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 30 หรือเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 0.4 ต่อปี ส่วนความหนาแน่นของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.1 ต่อปี และความหนาแน่นของก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 0.3 ต่อปี (Bowman,1990)

นักวิทยาศาสตร์ได้คาดการณ์ว่า การที่อุณหภูมิของชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทรเพิ่มสูงขึ้นแผ่นน้ำแข็งที่ปกคลุมอยู่ในกรีนแลนด์บางส่วน และภูเขาน้ำแข็งจะเริ่มละลาย ซึ่งจะส่งผลให้ระดับน้ำในทะเลจึงเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งนักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่าระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นประมาณ 0.2 – 1.5 เมตรในราวปี ค.ศ.2030 (Parry,1990) พื้นที่ชายฝั่งบางส่วนจะหายไป ซึ่งประเทศที่จะได้รับอันตรายคือ ประเทศที่ตั้งอยู่ในระดับต่ำและมีประชาชนอาศัยตามแนวชายฝั่งมาก นอกจากนั้นส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกกักเก็บความร้อนของ

แสงอาทิตย์มิให้สะท้อนกลับออกไปจากผิวโลก จึงทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2243 เป็นต้นมา อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส นักวิทยาศาสตร์ คาดการณ์ว่าอุณหภูมิของโลกจะเพิ่มขึ้นระหว่าง 1.5-4.5 องศาเซลเซียสในกลางศตวรรษหน้า

ตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา การเผาถ่านหิน การใช้น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และการทำลายป่า เพิ่มปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นประมาณร้อยละ 25-30 การเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร อย่างเช่น การปลูกข้าว หรือการเลี้ยงสัตว์ทำให้ระดับของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น (เศวตฉัตร ศรีสุรัตน์, 2542) นอกจากนั้นปริมาณก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน ดังแสดงใน ภาพประกอบที่ 2



ภาพประกอบที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ (ปรับปรุงจาก IPCC, 1990)

จากภาพประกอบที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ตั้งแต่ปีค.ศ. 1750 ถึง 1950 ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (CO_2 , CH_4 and N_2O) เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ แต่ในช่วงหลังปีค.ศ. 1950 เป็นต้นมา ปริมาณก๊าซดังกล่าว เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วมาก กล่าวคือในบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มจาก 280 เป็น 363 ppmv (part per million in volume) มีเทน (CH_4) เพิ่มจาก 0.8 เป็น 1.72 ppmv และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เพิ่มจาก 288 เป็น 310 ppbv (part per billion in volume)

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ภายใต้อนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) ได้รายงานผลการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกในปีค.ศ. 1990 มีปริมาณการแพร่กระจายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ และคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน สู่บรรยากาศ 26,000 300 6 และ 0.9 ล้านตัน

ตามลำดับ และในระหว่างปี 1980-1990 การมีส่วนทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นของก๊าซเหล่านี้คิดเป็นร้อยละ 55 15 6 และ 24 ตามลำดับ (IPCC, 1994)

เรนเนนเบิร์กและคณะ (Rennenberg et al., 1995) กล่าวว่า ก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดมีอายุ (Residence time) และการดูดซับรังสีความร้อน (Relative absorption capacity) ต่างกัน ทำให้ก๊าซในหนึ่งหน่วยน้ำหนักที่เท่ากันนั้นมีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนต่างกัน (Global Warming Potential, GWP) ดังนั้นในการพิจารณาการมีส่วนทำให้โลกร้อนของก๊าซแต่ละชนิดดังกล่าวข้างต้นหรือประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม นักวิทยาศาสตร์ได้กำหนดวิธีการคำนวณค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซแต่ละชนิด โดยกำหนดให้ใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นฐานเปรียบเทียบ (CO₂ equivalent) และให้นิยามของ GWP หมายถึงค่าที่บ่งถึงความสามารถของก๊าซเรือนกระจกใดๆ ในการทำให้เกิดความอบอุ่น เมื่อเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำหนักที่เท่ากัน

จาก ตารางที่ 1 เปรียบเทียบอายุ (Residence time) ความสามารถในการดูดซับความร้อน (Relative absorption capacity) และค่า GWP ของ CO₂ CH₄ และ N₂O แสดงให้เห็นว่าเมื่อเทียบกับก๊าซ CO₂ CH₄ มีอายุอยู่ในบรรยากาศ น้อยกว่า 12 เท่า แต่มีการดูดซับความร้อนได้มากกว่า 58 เท่า เมื่อคำนวณค่า GWP จากน้ำหนักก๊าซต่อ 1 กิโลกรัม ในระยะ 20 ปี ก๊าซ CH₄ มีผลให้ความร้อนมากกว่าก๊าซ CO₂ 63 เท่า และจะลดลงเหลือ 21 และ 9 เท่า ในระยะเวลา 100 และ 500 ปี ตามลำดับ การให้ผลความร้อนของก๊าซ CH₄ ลดลงเป็นเพราะว่ามีอายุในบรรยากาศสั้นกว่า CO₂ ส่วนก๊าซ N₂O มีอายุในบรรยากาศ 150 ปี ความสามารถดูดซับความร้อน 206 เท่าของ และมีค่า GWP สูงถึง 270 310 และ 190 ในระยะเวลา 20 100 และ 500 ปี ตามลำดับ

ตารางที่ 1 อายุ (Residence time), การดูดซับความร้อน (relative absorption capacity) และศักยภาพการทำให้โลกร้อน (global warming potential) ของก๊าซเรือนกระจก CO₂, CH₄; and N₂O

ก๊าซเรือนกระจก	อายุ (ปี)	การดูดซับความร้อน (unit mass)	ค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน ^b		
			20 ปี	100 ปี ^c	500 ปี
คาร์บอนไดออกไซด์	120	1	1	1	1
มีเทน	10	58	63	21	9
ไนตรัสออกไซด์	150	206	270	310	190

^a ค่าเป็นหน่วยน้ำหนักก๊าซที่เปลี่ยนแปลงจากปีที่รายงาน (IPCC, 1994)

^b ค่าจากการเพิ่มของก๊าซ 1 กิโลกรัม

^c ข้อมูลจาก TEI, 1997 คลอโรฟลูโอโรคาร์บอน

ที่มา : ดัดแปลงจากเรนเนนเบิร์ก (Rennenberg et al., 1995)

ในด้านผลกระทบนั้น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศย่อมส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงในระบบกายภาพและชีวภาพ การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ตัวแปรของภูมิอากาศที่สำคัญคือ ปริมาณฝน อุณหภูมิและปริมาณแสงแดด ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งส่งผลต่อถึงกระบวนการทางอุทกวิทยา ทรัพยากรน้ำมหาสมุทรและชายฝั่งทะเล อีกทั้งระบบธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตบนบก ระบบนิเวศมหาสมุทรและแหล่งน้ำจืด (นิพนธ์ ตั้งธรรม, 2549 ; ปัทมา ดำรงผล, 2549) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังเป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณและความถี่ของตัวแปรดังกล่าว สาขาใดที่ผูกพันกับตัวแปรเหล่านี้มากก็ยังมีโอกาสได้รับผลกระทบมาก ซึ่งได้แก่ สาขาเกษตร ซึ่งรวมทั้งกลีกรรมและปศุสัตว์ ทรัพยากรน้ำ ทรัพยากรป่าไม้ ทรัพยากรชีวภาพและระบบนิเวศ เป็นต้น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศย่อมมีผลกระทบมากน้อยมีความแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในบางภูมิภาคจะเป็นผลเสียในขณะที่บางภูมิภาคได้ประโยชน์ สภาวะความร้อนที่เพิ่มขึ้นการเปลี่ยนแปลงของมรสุม ดินที่แห้งแล้งอาจทำให้ผลผลิตต่อไร่ในเขตร้อนชื้นตกต่ำ ในขณะที่ระยะเวลาการเพาะปลูกอาจจะยาวนานขึ้น

อย่างไรก็ดี สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2544) ได้รวบรวมผลการศึกษาที่ผ่านมาโดยชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มของผลกระทบที่เกิดขึ้นดังนี้

- ผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญคือ อุณหภูมิและคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้น อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นอาจเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของพืชบางชนิด และในขณะเดียวกันก็อาจส่งผลเสียต่อพืชบางชนิด โดยเฉพาะเมื่อประกอบกับการขาดแคลนน้ำ วัชพืชอาจแพร่กระจายจากเขตร้อนชื้นไปยังเขตอบอุ่น ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นอาจมีส่วนช่วยเพิ่มผลผลิตของพืช โดยหลักการแล้วการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะกระตุ้นการสังเคราะห์แสงของพืชบางชนิด โดยเฉพาะในกลุ่มพืชที่เรียกว่า C_3 (เป็นพืชส่วนใหญ่ของโลกโดยเฉพาะในแถบที่หนาวเย็นและชุ่มชื้น และรวมถึงพืชที่เป็น ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ มันสำปะหลัง และมันฝรั่ง) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซทำให้การส่องทะลุของแสงแดดลดลง การใช้น้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่วนการตอบสนองของพืชกลุ่ม C_4 (พืชในเขตร้อนชื้นเช่น ข้าวโพด อ้อย ข้าวฟ่าง ซึ่งมีความสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารของประเทศกำลังพัฒนาเป็นส่วนใหญ่) จะมีไม่มากเหมือนกลุ่ม C_3 โดยการทดลองโดยสมมุติว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ชี้ให้เห็นว่า “คาร์บอนไดออกไซด์” สามารถเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยของพืช C_3 อีกร้อยละ 30 ผลกระทบอาจเพิ่มขึ้นหรือน้อยลงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ศัตรูพืชและความอุดมสมบูรณ์เขตภูมิอากาศและเขตเกษตรมีแนวโน้มจะเคลื่อนย้ายไปยังขั้วโลก เนื่องจากระดับอุณหภูมิเฉลี่ยคาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นในแถบขั้วโลกเหนือขั้วโลกใต้มากกว่าแถบศูนย์สูตร การเคลื่อนย้ายของเขตภูมิอากาศจะมีผลต่อการผลิตพืชและสัตว์เป็นอย่างมาก

- สภาวะอากาศร้อนจะมีผลทำให้สภาพของฝนเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะจะมีผลต่อความชุ่มชื้นในดิน จากการคาดคะเนว่าอุณหภูมิของโลกจะเพิ่มสูงขึ้น 1-3.5 องศาเซลเซียสใน 100 ปีข้างหน้า และการใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศคาดการณ์ว่าปริมาณ ความถี่ และความเข้มข้นของการระเหยของน้ำและน้ำฝน จะเพิ่มสูงขึ้น ในบางภูมิภาคจะชุ่มชื้นมากขึ้น ในขณะที่บางภูมิภาคจะแห้งแล้งมากขึ้น พื้นที่ที่เสี่ยงต่อความแห้งแล้งอยู่แล้วจะได้รับผลกระทบที่ยาวนานมากขึ้น
- ด้านป่าไม้ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอาจมีผลกระทบต่อองค์ประกอบของพันธุ์ไม้ในป่าถึงหนึ่งในสามของโลก ป่าบางชนิดอาจสูญสลายในขณะที่องค์ประกอบพันธุ์ใหม่อาจเกิดขึ้น ทำให้มีระบบนิเวศใหม่ได้ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอาจรวมถึงศัตรูพืช และไฟป่าที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามป่าไม้จะปรับตัวอย่างช้า ๆ
- ทูงหญ้าซึ่งเป็นแหล่งอาหารของปศุสัตว์และสัตว์ป่ามากกว่าร้อยละ 50 ของโลก การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและปริมาณฝนจะเปลี่ยนแปลงฤดูกาลเพาะปลูก ขอบเขตระหว่างทูงหญ้า ป่าละเมาะ ป่าไม้และระบบนิเวศอื่น ในเขตร้อนขึ้นการเปลี่ยนแปลงของการระเหยของน้ำอาจมีผลต่อผลิตภาพและพันธุ์สัตว์
- ทางด้านการประมง ผลผลิตประมงของโลกอาจไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากโลกร้อนขึ้น แต่อาจมีผลกระทบต้องมีการเปลี่ยนแปลงพันธุ์หรือเปลี่ยนสถานที่เลี้ยงปลา ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป
- พื้นที่ชุ่มน้ำอาจลดลง พื้นที่ชุ่มน้ำเหล่านี้เป็นแหล่งอาศัยและขยายพันธุ์ของพืชและสัตว์มากมาย การศึกษาในหลายประเทศชี้แนะว่าโลกร้อนขึ้นจะมีผลทำให้พื้นที่ชุ่มน้ำลดน้อยลงเนื่องจากอัตราการระเหยที่เร็วขึ้น
- นอกจากนั้น ปองทิพย์ยังกล่าวถึง ภัยธรรมชาติต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสึนามิ เฮอริเคน เอลนีโญ ลานีญา น้ำท่วม ฝนตกนอกฤดู ต่างมีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งล้วนแล้วแต่มีต้นเหตุสำคัญมาจากอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศของโลกเพิ่มสูงขึ้น อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยก๊าซเรือนกระจก (ปองทิพย์, 2549)

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยก๊าซเรือนกระจก จะส่งผลกระทบต่อทรัพยากรธรรมชาติ ทรัพยากรชีวภาพและการดำรงชีพของมนุษย์ เป็นต้น โดยทำให้ปัจจัยหรือองค์ประกอบภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เช่น ปริมาณฝน อุณหภูมิ และปริมาณแสงแดด ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงทั้งปริมาณและความถี่ของปัจจัย

แหล่งและปริมาณการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของไทย

กิจกรรมของมนุษย์ส่วนใหญ่ทำให้ก๊าซเรือนกระจกแพร่กระจายไปสู่บรรยากาศ กิจกรรมที่ส่งผลต่อการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกมีมากมาย อีกทั้งกิจกรรมแต่ละประเภทก็ส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกแตกต่างกันไปแต่ละประเภท การแพร่กระจายก๊าซเหล่านี้ส่วนใหญ่จะ

สัมพันธ์กับการใช้พลังงาน เนื่องจากเชื้อเพลิงฟอสซิลถูกเผาไหม้ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ให้พลังงานใช้สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ใช้ในยานยนต์ต่างๆ อีกทั้งให้ความร้อน ความอบอุ่นแก่บ้านเรือน และให้พลังงานในโรงงานต่างๆ ถ้าหากน้ำมันถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ตามมาคือคาร์บอน แต่ถ้าหากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรคาร์บอน นอกจากนี้ก๊าซไนตรัสออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์ก็ถูกผลิตขึ้นมาด้วย เนื่องจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เป็นสาเหตุให้ไนโตรเจนในน้ำมันเชื้อเพลิงหรืออากาศผสมกับออกซิเจนในอากาศ ส่วนก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์นั้นเกิดจากเมื่อซัลเฟอร์รวมตัวกับออกซิเจน (ซึ่งเป็นส่วนประกอบของถ่านหินและน้ำมันเชื้อเพลิงหนัก)

นอกจากนี้ การตัดไม้ทำลายป่าก็เป็นสาเหตุใหญ่อันดับสองของการแพร่กระจายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อป่าไม้ถูกตัดจากพื้นที่เกษตรกรรม คาร์บอนส่วนใหญ่จากการเผาไหม้หรือการย่อยสลายของต้นไม้จะสะสมอยู่ในบรรยากาศ อย่างไรก็ตามเมื่อมีการปลูกป่าใหม่ ต้นไม้ที่กำลังเจริญเติบโตจะดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะทำให้มีการเคลื่อนย้ายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้จากบรรยากาศ อีกทั้งการผลิตปูน (คลีเซียมออกไซด์) เพื่อผลิตเป็นปูนซีเมนต์จะทำให้มีการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งอุตสาหกรรม คล้ายกับการแพร่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงฟอสซิล ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาระหว่างการผลิตปูนซีเมนต์เกิดจากหินปูนและฟอสซิล จำพวกหอยทะเลและชีวมวลที่ฝังทับถมในตะกอนมหาสมุทรที่มีอายุมาก นอกจากนี้การทำการเกษตรเช่นการปลูกข้าวในนาที่มีน้ำขังและการปศุสัตว์ เป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การฝังกลบขยะ การทำเหมืองถ่านหินและการผลิตก๊าซธรรมชาติก็ปล่อยก๊าซมีเทนเช่นกัน

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI,1990) สรุปการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญแต่ละประเภทนั้น เกิดจากแหล่งเกิดที่ต่างกันไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกือบทั้งหมดถูกปลดปล่อยออกจากภาคกิจกรรมสามชนิดได้แก่ พลังงาน ป่าไม้และการเกษตร รวมปริมาณการแพร่กระจายออกทั้งสิ้นประมาณ 164 ล้านตัน โดยแยกการแพร่กระจายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกตามภาคกิจกรรมย่อยดังนี้คือ การทำลายป่าคิดเป็น 82.7 ล้านตัน (43%) การขนส่งคิดเป็น 28.2 ล้านตัน (15%) โรงผลิตกระแสไฟฟ้าคิดเป็น 27.6 ล้านตัน (15%) การใช้ประโยชน์มวลชีวภาพจากป่าและการปลูกป่าคิดเป็น 20.7 ล้านตัน (11%) อุตสาหกรรม (การใช้พลังงาน)คิดเป็น 12.8 ล้านตัน (7%) กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม 9.8 ล้านตัน (5%) การเผาไหม้พลังงานรายย่อยคิดเป็น 8.0 ล้านตัน (4%) และการกักเก็บโดยการปลูกป่าและการฟื้นฟูสภาพป่าธรรมชาติ 25.0 ล้านตัน

- ก๊าซมีเทน (CH_4) การแพร่กระจายก๊าซมีเทนในประเทศไทย จำนวน 2.8 ล้านตัน เกิดจากภาคการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ โดยในส่วนของป่าไม้ พลังงาน และกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม การบำบัดน้ำเสียและพื้นที่ชุ่มน้ำ มีส่วนร่วมด้วยบ้างการแพร่กระจายก๊าซมีเทนแบ่งตามภาคกิจกรรมต่าง ๆ คือ การปลูกข้าวคิดเป็น 1.8 ล้านตัน (65%) ปศุสัตว์ (การหมักย่อยใน

กระเพาะอาหารและมูลสัตว์)คิดเป็น 0.7 ล้านตัน (24%) การบำบัดน้ำเสียคิดเป็น 0.15 ล้านตัน (5%) ก๊าซระเหยของก๊าซธรรมชาติและน้ำมันคิดเป็น 0.11 ล้านตัน (4%) และกิจกรรมอื่น ๆคิดเป็น 0.06 ล้านตัน (2%)

■ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ส่วนใหญ่ถูกปล่อยออกมาจากภาคป่าไม้ พลังงานและเกษตรกรรม มีปริมาณรวมทั้งสิ้น 11,310 ตัน แบ่งการแพร่กระจายก๊าซไนตรัสออกไซด์ออกจากกิจกรรมย่อยดังนี้คือ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในภาคการเกษตรคิดเป็น 9,150 ตัน (81%) การขนส่งคิดเป็น 1,110 ตัน (10%) การเผาซากพืชในการเกษตรคิดเป็น 490 ตัน (4%) และกิจกรรมอื่น ๆคิดเป็น 500 ตัน (5%)

นอกจากนั้นสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยกล่าวว่า การที่ประเทศไทยได้ร่วมลงนามรับรองและให้สัตยาบันภายใต้อนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) จึงต้องมีพันธกรณีในการจัดทำบัญชีรายการแห่งชาติว่าด้วยการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจก (National Communication) สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นหน่วยหลักที่รับผิดชอบต่ออนุสัญญาในนามของรัฐบาลไทย ร่วมกับสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยได้ทำการศึกษาและประเมินปริมาณการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ในรอบปี พ.ศ. 2533 ปรากฏผลโดยการศึกษาปริมาณการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญในประเทศไทย มี 3 ชนิดได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) โดยมีปริมาณการปล่อยออกตามชนิดของก๊าซ คือ คาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณ 164 ล้านตัน มีเทนปริมาณ 2.8 ล้านตันและ ไนตรัสออกไซด์ 0.01 ล้านตัน จากปริมาณการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกข้างต้น สามารถคิดเป็นสัดส่วนในการทำให้โลกร้อนได้ดังแสดงใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2533 ค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน (GWPs) และสัดส่วนการทำให้โลกร้อนของก๊าซแต่ละชนิด (คาดคะเนใน 100 ปีข้างหน้า)

ก๊าซเรือนกระจก	การแพร่กระจาย (ล้านตัน)	ค่าศักยภาพการ ทำให้โลกร้อน	ค่าเทียบเท่า คาร์บอนไดออกไซด์ (ล้านตัน)	เปอร์เซ็นต์ ของการแพร่กระจาย
คาร์บอนไดออกไซด์	164	1	164	73
มีเทน	2.8	21	58	25
ไนตรัสออกไซด์	0.01	310	3	2
ผลรวม			225	100

ที่มา : สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (TEI,1990)

การคำนวณค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (GWP) ของก๊าซโดยกำหนดให้ค่า GWP ของคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 1 ก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ มีค่า GWP เท่ากับ 21 และ 310 ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับค่าเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 equivalent) ที่ปลดปล่อยจำนวน 164 ล้านตัน ก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ จะมีปริมาณการแพร่กระจาย 58 และ 3 ล้าน

ตัน ตามลำดับ เมื่อรวมการแพร่กระจายก๊าซทุกชนิด (จากค่า CO₂ equivalent) จะมีปริมาณทั้งสิ้น 225 ล้านตัน ซึ่งชี้ให้เห็นถึงสัดส่วนการทำให้โลกร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน และไนตรัสออกไซด์ ที่เกิดจากประเทศไทย คิดเป็นร้อยละ 73 26 และ 2 ตามลำดับ (TEI,1990)

ก๊าซมีเทน (CH₄)

ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่เกิดในธรรมชาติโดยกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือซากสิ่งมีชีวิตของแบคทีเรียบางชนิดในพื้นที่ปราศจากออกซิเจน (IAEA 1992 : 1) เช่น ในหนองน้ำ ก๊าซมีเทนมีคุณสมบัติพิเศษคือ เผาไหม้ได้ง่าย และปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา นอกจากนี้แมลงปลวกอาจผลิตก๊าซมีเทนในกิจกรรมบางอย่าง แม่น้ำและสัตว์กินพืชอื่น ๆ ก็พบว่ามีก๊าซมีเทนอยู่ในกระเพาะ ก๊าซมีเทนจึงถูกปล่อยออกมาเมื่อสัตว์เรอ ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยมาก แม้ว่ามีก๊าซมีเทนอยู่ในอากาศเพียง 1.7 ppm แต่ก๊าซมีเทนมีคุณสมบัติของก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กล่าวคือ ด้วยปริมาตรที่เท่ากัน ก๊าซมีเทนสามารถดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้ดีกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (IPCC, 1996) ก๊าซมีเทนมีศักยภาพทำให้โลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 30 เท่า (Dickinson and Cicerone, 1986) และมีอัตราเพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศ 0.5-0.8% ต่อปี (Bouwman, 1991) โดยระหว่างปีค.ศ. 1990-1999 ก๊าซมีเทนมีอัตราเพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศ 0.007 ppb ต่อปี (IPCC, 2001)

ก๊าซมีเทนมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากการทำนาข้าว ปศุสัตว์ และการเผาไหม้มูลชีวภาพ การเพิ่มขึ้นของก๊าซมีเทนส่งผลกระทบโดยตรงต่อภาวะเรือนกระจกมากเป็นอันดับสอง รองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการประเมินของ USEPA (United States Environmental Protection Agency) พบว่า ก๊าซมีเทนมีส่วนทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นร้อยละ 20 แหล่งปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่สำคัญส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมภาคเกษตร ได้แก่ นาข้าว มีปริมาณปลดปล่อย 25-150 Tg ต่อปี และปศุสัตว์ 65-100 Tg ต่อปี (Le Mer and Roger, 2001) จากรายงานการศึกษาของ IPCC พบว่า พื้นที่การเกษตรประเภทนาข้าวในประเทศแถบเอเชีย และออสเตรเลีย มีการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสู่ชั้นบรรยากาศในปริมาณที่มาก และมีปริมาณแตกต่างกันในแต่ละบริเวณขึ้นกับชนิดและคุณภาพของดินในแต่ละพื้นที่ (IPCC, 1995) โดยได้มีความพยายามวัดปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดจากการปลูกข้าวในประเทศแถบเอเชียซึ่งเป็นการปลูกข้าวแบบขังน้ำ และยอมรับเป็นแหล่งผลิตก๊าซมีเทนแหล่งสำคัญแหล่งหนึ่ง โดยเฉพาะจากนาข้าวคิดเป็นร้อยละ 20 ของก๊าซมีเทนที่ปล่อยจากกิจกรรมของมนุษย์ (Denier van der Gon et al., 1994) มีการประมาณว่านาข้าวชลประทานหรือข้าวนาปรังเป็นแหล่งเกิดก๊าซมีเทนถึง 75% ในขณะที่นาข้าวไร่หรือข้าวนาปีเกิดก๊าซมีเทนประมาณ 15% และนาข้าวน้ำลึกเกิดก๊าซมีเทนประมาณ 10% (Wassmann and et al, 2000) และการปลูกข้าวในนาข้าวขังมีการแพร่กระจายก๊าซมีเทนขึ้นสู่บรรยากาศในปีหนึ่งๆ ประมาณ ร้อยละ 10-26 ของปริมาณก๊าซมีเทนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในโลก (Rennenberg et al., 1994 ; Neue and Sass, 1993)

- ขบวนการเกิดก๊าซมีเทน (Methane Production Process)

ก๊าซมีเทนส่วนใหญ่จะเกิดในดินชั้นบน (Top soil) ซึ่งจะมีส่วนประกอบของอินทรีย์วัตถุที่ถูกย่อยสลายได้ง่าย ส่วนในดินชั้นล่าง (Sub soil) มักไม่มีการเกิดก๊าซมีเทนเพราะมีองค์ประกอบที่อินทรีย์วัตถุอยู่น้อย และมักจะเป็นชนิดที่ย่อยสลายได้ยาก เมื่อดินถูกน้ำท่วมขังทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนในดินลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 2-8 ชั่วโมง จนมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์ในดิน (Aerobic organism) ส่วนก๊าซออกซิเจนในอากาศก็ไม่สามารถเคลื่อนที่ลงสู่ดินได้ (Diffusion) เพราะการเคลื่อนที่ของก๊าซผ่านชั้นของน้ำจะเป็นไปช้ากว่าการเคลื่อนที่ในอากาศ 10,000 เท่า (Armstrong, 1979) จนในที่สุดดินจะเกิดสภาพขาดออกซิเจน (Anaerobic) อินทรีย์วัตถุในดินซึ่งโดยปกติทั่วไปจะถูกขบวนการย่อยสลายทุกขณะในสภาพที่มีอากาศ แต่จะถูกเปลี่ยนมาเป็นการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Fermentation) โดยแบคทีเรียกลุ่มหนึ่งที่เรียกว่า Methanogenic bacteria ซึ่งจะนำ NO_3^- , Mn^{4+} , SO_4^{2-} and CO_2 จากสารประกอบต่าง ๆ ไปใช้อย่างรวดเร็ว (Knowles, 1993)

ก๊าซมีเทน เกิดขึ้นจากกระบวนการทางชีว 2 กระบวนการ คือ กระบวนการแรก เกิดขบวนการ Reduction ของก๊าซ CO_2 โดยก๊าซไฮโดรเจนที่ได้จากกรดไขมัน (Fatty acids) หรือแอลกอฮอล์ (alcohol) และกระบวนการที่สอง เกิด Transmethylation ของกรดอะซิติก (Acetic acid) หรือเมทิลแอลกอฮอล์ (Methyl alcohol) ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในดินส่วนใหญ่จะแพร่กระจายขึ้นสู่บรรยากาศโดยผ่านทางช่องอากาศในราก (Aerenchyma) เข้าสู่ช่องอากาศในลำต้น กาบใบและใบของต้นข้าว (Seiler, 1984) นอกจากนั้นก๊าซส่วนหนึ่งยังแพร่กระจายจากดินโดยเกิดเป็นฟองอากาศขึ้นสู่อากาศโดยไม่ผ่านต้นข้าว ก๊าซมีเทนถูกสร้างโดยกระบวนการย่อยสลายในสภาพขาดออกซิเจนของอินทรีย์วัตถุในดินและแพร่กระจายสู่บรรยากาศโดยผ่านต้นข้าว (Francisco, 1997) อย่างไรก็ตาม ปริมาณร้อยละ 58 - 80 ของก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นในดินจะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรีย (Aerobic) ก่อนถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศกลายเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ (Sass et al, 1990 ; Holzapfel-Pschorn et al, 1986)

- การแพร่กระจายก๊าซมีเทนของโลก

จากการศึกษาและรายงานของ IPCC ในปีค.ศ.1994 ได้ประเมินปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนทั่วโลก (Jernsawatdipong et al., 1999) จะเห็นได้ว่าปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศในแต่ละปีมีประมาณ 535 ล้านตัน/ปี สามารถจำแนกแหล่งที่มาของก๊าซมีเทน เป็น 2 กลุ่ม คือ ก๊าซที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ (Natural source) และก๊าซที่เกิดจากการกระทำกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropogenic source)

ในแหล่งธรรมชาติ พื้นที่ชุ่มน้ำหรือที่มีน้ำขังตามธรรมชาติ (Wetland) ปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงสุดประมาณ 115 ล้านตัน/ปี หรือประมาณ 21% ของปริมาณที่ปล่อยออกของทั้งโลก นอกนั้นมาจากทะเลสาบสมุทร และแหล่งอื่น ๆ รวมปริมาณที่ปล่อยจากแหล่งธรรมชาติทั้งสิ้น 160 ล้านตัน/ปี

ส่วนปริมาณที่ก๊าซมีเทนปล่อยออกจากการทำกิจกรรมของมนุษย์ เกิดขึ้นมากกว่าจากแหล่งธรรมชาติ โดยปล่อยออกปีละประมาณ 375 ล้านตัน หรือประมาณเกือบ 70% ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนทั่วโลก กิจกรรมของมนุษย์ที่สำคัญ ที่มีการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากมากไปหาน้อย ได้แก่ การเผาไหม้เชื้อเพลิง (18%) การหมักอาหารของสัตว์ที่มีกระเพาะพัก (15%) การทำนาข้าว (11%) การเผาไร่ (7%) การกำจัดน้ำเสีย (5%) และจากมูลสัตว์ (5%) ของปริมาณที่ปล่อยออกทั่วโลก อย่างไรก็ตามในธรรมชาติจะมีแหล่งดูดซับก๊าซมีเทนประมาณ 515 ล้านตัน/ปี ดังนั้นจะมีปริมาณก๊าซมีเทนคงเหลือสะสมอยู่ในบรรยากาศประมาณ 37 ล้านตัน/ปี จะเห็นได้ว่าการแพร่กระจายออกก๊าซมีเทนจากนาข้าวเกิดขึ้นปีละประมาณ 11% ของปริมาณที่ปล่อยออกของทั่วโลก หรือประมาณ 60 Tg ซึ่งน้อยลงกว่าที่ IPCC ประเมินไว้ถึง 98 ล้านตัน/ปี (ช่วง 25-170 ล้านตัน) ในปี 1990 และ 85 ล้านตัน/ปี (20-150 ล้านตัน) ในปี 1992 (Rennenberg et al., 1995) นอกจากนั้น IPCC ได้รวบรวมค่าการประมาณอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวทั่วโลกของนักวิจัยหลายๆ แหล่งดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าการประมาณอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวทั่วโลก

แหล่งอ้างอิง	ค่าประมาณ (Tg CH ₄ /yr)
Koyama (1964)	190
Ehhalt and Schmidt (1978)	280
Cicerone and Shetter (1981)	59
Khalil and Rasmussen (1983)	95
Seiler et al (1984)	35-59
Blake and Rowland (1988)	142-190
Crutzen (1985)	120-200
Holzapfel-Pschorn and Seiler (1986)	70-170
Cicerone and Oremland (1988)	60-170
Schütz et al. (1989a)	50-150
Aselman and Crutzen (1989)	60-140
Schütz et al. (1990)	50-150
Wang et al. (1990)	60-120
Neue et al. (1990)	25-60
Bouwman (1990)	53-114
Yagi and Minami (1990b)	22-73
IPCC (1990)	25-170
Minami(1994)	12-113
Sass (1994)	25-54
Parashar et al (1994)	20
IPCC (1996)	20-100

ที่มา : IPCC 1996 (ดัดแปลง from K. Minami.1994)

● การวิจัยการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในประเทศไทย

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตข้าวที่สำคัญประเทศหนึ่งของโลก โดยส่งออกในปริมาณที่สูงถึงปีละประมาณ 6 ล้านตัน ในระยะต้นๆ ศตวรรษที่ 20 หรือประมาณ 10 ปี ผ่านมามีนักวิจัยและองค์กรจากหลายประเทศรวมทั้งของประเทศไทย ได้เริ่มทำการศึกษาเรื่องก๊าซมีเทนที่ปลดปล่อยจากนาข้าวของประเทศไทยกันบ้าง แต่ส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยขนาดเล็ก การศึกษาทำจากพื้นที่ปลูกข้าวที่สำคัญของประเทศบางพื้นที่เท่านั้น และแยกกันทำตามความสนใจของนักวิจัยแต่ละท่าน แต่ในประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกข้าวในประเทศเป็นพื้นที่ใหญ่ กระจายครอบคลุมทั่วทุกภูมิภาค ดินที่ใช้ปลูกข้าวจึงมีคุณสมบัติแตกต่างกัน การกระจายของน้ำฝนและอุณหภูมิก็แตกต่างกันอีกด้วย ตลอดจนปัจจัยอื่นๆอีกมาก นอกจากนี้ในระยะนั้นยังไม่มีวิธีมาตรฐานสำหรับเก็บตัวอย่างก๊าซ ผลออกมาจึงหลากหลายไม่แน่นอน ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่า อัตราการปล่อยออกก๊าซมีเทนแตกต่างกันมาก

ตารางที่ 4 อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากผลการทดลองต่างๆในประเทศไทย (ดัดแปลงจาก IPCC.1996)

สถานที่	อัตราการ แพร่กระจาย (มก./ตร.ม./ชม.)	อัตราการแพร่ กระจายตลอดฤดู (ก./ตร.ม.)	รูปแบบการ ทดลอง	แหล่งอ้างอิง
อยุธยา	3.3-7.9	13-20	CU, OM, WM	Siriratpiriya et al., 1996
อยุธยา		5		Chareonsilp et al. 1998
บางเขน	4.3-21.7	16-55	SE	Minami, 1994; Yaki et al., 1994
ชัยนาท	1.6	4		Minami, 1994; Yaki et al., 1994
เชียงใหม่	3.7-5.5	9-13	MF, OM	Jermasawadipong et al., 1994.
เชียงใหม่	9.0-9.5	20-21	CU	Siriratpiriya, et al., 1995
เชียงใหม่	10.4-16.1	25-40	SE	Minami, 1994; Yaki et al., 1994
คลองหลวง	3.8	8		Minami, 1994; Yaki et al., 1994
ขอนแก่น	23	76		Minami, 1994; Yaki et al., 1994
นครปฐม	9.4-12	25-32	SE	Tawprayoon et al., 1993
ปทุมธานี	1.9-4.6	5-11	MF,OM	Jermasawadipong, et al., 1994
ปทุมธานี		16		Chareonsilp, et al. 1998
พิษณุโลก	6.6-7.2	17-18	SE	Katoh et al., 1995
แพร่	16.6-22.2	51-69	SE	Minami, 1994; Yaki et al., 1994
ราชบุรี	3.2-42.5	9-117	MF,OM	Jermasawadipong, et al., 1994
สุรินทร์	15-24.5	41-66	MF, OM	Jermasawadipong, et al., 1994
สุรินทร์	13.3	41		Minami, 1994; Yaki et al., 1994
สุพรรณบุรี	19.5-32.2	51-75	SE	Minami, 1994; Yaki et al., 1994

หมายเหตุ : รูปแบบการทดลอง : CU = พันธุ์ข้าว, MF = ปุ๋ยวิทยาศาสตร์, OM = ปุ๋ยอินทรีย์, SE = seasons (early and late rice / dry and wet season)

การประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวในประเทศไทย ในช่วงต้นๆ ปีค.ศ.1990 เป็นการประเมินอย่างหยาบ ๆ ค่าอัตราการแพร่กระจายก๊าซที่นำมาใช้ประเมิน ส่วนใหญ่ได้มาจากการทดลองในสภาพนาข้าวเพียง 1-2 แห่ง ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก ดังตารางที่ 4 ซึ่งค่าอัตราการแพร่กระจายก๊าซดังกล่าวจะนำมาใช้เป็นตัวแทน (Emission factor) ในการคำนวณหาปริมาณก๊าซทั้งประเทศไม่ถูกต้องนักเพราะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดและการแพร่กระจายก๊าซมีเทนมากมาย ดังกล่าวข้างต้น ผลการประเมินปริมาณก๊าซมีเทนที่แพร่กระจายจากนาข้าวในประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ.1990 จึงอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง เช่นผลการประเมินปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของประเทศไทยของ Yaki et al. (1994) มีค่าระหว่าง 0.47-8.77 Tg ต่อปี หรือร้อยละ 11.6 ของปริมาณการปล่อยออกของโลก ทำให้ประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยออกเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ทั้งที่มีพื้นที่ผลิตข้าวเพียงร้อยละ 8 ของพื้นที่ปลูกข้าวของโลก ในขณะที่ประเทศจีนและอินเดีย มีพื้นที่ปลูกข้าวมากถึงร้อยละ 22 และ 29 แต่ปล่อยออกก๊าซมีเทนเพียงร้อยละ 38 และ 11 ของปริมาณการปล่อยออกทั้งโลก ในปีค.ศ.1997 สถาบันสิ่งแวดล้อมไทยได้ใช้วิธีการประเมินของ IPCC (1995) ซึ่งถูกพัฒนาให้สมบูรณ์มากขึ้นและใช้ข้อมูลที่ได้จากประเทศไทยเป็นหลัก ปรากฏว่าปริมาณก๊าซที่แพร่กระจายออกในปีเดียวกัน (ปีค.ศ. 1990) ลดลงเหลือเพียง 1.8 Tg ต่อปี (TEI, 1997)

อย่างไรก็ตามสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ได้ดำเนินการวิจัยภายใต้โครงการ UNDP/GEF/IRRI ระหว่างปีพ.ศ. 2537-2541 โดยความร่วมมือของสถาบันวิจัยข้าวของประเทศไทย เอเชีย 5 ประเทศได้แก่ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย Philipines และไทย ซึ่งทั้ง 5 ประเทศ ถือว่าเป็นประเทศปลูกข้าวรายใหญ่ของโลก โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวรวมกัน ประมาณ 70% ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งโลก ซึ่งได้ใช้วิธีวัดก๊าซที่แตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมา กล่าวคือได้ใช้เครื่องมือวัดแบบอัตโนมัติ ที่มีความถี่ของการวัด ทุก ๆ 2 ชั่วโมง ทั้งกลางวันและกลางคืนติดต่อกันตลอดฤดูกาลปลูกข้าว เป็นเวลา 5 ปี ผลประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวในส่วนของประเทศไทยในเบื้องต้น ปรากฏว่ามีค่า 0.76 Tg ต่อปี (Chareonsilp et al., 1998b) เมื่อสิ้นสุดโครงการ IRRI ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลรวมทั้งโครงการ และใช้แบบจำลองการแพร่กระจายก๊าซมีเทน ประเมินผล ปรากฏว่าประเทศไทยปลดปล่อยก๊าซมีเทนเพียง 0.18 Tg ต่อปี (IRRI, 2000a) จะเห็นได้ว่าปริมาณก๊าซมีเทนจากนาข้าวต่ำกว่าที่คาดคะเนไว้ในอดีตมาก (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวในประเทศไทย

แหล่งอ้างอิง	ปริมาณการแพร่กระจาย (เตตระกรัมต่อปี)
Towprayoon et al. (1993)	16.0 (4-40)
Yaki et al. (1994)	0.47-8.77
Sass (1997)	1.8
TDRI & TEI (1992)	3.42-9.16
TEI (1997)	2.8
Chareonsilp et al. (1998b)	1.0
IRRI (2000a)	0.18

หมายเหตุ : เตตระกรัม (Tg) = 10×10^{12} กรัม = 1,000,000 ตัน

สำหรับปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยรวมทั้ง 5 ประเทศที่กล่าวข้างต้น ก็ได้มีการประเมินตัวเลขไว้สูงมากเช่นเดียวกัน กล่าวคือในปี 1978 มีการประเมินว่าทั้ง 5 ประเทศปลดปล่อยก๊าซมีเทนรวมกันสูงถึง 280 ล้านตัน/ปี ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการคำนวณ น่าจะไม่มีข้อมูลพื้นฐานละเอียดเพียงพอ ต่อมาในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา IPCC ได้ปรับปรุงวิธีการคำนวณโดยใช้ข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้น ผลที่ได้ปรากฏว่าในพื้นที่ปลูกข้าวทั้ง 5 ประเทศมีปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนลดลง แต่ยังมีปริมาณถึง 40-60 ล้านตัน/ปี (IRRI,2000a) นับว่ายังสูงกว่าที่ประเมินได้ในปัจจุบัน ซึ่งมีปริมาณเพียง 7.83 ล้านตัน/ปี (ตารางที่ 5)

จะเห็นได้ว่าการประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทน ยังมีความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามศึกษาเน้นในด้านการใช้แบบจำลองให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เพื่อให้ผลการประเมินปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวในประเทศมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง สิ่งที่เป็นเบื้องต้นในเรื่องนี้ได้แก่ ต้องมีการวิจัยหาอัตราการแพร่กระจายก๊าซในแต่ละพื้นที่หรือภูมิภาคให้ที่ถูกต้องที่สุด เพื่อใช้เป็นค่าการแพร่กระจายก๊าซ (Emission factor) ที่เป็นตัวแทนที่ดีของพื้นที่หรือภูมินาคนั้น ๆ

ตารางที่ 6 การแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวของประเทศปลูกข้าวที่สำคัญในเอเชีย

ประเทศ	พื้นที่นาข้าว (km ²)	การแพร่กระจายก๊าซมีเทน (Tg CH ₄ y ⁻¹)
จีน	323,910	3.73
อินเดีย	424,947	2.14
อินโดนีเซีย	110,088	1.65
ไทย	96,442	0.18
ฟิลิปปินส์	36,205	0.14
รวม	991,591	7.83

ที่มา : สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI, 2000)

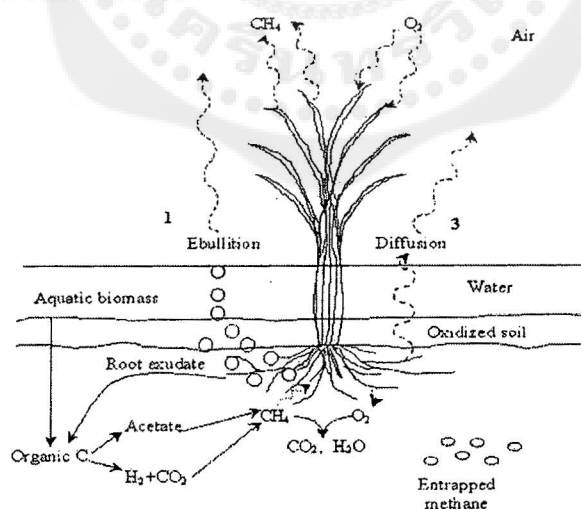
การแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว

การแพร่กระจายก๊าซมีเทนเป็นการเคลื่อนย้ายของก๊าซที่เกิดขึ้นในดิน (Methane production) ในส่วนที่เหลือจากการดูดใช้โดยจุลินทรีย์ (Methane consumption) สุทธิรยอากาศ (Net emission) การเคลื่อนย้ายขึ้นสู่บรรยากาศของก๊าซมีเทน อาจเกิดขึ้นโดย 3 ขบวนการ คือ

- การแพร่กระจาย (Diffusion) เมื่อก๊าซมีเทนเกิดและมีการสะสมในดินจนมีความเข้มข้นในระดับหนึ่ง โมเลกุลของก๊าซมีเทนก็อาจเกิดการแพร่กระจายจากดินผ่านน้ำที่ขังเหนือผิวดินขึ้นสู่บรรยากาศ แต่ขบวนการเคลื่อนที่ของก๊าซมีเทนสู่อากาศวิธีนี้จะมีสัดส่วนในการแพร่กระจายก๊าซสู่อากาศน้อยมาก เนื่องจากการแพร่กระจายของก๊าซในน้ำจะเป็นไปได้ช้ากว่าการแพร่กระจายในอากาศ 10,000 เท่า (Armstrong, 1979)
- การเคลื่อนที่โดยการเกิดฟองอากาศ (Ebullition) เป็นการเคลื่อนที่โดยโมเลกุลของก๊าซในสารละลายดิน (Soil solution) เมื่อรวมตัวกันเกิดแรงดันมากกว่าน้ำ จะเกิดเป็นฟองก๊าซ

(Bubble) ลอยตัวจากดินผ่านน้ำสู่อากาศ การเคลื่อนที่ของก๊าซโดยการเกิดฟองอากาศมีสัดส่วนในการแพร่กระจายก๊าซสู่อากาศมากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน ในระยะแตกกอของข้าว ต้นข้าวยังเล็กมีช่องว่างในรากและลำต้นน้อย ก๊าซมีเทนจะเคลื่อนที่สู่อากาศโดยการเกิดฟองอากาศเป็นสัดส่วนที่สูงกว่าในระยะที่ข้าวเจริญเติบโตเต็มที่ ในข้าวนาชลประทานการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยการเกิดฟองอากาศตลอดฤดูปลูกประมาณร้อยละ 10-15 ของปริมาณการแพร่กระจายก๊าซทั้งหมด ส่วนในนาข้าวน้ำลึก การเกิดฟองอากาศ จะมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 40-60 แต่เมื่อการเกิดก๊าซมีเทนในอัตราสูงเช่นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในนา การเกิด โดยการเกิดฟองอากาศ จะมีสัดส่วนเพียงร้อยละ 10-15 ช่นเดียวกับในนาข้าวชลประทาน (นิวัติและคณะ, 2542) ในระหว่างการปฏิบัติดูแลรักษานาข้าว ถ้ามีการลงไปเหยียบย่ำนา หรือเมื่อดินถูกรบกวน การเกิดฟองอากาศจะมากขึ้น และขนาดฟองอากาศจะมีขนาดใหญ่ขึ้น

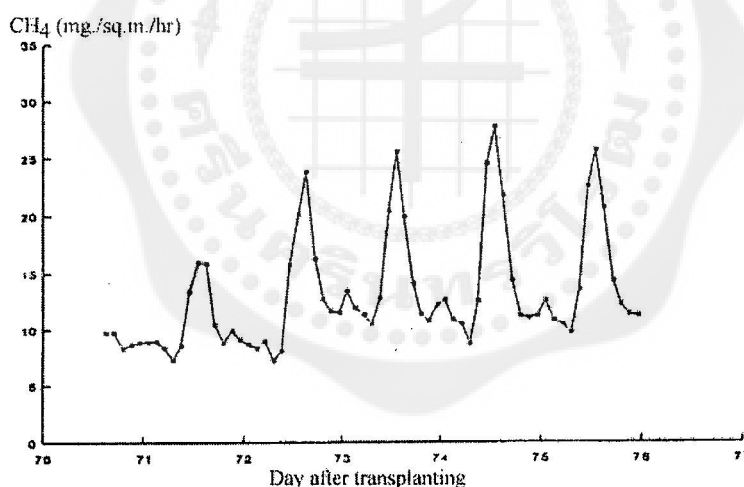
- การเคลื่อนย้ายผ่านช่องอากาศ (Aerenchyma) ของรากข้าว (Vascular transport) การเคลื่อนที่ของก๊าซทางนี้เกิดขึ้นเป็นปริมาณสูงที่สุด โดยเฉพาะในระยะข้าวเจริญเติบโตเต็มที่ จนถึงระยะข้าวออกรวง ก๊าซมีเทนที่เคลื่อนผ่านช่องอากาศในต้นข้าวอาจมีปริมาณมากถึง 90% ของปริมาณที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ (Seiler et al., 1984) การเคลื่อนย้ายก๊าซมีเทนผ่านช่องอากาศนั้น เกิดขึ้นโดยขบวนการแพร่กระจายหรือขบวนการพาโดยเคลื่อนไปกับไอน้ำ (Beckett et al., 1988) ก๊าซมีเทนซึ่งอยู่รูปของสารละลายในดินบริเวณรอบรากพืช เมื่อความเข้มข้น สูงในระดับหนึ่ง จะแพร่กระจายผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำอยู่โดยรอบรากเข้าผั่ง เมื่อก๊าซมีเทนในรูปละลายน้ำได้ จะเคลื่อนเข้าสู่ส่วนเปลือกนอกของราก จะเปลี่ยนเป็นก๊าซ แล้วเคลื่อนย้ายต่อไปยังลำต้นพืชผ่านช่องว่างระหว่างเซลล์ และจะปลดปล่อยก๊าซออกสู่อากาศผ่านรูขนาดเล็กที่บริเวณโคนของกาบใบเป็นส่วนใหญ่ และผ่านทางช่องปากใบของกาบใบบ้าง ดังแผนผังการแลกเปลี่ยนก๊าซมีเทนในดินและอากาศที่แสดงใน ภาพประกอบที่ 3



ภาพประกอบที่ 3 แผนผังแสดงการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในนาข้าว
ที่มา : เควมโก,หวังและคนอื่นๆ (Quiamco,1996; Wang et al., 1995)

ก๊าซมีเทนบางส่วนในดินอาจเคลื่อนย้ายไปพร้อมกับน้ำที่ซึมลึกลงด้านล่าง และอาจเกิดการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนไปกับน้ำใต้ดินไปสู่ที่ห่างไกลออกไปได้ (Kimura et al., 1992; Murase et al., 1993; Yaki et al., 1998) ก๊าซมีเทนที่เกิดจากนาข้าว แม้จะมีการระบายน้ำออกและทำการเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว ก็ยังพบว่ามีการแพร่กระจายสู่อากาศประมาณ 3.7-6.2% ของปริมาณที่ปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศทั้งหมด (Murase et al., 1993) ก๊าซมีเทนจำนวนนี้อาจผลิตขึ้นใหม่หลังการระบายน้ำและปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศอย่างรวดเร็วภายใน 2-3 วัน มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นยังคงตกค้างอยู่ในดินและเคลื่อนย้ายไปกับน้ำที่ซึมลึกลงในดินชั้นล่าง

ในส่วนจํานวนของรูปแบบการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว (Methane emission pattern) นั้นสามารถพิจารณาได้ใน 2 ลักษณะคือ รูปแบบการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในกลางวันและกลางคืน (Diel emission pattern) และ รูปแบบการแพร่กระจายก๊าซมีเทนตลอดฤดูกาล (Seasonal emission pattern) โดยรูปแบบการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในกลางวันและกลางคืนซึ่งเป็นลักษณะการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในรอบ 24 ชั่วโมง จากแปลงข้าวโดยทั่วไป โดยเฉพาะในนาข้าวชลประทาน อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในเวลากลางวันจะสูงกว่าในเวลากลางคืน อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสูงสุดในเวลาหลังเที่ยงวันจนถึงบ่าย แล้วค่อย ๆ ลดลงที่อัตราต่ำสุดเมื่อเวลาประมาณเที่ยงคืนจนถึงเช้า หลังจากนั้นอัตราปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระดับสูงสุดหลังเที่ยงวัน ดังภาพประกอบที่ 4

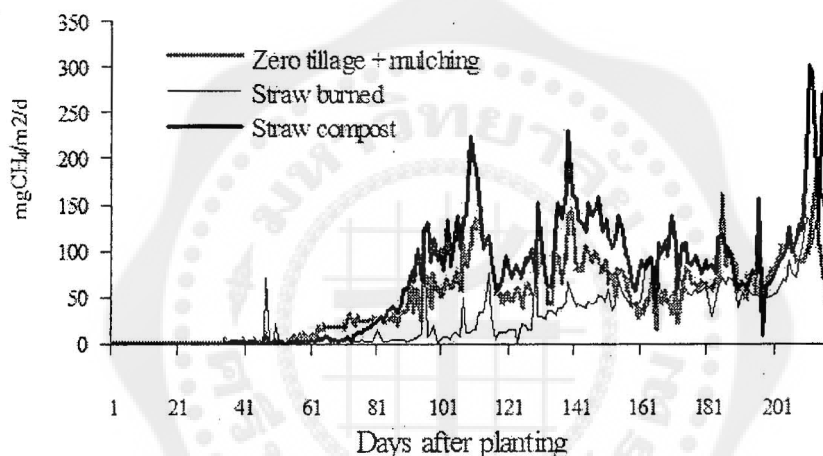


ภาพประกอบที่ 4 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในรอบวัน
ที่มา : นิวและแซส (Neue and Sass, 1993)

ลักษณะรูปแบบการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้ ได้มีการอธิบายไว้ว่าอากาศร้อนในตอนกลางวัน ทำให้ดินมีอุณหภูมิสูง ซึ่งจะเป็นปัจจัยเร่งให้มีการผลิตและปลดปล่อยก๊าซมีเทนมากขึ้น (Sass et al., 1991) แต่อย่างไรก็ตาม การทดลองในนาข้าวน้ำลึกของนิวัติและคณะ (2542) ก็พบว่าลักษณะรูปแบบการเปลี่ยนแปลงอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเป็นเช่นเดียวกับในนาข้าวชลประทาน ขบวนการทางสรีรวิทยาของต้นข้าวอาจมีการรั่วไหลของน้ำตาลออกจากรากมากในเวลากลางวัน

เพราะมีการเคลื่อนย้ายแบ่งจากการสังเคราะห์แสงที่ไปไปสู่ราก น้ำตาลที่ไหลออกจากรากเป็นปัจจัยส่งเสริมทำให้เกิดการสังเคราะห์มีเทนได้มาก หรืออีกประการหนึ่ง ออกซิเจนที่เกิดจากขบวนการหายใจในดินข้าวและจากบรรยากาศจะแพร่กระจาย (Diffusion) ออกจากรากไปสู่ดินในตอนกลางคืนมากกว่ากลางวัน ทำให้มีเทนถูกสลายตัวโดยขบวนการ Oxidation กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปริมาณก๊าซมีเทนบริเวณรากในตอนกลางคืนจึงลดลง เป็นต้น

ส่วนรูปแบบการแพร่กระจายก๊าซมีเทนตลอดฤดูนั้น ในประเทศที่อยู่ในเขตร้อน ลักษณะการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในนาข้าวตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ส่วนใหญ่มีรูปแบบเป็นไปในแนวเดียวกันคือ ในระยะแตกกอจะเริ่มมีการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในอัตราที่ต่ำมาก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะการเจริญเติบโตจนถึงอัตราการสูงสุดในระยะก่อนการเก็บเกี่ยว หรือระยะที่น้ำในนาเริ่มแห้ง หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้วดินนาจะแห้ง พบว่ามีการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเพียงเล็กน้อย (กรณีที่ไม่มีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงในดิน) (ภาพประกอบที่ 5)



ภาพประกอบที่ 5 รูปแบบการแพร่กระจายก๊าซมีเทนตลอดฤดูปลูกของข้าวนาเล็ก
ที่มา : เจริญศิลป์ (Chareonsilp et al., 2000)

ลักษณะการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเจริญเติบโต และมีอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสูงสุดในระยะก่อนเก็บเกี่ยว ผลการศึกษาจากหลายการทดลองยืนยันตรงกันว่ารูปแบบการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเช่นนี้ เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักรากของข้าวตามระยะเวลา โดยชี้ให้เห็นว่าการสะสมน้ำหนักรากและความสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างและอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทน (Buendea et al., 1998; Neue and Sass, 1993; Wassmann et al. 2000; Corton et al., 2000) และในข้าวขึ้นน้ำจะเห็นได้ชัดเจนเช่นเดียวกัน (นิวัติ และคณะ, 2542) การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักราก ย่อมหมายถึงปริมาณและขนาดของราก ลำต้นและใบของข้าวเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่ข้าวเจริญเติบโต รากและใบที่แก่จะหลุดจากดินลงดินมีมากขึ้นด้วย อนึ่งปฏิกิริยาข้าวจะมีการปล่อยสารต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลและกรดอะมิโนออกสู่ดิน ซึ่งทั้งหมดจะกลายเป็นแหล่งอินทรีย์วัตถุทำให้เกิดก๊าซมีเทนมากในระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโต

นอกจากนั้นเมื่อข้าวโตขึ้นมากย่อมมีจำนวนรากมากขึ้น จึงทำให้เพิ่มพื้นที่ช่องอากาศ ทำให้มีการเคลื่อนที่ของก๊าซมีเทนจากดินสู่บรรยากาศได้เร็วขึ้นด้วย

การสำรวจข้อมูลระยะไกล

การนำเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติมีมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากข้อมูลที่ได้มานั้นมีความต่อเนื่อง ถูกต้อง และรวดเร็ว ทำให้สามารถติดตามสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโลกได้อย่างต่อเนื่อง เช่น การพยากรณ์อากาศ การติดตามความเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรธรรมชาติ ป่าไม้ การใช้ที่ดิน การติดตามข้อมูลเกี่ยวกับการเกษตร เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกลนั้นมีนิยามหรือความหมายดังต่อไปนี้

แคมป์เบลล์ (Campbell. 2002 : 6) ได้ให้ความหมายของการสำรวจข้อมูลระยะไกลไว้ว่า การสำรวจข้อมูลระยะไกลเป็นการกระทำเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นดินและพื้นน้ำ โดยใช้ภาพในมุมมองจากด้านบน และใช้หลักในการสะท้อนหรือดูดซับช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ส่วน เครเมอร์ (Kramer. 1992 : 200) ได้กล่าวไว้ว่า การสำรวจข้อมูลระยะไกลเป็นการวัดหรือการได้มาซึ่งข้อมูลตามคุณสมบัติของวัตถุหรือปรากฏการณ์ โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้นๆ ในขณะที่ทำการศึกษา

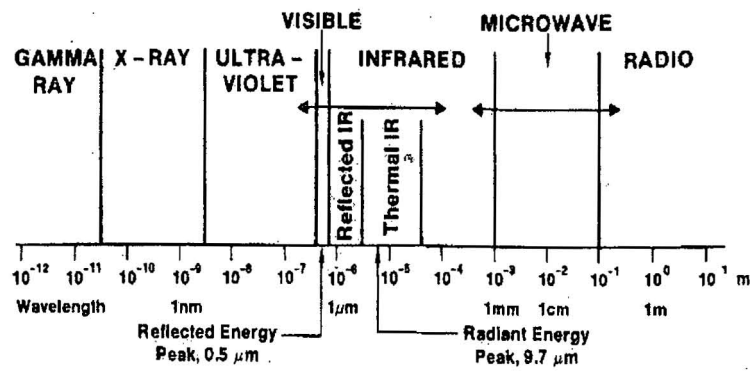
นอกจากนั้น โลลล์เลแซนด์; คีฟเฟอร์; และชิพแมน (Lillesand; Kiefer; & Chipman. 2004 : 1) กล่าวว่า การสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ ข้อมูลที่มีทั้งศาสตร์และศิลป์เกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาโดยปราศจากการสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์

และซาบินส์ (Sabins. 1997 : 1) กล่าวว่า การสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ ศาสตร์ของการได้รับข้อมูล, กระบวนการแปลงข้อมูล และการตีความของข้อมูลภาพถ่ายที่ได้มาจากอากาศยานทุกชนิด และได้มาจากดาวเทียม ซึ่งจะบันทึกปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า

จากที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ความหมายของการสำรวจข้อมูลระยะไกลพอสรุปโดยรวมได้ว่าการสำรวจข้อมูลระยะไกลเป็นศาสตร์ของการได้รับข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ที่สนใจศึกษา โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ แต่จะใช้หลักการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะเฉพาะตัวของวัตถุแต่ละชนิด

● คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectral)

แสงอาทิตย์เป็นรูปแบบหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยแสงอาทิตย์จะถูกสะท้อนกลับโดยวัตถุแล้วจึงทำให้มนุษย์มองเห็นวัตถุเป็นสีที่แตกต่างกันออกไป มนุษย์จึงอาศัยหลักการดังกล่าวนี้มาใช้กับกระบวนการการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Mather. 1999 : 5) โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายช่วงคลื่น (ดังแสดงในภาพประกอบที่ 6) และในแต่ละช่วงคลื่นจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในตารางที่ 7



ภาพประกอบที่ 6 ความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
ที่มา : ซาบินส์ (Sabins. 1997 : 4)

ตารางที่ 7 ช่วงคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า

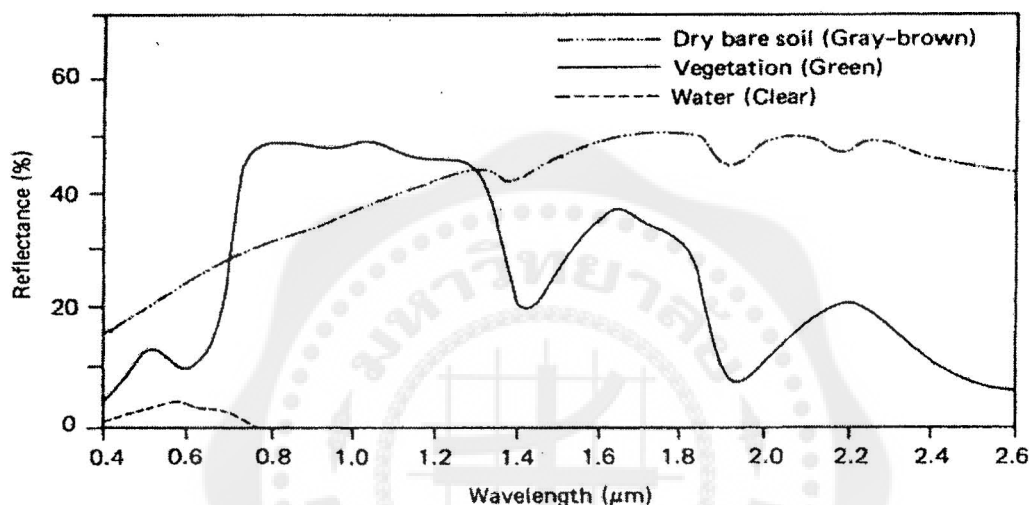
ช่วงคลื่น	ความยาวช่วงคลื่น	รายละเอียด
รังสีแกมมา (Gamma ray)	น้อยกว่า 0.03 nm	ถูกดูดกลืนทั้งหมดในชั้นบรรยากาศชั้นบน
รังสีเอกซ์ (X – ray)	0.03-3.0 nm	ถูกดูดกลืนทั้งหมดในชั้นบรรยากาศชั้นบน
รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet)	3.0 nm – 400 nm	ช่วงคลื่นสั้นกว่า 0.3 μm ถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยโอโซน (O_3) ในบรรยากาศชั้นบน
ช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible)	400 - 700 nm	บันทึกได้ด้วยฟิล์มและอุปกรณ์บันทึกภาพ โลกมีการสะท้อนพลังงานสูงสุด คือ $0.5\ \mu\text{m}$
ช่วงคลื่นอินฟราเรด (Infrared)	700 - 300,000 nm	มีการดูดกลืนในบางช่วงคลื่น และส่งผ่านบรรยากาศได้ในบางช่วงคลื่น
อินฟราเรดสะท้อน (Reflected Infrared)	700 - 3,000 nm	สะท้อนพลังงานจากดวงอาทิตย์ได้ดี ยกเว้นน้ำที่ดูดซับในช่วงคลื่น $0.9\ \mu\text{m}$
อินฟราเรดความร้อน (Thermal Infrared)	3,000 - 15,000 nm	การบันทึกภาพต้องใช้อุปกรณ์บันทึกอิเล็กทรอนิกส์ไม่ใช่ฟิล์มถ่ายภาพทั่วไป
ไมโครเวฟ (Microwave)	0.3-300.0 cm	เป็นช่วงคลื่นที่สามารถทะลุผ่านชั้นบรรยากาศได้
เรดาร์ (Radar)	0.8-100.0 cm	เป็นช่วงคลื่นส่วนหนึ่งของช่วงคลื่นไมโครเวฟ

ที่มา : วิลกี ; และ ฟินน์ (Wilkie ;& Finn. 1996 : 16)

ซาบินส์ (Sabins. 1997 : 5) กล่าวว่า ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่นำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจข้อมูล คือ ช่วงคลื่นไมโครเวฟ ช่วงคลื่นอินฟราเรด และช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2538 : 3) ที่กล่าวว่า ช่วงคลื่นแสงที่นำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ 340 – 1,400 นาโนเมตร ซึ่งสามารถใช้เครื่องมือรับและบันทึกได้หลายอย่าง

- การสะท้อนพลังงานของพืช

การสำรวจข้อมูลจากระยะไกลได้นำหลักการสะท้อนและดูดซับพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นของวัตถุมาประยุกต์ใช้ ซึ่งวัตถุแต่ละชนิดจะมีความการสะท้อนพลังงานที่แตกต่างกันออกไป (ดังแสดงในภาพประกอบ 10) โดยพืชพรรณธรรมชาติสะท้อนพลังงานได้ดีในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared Wavelengths) (700 – 1,300 นาโนเมตร) และในช่วงคลื่นที่มองเห็นได้จะสะท้อนพลังงานช่วงคลื่นแสงสีเขียว (500 – 600 นาโนเมตร) ส่วนการสะท้อนพลังงานของดินจะขึ้นอยู่กับปัจจัยบางประการในดิน เช่น ความชื้นในดิน แร่ธาตุในดิน เป็นต้น และน้ำจะไม่มี การสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540 : 5-6)



ภาพประกอบที่ 7 การสะท้อนพลังงานของวัตถุแต่ละชนิด

ที่มา : โลลล์แซนด์, คีฟเฟอร์, และชิพแมน (Lillesand; Kiefer; & Chipman. 2004 : 17)

โลลล์แซนด์ คีฟเฟอร์และชิพแมน ได้กล่าวถึงคุณสมบัติการสะท้อนและดูดซับพลังงานที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงคลื่นของพืช จึงได้มีการนำข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกลที่นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านการเกษตรกรรม เช่น การแยกประเภทพืชที่เพาะปลูก (Crop-type Classification) การทำการเพาะปลูกอย่างถูกต้อง (Precision Farming) และการจัดการพืชที่เพาะปลูก (Crop Management in General) (Lillesand; Kiefer; & Chipman. 2004 : 37-38 , 237) โดยทั่วไปแล้วประมาณร้อยละ 10-30 ของพลังงานแสงที่ตกกระทบกับพื้นผิวใบจะถูกสะท้อนออกมาในช่วงคลื่นที่เรามองเห็นได้ คือ ช่วงคลื่นแสงสีเขียว ส่วนในช่วงคลื่นที่เราไม่สามารถมองเห็นได้ ใบพืชจะสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ออกมามากที่สุด พืชที่มีความอุดมสมบูรณ์หรือไม่นั้นจะสังเกตได้จากการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Gibson. 2000 : 26) ดังนั้นการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นของพืชจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามลักษณะโครงสร้างและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช (ดังแสดงในภาพประกอบ 11) (Gibson ; & Power.

2000 : 112) ซึ่ง บาร์เรตต์และเคอร์ทิส (Barrett; & Curtis. 1992 : 305) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญมากในการสะท้อนพลังงานของพืช คือ ลักษณะโครงสร้างของพืช (Plant Structure)

การนำเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกลมาประยุกต์ใช้ด้านพืชนั้น ได้นำความแตกต่างของการสะท้อนและการดูดซับพลังงานของพืชซึ่งมีจุดเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่ขอบเขตความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงที่มีการสะท้อนพลังงานต่ำกับความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ที่มีการสะท้อนพลังงานสูง คือ ในความยาวช่วงคลื่นประมาณ 700 นาโนเมตร (ดังแสดงในภาพประกอบ 12) (Gibson. 2000 : 25) มาใช้ในการหาอัตราส่วน (Band Ratio) ของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งอัตราส่วนวัดได้จากความแตกต่างในการสะท้อนพลังงานของสองความยาวช่วงคลื่น โดยอัตราส่วนของความยาวช่วงคลื่นที่ใช้ คือ ความยาวช่วงคลื่นแสงสีแดงกับความยาวช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ หรืออาจเรียกว่า ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices) (Gibson; & Power. 2000 : 115)

ดัชนีพืชพรรณ

ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices) คือ สูตรที่ถูกสร้างขึ้นจากความแตกต่างระหว่างช่วงคลื่นแสงสีแดงกับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ซึ่งวัดออกมาได้ในเชิงปริมาณ (Gibson ; & Power. 2000 : 115) โดย เรย์ (Ray, 1994 : Online) ได้กล่าวไว้ว่า ดัชนีพืชพรรณ คือ ค่าตัวเลขที่ถูกสร้างขึ้นมาโดยการรวมตัวกันในช่วงคลื่นของข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล หรืออาจจะเป็นการรวมกันของพืชที่ทำให้เกิดความสัมพันธ์กันขึ้นมา หรืออาจกล่าวไปได้ว่า ดัชนีพืชพรรณ คือ การสร้างแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการสังเกตพืชพรรณธรรมชาติ (Chen ; Elvidge ; & Groeneveld. 1999 : 181) ซึ่งดัชนีพืชพรรณสามารถนำไปใช้ในการหาความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพและความสมบูรณ์ของพืช (Campbell. 2002 : 465) ดัชนีพืชพรรณหาได้จากการประยุกต์ใช้ภาพจากดาวเทียม เช่น การทำนายผลผลิตข้าวสาลีโดยใช้ภาพจากดาวเทียม NOAA (Boken; & Shaykewich. 2002 : 4155-4168) เป็นต้น หรืออาจจะได้จากการเก็บข้อมูลจากภาคพื้นดิน เช่น การศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวโดยใช้ลักษณะการสะท้อนพลังงานโดยใช้เครื่องสเปกโตรเรดิโอมิเตอร์ เก็บพลังงานการสะท้อนของพืชพรรณในช่วงคลื่นแสงสีแดง คือ 675 นาโนเมตร และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ คือ 754 นาโนเมตร (Yang; & Su : Online) เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้การเก็บข้อมูลภาคพื้นดินโดยใช้ข้อมูลการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง คือ 675 นาโนเมตร และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ คือ 750 นาโนเมตร ซึ่งดัชนีพืชพรรณสามารถหาได้หลายสูตร ดังนี้

IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index)

IPVI เป็นดัชนีที่ใช้ในการหาค่าร้อยละของการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ของพืช ซึ่งสูตรนี้ได้หักการลบออกของช่วงคลื่นแสงสีแดงในการหาค่า NDVI ออก เนื่องจากในบางครั้งผลลัพธ์ของค่า NDVI จะมีค่าปรากฏออกมาเป็นค่าลบ โดยผลลัพธ์ของ IPVI ที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง +1 (Ray. 1994 : Online ; citing Crippen. 1990. Remote Sensing of Environment. Vol.34. 71-73) มีสูตรดังนี้

$$IPVI = NIR / (NIR + red)$$

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI เป็นดัชนีที่มีการใช้กันอย่างกว้างขวางในการศึกษาด้านพืช เป็นดัชนีที่ใช้เพื่อวัดหรือบ่งบอกเกี่ยวกับการเจริญเติบโตพืช ชนิดของพืช และสิ่งแวดล้อมรอบข้างพืช และผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 (Gibson & Power. 2000 : 118 ; citing Kriegler et al. 1969. Proceedings of the Symposium on Remote Sensing of Environment. 97-131) ค่า NDVI ที่มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่าในบริเวณนั้นมีพืชปกคลุมน้อยหรืออาจจะเป็นพื้นดิน และค่า NDVI ที่มีค่าเข้าใกล้ +1 แสดงว่าบริเวณนั้นมีพืชปกคลุมอยู่หนาแน่นหรืออาจเป็นป่าไม้ (Steven, Biscoe and Jaggard. 1995 : 143) โดยการหาค่า NDVI มีสูตรดังนี้

$$NDVI = (NIR - red) / (NIR + red)$$

การประยุกต์ค่า NDVI มาใช้กับการศึกษามีมากมายหลายด้าน โดยการศึกษาด้านการเกษตรกรรม เฮอร์ยานโต (Heryanto. 2001 : 34) ได้ศึกษาเกี่ยวกับค่า NDVI ของข้าว พบว่า ค่า NDVI จะมีค่าติดลบในระยะแรกและเริ่มเป็นบวกประมาณวันที่ 20 หลังจากการเริ่มเพาะปลูก จนกระทั่งถึงช่วงข้าวออกรวง ค่า NDVI จึงเริ่มลดลง โดยค่า NDVI สูงสุด เท่ากับ 0.53 ลาบาซ; และคณะ (Labus et al. 2002 : 4169-4180) ได้นำค่า NDVI มาประยุกต์ใช้ในการหาความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวสาลี โดยที่ค่า NDVI มีค่าแปรผันตามกับผลผลิตข้าวสาลี ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ที่ได้ มีค่าประมาณ 0.7 วิษณุ ดำรงสัจจิตติ (2544 : 127-128) ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการสมการเส้นตรงและสมการกึ่งลอการิทึมเพื่อหาค่า LAI และมวลชีวภาพของป่าดิบเขา เมทเทอร์นิชท์ (Metternicht. 2003 : 2855) ได้ประยุกต์ใช้ค่า NDVI แสดงพืชพรรณที่ตายแล้ว

- RVI (Ratio Vegetation Index)

RVI เป็นดัชนีพืชพรรณอย่างง่ายที่คิดค้นโดย จอร์แดน (Ray, 1994 : Online ; citing Jordan, 1969. Ecology. Vol 50 : 663-666) การคำนวณหาดัชนีพืชพรรณ คือ การหาอัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานในแต่ละความยาวช่วงคลื่น และตัดผลกระทบจากแสงสะท้อนจากวัตถุอื่นๆ ออกไป ค่า RVI ที่คำนวณได้อยู่ในช่วง 0 จนกระทั่งไม่มีที่สิ้นสุด (Chen, Elvidge, and Groeneveld, 1999 : 182) โดยค่า RVI ที่ได้มีค่าน้อยกว่าหรือใกล้เคียง 1 แสดงว่าในบริเวณนั้นเป็นพื้นดิน และค่า RVI ที่ได้มีค่ามากกว่า 20 แสดงว่าในบริเวณนั้นมีพืชหนาแน่น ซึ่งค่า RVI มีสูตรดังนี้

$$RVI = NIR / red$$

ในการศึกษาการประยุกต์ใช้ค่า RVI วิษณุ ดำรงสัจจิตติ (2544 : 125-127) ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการสมการเส้นตรงและสมการกึ่งลอการิทึมเพื่อหาค่า LAI และมวลชีวภาพของป่าเต็งรัง, ป่าเบญจพรรณและป่าดิบแล้ง ส่วน ชิงห์; และคณะ (Singh et al. 2002 : 49-56) ได้ศึกษา เรื่อง การประมาณผลผลิตพืชในบริเวณพื้นที่เล็กๆ ได้นำผลผลิตที่ได้จากค่า RVI มาเปรียบเทียบกับผลผลิตที่วัดได้ตามปกติ นั้น มีค่าประสิทธิภาพของความสัมพันธ์เท่ากับ 1.25

- SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)

SAVI เป็นดัชนีพืชพรรณที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการวัดพลังงานการสะท้อนช่วงคลื่น ซึ่งบริเวณพื้นที่ศึกษาจะมีผลกระทบจากการสะท้อนช่วงคลื่นของ

พื้นดินด้วย ค่า SAVI ที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง +1 โดยทั่วไปมีสูตรดังนี้ (Xiao et al. 2002 : 3601)

$$SAVI = [1.5 \times (NIR - red)] / (NIR + red + 0.5)$$

ออฟเพลท์; และมิวเซอร์ (Oppelt and Mauser. 2004 : 145-159) ได้ประยุกต์ใช้ค่า SAVI ในการศึกษาคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนของข้าวสาลี โดยค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างค่า SAVI กับปริมาณคลอโรฟิลล์และไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.82-0.92

เมื่อ Red = ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.63-0.68 ไมโครเมตร

NIR = ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.75-0.95 ไมโครเมตร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าผลงานและองค์ความรู้ที่เคยมีมาก่อนสามารถสรุปได้ดังนี้

คาลิลและคณะ (Khalil et al., 2000) ได้ศึกษาเรื่อง การแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว โดยได้ทำการทดลองโดยติดตั้งตู้เก็บก๊าซในนาข้าวและเก็บตัวอย่างก๊าซ โดยแบ่งเก็บแต่ละช่วงเวลา ตัวอย่างก๊าซที่เก็บได้ถูกนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ Gas Chromatography Flame Ionization Detector (GC/FID) สำหรับการตรวจวัดเก็บข้อมูลก๊าซในหนึ่งวันนั้น แต่ละครั้งจะเก็บตัวอย่าง 4 ตัวอย่าง โดยเก็บระยะเวลาห่างกัน 5 นาที ซึ่งช่วงเวลาการเก็บข้อมูลดังกล่าว จะนำมาหาความแปรปรวนของก๊าซที่แตกต่างกันในหนึ่งวัน

ซาสและฟิชเชอร์ (Sass and Fisher, 1994) ได้ศึกษาเรื่อง การแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวบริเวณพื้นที่ชายฝั่งของอ่าวในสหรัฐอเมริกา การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาหลายปีเกี่ยวกับกระบวนการเกิดและการแพร่กระจายของก๊าซจากนาข้าวบริเวณเท็กซัสของอ่าวเม็กซิโก มีการตรวจวัดก๊าซในพื้นที่ที่ดินมีคุณสมบัติต่างกัน 3 ประเภท มีการศึกษาในช่วงเวลาการเพาะปลูกข้าวที่ต่างกันและมีการจัดการน้ำที่ต่างกัน

นิวและซาส (Neue and Sass, 1994) ได้ศึกษาเรื่องการปลูกข้าวและการตรวจวัดการเกิดก๊าซเรือนกระจก โดยการศึกษามีวัตถุประสงค์ที่จะตรวจวัดปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่แพร่กระจายต่อปี จากระบบนิเวศวิทยาของนาข้าวที่แตกต่างกันเช่น นาข้าวชลประทาน นาปี นาในที่ลุ่มน้ำขัง รวมทั้งเพื่อประมาณการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกในอนาคต ทั้งนี้เพื่อที่จะหาความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาเทคโนโลยีในการปลูกข้าว เพื่อลดการแพร่กระจายของก๊าซเรือนกระจก

จิตติมาพร สุขพินิจ (Sukpinij, Jitimaporn. 1995) ได้ศึกษาเรื่องการประเมินการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนในประเทศไทย โดยมีเป้าหมายที่จะประมาณค่าการแพร่กระจายก๊าซจากแหล่งต่าง ๆ 4 แหล่ง คือ นาข้าว พื้นที่ปศุสัตว์ พื้นที่ทิ้งขยะและพื้นที่ชุ่มน้ำ ในการแพร่กระจายก๊าซของนาข้าว นั้น ใช้วิธีการของ IPCC โดยคำนวณหาพื้นที่ปลูกข้าวและการแพร่กระจายของก๊าซ ความแตกต่างของค่าปริมาณก๊าซมีผลมาจากคุณสมบัติทางเคมีของดินที่ต่างกัน รวมถึงระบบการจัดการ

พื้นที่ในแต่ละบริเวณที่ต่างกันด้วย

วิลัย เตียวยืนยง (2537) ศึกษาเรื่อง การแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวพื้นที่ลุ่มและนาข้าวปางลอยในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยการศึกษาทดลองได้ถูกออกแบบโดยการสุ่มแปลงพื้นที่โดยการเก็บข้อมูลซ้ำแต่ละแปลง 3 รอบ นาข้าวที่ศึกษานั้นเป็นนาหว่านโดยมีการปลูกในพื้นที่ต่างกัน 2 แบบ และพันธุ์ข้าวที่ปลูกก็แตกต่างกันหลายพันธุ์ โดยมีพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ปลูกในนาที่ลุ่ม ส่วนพันธุ์หั่นตรา 60 และพันธุ์เล็บมือนาง 111 ปลูกในน่าน้ำลึก ดู่เก็บก๊าซถูกนำมาใช้ในการเก็บข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาของการปลูกข้าว โดยเริ่มตั้งแต่ช่วงงอกของต้นกล้า ช่วงการแตกกอ ช่วงการออกรวง และช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว โดยการตรวจวัดก๊าซนั้นในช่วงวัน เริ่มตั้งแต่ 6.00 – 22.00 น. เก็บเป็นเวลา 6 ครั้งใน 1 วัน เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ Gas Chromatography Flame Ionization Detector (GC/FID) ถูกนำมาใช้วิเคราะห์ก๊าซมีเทน ผลการศึกษาพบว่าช่วงการแตกกอเป็นช่วงที่มีการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนสูงสุดในพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 90 ส่วนอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนสูงสุดโดยรวมนั้น พันธุ์ข้าวที่มีค่าสูงสุดคือพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 90, พันธุ์ข้าวเล็บมือนาง 111 และพันธุ์ข้าวหั่นตรา ตามลำดับ

ยาภิ (Yagi,1996) ศึกษาเรื่อง การพัฒนาแนวทางที่จะลดการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวเขตร้อน โดยมีเป้าหมายในการวัดการแพร่กระจายก๊าซมีเทนและพัฒนาแนวทางที่จะลดการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวเขตร้อน ใช้การตรวจวัดในภาคสนามนั้น ได้เลือกพื้นที่ถึง 9 แห่งในประเทศไทย (5 แห่งในภาคกลาง 2 แห่งในภาคเหนือ และอีก 2 แห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) การตรวจวัดก๊าซในครั้งนี้ใช้ดู่เก็บก๊าซ โดยเริ่มการตรวจวัดตั้งแต่การปลูกข้าวจนถึงเก็บเกี่ยว ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามีความแปรปรวนของค่าการแพร่กระจายก๊าซระหว่างพื้นที่ศึกษามีค่อนข้างมาก ค่าเฉลี่ยของอัตราการแพร่กระจายช่วงเวลาเพาะปลูกข้าวอยู่ที่ $1.1 - 3.0 \text{ mgm}^{-2} - \text{hr}^{-1}$ ความแตกต่างของค่าการแพร่กระจายมากพบในพื้นที่ศึกษาในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะที่ความแตกต่างของค่าการแพร่กระจายน้อยพบในนาข้าวที่มีดินเป็นกรด ดินที่มีอินทรีวัตถุน้อย และมีออกซิเจนในดินสูง ซึ่งผลนี้ชี้ให้เห็นว่าคุณสมบัติของดินและระบบการจัดการการปลูกข้าว (การจัดการชลประทาน, อินทรีวัตถุ) มีผลต่อการแพร่กระจายก๊าซในนาข้าว

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อและคณะ (2543) ศึกษาเรื่อง การประมาณค่าการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาที่ลุ่มในประเทศไทย กรณีศึกษาจังหวัดอยุธยา โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การศึกษานี้ใช้ข้อมูลดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์พัฒนาข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของดินและอื่นๆ เพื่อประมาณค่าการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในนาข้าวที่ลุ่ม การตรวจวัดก๊าซกระทำในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศ

อภิชาติ พงษ์ศรีหุลชัยและคณะ (2539 : ภาคผนวก จ) ศึกษา เรื่อง การติดตามการเพาะปลูกข้าว โดยใช้ข้อมูลจากระบบรับรู้สัญญาณภาพ SAR จากดาวเทียม ERS-1 ในจังหวัดกาญจนบุรี พบว่า การสะท้อนพลังงานของข้าวจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาระหว่างการเจริญเติบโตจนกระทั่งถึงจุดสูงสุดในระยะข้าวสุก หลังจากนั้นจะลดลงเล็กน้อย ซึ่งมีความสัมพันธ์กันสูงกับความ

สูงเฉลี่ยของต้นข้าวและผลผลิตของข้าว และสามารถนำการสะท้อนพลังงานของข้าวมาใช้ในการทำแผนที่เพาะปลูกข้าวได้อีกด้วย

จรรยา บุญญวัฒน์และคณะ (มปป.) ได้ศึกษาเรื่อง การบูรณาการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลดาวเทียม ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลการปลูกข้าว การจัดการชลประทานและสมบัติทางกายภาพของดิน เพื่อการพยากรณ์ผลผลิตข้าว และการแพร่กระจายแก๊สเรือนกระจก โดยใช้แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Denitrification and Decomposition) เป็นแนวทางที่จะเข้าใจถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และภูมิอากาศ ต่อพีชเศรษฐกิจที่สำคัญ มีวิธีดำเนินการ คือ รวบรวมข้อมูลประเภทต่างๆ จากแต่ละหน่วยงาน โดยใช้จังหวัดปราจีนบุรีเป็นกรณีศึกษา เพื่อทดลองพยากรณ์การแพร่กระจายแก๊สมีเทนจากนาข้าว และทดสอบแบบจำลองโดยเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัดในรายงานที่ปรากฏในเอกสารต่างๆ



บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการดำเนินงานการศึกษาค้นคว้านั้น ผู้วิจัยได้มีแผนงานการวิจัยและดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา
- เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
- การเก็บรวบรวมข้อมูล
- การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล
- สรุปผลการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ประกอบไปด้วย

- แผนที่ภูมิประเทศบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี มาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 ระวัง 5038 III, 4938 II, 4937 I และ 5037 I, II, III และ IV เพื่อนำมาจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่ของขอบเขตการปกครองจังหวัดสุพรรณบุรี และใช้วางแผนเบื้องต้นในการเก็บข้อมูลในภาคสนาม
- ข้อมูลการใช้ที่ดินปีพ.ศ. 2544 จากกรมพัฒนาที่ดินมาตราส่วน 1 : 50,000 เพื่อจำแนกพื้นที่นาข้าว
- ข้อมูลพื้นที่โครงการชลประทาน จากกรมชลประทาน มาตราส่วน 1 : 50,000 นำมาเป็นข้อมูลเพื่อกำหนดขอบเขตของพื้นที่นาข้าวในเขตชลประทานกับพื้นที่นาข้าวนอกเขตชลประทาน
- ข้อมูลชุดดินจากกรมพัฒนาที่ดินมาตราส่วน 1 : 100,000 เพื่อคัดเลือกจุดสำรวจในนาข้าวชลประทานในแต่ละชุดดินในจังหวัดสุพรรณบุรี (คัดเลือกชุดดินที่มีขนาดพื้นที่ > 250 ตารางกิโลเมตรเพื่อเป็นตัวแทน เพื่อคัดเลือกจุดสำรวจในนาข้าวชลประทาน)
- ข้อมูลอื่นๆ
 - วันเริ่มฤดูการเพาะปลูกข้าว และพันธุ์ข้าวจากเกษตรกร
 - ข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ
 - ข้อมูลจากการสอบถาม

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบไปด้วยอุปกรณ์และโปรแกรม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

- เครื่องพิมพ์ (Printer)
- เครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวช่วงคลื่นของวัตถุ (Spectrometer)
- เครื่องระบุตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ (Global Positioning System)
- เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- กล้องเก็บก๊าซ (Closed Chamber) พร้อมพัดลม (Ventilation)
- เข็มฉีดยา (Syringe) และหลอดแก้วเก็บก๊าซ (Pre-evacuate Vacutainer)
- เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ Gas Chromatography(Shimadzu GC -12A) ด้วย Flame Ionization Detector
- ดัลบีเมตรวัดระยะ
- กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital Camera)

โปรแกรม

- โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- โปรแกรมเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
- โปรแกรมงานเอกสาร

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานราชการต่างๆ ที่ได้มีการจัดเก็บข้อมูลบางส่วนไว้แล้ว ประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ประกอบด้วย

- ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและเก็บรวบรวมจากพื้นที่ศึกษา ได้แก่
 - ข้อมูลสภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา
 - การแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน
 - ปริมาณการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทาน (ร้อยละ)
- ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องทดลอง ได้แก่
 - อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน (ม.ก./ตร.เมตร/วัน)

ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้จากการรวบรวมฐานข้อมูลจากหน่วยงานราชการ และสร้างฐานข้อมูลใหม่จากข้อมูลของหน่วยงานราชการด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย

- ข้อมูลเชิงตัวเลขขอบเขตการปกครองของจังหวัดสุพรรณบุรี และข้อมูลเชิงตัวเลขขอบเขตพื้นที่ชลประทาน ได้จากกรมชลประทาน และแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน

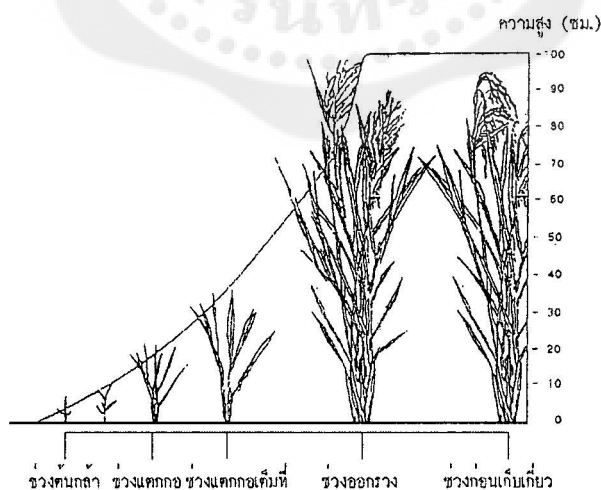
1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 ระวัง 5038 III, 4938 II, 4937 I และ 5037 I, II, III และ IV

- ข้อมูลการใช้ที่ดิน ปีพ.ศ. 2544 จากกรมพัฒนาที่ดิน มาตรฐาน 1 : 50,000
- ข้อมูลชุดดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน มาตรฐาน 1 : 100,000
- ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาชลประทานได้จากเกษตรกรผู้ปลูกข้าว เช่น วันเริ่มทำการเพาะปลูกข้าว เป็นต้น

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำข้อมูล โดยการจัดกระทำข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ ได้ดังนี้

- การเลือกพื้นที่ศึกษา จะใช้ข้อมูลขอบเขตการปกครองจังหวัดสุพรรณบุรี ข้อมูลการใช้ที่ดิน ข้อมูลชุดดิน ขอบเขตพื้นที่ชลประทาน มาใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่หรือจุดตรวจวัดก๊าซมีเทนและค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทาน
- การกำหนดวันที่ตรวจวัดก๊าซมีเทนและค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทาน โดยแบ่งจากระยะการเจริญเติบโตของข้าวนาชลประทาน ซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 120 วัน ออกเป็น 5 ช่วงของการเพาะปลูกข้าวโดยจะเก็บข้อมูลในวันที่ 7, 25, 50, 90 และ 110 หลังจากเริ่มปลูกข้าว (Day After Planting : DAP) คือ ช่วงต้นกล้า (Seedling) ช่วงแตกกอ (Tillering) ช่วงแตกกอเต็มที่ (Maximum Tillering) ช่วงออกรวง (Flowering) และช่วงก่อนเก็บเกี่ยว (Maturity or Ripening) (<http://www.fao.org/docrep/T7202E/t7202e07.htm>) เพื่อศึกษาอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนในฤดูเพาะปลูกข้าวนาชลประทาน และค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงอายุของต้นข้าว



ภาพประกอบที่ 8 ช่วงของการเจริญเติบโตของข้าว

- การตรวจวัดก๊าซด้วยกล่องเก็บก๊าซ (Closed Chamber) จะถูกวางในแปลงนาข้าว ตรวจวัดโดยครอบต้นข้าวในแต่ละแปลง ในแต่ละแปลงของการตรวจวัดก๊าซจะเก็บตัวอย่างก๊าซ 4 จุดและในแต่ละจุดเก็บ 5 ครั้ง แต่ละครั้งมีช่วงเวลาเก็บ ณ ที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 นาที โดยใช้เข็มฉีดยาขนาด 30 ml ดูดก๊าซจากกล่องเก็บก๊าซ และถูกนำไปเก็บในหลอดแก้วเก็บก๊าซขนาด 20 ml เพื่อนำไปวิเคราะห์ก๊าซต่อไป สำหรับรูปแบบการแพร่กระจายของก๊าซในช่วงวันหนึ่ง ทำการตรวจวัดในช่วงเวลา 10.00 – 13.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่มีการแพร่ของก๊าซมีเทนสูงที่สุด และช่วงเวลาของการตรวจวัดก๊าซจะดำเนินใน 5 ช่วงดังกล่าว
- การตรวจวัดค่าอื่น ๆ เช่น อุณหภูมิในกล่องเก็บก๊าซ, ระดับความลึกของน้ำ, ความสูงของกล่อง ซึ่งจะทำให้การตรวจวัดพร้อมกับการตรวจวัดก๊าซ เพื่อนำไปคำนวณอัตราการแพร่กระจายก๊าซในกล่องเก็บก๊าซ
- การวิเคราะห์ก๊าซ - ตัวอย่างของก๊าซจะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ Gas Chromatography (Shimadzu GC - 12A) ด้วย Flame Ionization Detector (International Atomic Energy Agency, 1992) จากนั้นจะวิเคราะห์คำนวณหาอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากข้าวนาชลประทานโดยปรับจากสูตร (Quiamco 1996) ได้ดังต่อไปนี้

$$E = \frac{dc}{dt} \times \frac{h(Mw)(Tst)}{(Wv)(Tst + T)}$$

เมื่อ	E	=	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทน; $\text{mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$
	dc/dt	=	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซมีเทน; ppm day^{-1}
	h	=	ความสูงของกล่องเก็บก๊าซ; m
	Mw	=	น้ำหนักโมเลกุลของของก๊าซมีเทน = $16.123 \times 10^3 \text{ mg}$
	Mv	=	ปริมาตรโมเลกุลของของก๊าซมีเทน = $22.41 \times 10^{-3} \text{ m}^3$
	Tst	=	อุณหภูมิมาตรฐาน = $273.2 \text{ }^\circ\text{K}$
	T	=	อุณหภูมิในกล่องเก็บก๊าซ; $^\circ\text{C}$

- การตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงานในแต่ละความยาวช่วงคลื่นของข้าวนาชลประทาน จะกระทำในเวลาเดียวกันและจุดวัดเดียวกับการตรวจวัดก๊าซมีเทนในนาข้าว เพื่อที่จะนำค่าที่ได้จะนำไปคำนวณหาค่าดัชนีพืชพรรณของข้าว โดยค่าการสะท้อนพลังงานได้จากเครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงาน (Spectrometer) มีวิธีการศึกษาดังนี้
 - ติดตั้ง Spectrometer บนขาตั้งสามขา (Tripod) โดยให้อยู่ในแนวตั้งฉากกับต้นข้าว มุมมองของเลนส์เปิดกว้างที่ 10 องศา
 - ตั้งแผ่นกระดานสีขาวสะท้อนพลังงาน (White Reflected Board) ไว้ในแนวเดียวกับวัตถุ (แนวระนาบ)

- หมุนปุ่มตั้งค่าความยาวช่วงคลื่นก่อน 1 รอบจากนั้นตั้งค่าความยาวช่วงคลื่นที่ต้องการอ่าน
- ตั้งค่าความยาวช่วงคลื่นที่ 675 นาโนเมตร อ่านค่าการสะท้อนพลังงานของแผ่นกระดานสีขาว และอ่านค่าการสะท้อนพลังงานของข้าว (อ่านที่จุดเดียวกับที่ตั้งแผ่นกระดานสีขาว และทำการอ่านทันทีหลังจากนำแผ่นกระดานสีขาวออก) โดยทำเช่นเดียวกันในความยาวช่วงคลื่นที่ 750 นาโนเมตร และทำตามขั้นตอนข้างต้นทั้งหมดที่กล่าวมาเมื่อเปลี่ยนวัตถุ
- นำค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวและกระดานสีขาวที่วัดได้มาหาเปอร์เซ็นต์การสะท้อนพลังงาน (Asian Institute of Technology, 2003) จากสูตร

$$\text{Reflectance Factor (\%)} = 10^{(V_x - V_{0x})} \times 100$$

เมื่อ $\text{Reflectance Factor (\%)} =$ เปอร์เซนต์การสะท้อนพลังงานของข้าว

$$V_\lambda = \text{ค่าการสะท้อนพลังงานของข้าว}$$

$$V_{0\lambda} = \text{ค่าการสะท้อนพลังงานของกระดานสีขาว}$$

- นำเปอร์เซนต์การสะท้อนพลังงานของข้าวไปหาค่าดัชนีพืช ซึ่งการหาค่าดัชนีพืช ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ 4 ประเภทคือ

1. ดัชนีพืชพรรณ IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง

$$\text{IPVI} = \frac{\text{NIR}}{\text{NIR} + \text{RED}} \text{ หรือ } \frac{\text{NDVI} + 1}{2}$$

2. ดัชนีพืชพรรณ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลต่างของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{Red}}{\text{NIR} + \text{Red}}$$

3. ดัชนีพืชพรรณ RVI (Ratio Vegetation Index) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่อปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง

$$\text{RVI} = \frac{\text{NIR}}{\text{Red}}$$

4. ดัชนีพืชพรรณ SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) หมายถึง ค่าดัชนีพืชพรรณที่ถูกปรับแก้ผลกระทบจากการสะท้อนพลังงานของพื้นดิน

$$SAVI = \frac{1.5 \times (NIR - Red)}{NIR + Red + 0.5}$$

เมื่อ Red = ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.63-0.68 ไมโครเมตร

NIR = ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.75-0.95 ไมโครเมตร

การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ของอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนกับดัชนีพืชพรรณแต่ละดัชนี โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จากสมการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Correlation Coefficients of Pearson) มีสูตรดังนี้ (สมุทร ศิริบุรี, 2522:93)

$$R = \frac{N \sum(xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[N(\sum x^2) - (\sum x)^2][N(\sum y^2) - (\sum y)^2]}}$$

เมื่อ R = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

N = จำนวนตัวอย่าง

x = ตัวแปรต้น

y = ตัวแปรตาม

กรอบแนวความคิดของการวิเคราะห์ และการตรวจสอบความถูกต้องของสมการพยากรณ์อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- ข้อมูลการตรวจวัดก๊าซในสนามจะถูกวิเคราะห์ แล้วนำค่าอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนมาหาความสัมพันธ์กับดัชนีพืชพรรณแต่ละดัชนีพืชพรรณ โดยสร้างสมการพยากรณ์สำหรับการประเมินค่าอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนโดยดัชนีพืชพรรณแต่ละดัชนี
- เปรียบเทียบสมการพยากรณ์ของแต่ละดัชนีพืชพรรณ (โดยเลือกใช้สมการพยากรณ์ของค่าดัชนีพืชพรรณที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด) เพื่อให้ได้มาซึ่งสมการที่มีความถูกต้องของการพยากรณ์มากที่สุดค่าอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากสมการพยากรณ์ของดัชนีพืชพรรณ (โดยเลือกใช้สมการพยากรณ์ของค่าดัชนีพืชพรรณที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด) จะถูกประเมินและนำไปตรวจสอบความถูกต้องกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดในสนาม โดยการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ เป็นการวัดความคลาดเคลื่อนของค่าจริงและค่าที่พยากรณ์ได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ต่าง ๆ หรือจำนวนข้อมูลต่าง ๆ จะพิจารณาจากการที่ค่าจริงใกล้เคียงค่าพยากรณ์ที่สุด หรือทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ย่อมเป็นค่าที่เหมาะสมกับการใช้พยากรณ์ให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ การวัดความคลาดเคลื่อนสามารถวัดได้โดยทำการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (Mean Absolute Percent Error : MAPE) (http://en.wikipedia.org/wiki/Mean_absolute_percentage_error) ซึ่งมีสูตรดังนี้

เมื่อ

MAPE

A_t

F_t

n

=

=

=

=

=

$$\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left[\frac{A_t - F_t}{A_t} \right]$$

ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (เปอร์เซ็นต์)

ค่าจากการตรวจวัดจริง

ค่าจากการพยากรณ์

จำนวนของค่าการพยากรณ์

โดยที่ค่า MAPE น้อยกว่าหรือเท่ากับ 25% ถือว่ายอมรับได้

สรุปผลการวิจัย

เมื่อเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทุกอย่างตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจะสรุปผลการวิจัย พร้อมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ โดยจัดทำเป็นรายงานสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย



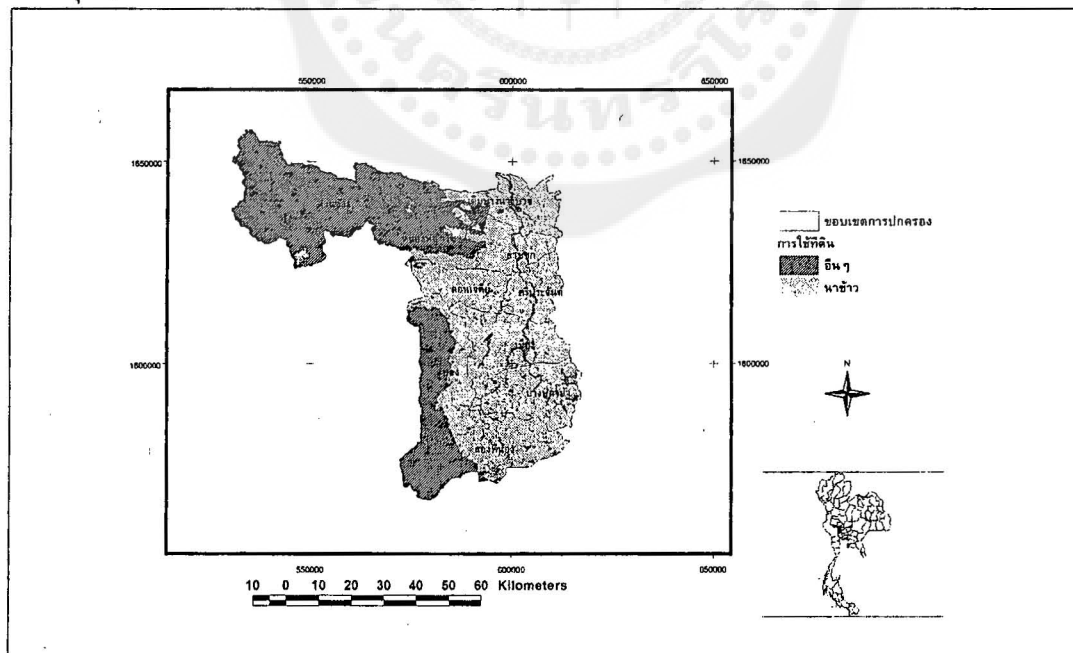
บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้เลือกพื้นที่ปลูกข้าวนาชลประทานในจังหวัดสุพรรณบุรีเป็นพื้นที่ศึกษา และได้ประยุกต์เทคโนโลยีของการสำรวจข้อมูลระยะไกลมาใช้ โดยนำเอาเครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นมาประยุกต์ใช้ในการวัดค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโต เพื่อดำหนดค่าดัชนีพืชพรรณ พร้อมทั้งตรวจวัดการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานในจังหวัดสุพรรณบุรี และสร้างเป็นสมการพยากรณ์อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน ซึ่งผลการศึกษาจะมีดังต่อไปนี้

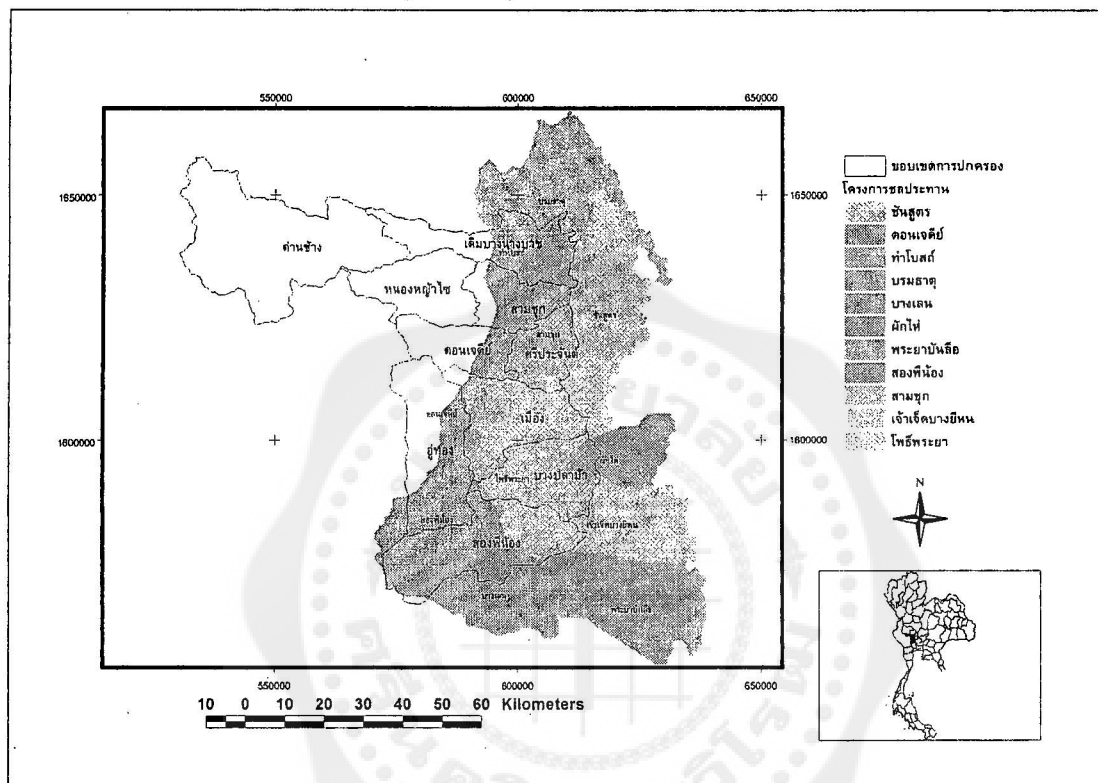
การเลือกพื้นที่ศึกษา

ในการเลือกพื้นที่ศึกษา จะใช้ข้อมูลขอบเขตการปกครองจังหวัดสุพรรณบุรี ข้อมูลการใช้ที่ดิน ข้อมูลชุดดิน ขอบเขตพื้นที่ชลประทาน มาใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่หรือพื้นที่จุดตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวและจุดตรวจวัดอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าว โดยจังหวัดสุพรรณบุรีนั้นมีขอบเขตการปกครองอันประกอบไปด้วย 10 อำเภอ คือ อำเภอเมือง อำเภอเดิมบางนางบวช อำเภอด่านช้าง อำเภอบางปลาม้า อำเภอดอนเจดีย์ อำเภอศรีประจันต์ อำเภอสองพี่น้อง อำเภอสามชูก อำเภออู่ทองและอำเภอหนองหญ้าไซ ซึ่งการใช้ที่ดินในจังหวัดสุพรรณบุรีนั้นพื้นที่เกษตรกรรมส่วนใหญ่่นั้นเป็นพื้นที่นาข้าว โดยเฉพาะทางด้านตะวันออกของพื้นที่จังหวัดซึ่งเป็นทีลุ่ม (ดังแสดงในแผนที่)



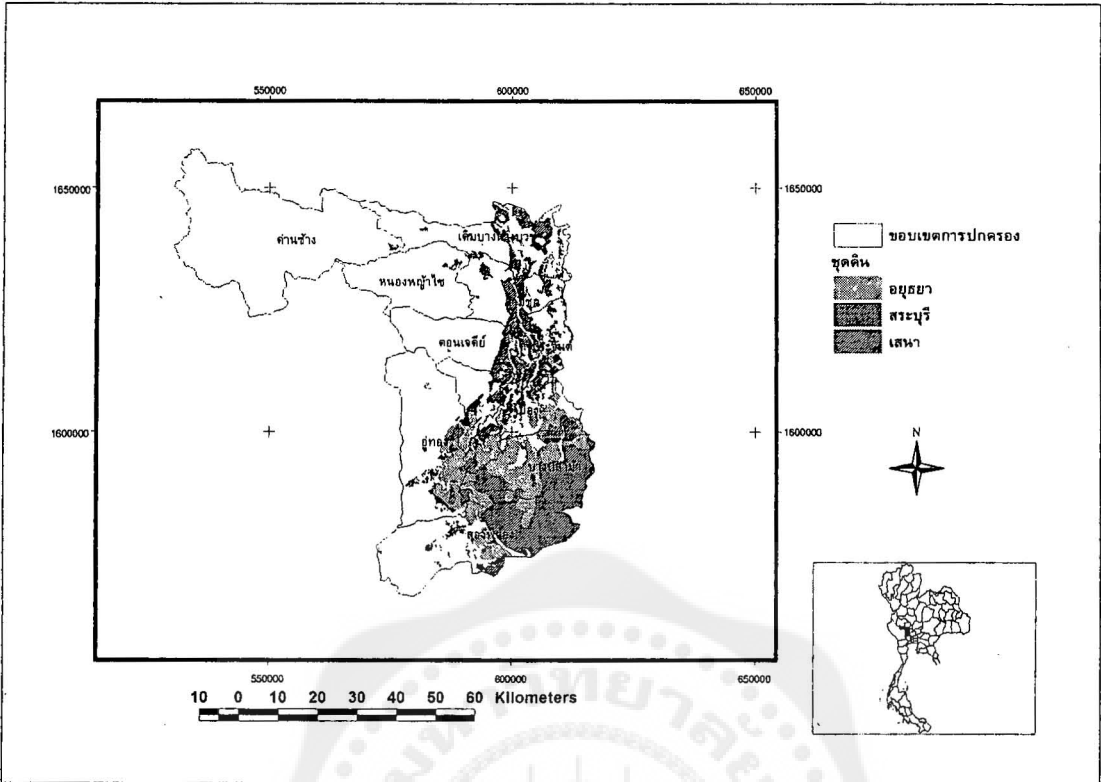
ภาพประกอบที่ 9 แผนที่แสดงขอบเขตการปกครองและการใช้ที่ดินในจังหวัดสุพรรณบุรี

ในส่วนของพื้นที่โครงการชลประทานในบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรีนั้น ประกอบด้วยพื้นที่โครงการชลประทานโดยรอบพื้นที่อยู่ 11 โครงการ คือ โครงการชลประทานสองพี่น้อง,โครงการชลประทานโพธิ์พระยา,โครงการชลประทานบางเลน,โครงการชลประทานผักไห่,โครงการชลประทานท่าโบสถ์,โครงการชลประทานชั้นสุตร,โครงการชลประทานบรมธาตุ,โครงการชลประทานเจ้าเจ็ดบางยี่หน,โครงการชลประทานดอนเจดีย์,โครงการชลประทานสามชุกและโครงการชลประทานพระยาบันลือ (ดังแผนที่)



ภาพประกอบที่ 10 แผนที่แสดงพื้นที่โครงการชลประทานในจังหวัดสุพรรณบุรี

ข้อมูลชุดดินในจังหวัดสุพรรณบุรีนั้น ชุดดินในจังหวัดสุพรรณบุรีประกอบไปด้วยชุดดิน 43 ชุด ซึ่งสามารถแบ่งตามความเหมาะสมและการใช้ประโยชน์ได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกกลุ่มดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว พบอยู่บริเวณที่ราบลุ่มของฝั่งแม่น้ำสุพรรณบุรีและบริเวณตอนกลางของจังหวัด กลุ่มที่สองกลุ่มดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไร่ ส่วนใหญ่จะพบอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัด กลุ่มสุดท้ายเป็นกลุ่มดินที่เป็นปัญหาต่อการพัฒนาการเกษตรได้แก่ กลุ่มดินที่มีสภาพเป็นกรด กลุ่มดินดิน กลุ่มดินภูเขาและพื้นที่ดินเค็ม (ดังแสดงในแผนที่และตารางในภาคผนวก)



ภาพประกอบที่ 12 พื้นที่ชุดดินที่ถูกคัดเลือกในจังหวัดสุพรรณบุรี

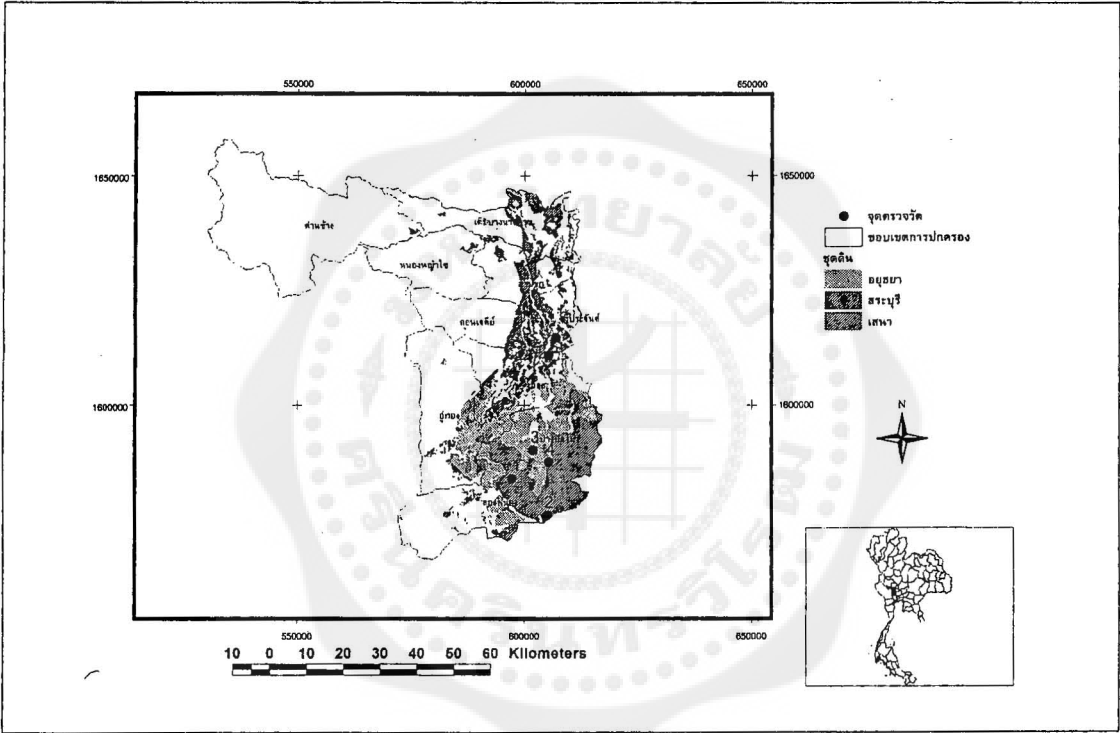
ตารางที่ 8 พื้นที่ชุดดินที่ถูกคัดเลือกในจังหวัดสุพรรณบุรีเพื่อกำหนดพื้นที่ศึกษา

ชื่อชุดดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)
อยุธยา (Ayutthaya)	279.62
สระบุรี (Sara Buri)	428.86
เสนา (Sena)	415.62

จากนั้น ก็ทำการเลือกพื้นที่จุดตรวจวัดเพื่อใช้วัดค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตและเพื่อตรวจวัดการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน โดยเลือกตัวแทนจากในแต่ละชุดดิน จำนวนชุดดินละ 2 จุดตรวจวัด รวมทั้งสิ้น 6 จุดตรวจวัด ซึ่งอยู่ในอำเภอสองพี่น้อง อำเภอบางปลาม้าและอำเภอศรีประจันต์

ตารางที่ 9 จุดตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงานและการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน

จุดตรวจวัด	ชุดดิน	พิกัด UTM		พิกัดภูมิศาสตร์		อำเภอ
		Easting	Northing	ละติจูด	ลองจิจูด	
1	เสนา	613833	1575709	14°15'7"	100°3'19"	สองพี่น้อง
2	เสนา	623889	1565177	14°9'22"	100°8'53"	สองพี่น้อง
3	อยุธยา	622839	1580541	14°17'42"	100°8'20"	บางปลาม้า
4	อยุธยา	622350	1579394	14°17'5"	100°8'4"	บางปลาม้า
5	สระบุรี	627225	1610988	14°34'12"	100°10'52"	ศรีประจันต์
6	สระบุรี	625600	1612051	14°34'47"	100°9'58"	ศรีประจันต์



ภาพประกอบที่ 13 แผนที่จุดตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงานและการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน

การกำหนดช่วงตรวจวัดอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานและค่าการสะท้อนพลังงานของข้าว

ในการกำหนดช่วงตรวจวัดอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานและค่าการสะท้อนพลังงานของข้าว นั้น ได้กำหนดวันที่ 7, 25, 50, 90 และ 110 หลังจากวันที่เริ่มปลูกข้าว (Day After Planting : DAP) เป็นวันทำการตรวจวัด หรือตรงกับช่วงระยะของการเจริญเติบโตของข้าวแต่ละช่วง คือ ช่วงต้นกล้า (Seedling or transplanting stage) ช่วงแตกกอ(Tillering stage) ช่วงแตกกอเต็มที่ (Maximum Tillering stage) ช่วงออกรวง (Flowering stage) และช่วงก่อนเก็บเกี่ยว (Maturity or Ripening stage) ตามลำดับ

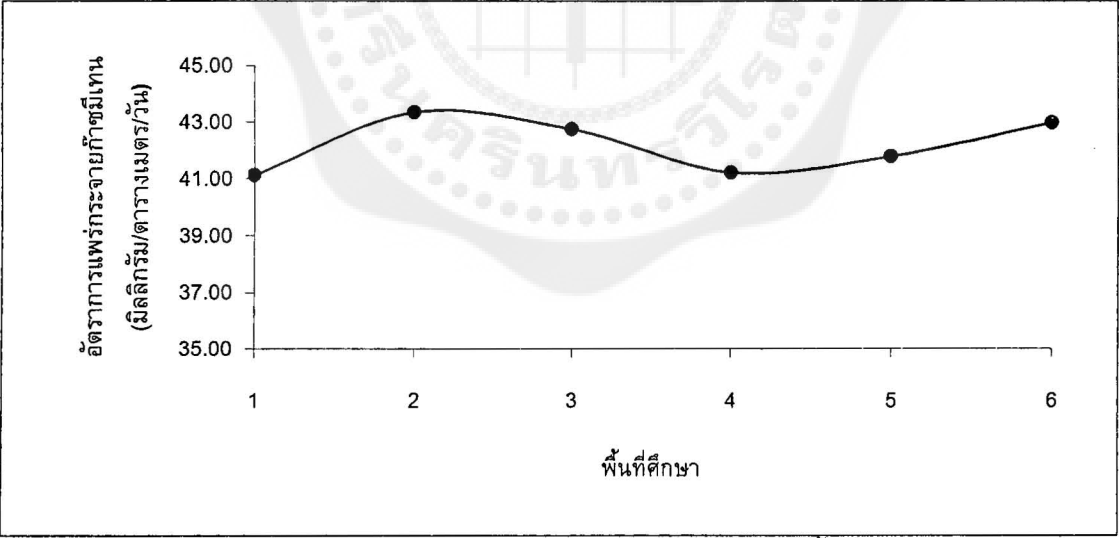
การศึกษาอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน

การศึกษาอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเฉลี่ยจากนาข้าวชลประทาน ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 แห่ง ในจังหวัดสุพรรณบุรีมีค่าดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 10 อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเฉลี่ยจากนาข้าวชลประทานในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน)
1	41.13
2	43.34
3	42.75
4	41.23
5	41.79
6	42.98
ค่าเฉลี่ย	42.20

จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทน (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน) ดังแสดงในตาราง พบว่า อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 แห่ง มีค่าใกล้เคียงกัน โดยในพื้นที่ศึกษาที่ 1-6 มีอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเรียงลำดับดังนี้คือ 41.13, 43.34, 42.75, 41.23, 41.79 และ 42.98 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน และอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเฉลี่ยของพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 แห่งเท่ากับ 42.20 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน



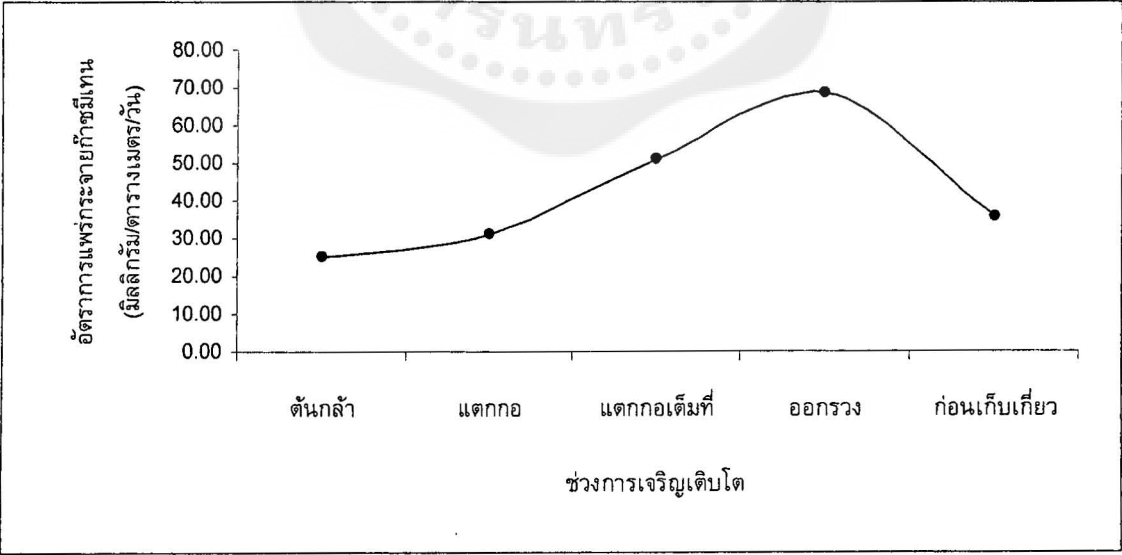
ภาพประกอบที่ 14 กราฟแสดงอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในแต่ละพื้นที่ศึกษา

นอกจากนั้น ค่าการตรวจวัดและเก็บข้อมูลอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว
ชลประทานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต

ช่วงการเจริญเติบโต	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทน (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน)
ต้นกล้า	25.01
แตกกอ	30.96
แตกกอเต็มที่	50.87
ออกรวง	68.47
ก่อนเก็บเกี่ยว	35.71
ค่าเฉลี่ย	42.20

จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทน (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน)
จากนาข้าวในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ดังแสดงในตาราง พบว่า อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนมี
ค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงต้นกล้าจนถึงช่วงออกรวง และหลังจากนั้นอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนค่อยๆ
ลดลงไปจนถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยว โดยในช่วงต้นกล้ามีอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเท่ากับ 25.01
มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน และมีอัตราเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอเป็น 30.96 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน
ในช่วงแตกกอเต็มที่ อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนยังคงเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 50.87 มิลลิกรัม/ตาราง
เมตร/วัน และมีอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงออกรวง มีค่าเท่ากับ 68.47
มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน หลังจากนั้นอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนลดลงไปจนถึงช่วงก่อนเก็บ
เกี่ยวโดยมีค่าเท่ากับ 35.71 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน



ภาพประกอบที่ 15 กราฟแสดงอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต

การศึกษาค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทาน

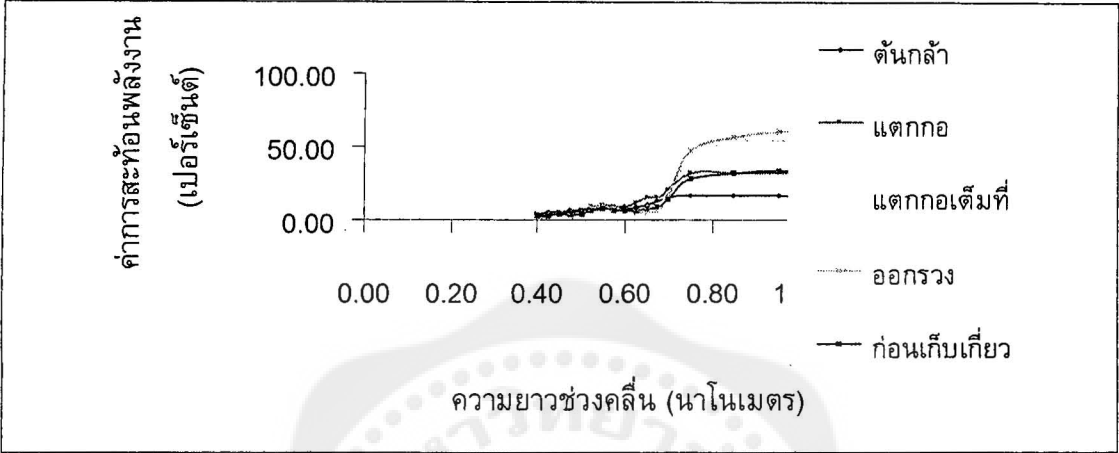
จากการศึกษาค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้เครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวช่วงคลื่นของวัตถุ (Spectrometer) โดยจะทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลตามการแบ่งช่วงการเจริญเติบโตของข้าวนาชลประทาน ซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 120 วัน ออกเป็น 5 ช่วงดังที่กล่าวมาแล้ว เพื่อศึกษาปริมาณของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวช่วงคลื่นของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของต้นข้าว ปริมาณของค่าการสะท้อนพลังงานที่ตรวจวัดอยู่ในช่วงในช่วงคลื่นแสงสีแดง และปริมาณการสะท้อนพลังงานช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ โดยในการศึกษาครั้งนี้คลื่นแสงสีแดงมีความยาวช่วงคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 0.63-0.68 ไมโครเมตร และคลื่นอินฟราเรดใกล้มีความยาวช่วงคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 0.75-0.95 ไมโครเมตร

ซึ่งผลจากการตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของข้าวแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยของค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว

ความยาวช่วงคลื่น (ไมโครเมตร)	ค่าเฉลี่ยของค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต				
	ต้นกล้า (DAP 7)	แตกกอ (DAP 25)	แตกกอเต็มที่ (DAP 50)	ออกรวง (DAP 90)	ก่อนเก็บเกี่ยว (DAP 110)
0.40	4.28	3.67	2.05	1.80	2.96
0.43	4.62	4.48	2.42	2.08	2.67
0.45	5.05	4.58	3.01	3.29	3.30
0.48	5.53	5.93	3.48	3.15	3.63
0.50	6.21	5.88	3.85	3.59	4.44
0.53	7.09	8.66	7.17	7.61	7.63
0.55	8.19	9.96	10.78	9.63	10.16
0.58	8.86	8.73	7.55	7.62	11.24
0.60	8.15	9.46	7.05	6.34	7.42
0.63	9.13	11.88	6.99	5.24	6.81
0.65	9.85	15.22	8.94	5.38	6.82
0.68	13.36	15.47	10.83	6.39	8.18
0.70	15.32	20.31	17.35	15.45	18.58
0.75	17.02	31.56	41.78	47.34	49.01
0.85	16.92	31.59	53.28	56.72	57.22
0.95	16.72	31.74	53.93	60.78	60.74
1.05	14.75	32.22	55.93	61.94	60.71

จากตารางแสดงผลการคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตนั้นแสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยของค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวโดยรวมแล้วมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงความยาวช่วงคลื่น 0.40 – 0.65 ไมโครเมตร และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงความยาวช่วงคลื่น 0.68 – 0.75 ไมโครเมตร จากนั้นก็กลับมาเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงความยาวช่วงคลื่น 0.85 – 1.05 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถสร้างเป็นกราฟแสดงได้ดังนี้



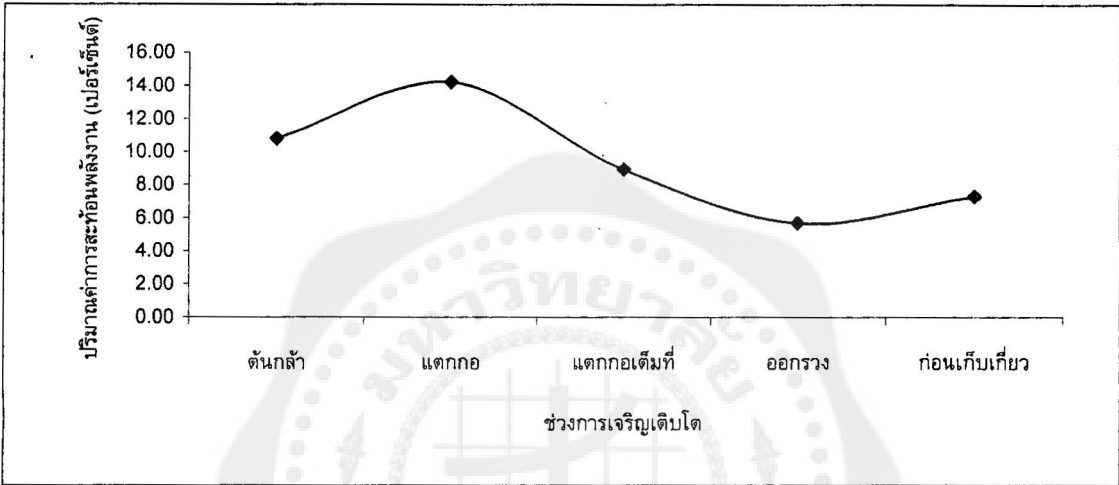
ภาพประกอบที่16 ค่าเฉลี่ยของค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต

ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ ปริมาณของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวช่วงคลื่นของข้าวนาชลประทาน ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของต้นข้าว ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้น จะตกอยู่ในช่วงปริมาณของค่าการสะท้อนพลังงานที่ตรวจวัดช่วงคลื่นแสงสีแดงมีความยาวช่วงคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 0.63-0.68 ไมโครเมตร และปริมาณการสะท้อนพลังงานช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ที่มีความยาวช่วงคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 0.75-0.95 ไมโครเมตร ซึ่งผลการตรวจวัดและการวิเคราะห์ปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานทั้งสองช่วงคลื่นแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 13 ปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดงของแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง (เปอร์เซ็นต์)				
	ต้นกล้า (DAP 7)	แตกกอ (DAP 25)	แตกกอเต็มที่ (DAP 50)	ออกรวง (DAP 90)	ก่อนเก็บเกี่ยว (DAP 110)
1	10.00	14.17	9.00	5.54	8.47
2	10.25	14.81	6.94	4.42	6.47
3	10.72	13.65	7.49	5.37	6.44
4	11.43	14.21	7.07	4.85	7.50
5	11.63	14.51	12.73	5.80	8.08
6	10.65	13.80	10.28	8.03	6.66
เฉลี่ย	10.78	14.19	8.92	5.67	7.27

ผลจากการตรวจวัดปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในช่วงคลื่นแสงสีแดง พบว่า ในช่วงต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ย 10.78 เปอร์เซนต์ ในช่วงแตกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ย เพิ่มขึ้นเป็น 14.19 เปอร์เซนต์ ในช่วงแตกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยลดลงเป็น 8.92 เปอร์เซนต์ ในช่วงออกรวงหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยลดลงเป็น 5.67 เปอร์เซนต์ และในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยเพิ่มเป็น 55.66 เปอร์เซนต์

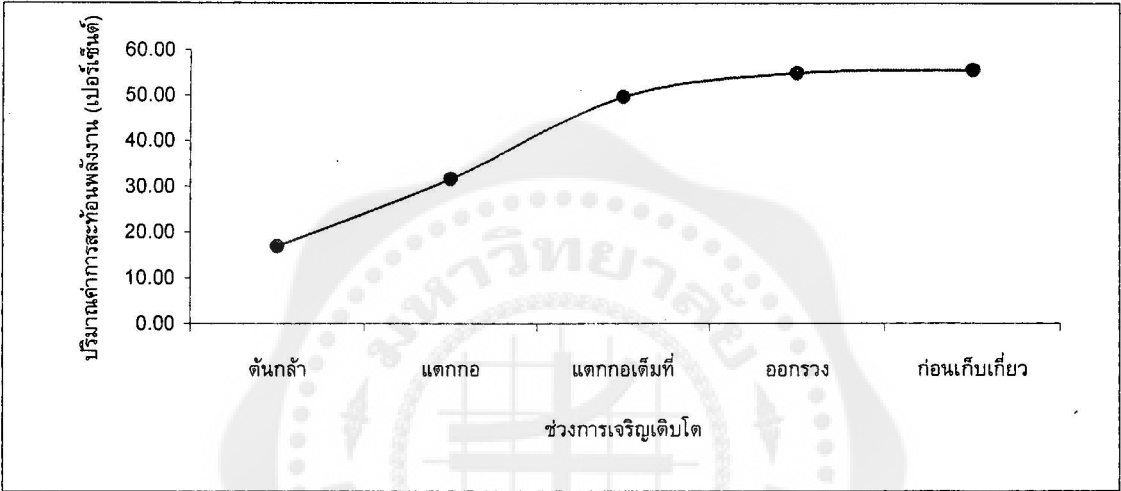


ภาพประกอบที่ 17 กราฟแสดงปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดงในช่วงการเจริญเติบโตของข้าวนาชลประทาน

ตารางที่ 14 ปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ของแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (เปอร์เซนต์)				
	ต้นกล้า	แตกกอ	แตกกอเต็มที่	ออกรวง	ก่อนเก็บเกี่ยว
	(DAP 7)	(DAP 25)	(DAP 50)	(DAP 90)	(DAP 110)
1	15.79	34.30	53.39	43.44	57.79
2	15.94	29.76	53.86	48.58	54.42
3	16.91	33.63	41.40	63.96	52.01
4	17.93	32.73	36.78	52.40	59.20
5	18.25	31.99	52.24	60.04	58.91
6	16.49	27.36	60.33	61.26	51.62
เฉลี่ย	16.88	31.63	49.67	54.95	55.66

ผลจากการตรวจวัดปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้พบว่า ในวันช่วงต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ย 16.88 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงแตกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 31.63 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงแตกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยเพิ่มสูงเป็น 49.67 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงออกรวงหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยเพิ่มสูงเป็น 54.95เปอร์เซ็นต์ และในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยเพิ่มสูงสุดเป็น 55.66 เปอร์เซ็นต์



ภาพประกอบ ที่ 18 กราฟแสดงปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ในช่วงการเจริญเติบโตของข้าว

การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ

ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ 4 ประเภทคือ

1. ดัชนีพืชพรรณ IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง

$$IPVI = \frac{NIR}{NIR + RED} \text{ หรือ } \frac{NDVI + 1}{2}$$

2. ดัชนีพืชพรรณ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลต่างของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) ต่อผลรวมของปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ กับปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

3. ดัชนีพืชพรรณ RVI (Ratio Vegetation Index) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ต่อปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง

$$RVI = \frac{NIR}{Red}$$

4. ดัชนีพืชพรรณ SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) หมายถึง ค่าดัชนีพืชพรรณที่ถูกปรับแก้ผลกระทบจากการสะท้อนพลังงานของพื้นดิน

$$SAVI = \frac{1.5 \times (NIR - Red)}{NIR + Red + 0.5}$$

เมื่อ NIR = ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.75-0.95 ไมโครเมตร
Red = ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.63-0.68 ไมโครเมตร

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวของแต่ละดัชนีพืชพรรณได้ผลดังต่อไปนี้

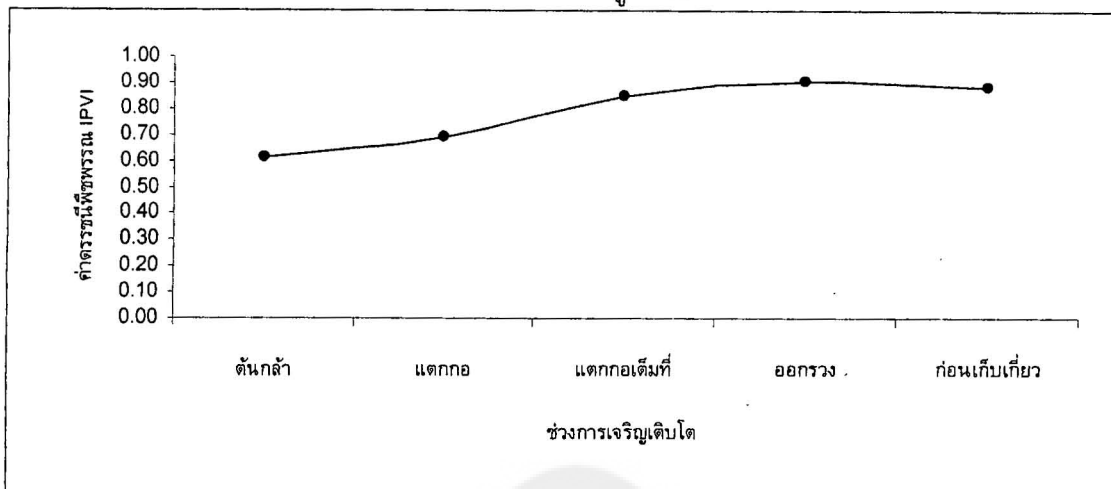
● ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI

ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวของแต่ละพื้นที่ศึกษาสามารถแสดงผลดังตารางต่อไปนี้
ตารางที่ 15 ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว				
	ต้นกล้า	แตกกอ	แตกกอเต็มที่	ออกรวง	ก่อนเก็บเกี่ยว
1	0.61	0.71	0.86	0.89	0.87
2	0.61	0.67	0.89	0.92	0.89
3	0.61	0.71	0.85	0.92	0.89
4	0.61	0.70	0.84	0.92	0.89
5	0.61	0.69	0.80	0.91	0.88
6	0.61	0.66	0.85	0.88	0.89
เฉลี่ย	0.61	0.69	0.85	0.91	0.88

ผลจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยจากตาราง พบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยในช่วงต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 เท่ากับ 0.61 จากนั้นค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 เท่ากับ 0.69 และเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 เท่ากับ 0.85 จนกระทั่งเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงออกรวงหรือ

หลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 เท่ากับ 0.91 จากนั้นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 0.88



ภาพประกอบที่ 19 กราฟแสดงค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว

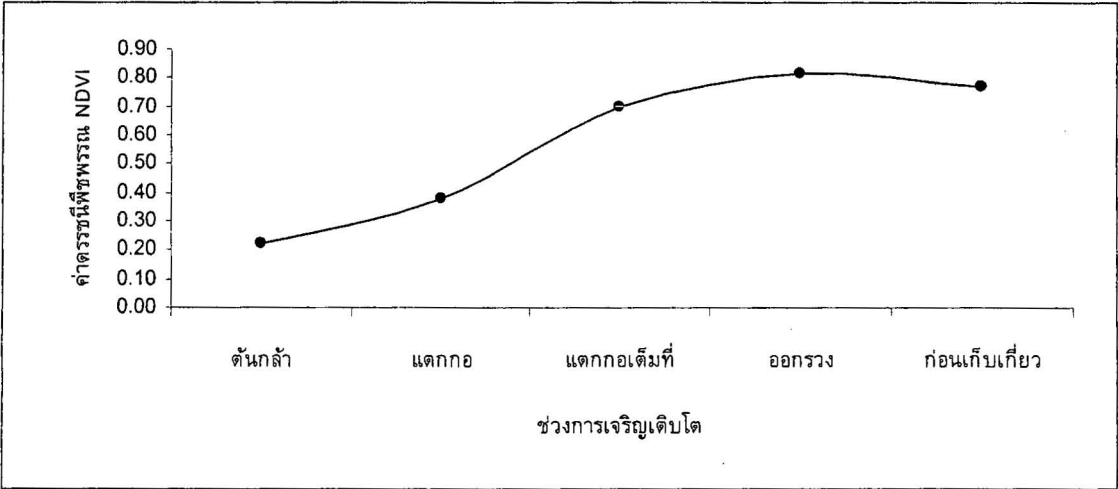
● ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI

ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวของแต่ละพื้นที่ศึกษาสามารถแสดงผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว				
	ต้นกล้า	แดกกอ	แดกกอเต็มที่	ออกรวง	ก่อนเก็บเกี่ยว
1	0.22	0.42	0.71	0.77	0.74
2	0.22	0.34	0.77	0.83	0.79
3	0.22	0.42	0.69	0.85	0.78
4	0.22	0.39	0.68	0.83	0.78
5	0.22	0.38	0.61	0.82	0.76
6	0.22	0.33	0.71	0.77	0.77
เฉลี่ย	0.22	0.38	0.70	0.81	0.77

ผลจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI เฉลี่ยจากตาราง พบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยในช่วงต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 เท่ากับ 0.22 จากนั้นค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยเพิ่มขึ้นในช่วงแดกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 เท่ากับ 0.38 และเพิ่มขึ้นในช่วงแดกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 เท่ากับ 0.70 จนกระทั่งเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงออกรวงหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 เท่ากับ 0.81 จากนั้นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI เฉลี่ยลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 0.77



ภาพประกอบที่ 20 กราฟแสดงค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI เฉลี่ยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว

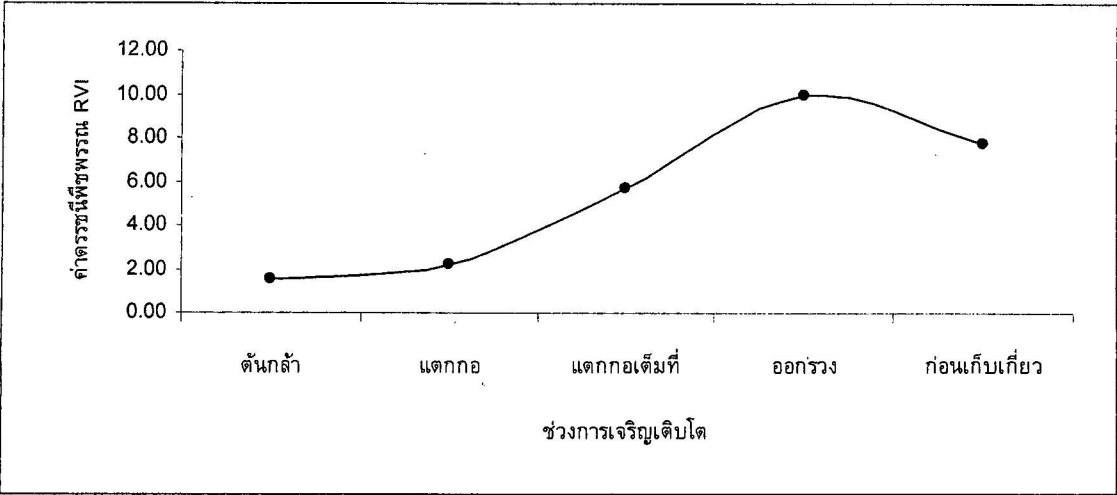
● ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI

ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวของแต่ละพื้นที่ศึกษา สามารถแสดงผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 17 ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว				
	ต้นกล้า	แตกกอ	แตกกอเต็มที่	ออกรวง	ก่อนเก็บเกี่ยว
1	1.58	2.42	5.93	7.84	6.82
2	1.56	2.01	7.76	11.00	8.41
3	1.58	2.46	5.53	11.91	8.08
4	1.57	2.30	5.20	10.80	7.90
5	1.57	2.21	4.10	10.36	7.29
6	1.55	1.98	5.87	7.63	7.75
เฉลี่ย	1.57	2.23	5.73	9.92	7.71

ผลจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI เฉลี่ยจากตาราง พบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI เฉลี่ยในช่วงต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 เท่ากับ 1.57 จากนั้นค่าดัชนีพืชพรรณ RVI เฉลี่ยเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 เท่ากับ 2.23 และเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 เท่ากับ 5.73 จนกระทั่งเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงออกรวงหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 เท่ากับ 9.92 จากนั้นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI เฉลี่ยลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 7.71



ภาพประกอบที่ 21 กราฟแสดงค่าดัชนีพืชพรรณ RVI เฉลี่ยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว

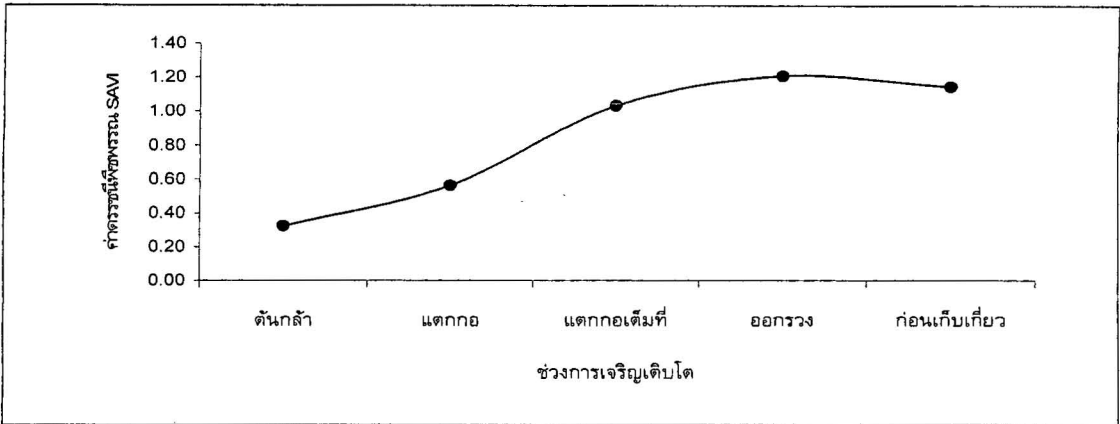
● ค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI

ค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวของแต่ละพื้นที่ศึกษาสามารถแสดงผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว				
	ต้นกล้า	แตกกอ	แตกกอเต็มที่	ออกรวง	ก่อนเก็บเกี่ยว
1	0.33	0.62	1.06	1.15	1.11
2	0.32	0.50	1.15	1.24	1.17
3	0.33	0.63	1.03	1.26	1.16
4	0.33	0.59	1.00	1.23	1.15
5	0.33	0.56	0.91	1.23	1.13
6	0.32	0.49	1.06	1.14	1.15
เฉลี่ย	0.33	0.56	1.03	1.21	1.15

ผลจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI เฉลี่ยจากตาราง พบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI เฉลี่ยในช่วงต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 เท่ากับ 0.33 จากนั้นค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI เฉลี่ยเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 เท่ากับ 0.56 และเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 เท่ากับ 1.03 จนกระทั่งเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงออกรวงหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 เท่ากับ 1.21 จากนั้นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 ค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI เฉลี่ยลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 1.15



ภาพประกอบที่ 22 กราฟแสดงค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI เฉลี่ยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว

● ค่าดัชนีพืชพรรณต่าง ๆ ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว

ค่าดัชนีพืชพรรณต่าง ๆ ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวของแต่ละพื้นที่ศึกษา สามารถแสดงผลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์สรุปค่าดัชนีพืชพรรณต่าง ๆ ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว

		ค่าดัชนีพืชพรรณในแต่ละพื้นที่ศึกษา					
ช่วงการเจริญเติบโต	ดัชนีพืชพรรณ	1	2	3	4	5	6
ต้นกล้า	IPVI	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
	NDVI	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
	RVI	1.58	1.56	1.58	1.57	1.57	1.55
	SAVI	0.33	0.32	0.33	0.33	0.33	0.32
แดกกอ	IPVI	0.71	0.67	0.71	0.70	0.69	0.66
	NDVI	0.42	0.34	0.42	0.39	0.38	0.33
	RVI	2.42	2.01	2.46	2.30	2.21	1.98
	SAVI	0.62	0.50	0.63	0.59	0.56	0.49
แดกกอเต็มที่	IPVI	0.86	0.89	0.85	0.84	0.80	0.85
	NDVI	0.71	0.77	0.69	0.68	0.61	0.71
	RVI	5.93	7.76	5.53	5.20	4.10	5.87
	SAVI	1.06	1.15	1.03	1.00	0.91	1.06
ออกรวง	IPVI	0.89	0.92	0.92	0.92	0.91	0.88
	NDVI	0.77	0.83	0.85	0.83	0.82	0.77
	RVI	7.84	11.00	11.91	10.80	10.36	7.63
	SAVI	1.15	1.24	1.26	1.23	1.23	1.14
ก่อนเก็บเกี่ยว	IPVI	0.87	0.89	0.89	0.89	0.88	0.89
	NDVI	0.74	0.79	0.78	0.78	0.76	0.77
	RVI	6.82	8.41	8.08	7.90	7.29	7.75
	SAVI	1.11	1.17	1.16	1.15	1.13	1.15

ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน

การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยศึกษา ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน โดยนำมาหาตามสูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Correlation Coefficients of Pearson) ดังนี้

$$R = \frac{N \sum (xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[N(\sum x^2) - (\sum x)^2][N(\sum y^2) - (\sum y)^2]}}$$

เมื่อ R = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

N = จำนวนตัวอย่าง

x = ตัวแปรต้น

y = ตัวแปรตาม

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่แสดงค่าเป็นค่าบวก จะหมายถึงความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นค่าลบจะหมายถึงความสัมพันธ์ไปในทางกลับกัน (ยุทธพงษ์ กัยวรรณ. 2543 : 161) โดยมีเกณฑ์ของความสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ดังนี้

- 0.80 – 1.00 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันสูงมาก
- 0.60 – 0.79 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง
- 0.40 – 0.59 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันปานกลาง
- 0.20 – 0.39 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันน้อย
- 0.00 – 0.19 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานนั้น ผลการศึกษาที่ได้แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 20 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ IPVI NDVI RVI และ ISVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน

ดัชนีพืชพรรณ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ช่วงอายุต้นข้าว และในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว)					
	ช่วงอายุต้นข้าว (DAP 7 - 110)	ต้นกล้า (DAP 7)	แตกกอ (DAP 25)	แตกกอเต็มที่ (DAP 50)	ออกรวง (DAP 90)	ก่อนเก็บเกี่ยว (DAP 110)
IPVI	0.607	0.629	0.029	0.415	0.750	0.187
NDVI	0.607	0.629	0.029	0.415	0.750	0.187
RVI	0.638	0.628	0.026	0.344	0.744	0.181
SAVI	0.606	0.643	0.027	0.042	0.738	0.185

จากตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดัชนีพืชพรรณ IPVI NDVI RVI และ SAVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ IPVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI มีค่าสูงที่สุดในช่วงออกรวง คือ 0.750 รองลงมาคือ ช่วงต้นกล้า, ช่วงแตกกอเต็มที่, ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว และช่วงแตกกอตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ NDVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI มีค่าสูงที่สุดในช่วงออกรวงคือ 0.750 รองลงมาคือ ช่วงต้นกล้า, ช่วงแตกกอเต็มที่, ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว และช่วงแตกกอ ตามลำดับ

นอกจากนั้นการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ RVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวพบว่า มีค่าสูงที่สุดในช่วงออกรวงคือ 0.744 รองลงมาคือ ช่วงต้นกล้า, ช่วงแตกกอเต็มที่, ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว และช่วงแตกกอ ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ SAVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวพบว่า มีค่าสูงที่สุดในช่วงออกรวงคือ 0.738 รองลงมาคือช่วงต้นกล้า, ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว, ช่วงแตกกอเต็มที่, และช่วงแตกกอ ตามลำดับ

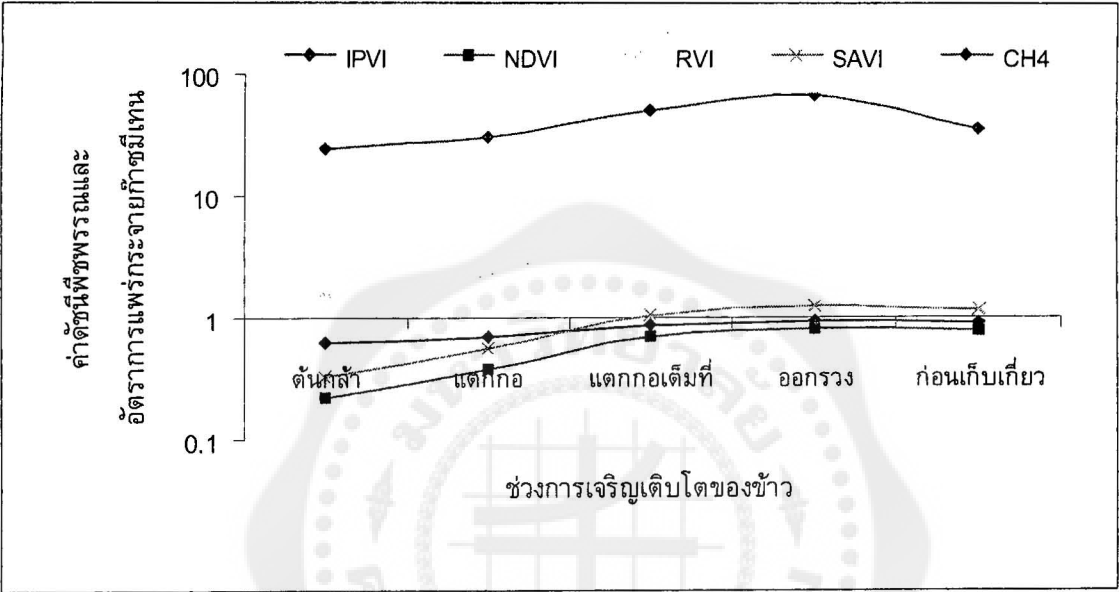
และเมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ IPVI NDVI RVI และ SAVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวพบว่า หากพิจารณาโดยยึดช่วงการเจริญเติบโตของข้าว นั้น ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI และ NDVI ในช่วงออกรวงมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดเท่ากับ 0.750 แต่ถ้าพิจารณาโดยรวมของการเจริญเติบโตของข้าวตั้งแต่เริ่มปลูกเป็นต้นกล้าจนถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยวแล้วนั้น ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด เท่ากับ 0.638

นอกจากนั้นเมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ประเภทกับอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวนาชลประทาน ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 21 ค่าดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวนาชลประทาน

ดัชนีพืชพรรณ	ค่าดัชนีพืชพรรณแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว				
	ต้นกล้า	แตกกอ	แตกกอเต็มที่	ออกรวง	ก่อนเก็บเกี่ยว
IPVI	0.61	0.69	0.85	0.91	0.88
NDVI	0.22	0.38	0.7	0.81	0.77
RVI	1.57	2.23	5.73	9.92	7.71
SAVI	0.33	0.56	1.03	1.21	1.15
อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน)					
ก๊าซมีเทน	25.01	30.96	50.87	68.47	35.71

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ประเภทมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงต้นกล้า จนไปสูงที่สุดในช่วงออกรวง จากนั้นจนไปถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยวค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ประเภทมีค่าลดลง ซึ่งก็เช่นเดียวกันกับอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงต้นกล้า จนไปสูงที่สุดในช่วงออกรวง จากนั้นจนไปถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยวอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนมีค่าลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับค่าดัชนีพืชพรรณ โดยสามารถแสดงให้เห็นในรูปของกราฟได้



ภาพประกอบที่ 23 กราฟแสดงค่าดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว

ส่วนในการวิเคราะห์เกณฑ์ของระดับความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณกับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานนั้น ใช้การวิเคราะห์เกณฑ์ของระดับความสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้ระดับของความสัมพันธ์ดังนี้

- 0.80 – 1.00 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันสูงมาก
- 0.60 – 0.79 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง
- 0.40 – 0.59 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันปานกลาง
- 0.20 – 0.39 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันน้อย
- 0.00 – 0.19 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก

โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้สามารถสรุปแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 22 ระดับของความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน

ช่วงการเจริญเติบโต	IPVI	ระดับความสัมพันธ์	NDVI	ระดับความสัมพันธ์	RVI	ระดับความสัมพันธ์	SAVI	ระดับความสัมพันธ์
ต้นกล้า	0.629	ค่อนข้างสูง	0.629	ค่อนข้างสูง	0.628	ค่อนข้างสูง	0.643	ค่อนข้างสูง
แตกกอ	0.029	น้อยมาก	0.029	น้อยมาก	0.026	น้อยมาก	0.027	น้อยมาก
แตกกอเต็มที่	0.415	ปานกลาง	0.415	ปานกลาง	0.344	น้อย	0.042	น้อยมาก
ออกรวง	0.750	ค่อนข้างสูง	0.75	ค่อนข้างสูง	0.744	ค่อนข้างสูง	0.738	ค่อนข้างสูง
ก่อนเก็บเกี่ยว	0.187	น้อยมาก	0.187	น้อยมาก	0.181	น้อยมาก	0.185	น้อยมาก

จากตารางแสดงระดับของความสัมพัธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานพบว่า ระดับความสัมพันธ์กันสูงมากไม่พบ ส่วนระดับความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูงพบในความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ IPVI,NDVI,RVI และ SAVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในช่วงต้นกล้าและช่วงออกรวง นอกจากนั้นระดับความสัมพันธ์กันปานกลางพบในความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ IPVI และ NDVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในช่วงแตกกอเต็มที่ อีกทั้งระดับความสัมพันธ์กันน้อยพบในความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ RVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในช่วงแตกกอเต็มที่ และระดับความสัมพันธ์กันน้อยมากพบในความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ IPVI,NDVI,RVI และ SAVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนในช่วงแตกกอและก่อนเก็บเกี่ยว และมีเพียงดัชนีพืชพรรณ SAVI ที่พบในช่วงแตกกอเต็มที่ด้วย

สมการประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน โดยสร้างสมการสมการควอดราติก (สมการกำลังสอง) เพื่อประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว นั้น โดยเลือกใช้สมการพยากรณ์ของค่าดัชนีพืชพรรณ RVI เนื่องจากเมื่อพิจารณาโดยรวมของการเจริญเติบโตของข้าวตั้งแต่เริ่มปลูกเป็นต้นกล้าจนถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยวแล้วนั้น ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด เท่ากับ 0.638

โดยที่สมการควอดราติก หรือสมการกำลังสอง คือสมการของพหุนามตัวแปรเดียวที่มีดีกรีเท่ากับ 2 รูปแบบทั่วไปของสมการกำลังสอง (www.th.wikipedia.org/wiki/สมการกำลังสอง) คือ

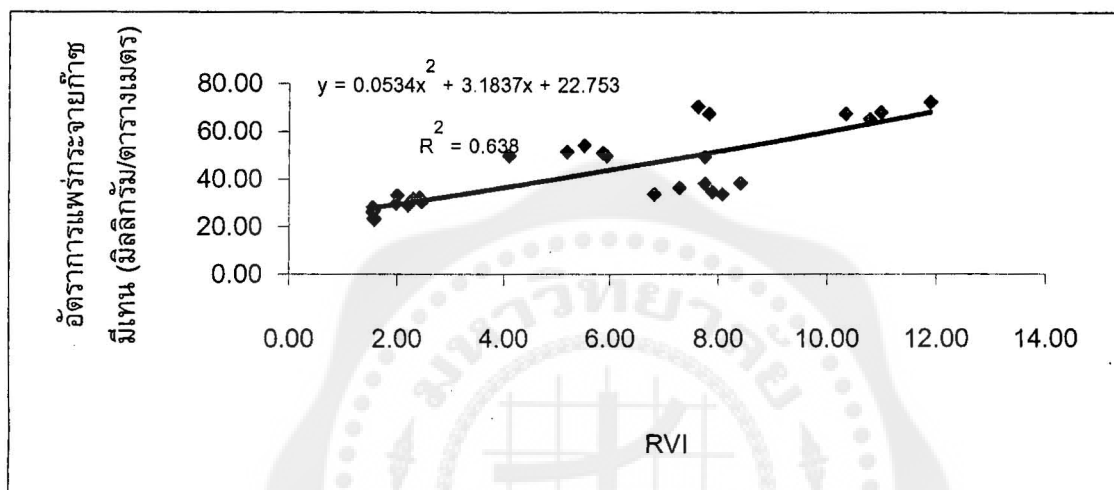
$$y = ax^2 + bx + c \text{ หรือ } ax^2 + bx + c = 0$$

เมื่อ $a \neq 0$ (ถ้า $a = 0$ สมการนี้จะกลายเป็นสมการเชิงเส้น)
 a, b = สัมประสิทธิ์ของ x^2, x ตามลำดับ
 c = สัมประสิทธิ์คงตัว
 y = ค่าพยากรณ์หรือตัวแปรตาม
 x = ตัวแปรอิสระ

จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ RVI ที่พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.638 ดังนั้นจึงเลือกค่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ RVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว สามารถสร้างสมการควอดราติก หรือสมการกำลังสอง เพื่อประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน ซึ่งผลการวิเคราะห์สมการประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน จากค่าดัชนีพืชพรรณ RVI จะได้สมการดังนี้

$$y = 0.0534x^2 + 3.1837x + 22.753 \quad (R^2 = 0.638)$$

เมื่อ y = อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน(มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน)
 x = ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI



ภาพประกอบ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ RVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน

ตารางที่ 23 ค่าเปรียบเทียบของอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดกับค่าที่ได้จากสมการประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานของดัชนีพืชพรรณ RVI

ช่วงการเจริญเติบโต	พื้นที่ศึกษา	ค่าดัชนี RVI	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน)					
			ค่าจากการตรวจวัด	ค่าประมาณโดยสมการ	ค่าแตกต่าง	ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัด	ค่าเฉลี่ยจากการประมาณ	ค่าแตกต่าง
ต้นกล้า	1	1.58	22.82	27.91	-5.09	25.01	27.87	-2.86
	2	1.56	28.12	27.84	0.28			
	3	1.58	23.36	27.91	-4.55			
	4	1.57	23.21	27.88	-4.67			
	5	1.57	26.51	27.88	-1.37			
	6	1.55	26.02	27.81	-1.78			
แตกกอ	1	2.42	32.15	30.77	1.37	30.96	30.12	0.84
	2	2.01	33.02	29.37	3.65			
	3	2.46	30.36	30.92	-0.56			
	4	2.30	31.66	30.37	1.29			
	5	2.21	29.00	30.03	-1.04			
	6	1.98	29.58	29.27	0.31			
แตกกอเต็มที่	1	5.93	49.71	43.53	6.18	50.87	42.82	8.05
	2	7.76	49.32	50.66	-1.35			
	3	5.53	54.13	41.98	12.16			
	4	5.20	51.50	40.75	10.75			
	5	4.10	49.65	36.72	12.93			
	6	5.87	50.88	43.28	7.60			
ออกรวง	1	7.84	67.44	50.98	16.46	68.47	59.73	8.74
	2	11.00	68.02	64.22	3.80			
	3	11.91	72.23	68.23	4.00			
	4	10.80	65.30	63.35	1.95			
	5	10.36	67.47	61.45	6.02			
	6	7.63	70.38	50.16	20.22			
ก่อนเก็บเกี่ยว	1	6.82	33.52	46.96	-13.44	35.71	50.48	-14.77
	2	8.41	38.23	53.32	-15.09			
	3	8.08	33.66	51.94	-18.28			
	4	7.90	34.48	51.22	-16.74			
	5	7.29	36.31	48.80	-12.50			
	6	7.75	38.06	50.64	-12.58			

จากตารางแสดงผลการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดกับค่าที่ได้จากสมการประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานของดัชนีพืชพรรณ RVI พบว่า

ในช่วงต้นกล้า อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 25.01 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน น้อยกว่า อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจาก

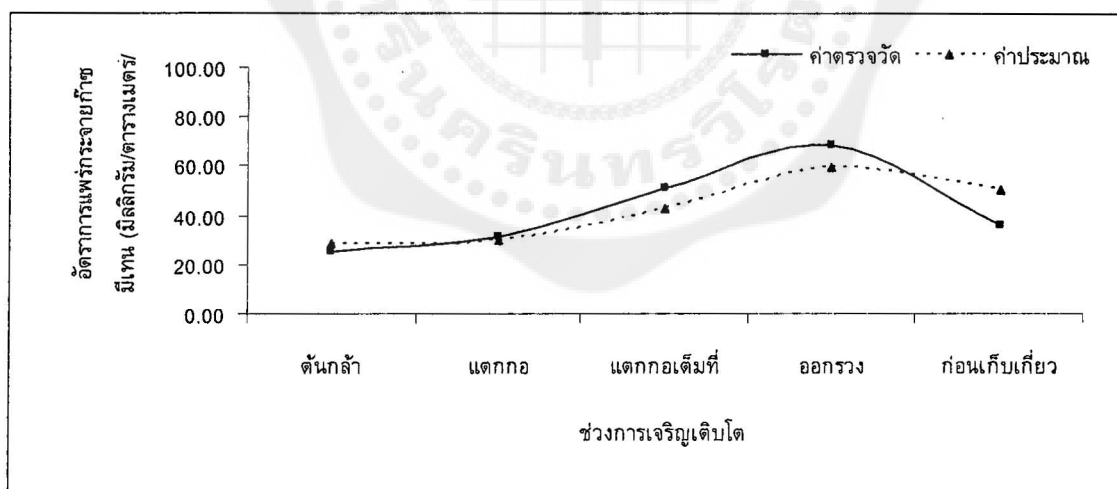
นาข้าวเฉลี่ยจากการประมาณโดยสมการซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.87 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน อยู่ 2.86 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน

ในช่วงแตกกอ อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 30.96 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน มากกว่า อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการประมาณโดยสมการซึ่งมีค่าเท่ากับ 30.12 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน อยู่ 0.84 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน

ในช่วงแตกกอเต็มที่ อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 50.87 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน มากกว่า อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการประมาณโดยสมการซึ่งมีค่าเท่ากับ 42.82 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน อยู่ 8.05 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน

ในช่วงออกรวง อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 68.47 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน มากกว่า อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการประมาณโดยสมการซึ่งมีค่าเท่ากับ 59.73 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน อยู่ 8.74 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน

ในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 35.71 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน น้อยกว่า อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการประมาณโดยสมการซึ่งมีค่าเท่ากับ 50.48 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน อยู่ 14.77 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน



ภาพประกอบที่ 25 กราฟแสดงอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการตรวจวัดกับจากการประมาณด้วยสมการ

จากกราฟแสดง อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานเฉลี่ยจากการตรวจวัดกับจากการประมาณด้วยสมการ จะเห็นได้ว่า เส้นกราฟระหว่างค่าจากการตรวจวัดกับจาก

การประมาณด้วยสมการค่อนข้างจะสอดคล้องกัน โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตพบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 16.82 หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า สมการมีความถูกต้องถึงร้อยละ 83.18 (ดังตาราง ในภาคผนวก)

ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทาน

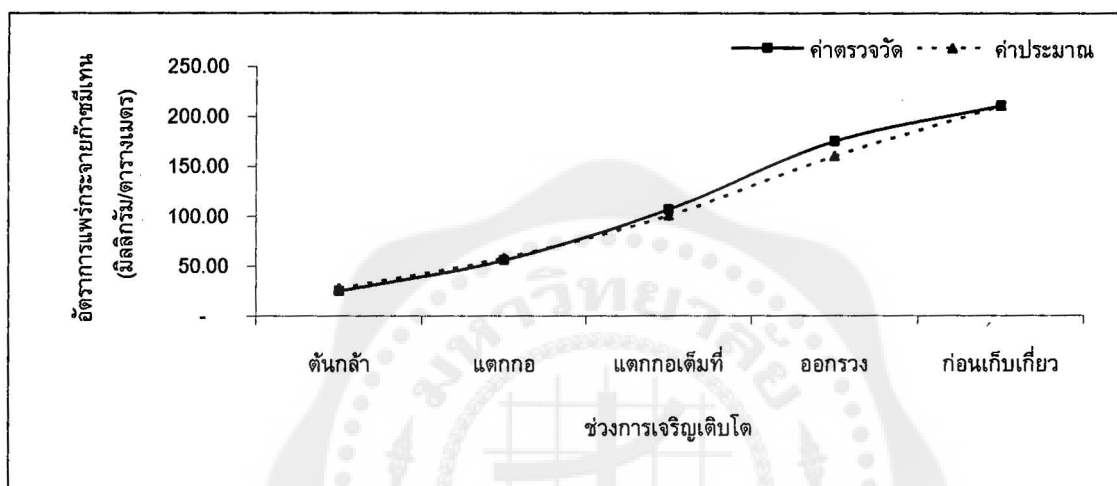
ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ช่วงต้นกล้าจนถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานที่ได้จากการคำนวณโดยสมการประมาณค่าของดัชนีพืชพรรณ RVI นั้น พบว่ามีค่าแสดงดังตาราง

ตารางที่ 24 ค่าเปรียบเทียบของปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดกับปริมาณของการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานที่ได้จากการคำนวณโดยสมการประมาณค่าของดัชนีพืชพรรณ RVI

ช่วงการเจริญเติบโต	อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน)			ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว (มิลลิกรัม/ตารางเมตร)		
	ค่าจากการตรวจวัด	ค่าประมาณโดยสมการ	ค่าแตกต่าง	ค่าสะสมจากการตรวจวัด	ค่าสะสมจากการประมาณ	ค่าแตกต่าง
ต้นกล้า	25.01	27.87	-2.86	25.01	27.87	-2.86
แตกกอ	30.96	30.12	0.84	55.97	57.99	-2.02
แตกกอเต็มที่	50.87	42.82	8.05	106.83	100.81	6.02
ออกรวง	68.47	59.73	8.74	175.31	160.54	14.77
ก่อนเก็บเกี่ยว	35.71	50.48	-14.77	211.02	211.02	0.00

จากตารางแสดงผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดกับปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากสมการประมาณของดัชนีพืชพรรณ RVI พบว่า ในช่วงต้นกล้านั้นปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดมีปริมาณเท่ากับ 25.01 มิลลิกรัม/ตารางเมตร น้อยกว่า ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการประมาณโดยสมการซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 27.87 มิลลิกรัม/ตารางเมตร อยู่ 2.86 มิลลิกรัม/ตารางเมตร เมื่อสิ้นสุดช่วงแตกกอ ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 55.97 มิลลิกรัม/ตารางเมตร น้อยกว่า ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการประมาณโดยสมการซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 57.99 มิลลิกรัม/ตารางเมตร อยู่ 2.02 มิลลิกรัม/ตารางเมตร และเมื่อสิ้นสุดช่วงแตกกอเต็มที่ ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 106.83 มิลลิกรัม/ตารางเมตร มากกว่า ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการประมาณโดยสมการซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 100.81 มิลลิกรัม/ตารางเมตร อยู่ 6.02 มิลลิกรัม/ตารางเมตร

เมื่อสิ้นสุดช่วงออกรวง ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 175.31 มิลลิกรัม/ตารางเมตร มากกว่า ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการประมาณโดยสมการซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 160.54 มิลลิกรัม/ตารางเมตร อยู่ 14.77 มิลลิกรัม/ตารางเมตร และท้ายที่สุดเมื่อสิ้นสุดช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 211.02 มิลลิกรัม/ตารางเมตร ซึ่งปริมาณที่ตรวจวัดรวมของพื้นที่นาข้าวชลประทานมีค่าเท่ากับปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานจากการประมาณโดยสมการซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 211.02 มิลลิกรัม/ตารางเมตร



ภาพประกอบที่ 26 กราฟแสดงปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดกับปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากสมการประมาณของดัชนีพืชพรรณ RVI

จากกราฟแสดง ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดกับปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากสมการประมาณของดัชนีพืชพรรณ RVI จะเห็นได้ว่า เส้นกราฟระหว่างค่าปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดกับค่าปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการประมาณด้วยสมการค่อนข้างจะสอดคล้องกันมาก โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมพบว่า มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.82 หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า สมการมีความถูกต้องถึงร้อยละ 94.18 (ดังตาราง ในภาคผนวก)

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาการประเมินการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ ในจังหวัดสุพรรณบุรีเป็นพื้นที่ศึกษา ได้ประยุกต์เทคโนโลยีของการสำรวจข้อมูลระยะไกล โดยนำเอาเครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นมาประยุกต์ใช้ในการวัดค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโต เพื่อคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ พร้อมทั้งตรวจวัดการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน เพื่อนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน และสร้างเป็นสมการพยากรณ์อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน ซึ่งการสรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะผลการศึกษา มีดังต่อไปนี้

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งจุดมุ่งหมายไว้ดังนี้

- เพื่อศึกษาอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน
- เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน
- เพื่อประเมินอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากดัชนีพืชพรรณ

สมมติฐานของการศึกษา

อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับค่าดัชนีพืชพรรณ

วิธีดำเนินการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี มาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร, ข้อมูลเชิงตัวเลขในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ภาพข้อมูลดาวเทียมจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), ข้อมูลการใช้ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน, ข้อมูลเอกสารทางวิชาการและข้อมูลจากภาคสนาม

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผล, เครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวช่วงคลื่นของวัตถุ, เครื่องระบุตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS), กล้องถ่ายภาพดิจิทัล, เครื่องพิมพ์, โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียม, โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและโปรแกรมงานด้านเอกสาร

การเก็บรวบรวมข้อมูล ได้จากฐานข้อมูลจากหน่วยงานราชการที่ได้มีการรวบรวมไว้แล้ว ข้อมูลจากการวิเคราะห์ในห้วงปฏิบัติการ และข้อมูลจากการออกภาคสนาม

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล ได้กำหนดจุดสำรวจในพื้นที่ศึกษาจำนวน 6 แห่ง และทำการตรวจวัดปริมาณการสะท้อนพลังงานของข้าวในนาชลประทาน เพื่อนำไปคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ (IPVI NDVI RVI และ SAVI) รวมทั้งตรวจวัดการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน เพื่อวิเคราะห์อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานต่อวันและปริมาณการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนสะสมจากนาข้าวชลประทานตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของข้าว ตั้งแต่ช่วงต้นกล้า ช่วงแตกกอ ช่วงแตกกอเต็มที่ ช่วงออกรวง จนถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยว จากนั้นทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณแต่ละประเภทกับอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานและปริมาณการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนสะสม เพื่อหาสมการประมาณการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน รวมไปถึงการวิเคราะห์ ค่าความคลาดเคลื่อนของสมการ

สรุปผลการศึกษา

ผลของการศึกษาสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน
- ความสัมพันธ์ของอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนและดัชนีพืชพรรณ
- การประเมินอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากดัชนีพืชพรรณ

อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน

จากการตรวจวัดและเก็บข้อมูลอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทน (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน) ดังแสดงในตาราง พบว่า อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 แห่ง มีค่าใกล้เคียงกัน โดยในพื้นที่ศึกษาที่ 1- 6 มีอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเฉลี่ยตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโต เรียงลำดับดังนี้คือ 41.13, 43.34, 42.75, 41.23, 41.79 และ 42.98 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน และอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเฉลี่ยของพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 แห่งเท่ากับ 42.20 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน มีค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.89 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.94

ส่วนอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทน (มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน) จากนาข้าวชลประทานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ดังแสดงในตาราง พบว่า อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงต้นกล้าจนถึงช่วงออกรวง และหลังจากนั้นอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนค่อยๆ ลดลงไปถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยว โดยในช่วงต้นกล้ามียอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเท่ากับ 25.01 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน และมีอัตราเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอเป็น 30.96 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน ในช่วงแตกกอเต็มที่ อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนยังคงเพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 50.87 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน และมีอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงออกรวง มีค่าเท่ากับ

68.47 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน หลังจากนั้นอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนลดลงไปจนถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยวโดยมีค่าเท่ากับ 35.71 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน

นอกจากนั้นปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัด ในช่วงต้นกล้านั้นมีปริมาณเท่ากับ 25.01 มิลลิกรัม/ตารางเมตร และเมื่อสิ้นสุดช่วงแตกกอ ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดมีปริมาณรวม 55.97 มิลลิกรัม/ตารางเมตร ต่อมาเมื่อสิ้นสุดช่วงแตกกอเต็มที่ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 106.83 มิลลิกรัม/ตารางเมตร และเมื่อสิ้นสุดช่วงออกรวง ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 175.31 มิลลิกรัม/ตารางเมตร จนท้ายที่สุดเมื่อสิ้นสุดช่วงก่อนเก็บเกี่ยว ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 211.02 มิลลิกรัม/ตารางเมตร

ความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน

ในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณนั้น ได้จากการตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในช่วงการเพาะปลูกข้าวนาชลประทาน โดยใช้เครื่องวัดการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวช่วงคลื่นของวัตถุ (Spectrometer) ที่ตรวจวัดปริมาณการสะท้อนพลังงานช่วงคลื่นแสงสีแดง และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ โดยในการศึกษาครั้งนี้คลื่นแสงสีแดงมีความยาวช่วงคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 0.63-0.68 ไมโครเมตร และคลื่นอินฟราเรดใกล้มีความยาวช่วงคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 0.75-0.90 ไมโครเมตร โดยแบ่งช่วงการเจริญเติบโตของข้าวนาปรัง ซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 120 วัน ออกเป็น 5 ช่วงของการเพาะปลูกข้าว โดยจะทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลในวันที่ 7, 25, 50, 90 และ 110 วัน หลังจากเริ่มปลูกข้าว (Day After Planting : DAP) คือ

- ช่วงต้นกล้า (Seedling or transplanting stage) : วันหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7
- ช่วงแตกกอ (Tillering stage) : วันหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25
- ช่วงแตกกอเต็มที่ (Maximum tillering stage) : วันหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50
- ช่วงออกรวง (Flowering stage) : วันหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90
- ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือช่วงเมล็ดสุกแก่ (Maturity or ripening stage) : วันหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110

และผลจากการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยในช่วงการเพาะปลูกข้าวนาชลประทาน โดยใช้เครื่องวัดการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวช่วงของวัตถุนั้น แสดงให้ทราบว่าค่าเฉลี่ยของค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวโดยรวมแล้วมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงความยาวช่วงคลื่น 0.40 – 0.65 ไมโครเมตร และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงความยาวช่วงคลื่น 0.68 – 0.75 ไมโครเมตร จากนั้นก็กลับมาเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงความยาวช่วงคลื่น 0.85 – 1.05 ไมโครเมตร

ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ ปริมาณของค่าการสะท้อนพลังงานแต่ละความยาวช่วงคลื่นของนาข้าวชลประทาน ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของต้นข้าว ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้น จะตกอยู่ในช่วงปริมาณของค่าการสะท้อนพลังงานที่ตรวจวัดช่วงคลื่นแสงสีแดงมีความยาวช่วงคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 0.63-0.68 ไมโครเมตร และปริมาณการสะท้อนพลังงานช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ที่มีความยาวช่วงคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 0.75-0.95 ไมโครเมตร ซึ่งผลการตรวจวัดและการวิเคราะห์ปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานทั้งสองช่วงคลื่นนั้น พบว่า

ค่าปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในช่วงคลื่นแสงสีแดงนั้น ช่วงการเพาะปลูกเป็นต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ย 10.78 เปอร์เซนต์ ในช่วงแตกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 14.19 เปอร์เซนต์ ในช่วงแตกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยลดลงเป็น 8.92 เปอร์เซนต์ ในช่วงออกรวงหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยลดลงเป็น 5.67 เปอร์เซนต์ และในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยเพิ่มเป็น 55.66 เปอร์เซนต์

ส่วนค่าปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้พบว่า ในช่วงต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ย 16.88 เปอร์เซนต์ ในช่วงแตกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 31.63 เปอร์เซนต์ ในช่วงแตกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยเพิ่มสูงเป็น 49.67 เปอร์เซนต์ ในช่วงออกรวงหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยเพิ่มสูงเป็น 54.95 เปอร์เซนต์ และในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 มีปริมาณค่าการสะท้อนพลังงานเฉลี่ยเพิ่มสูงสุดเป็น 55.66 เปอร์เซนต์

ซึ่งจากค่าปริมาณการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดงและคลื่นอินฟราเรดใกล้ในช่วงของการเพาะปลูกนาข้าวชลประทานนั้น นำมาใช้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ 4 ประเภทคือ

1. ดัชนีพืชพรรณ IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index)

$$IPVI = \frac{NIR}{NIR + RED} \text{ หรือ } \frac{NDVI + 1}{2}$$

2. ดัชนีพืชพรรณ NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

3. ดัชนีพืชพรรณ RVI (Ratio Vegetation Index)

$$RVI = \frac{NIR}{Red}$$

4. ดัชนีพืชพรรณ SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)

$$SAVI = \frac{1.5 \times (NIR - Red)}{NIR + Red + 0.5}$$

เมื่อ Red = ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.63-0.68 ไมโครเมตร

NIR = ค่าการสะท้อนพลังงานความยาวช่วงคลื่น 0.75-0.95 ไมโครเมตร

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของนาข้าวชลประทาน ได้ผลคือ การวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ย พบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยในช่วงต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 เท่ากับ 0.61 จากนั้นค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 เท่ากับ 0.69 และเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 เท่ากับ 0.85 จนกระทั่งเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงออกรวงหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 เท่ากับ 0.91 จากนั้นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 0.88

ส่วนการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI เฉลี่ยพบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยในช่วงต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 เท่ากับ 0.22 จากนั้นค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI เฉลี่ยเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 เท่ากับ 0.38 และเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 เท่ากับ 0.70 จนกระทั่งเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงออกรวงหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 เท่ากับ 0.81 จากนั้นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI เฉลี่ยลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 0.77

นอกจากนี้การวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI เฉลี่ยพบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI เฉลี่ยในช่วงต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 เท่ากับ 1.57 จากนั้นค่าดัชนีพืชพรรณ RVI เฉลี่ยเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 เท่ากับ 2.23 และเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 เท่ากับ 5.73 จนกระทั่งเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงออกรวงหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 เท่ากับ 9.92 จากนั้นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI เฉลี่ยลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 7.71

และการวิเคราะห์ค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI เฉลี่ยพบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI เฉลี่ยในช่วงต้นกล้าหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 7 เท่ากับ 0.33 จากนั้นค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI เฉลี่ยเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 25 เท่ากับ 0.56 และเพิ่มขึ้นในช่วงแตกกอเต็มที่หรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 50 เท่ากับ 1.03 จนกระทั่งเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงออกรวงหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 90 เท่ากับ 1.21 จากนั้นในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวหรือหลังจากเริ่มเพาะปลูกวันที่ 110 ค่าดัชนีพืชพรรณ SAVI เฉลี่ยลดลงเล็กน้อยอยู่ที่ 1.15

ในส่วนของการศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ IPVI NDVI RVI และ SAVI กับอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานนั้น สรุปได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ IPVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวมีค่าสูงที่สุดในช่วงออกรวง รองลงมาคือ ช่วงต้นกล้า, ช่วงแตกกอเต็มที่, ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว และช่วงแตกกอ ตามลำดับ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ NDVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าว

ชลประทานนั้นมีค่าสูงที่สุดในช่วงออกรวง รองลงมาคือ ช่วงต้นกล้า, ช่วงแตกกอเต็มที่, ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวและช่วงแตกกอ ตามลำดับ

นอกจากนั้นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ RVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานมีค่าสูงที่สุดในช่วงออกรวง รองลงมาคือ ช่วงต้นกล้า, ช่วงแตกกอเต็มที่, ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว และช่วงแตกกอ ตามลำดับและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ SAVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานมีค่าสูงที่สุดในช่วงออกรวง รองลงมาคือช่วงต้นกล้า, ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว, ช่วงแตกกอเต็มที่, และช่วงแตกกอ ตามลำดับ

และเมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ IPVI NDVI RVI และ SAVI กับอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน โดยพิจารณาช่วงการเจริญเติบโตของข้าว นั้น ค่าดัชนีพืชพรรณ IPVI และ NDVI ในช่วงออกรวง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดเท่ากับ 0.750 แต่ถ้าพิจารณาโดยรวมของการเจริญเติบโตของข้าวตั้งแต่เริ่มปลูกเป็นต้นกล้าจนถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยวแล้วนั้น ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด เท่ากับ 0.638

การประเมินอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากดัชนีพืชพรรณ

ในการประเมินอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากดัชนีพืชพรรณนั้น ใช้สมการประมาณอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากดัชนีพืชพรรณ RVI เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ RVI และอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนสูงที่สุด คือ 0.638 โดยสมการที่ได้คือ $y = 0.0534x^2 + 3.1837x + 22.753$ ($R^2 = 0.638$)

เมื่อ y = อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทาน

(มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน)

x = ค่าดัชนีพืชพรรณ RVI

และเมื่อทดสอบความคลาดเคลื่อนของสมการพยากรณ์อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานดังกล่าว พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตพบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 16.82 หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า สมการมีความถูกต้องถึงร้อยละ 83.18 ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนสะสมมีค่าเท่ากับร้อยละ 5.82 หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า สมการมีความถูกต้องถึงร้อยละ 94.18

อภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลตามประเด็นต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

การศึกษาอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน

จากการตรวจวัดและวิเคราะห์อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเฉลี่ยจากนาข้าวชลประทานในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 แห่ง มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเฉลี่ยตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโต เท่ากับ 42.20 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน ซึ่งอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงต้นกล้าจนถึงช่วงออกรวง โดยตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงระยะแตกกอของข้าว ต้นข้าวยังเล็กมีช่องว่างในรากและลำต้นน้อย (Aerenchyma) ก๊าซมีเทนจะเคลื่อนที่สู่อากาศโดยการเกิดฟองอากาศ (Ebullition) ซึ่งในนาข้าวชลประทานการปลดปล่อยก๊าซมีเทนโดยการเกิดฟองอากาศทั้งหมดถูกดักจับ คิดเป็นร้อยละ 10-15 ของปริมาณการปลดปล่อยก๊าซทั้งหมด (นิวัติ และคณะ, 2542) โดยเฉพาะในระยะข้าวเจริญเติบโตแตกกอเต็มที่จนถึงระยะข้าวออกรวง อัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงออกรวง มีค่าเท่ากับ 68.47 มิลลิกรัม/ตารางเมตร/วัน ซึ่งไซเลอร์และคณะกล่าวว่า ก๊าซมีเทนที่เคลื่อนผ่านช่องอากาศในต้นข้าว อาจมีปริมาณมากถึงร้อยละ 90 ของปริมาณที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศ (Seiler et al., 1984) นอกจากนั้นเบคเก็ตและคณะกล่าวว่า การเคลื่อนที่ของก๊าซทางนี้เกิดขึ้นเป็นปริมาณสูงที่สุด การเคลื่อนย้ายก๊าซมีเทนผ่านช่องอากาศในต้นข้าวนี้เกิดขึ้นโดยขบวนการแพร่กระจาย (Molecular diffusion) หรือขบวนการพา (Convection) โดยเคลื่อนไปกับไอน้ำ (Beckett et al., 1988) และหลังจากนั้นอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนค่อย ๆ ลดลงไปจนถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยว

ลักษณะการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวชลประทานจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเจริญเติบโต ในระยะแตกกอจะเริ่มมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในอัตราที่ต่ำมาก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะการเจริญเติบโตจนถึงอัตราการสูงสุดในระยะออกรวง หรือระยะที่น้ำในนาเริ่มแห้ง หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้วดินนาจะแห้ง พบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเพียงเล็กน้อย (นิวัติ และคณะ, 2542) ผลการศึกษาจากการทดลองต่างๆ ยืนยันตรงกันว่ารูปแบบการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเช่นนี้เป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพของข้าว (Biomass) ตามระยะเวลา โดยชี้ให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างการสะสมน้ำหนักรากและอัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (Buendia et al., 1998; Neue and Sass, 1993; Wassmann et al. 2000; Corton et al., 2000) การเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพหรือน้ำหนักราก ย่อมหมายถึงปริมาณและขนาดของราก ลำต้นและใบของข้าวเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่ข้าวเจริญเติบโต รากและใบที่แก่จะหลุดจากดินลงดินมีมากขึ้นด้วย อันนี้ปฏิกิริยารากข้าวจะมีการปล่อยสารต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลและกรดอะมิโนออกสู่ดิน (Rhizosphere) ซึ่งทั้งหมดจะกลายเป็นแหล่งอินทรีย์วัตถุทำให้เกิดก๊าซมีเทนมากในระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโต นอกจากนั้นเมื่อข้าวโตขึ้นมากย่อมมีจำนวนรากมากขึ้น จึงทำให้เพิ่มพื้นที่ช่องอากาศในต้นข้าว ทำให้มีการเคลื่อนที่ของก๊าซมีเทนจากดินสู่บรรยากาศได้เร็วขึ้นด้วย (นิวัติ และคณะ, 2542)

การศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน

ในการศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ IPVI NDVI RVI และ SAVI กับอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานนั้น สรุปได้ว่ามีความสัมพันธ์สูงสุดในช่วงออกรวง เป็นผลจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ประเภทกับและอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทานมีค่าสูงที่สุด

จากการที่ค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ประเภทมีค่าสูงที่สุด เนื่องมาจากในช่วงออกรวงเป็นช่วงที่ต้นข้าวอยู่ในระยะโตเต็มที่ อยู่ในภาวะที่เจริญพันธุ์ เป็นระยะที่เริ่มจากการสร้างช่อดอกและช่อดอกจะมีการพัฒนาตัวเองโดยเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ มีการสร้างใบและต้นเพิ่มมากขึ้น จนเริ่มเข้าสู่ระยะตั้งท้อง ซึ่งโครงสร้างของต้นข้าวจะมีกาบใบธงที่อ้วนและพองขึ้น ดอกข้าวจะเริ่มบานและจะผสมเกสรและจะเกิดการปฏิสนธิในรังไข่ในที่สุด เกิดเป็นช่อรวงขึ้น(ประพาส วีระแพทย์.2531:80;ชาญมงคล. 2536:28;ประภา กาหยี.2542:18-19;บุญหงษ์ จงจิต.2547:73) จึงทำให้พื้นที่นาข้าวปกคลุมไปด้วยต้นข้าวและรวงข้าวที่มีปริมาณอยู่หนาแน่นมาก ส่งผลให้ค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ประเภทที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงที่สุด และในช่วงเวลาเดียวกันอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนก็มีมากที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของข้าวที่มีค่าสูงที่สุดในช่วงออกรวงเช่นกัน

นอกจากนั้นความสอดคล้องของค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ประเภทมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงต้นกล้า จนไปสูงที่สุดในช่วงออกรวง จากนั้นจนไปถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยวค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ประเภทมีค่าลดลง ซึ่งก็เช่นเดียวกันกับอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงต้นกล้า จนไปสูงที่สุดในช่วงออกรวง จากนั้นจนไปถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยวอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนมีค่าลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกับค่าดัชนีพืชพรรณ

การประเมินอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากดัชนีพืชพรรณ

การนำดัชนีพืชพรรณมาประยุกต์ใช้ในการประเมินอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานนั้น เมื่อเปรียบเทียบดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ประเภท พบว่าดัชนีพืชพรรณ RVI เป็นดัชนีพืชที่สามารถนำมาประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานได้ดีที่สุด เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.638 ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของสมการที่เกิดขึ้นเท่ากับร้อยละ 16.82 หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ในการพยากรณ์สมการมีความถูกต้องถึงร้อยละ 83.18 ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนสะสมมีค่าเท่ากับร้อยละ 5.82 หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า สมการมีความถูกต้องถึงร้อยละ 94.18 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนสะสมของนาข้าวชลประทานจากการตรวจวัดหรือค่าประมาณการแพร่กระจายรวมตลอดฤดูกาลเพาะปลูกของข้าวนาชลประทาน มีค่าเท่ากับ 211.02 มิลลิกรัม/ตาราง

เมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับปริมาณการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานจากการประมาณโดยสมการ จึงสามารถนำสมการประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานจากค่าดัชนีพืชพรรณ RVI คือ $y = 0.0534x^2 + 3.1837x + 22.753$ ไปใช้พยากรณ์หรือประเมินการแพร่กระจายก๊าซมีเทนของนาข้าวชลประทานได้เหมาะสมที่สุด

ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

ในการศึกษาวิจัยสืบเนื่องต่อไปมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาให้กว้างขวางและละเอียดมากยิ่งขึ้น โดยมีประเด็นข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

- การกำหนดจำนวนและตำแหน่งของจุดสำรวจในพื้นที่ศึกษาควรมีจำนวนที่มากและให้กระจายทั่วพื้นที่ เพื่อให้สมการพยากรณ์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
- ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบกับพื้นที่ปลูกข้าวนาชลประทาน ในพื้นที่อื่นๆ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการและสมการประมาณค่าอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวชลประทาน
- ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบกับพื้นที่ปลูกข้าวนาปี เพื่อที่จะสามารถปรับปรุงสมการประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวให้ใช้ได้กับนาข้าวทั้ง 2 ประเภท
- ควรนำดัชนีพืชพรรณอื่นๆ มาใช้เปรียบเทียบในการสร้างสมการประมาณอัตราการแพร่กระจายก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่ดีที่สุด

บรรณานุกรม

- กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2530. แผนการใช้ที่ดินจังหวัดสุพรรณบุรี. กรุงเทพมหานคร : กรมพัฒนาที่ดิน.
- จริยา บุญญวัฒน์, ฌัญญา ตัลยารักษ์, แก้วตา เข้มเจริญและ เชง ชิง ลี. การบูรณาการข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภูมิอากาศ และการจัดการด้านการเกษตรกรรมเพื่อพยากรณ์การปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก. กรุงเทพฯ: ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นัฐปัทม์ จิตพิทักษ์. 2542. มาตรการป้องกันเพื่อลดก๊าซเรือนกระจก. ในวารสารสิ่งแวดล้อม ปีที่ 2 ฉบับที่ 11 เดือนตุลาคม - ธันวาคม 2542.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2549. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกและผลกระทบที่เกิดขึ้นในประเทศไทย. ในวารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ ปีที่ 21 ฉบับที่ 3 สมาคมอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งประเทศไทย.
- นิวัติ เจริญศิลป์, ชัชฌา บุตาบุญ, พิสิฐ พรหมนารถ, ลัดดาวัลย์ กรรณนุช และประโยชน์ เจริญธรรม. 2542. โครงการวิจัยการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ในเอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ ข้าวและธัญพืชเมือง ประจำปี 2542, 3-5 มีนาคม 2542 ณ. โรงแรมคุ้มสุพรรณ จ. สุพรรณบุรี. หน้า 80-111.
- บุญหงษ์ จงคิด. 2547. ข้าวและเทคโนโลยีการผลิต. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ปองทิพย์ ภูเจริญ. 2549. สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไปแล้ว เราควรทำอย่างไร. ใน วารสารธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย, ฉบับที่ 3 เม.ย. – มิ.ย. 2549. สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.
- ประภา กาหีย. 2542. ข้าว. โครงการตำราวิชาการราชภัฏเฉลิมพระเกียรติเนื่องในโอกาสพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงเจริญพระชนมพรรษา 6 รอบ. ภูเก็ต : โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏภูเก็ต.
- ประพาส วีระแพทย์. 2531. ความรู้เรื่องข้าว. กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช.
- ปิติชัย พงษ์วานิชอนันต์. 2543. สุพรรณบุรี. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : เอสพีเอฟ พรินติ้ง กรุ๊ป.
- ปัทมา ดำรงผล. 2549. ความหลากหลายทางชีวภาพและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. ใน วารสารธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย, ฉบับที่ 4 ก.ค. – ก.ย. 2549. สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม.
- ชาญ มงคล. 2536. ข้าว. กรุงเทพมหานคร : ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศกรรมการฝึกหัดครู.
- วิไล เตียวยืนยง. 2537. ศึกษาเรื่อง การแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาข้าวพื้นที่ลุ่มและนาข้าวฟางลอยในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537. 241 หน้า.

- วิษณุ ดำรงสัจจิ.2544. การประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกลเพื่อประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพของป่าที่อยู่เหนือพื้นดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย. ปรินญา นิพนธ์ วท.ม. (วนศาสตร์). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (ถ่ายเอกสาร)
- ศิริชัย อารยะรังสฤษฎ์,วันเพ็ญ ทองจุฑาและประเจียด บัวศรี. 2537. แผนการใช้ที่ดินเพื่อรองรับภัยแล้งในพื้นที่ชลประทาน จังหวัดสุพรรณบุรี. กรุงเทพมหานคร : กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
- เสวตฉัตร ศรีสุรัตน์.2542.ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect).ใน วารสารคณะสังคมศาสตร์ ฉบับพิเศษ วันที่ 24 พฤศจิกายน 2542.มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมุทร ศิริบุรี.2520.การวิจัยภูมิศาสตร์เชิงวิทยาศาสตร์.กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.2540.คำบรรยายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล. กรุงเทพฯ-มหานคร : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.2546.สถิติการปลูกพืชที่สำคัญของจังหวัดสุพรรณบุรี.(ออนไลน์).จาก http://www.oae.go.th/zone/zone7/sta_supan.htm.
- สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.2544.ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. เอกสารเผยแพร่ กองสิ่งแวดล้อมต่างประเทศ สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 52 หน้า.
- อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อและคณะ.2543.การประมาณค่าการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากนาที่ลุ่มในประเทศไทย กรณีศึกษาจังหวัดอยุธยา โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.
- อภิชาติ พงษ์ศรีหุลชัยและคณะ.2539.การติดตามการเพาะปลูกข้าว โดยใช้ข้อมูลจากระบบรับสัญญาณภาพ SAR จากดาวเทียม ERS-1 ในจังหวัดกาญจนบุรี.
- Asian Institute of Technology.,2003. Remote Sensing Laboratory: Laboratory Exercise 1 spectral reflectance of Object. Pathumthani : Asian Institute of Technology.
- Armstrong, W. 1979. Aeration in Higher Plants. Adv. Bot. Res. 7: 697-708
- Augenbraun, H., Elaine Matthews and David Sarma, 1999. The Greenhouse Effect, Greenhouse Gases, and Global Warming. From <http://icp.giss.nasa.gov/research/methane/greenhouse.html> (online).
- Barrett, E.C. and L.F. Curtis, 1992. Introduction to Environmental Remote Sensing. 3 rd ed. London : Chapman & Hall.
- Beckett, P.M.W., S.H. Armstrong, F.W. Justin and J. Armstrong. 1988. On the relative importance of convective and diffusive gas flow in plant aeration. New Phytol. 110:463-468.

- Boken V.K.; Shaykewich C.F.2002. Improving an Operational Wheat Yield Model using Phenological Phase-based Normalized Difference Vegetation Index..In International Journal of Remote Sensing, Volume 23,Number 20,20 October 2002,pp. 4155-4168.
- Bouwman, A.F. 1991. Agronomic Aspects of Wetland Rice Cultivation and Associated Methane Emissions. *Biochemistry* 15: 65-88.
- Bowman,John.1990. The Greenhouse Effect. In Land Use Policy. April 1990.Butterworth & Co (Publishers) Ltd.
- Buendia, L.V., H.U. Neue, R. Wassmann, R.S. Lantin, A.M. Javellana, J. Arah, Z. Wang, L. Wanfang, A.K. Makarim, T.M.Corton and N. Chareonsilp. 1998. An Efficient Sampling Strategy for Estimating Methane Emission from Rice Field. *Chemosphere*. 36(2): 395-407.
- Campbell,J.B.2002. Introduction to Remote Sensing. 3rd ed.New York : Gulford Press.
- Chareonsilp, N., C. Buddhaboon, P. Promnart, L. Kunnoot and P. Charoendham. 1998b. An Interregional Research Program on Methane Emission from Rice Fields (GLO/91/G31). Terminal Report (for 1993-1998) of Prachinburi Rice Research Center, submitted to IRRI-UNDP, December 1998. 36 p.
- Chareonsilp, N., C. Buddhaboon, P. Promnart, R. Wassmann and R.S. Lantin. 2000. Methane Emission from Deepwater Rice Fields in Thailand. In *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 58: 121-130.
- Chen,Z.,Elvidge C.D. and Groeneveld D.P.1998. Vegetation change detection using high spectral resolution vegetation indices. Chapter 11 in: Lunetta, R.S., and C.D. Elvidge: Remote Sensing change Detection: Environmental Monitoring Methods and Applications. Ann Arbor Press, pp 183-193.
- Corton, T.M., J.B. Bajita, F.S. Grospe, R.R. Pamplona, Jr.C.A. Asis, R. Wassmann, R.S. Lantin and L.V. Buendia. 2000. Methane Emission from Irrigated and Intensively Managed Rice Fields in Central Luzon (Philippines). In *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 58: 37-53.
- Denier van der Gon, H.A.C. and H.U. Neue.1994. Impact of Gypsum Application on the Methane Emission from Wetland Rice Field. *Global Biogeochem Cycles* 8:127-134
- Dickinson, R. E. and Cicerone, R. J. 1986. Future Global Warming from Atmospheric Trace Gases. *Nature*, 319, No. 6049, 109-115.

- Francisco, Raquel V. 1997. Greenhouse Gas Sources and Sinks from Philippine Agriculture, Land Use and Forestry. in Proceeding of a Synthesis Workshop on Greenhouse Gas Emissions, Aerosols, Land Use and Cover Changes in Southeast Asia. Edited by Tolentino B. Moya. At National Central University, Chungli, China-Taipei. November 15-18, 1997.
- Gibson, Paul M. and Clare H. Power. 2000. Introductory Remote Sensing : Digital Image Processing and Applications. New York : Routledge.
- Heryanto, R. Bambang. 2001. Rice Crop Yield Estimation Using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques: A Case Study in Subang, West Java, Indonesia. Thesis No. SR-01-05. Asian Institute of Technology.
- Holzappel-Pschorn, A., Conrad, R. & Seiler, W. 1986. Effects of Vegetation on the Emission of Methane from Submerged Paddy Soil. *Plant and Soil* 92, 223–233 (1986).
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA)., 1992. Manual on Measurement of Methane and Nitrous Oxide Emissions from Agriculture. Austria: INIS clearing house. International Atomic Energy Agency.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1990. Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Systems. Proceedings of a Workshop on Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Systems Held in Washington D.C., December 12 - 14, 1989. Published as US/EPA Report 20P-2005, September, 1990 (2 volumes).
- _____. 1994. Radiative Forcing of Climate Change. The 1994 Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC, Summary for Policymakers. WMO/UNEP, Geneva. 28pp.
- _____. 1995. Climate Change 1994. Radiative Forcing of Climate Change. Working Group I. Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. UNEP.
- _____. 1996. *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Working Group II. Chapter 23. Cole, V. And many others. Agricultural Options for Mitigation of Greenhouse Gas Emissions (In Press).
- _____. 2001. Climate Change: A Scientific Basis, Intergovernmental Panel on Climate Change. (eds. Houghton, J. Tet al.), Cambridge University Press, UK.
- International Rice Research Institute (IRRI). 2000a. Rice Production, Methane Emissions, and Global Warming: Links and Effects. The Final Report of the Project "the

Interregional Research Program on Methane Emission from Rice Fields" Funded by UNDP/GEF/IRRI. 14 p.

- Jermasawatdipong, P., L. Kunnoot and N. Chareonsilp. 1999. A Survey of Literature on Methane Emission from Paddy Fields in Thailand. Report submitted to The Thailand Research Fund. Contract No. PDG3/1999. 55 p.
- Khalil, M.A.K., R.A. Rasmussen, Lixin Ren, Wang, M-X., Shearer, M.J., Dalluge, R.W. and Chang-Lin Duan. 2000. Methane Emissions from Rice Fields. In Second International Methane Mitigation Conference. Novosibirsk, Russia. June 18-23.
- Kimura, M., Y. Miura, A. Watanabe, J. Murase and S. Kuwatsuka. 1992. Methane Production and its Fate in Rice Paddies. Effects of Rice Straw Application and Percolation Rate on the Leaching into Subsoil of Methane and Other Soil Components. In Soil Science. Plant Nutr., 38:665-672.
- Knowles, R. 1993. Methane : Processes of Production and Consumption. In Agricultural Ecosystem. Effects on Trace Gases and Global Climate Change, American Society of Agronomy, Publication no. 55.
- Kramer, Herbert J. 1992. Earth Observation Remote Sensing : Survey of Missions and Sensors. Berlin : Springer-Verlag.
- Labus, M.P., G.A. Nielsen, R.L. Lawrence, R. Engel, and D.S. Long. 2002. Wheat Yield Estimates Using Multi-Temporal NDVI Satellite Imagery. In International Journal of Remote Sensing, Volume 23, Number 20, 20 October 2002, pp. 4169-4180.
- Le Mer, J. and Roger P. 2001. "Production, Oxidation, Emission and Consumption of Methane by Soils: A Review", Eur. J. Soil Biol. 37: 25-50.
- Lillesand, Thomas, M., Ralph, W. Kiefer and Jonathan W. Chipman. 2004. Remote Sensing and Image Interpretation. New York : John Wiley & Sons.
- Mather, Pual M. 1999. Computer Processing of Remotely-Sensed Image : An Introduction. 2nd ed. Chichester : John Wiley & Sons.
- Metternicht, G. 2003. Vegetation Indices Derived from High-resolution Airborne Videography for Precision Crop Management. In International Journal of Remote Sensing, Volume 24, Number 14, 2855-2877.
- Murase, M., M. Kimura and S. Kuwatsuka. 1993. Methane Production and Its Fate in Rice Paddies. III. Effects of Percolation on Methane Flux Distribution to the Atmosphere and the Subsoil. Soil Sci. Plant Nutr., 39:63-70.
- Neue, H.U. and R. Sass. 1993. Trace gas emissions from rice fields. IRRI-EPA Annual Meeting. In IRRI, Los Banos, Philippines. 1-3 September 1993

- Neue, H.U. and Sass, R.L.1994. Rice Cultivation and Trace Gas Exchange, In R. G. Prinn, ed. Global Atmospheric-Biospheric Chemistry, Plenum Press. New York.pp 119-147.
- Oppelt, N., and W. Mauser (2004), Hyperspectral Monitoring of Physiological Parameters of Wheat during a Vegetation Period using AVIS Data, International Journal Of Remote Sensing, 25, 145-159.
- Parry,Martin.1990. The Greenhouse Effect. In Land Use Policy. April 1990.Butterworth & Co (Publishers) Ltd.
- Quiamco, M.B.1996. A Study of Least-Cost of Greenhouse Gas Abatement Strategy for Asia (ALGAS). Hand out during 28 October – 2 November 1996. Measurement of Methane Emission from Rice Fields. Prachinburi Rice Research Center, Prachinburi, Thailand.
- Ray,Terrill W.1994.A FAQ on Vegetation in Remote Sensing. From : <http://www.itc.nl/~bakker/satfaq/rsvegfaq.txt> (online).
- Rennenburg, H., R. Wassmann, H. Papen and W. Seiler. 1995. Role of Methane and Nitrous Oxide in Climate Change.In Climate Change and Rice.S.Peng,K.T. Ingram,H.U.Neue,L.H. Ziska (eds.)Springer-Verlag Berlin,Germany.p 60-79.
- Sabins,Floyd F.1997. Remote Sensing, Principles and Interpretation.3rd ed. New York : W.H.Freeman.
- Sass, R.L., Fisher F.M. and Turner F.T.1990. Methane Production and Emission in Texas Rice Field. Global Biogeochem. Cycles 4: 47-68.
- Sass, R.L., Fisher F.M.,Turner F.T. and Jund M.F.1991. Methane Emission from Rice Fields as Influenced by Solar Radiation, Temperature, and Straw Incorporation. Global Biogeochem. Cycles 5: 335-350.
- Sass, R. L. and Fisher F.M.1994. CH₄ Emission from Paddy Fields in the United States Gulf Coast Area, pp. 65-77. In K. Minami,A. Mosier and R. L. Sass eds.CH₄ and N₂O Global Emissions and Controls from Rice Fields and Other Agricultural and Industrial Sources, National Institute of Agro-Environmental Sciences,Yokendo, Tokyo, Japan.
- Seiler, W., A. Holzapfel-Pschorn, R. Conrad and D. Scharffe. 1984. Emission of methane from rice paddies. J Atmos Chem 1: 241-268
- _____.1984. Contribution of Biological Processes to the Global Budget of Methane in the Atmosphere, p. 468-477. In: M.J. Klug & C.A. Reddy (Eds) Current perspectives in Microbial Ecology. American Society of Microbiology, Washington,D.C.
- Singh R.,Semwal D. P., Rai A., Chhikara R. S.2002.Small Area Estimation of Crop Yield

- using Remote Sensing Satellite Data. In *International Journal of Remote Sensing*, Volume 23, Number 1, 15 January 2002, pp. 49-56.
- Steven, M.D., Biscoe P.V. and Jaggard, K.W. 1983. Estimation of Sugar Beet Productivity from Reflection in the Red and Infrared Spectral Bands. *International Journal Remote Sensing* 4:325-334.
- Sukpinij, Jitimaporn. 1995. The Assessment of Atmospheric Methane Emission in Thailand. Thesis of Master Degree, Major Environmental Technology, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand.
- Thailand Environmental Institute (TEI). 1990. Executive Summary. In *Thailand's Country Study on Climate Change 1990*. Submitted to U.S. Country Studies Programme and Office of Environmental Policy and Planning. Bangkok: Thailand Environmental Institute.
- _____. 1997. Executive Summary. In *Thailand's National Greenhouse Gas Inventory, 1990*. Report submitted to Office of Environmental Policy and Planning.
- Wang, Z., Kludze, H. Crozier, C.R. and Jr.W.H. Patrick. 1995. Soil Characteristics affecting Methane Production and Emission in Flooded Rice, *Climate Change and Rice*, edited by S. Peng, K.T. Ingram, H.U. Neue and L.H. Ziska, IRRI, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, p 80-90.
- Wassmann, R., Neue, H.U., Lantin, R.S., Makarim, K., Chareonsilp, N., Buendia, L.V. and Rennenberg, H. 2000. Characterization of Methane Emission from Rice Fields in Asia. 2. Comparison among Field Sites in Five Countries. In *Nutrient Cycling in Agroecosystems 58: In Nutrient Cycling in Agroecosystems 58*: 121-130.
- Wilkie, D.S., and Finn, J.T. 1996. Remote sensing imagery for natural resources monitoring- A guide for first-time users: New York : Columbia University Press, 295 p.
- Yagi, Kazuyuki, 1996. Options for Mitigating Methane Emissions from Tropical Rice Fields. From <http://ss.jirrcas.affrc.go.jp/kanko/newsletter/nl1996/no9/nl3.htm> (online).
- Yagi, K., Chairaj, P., Tsuruta, H., Cholitkuul W. and Minami K. 1994. Methane Emission from Rice Paddy Fields in the Central Plain of Thailand. *Soil Sci. Plant Nutr.* 36: 599-610.
- Yang, Chwen-Ming and Muh-Rong Su. 1999. Modeling rice growth from characteristics of Reflectance spectra. In *Proceedings of the 20th Asian Conference on Remote Sensing*, 22-25 November, 1999, Hong Kong. p.735-740.
- Xiao, X., L. He, W. Salas, C. Li, B. Moore III, R. Zhao, S. Froking and S. Boles. 2002. Quantitative Relationships between Field-measured leaf Area Index and Vegetation Index Derived from Vegetation Images for Paddy Rice Field. In *International Journal Remote Sensing*, 2002, vol. 23, no. 18, 3595-3604.



การตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงานและการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน
ในแต่ละช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของข้าวนาชลประทาน

ต้นข้าวในแต่ละช่วงเวลาของการเจริญเติบโต



การตรวจวัดค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงเวลาของการเจริญเติบโต



เครื่องวัดค่าการสะท้อนพลังงาน

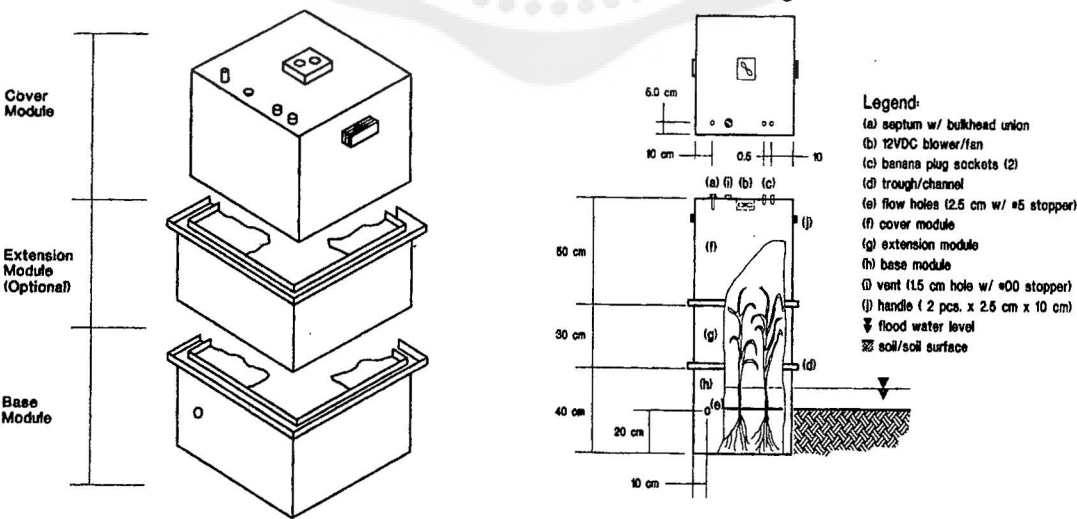


การวัดค่าการสะท้อนพลังงานจาก whiteboard

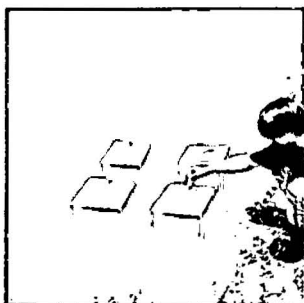


การวัดค่าการสะท้อนพลังงานจากต้นข้าว

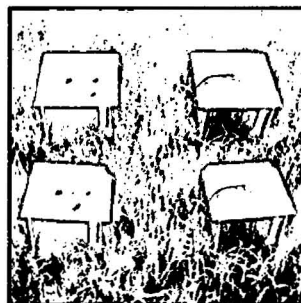
การตรวจวัดการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนในแต่ละช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของข้าว



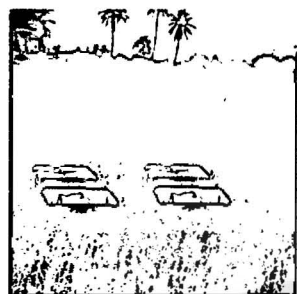
ตู้ตรวจวัดการแพร่กระจายของก๊าซมีเทน (closed chamber)



การตรวจวัดในช่วงต้นกล้า



การตรวจวัดในช่วงแตกกอ



การตรวจวัดในช่วงแตกกอเต็มที่



การตรวจวัดในช่วงออกรวง



การตรวจวัดในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว

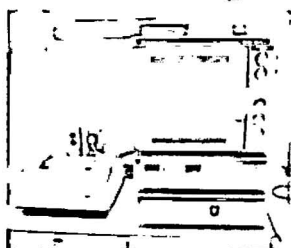


การเก็บก๊าซจากตู้ Chamber ด้วย syringe



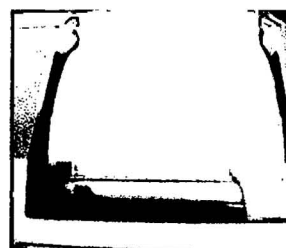
การบรรจุก๊าซสู่ขวดสุญญากาศ

การวิเคราะห์ก๊าซมีเทนในห้องปฏิบัติการ



เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซมีเทน

(Gas chromatograph : Flame Ionization Detector)



ผลการวิเคราะห์ก๊าซมีเทน

ค่าการวิเคราะห์ก๊าซมีเทนของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงเวลาของการเจริญเติบโต



ตารางแสดงอัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนจากตู้วัดก๊าซในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าว
ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 แห่ง

ช่วงต้นกล้า		อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนในแต่ละพื้นที่ศึกษา (มก./ตร.ม./วัน)					
ตู้วัดก๊าซ Chamber		1	2	3	4	5	6
A		18.61	4.72	4.67	12.26	9.94	25.64
B		18.17	10.05	7.11	11.96	28.84	21.68
C		25.85	13.53	11.81	12.36	20.32	25.53
D		24.67	18.81	11.39	12.26	32.57	21.19
ค่าเฉลี่ย		21.82	11.77	8.74	12.21	22.91	23.51
ช่วงแตกกอ		อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนในแต่ละพื้นที่ศึกษา (มก./ตร.ม./วัน)					
ตู้วัดก๊าซ Chamber		1	2	3	4	5	6
A		30.48	24.33	14.15	17.18	31.31	27.21
B		25.86	16.60	10.80	14.43	36.87	35.11
C		28.07	28.86	22.69	17.74	17.00	27.06
D		34.02	12.19	15.95	17.28	30.90	25.62
ค่าเฉลี่ย		29.61	20.50	15.90	16.66	29.02	28.75
ช่วงแตกกอเต็มที่		อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนในแต่ละพื้นที่ศึกษา (มก./ตร.ม./วัน)					
ตู้วัดก๊าซ Chamber		1	2	3	4	5	6
A		52.36	47.61	38.15	30.49	50.97	56.42
B		46.36	50.27	38.12	31.21	47.16	48.03
C		52.79	49.77	54.58	43.72	36.85	48.97
D		47.92	55.86	42.99	35.58	32.27	46.08
ค่าเฉลี่ย		49.86	50.88	43.46	35.25	41.82	49.88
ช่วงออกรวง		อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนในแต่ละพื้นที่ศึกษา (มก./ตร.ม./วัน)					
ตู้วัดก๊าซ Chamber		1	2	3	4	5	6
A		73.31	68.73	65.86	42.19	69.11	68.39
B		76.87	88.41	62.43	45.51	59.05	64.29
C		70.23	73.65	57.76	57.59	63.64	66.95
D		66.52	71.91	60.70	55.93	70.26	90.25
ค่าเฉลี่ย		71.73	75.68	61.69	50.30	65.52	72.47
ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว		อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนในแต่ละพื้นที่ศึกษา (มก./ตร.ม./วัน)					
ตู้วัดก๊าซ Chamber		1	2	3	4	5	6
A		33.67	47.33	28.63	42.03	36.39	37.36
B		33.65	58.99	29.17	33.89	38.98	33.27
C		33.76	45.98	28.40	23.75	43.48	44.90
D		33.56	39.94	37.69	33.23	38.09	29.69
ค่าเฉลี่ย		33.66	48.06	30.97	33.23	39.23	36.31

ค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงเวลาของการเจริญเติบโต



ค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวนาชลประทานในแต่ละช่วงเวลาของการเจริญเติบโตแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในช่วงต้นกล้า (Seedling or Transplanting)

ความยาวช่วงคลื่น (นาโนเมตร)	ค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในแต่ละพื้นที่ศึกษา (เปอร์เซ็นต์)						ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	
0.40	2.34	4.90	5.01	4.27	4.57	4.57	4.28
0.43	2.95	5.13	5.25	4.37	5.01	5.01	4.62
0.45	3.80	5.01	5.01	4.57	6.76	5.13	5.05
0.48	4.47	5.62	5.37	4.47	7.24	6.03	5.53
0.50	5.25	7.08	6.76	4.68	7.59	5.89	6.21
0.53	9.12	6.92	7.08	4.37	8.13	6.92	7.09
0.55	10.47	7.24	7.08	6.76	10.00	7.59	8.19
0.58	10.23	7.41	7.76	8.13	10.72	8.91	8.86
0.60	9.55	7.32	7.08	9.33	8.51	7.08	8.15
0.63	9.12	8.91	8.91	9.03	9.77	9.02	9.13
0.65	9.32	8.03	10.13	10.47	10.59	10.55	9.85
0.68	11.55	13.80	13.13	14.79	14.53	12.38	13.36
0.70	14.68	14.79	15.14	15.85	16.11	15.35	15.32
0.75	16.24	16.60	16.35	18.38	17.59	16.97	17.02
0.85	15.58	15.38	16.78	18.60	18.32	16.84	16.92
0.95	15.54	15.85	17.60	16.80	18.85	15.65	16.72
1.05	13.24	15.14	14.79	14.88	16.62	13.82	14.75

ตาราง แสดงค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในช่วงแตกกอ (Tillering)

ความยาวช่วงคลื่น (นาโนเมตร)	ค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในแต่ละพื้นที่ศึกษา (เปอร์เซ็นต์)						ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	
0.40	3.09	8.32	1.70	3.02	2.95	2.95	3.67
0.43	4.37	9.77	2.29	2.95	3.55	3.98	4.48
0.45	5.25	9.55	2.69	3.09	3.09	3.80	4.58
0.48	7.41	11.48	4.47	3.80	3.39	5.01	5.93
0.50	8.32	10.23	3.55	4.17	3.98	5.01	5.88
0.53	10.96	12.88	6.61	6.31	7.08	8.13	8.66
0.55	16.60	15.14	8.51	2.51	8.51	8.51	9.96
0.58	14.79	14.13	5.25	2.40	7.08	8.71	8.73
0.60	13.18	14.45	7.94	6.17	7.08	7.94	9.46
0.63	12.59	14.48	10.98	10.89	10.61	11.76	11.88
0.65	14.13	14.45	15.50	16.61	16.31	14.32	15.22
0.68	15.80	15.49	14.47	15.13	16.61	15.32	15.47
0.70	26.30	19.95	14.45	16.92	22.13	22.14	20.31
0.75	34.67	30.90	33.88	32.88	31.31	25.70	31.56
0.85	34.12	30.20	33.11	31.88	32.02	28.18	31.59
0.95	34.12	28.18	33.88	33.44	32.65	28.18	31.74
1.05	33.10	28.18	33.02	30.89	32.67	35.48	32.22

ตารางแสดงค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในช่วงแตกกอเต็มที่ (Maximum Tillering)

ค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในแต่ละพื้นที่ศึกษา (เปอร์เซ็นต์)							
ความยาวช่วงคลื่น (นาโนเมตร)	1	2	3	4	5	6	ค่าเฉลี่ย
0.40	2.34	0.83	2.40	2.00	3.31	1.41	2.34
0.43	2.95	1.12	2.95	2.51	3.31	1.70	2.95
0.45	3.80	1.10	4.27	3.16	3.98	1.74	3.80
0.48	4.47	1.35	5.25	3.24	4.57	2.00	4.47
0.50	5.25	1.66	4.17	4.68	4.27	3.09	5.25
0.53	9.12	4.37	8.13	6.76	8.32	6.31	9.12
0.55	11.75	5.89	9.55	9.12	19.05	9.33	11.75
0.58	10.23	4.37	9.33	6.76	8.32	6.31	10.23
0.60	9.55	3.55	7.59	5.75	10.47	5.37	9.55
0.63	9.12	5.51	6.17	4.57	8.92	7.63	9.12
0.65	8.32	6.95	7.24	7.03	13.80	10.31	8.32
0.68	9.55	8.37	9.07	9.62	15.47	12.90	9.55
0.70	20.89	12.30	15.14	18.18	23.44	14.13	20.89
0.75	48.98	48.98	36.31	33.88	26.30	56.23	48.98
0.85	54.95	58.88	40.74	38.90	64.57	61.66	54.95
0.95	56.23	53.70	47.15	37.54	65.86	63.10	56.23
1.05	58.88	63.10	50.74	50.12	48.18	64.57	58.88

ตารางแสดงค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในช่วงออกรวง (Flowering)

ความยาวช่วงคลื่น (นาโนเมตร)	ค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในแต่ละพื้นที่ศึกษา (เปอร์เซ็นต์)						ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	
0.40	2.00	1.38	1.00	1.55	3.02	1.86	1.80
0.43	2.51	1.70	1.29	1.91	2.88	2.19	2.08
0.45	2.69	6.31	1.41	2.40	3.55	3.39	3.29
0.48	3.24	2.09	2.51	2.63	3.98	4.47	3.15
0.50	3.39	2.82	2.75	3.02	4.90	4.68	3.59
0.53	7.59	6.03	7.41	5.75	9.33	9.55	7.61
0.55	8.51	7.76	10.23	7.76	11.48	12.02	9.63
0.58	7.08	6.46	7.59	6.46	8.13	10.00	7.62
0.60	6.31	5.62	5.25	5.37	6.76	8.71	6.34
0.63	5.37	4.07	5.13	4.37	4.90	7.59	5.24
0.65	5.37	4.17	4.68	4.57	5.89	7.59	5.38
0.68	5.89	5.01	6.31	5.62	6.61	8.91	6.39
0.70	8.91	13.18	22.91	15.85	14.45	17.38	15.45
0.75	32.36	43.65	56.66	49.67	57.54	44.13	47.34
0.85	45.48	50.12	67.61	51.29	54.95	70.86	56.72
0.95	52.48	51.98	67.61	56.23	67.61	68.79	60.78
1.05	57.54	53.70	70.79	58.88	63.10	67.61	61.94

ตารางแสดงค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในช่วงก่อนเก็บเกี่ยว (Maturity or Ripening)

ความยาวช่วงคลื่น (นาโนเมตร)	ค่าการสะท้อนพลังงานของข้าวในแต่ละพื้นที่ศึกษา (เปอร์เซ็นต์)						ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	
0.40	4.57	1.26	6.46	1.62	1.82	2.04	2.96
0.43	5.01	1.58	2.63	1.66	2.34	2.82	2.67
0.45	5.13	2.00	3.55	2.34	3.24	3.55	3.30
0.48	6.03	2.63	3.89	2.63	2.63	3.98	3.63
0.50	5.89	3.55	5.13	3.09	4.17	4.79	4.44
0.53	6.92	6.46	8.13	6.61	9.33	8.32	7.63
0.55	7.59	9.77	9.55	12.88	10.23	10.96	10.16
0.58	8.91	8.91	8.13	9.77	12.59	19.13	11.24
0.60	7.08	7.41	7.59	7.94	6.76	7.76	7.42
0.63	7.59	6.50	6.50	7.41	7.94	4.90	6.81
0.65	7.94	5.50	6.37	6.76	7.59	6.76	6.82
0.68	9.88	7.41	6.46	8.32	8.71	8.32	8.18
0.70	20.02	16.60	15.85	19.95	20.42	18.62	18.58
0.75	42.66	46.77	46.77	57.61	54.57	45.71	49.01
0.85	63.10	60.26	52.48	59.18	58.02	50.26	57.22
0.95	67.62	56.23	56.77	60.79	64.13	58.88	60.74
1.05	61.66	60.26	52.48	64.13	70.79	54.95	60.71

การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์



การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (Mean Absolute Percent Error : MAPE)

ในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ มีสูตรดังนี้

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left[\frac{A_t - F_t}{A_t} \right]$$

เมื่อ $MAPE$ = ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (เปอร์เซ็นต์)

A_t = ค่าจากการตรวจวัดจริง

F_t = ค่าจากการพยากรณ์

n = จำนวนของค่าการพยากรณ์

โดยที่ค่า MAPE น้อยกว่าหรือเท่ากับ 25% ถือว่ายอมรับได้

ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนในแต่ละ
ช่วงการเจริญเติบโต

ช่วงการเจริญเติบโต	ค่าจากการตรวจวัด	ค่าพยากรณ์	ความคลาดเคลื่อน	ความคลาดเคลื่อน ยกกำลังสอง	ค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน	ค่าสัมบูรณ์ของ % ความคลาดเคลื่อน
ต้นกล้า	25.01	27.87	-2.86	8.1796	2.86	11.44
แตกกอ	30.96	30.12	0.84	0.7056	0.84	2.71
แตกกอเต็มที่	50.87	42.82	8.05	64.8025	8.05	15.82
ออกรวง	68.47	59.73	8.74	76.3876	8.74	12.76
ก่อนเก็บเกี่ยว	35.71	50.48	-14.77	218.1529	14.77	41.36
		รวม	0	368	35.26	84.10
					ค่า MAPE	16.82
					ความถูกต้อง	83.18

ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์อัตราการแพร่กระจายของก๊าซมีเทนสะสม

ช่วงการ เจริญเติบโต	ค่าจาก การ ตรวจวัด	ค่า พยากรณ์	ความคลาด เคลื่อน	ความคลาดเคลื่อน ยกกำลังสอง	ค่าสัมบูรณ์ของความ คลาดเคลื่อน	ค่าสัมบูรณ์ของ % ความคลาดเคลื่อน
ต้นกล้า	25.01	27.87	-2.86	8.1796	2.86	11.44
แตกกอ	55.97	57.99	-2.02	4.0804	2.02	3.61
แตกกอเต็มที่	106.83	100.81	6.02	36.2404	6.02	5.64
ออกรวง	175.31	160.54	14.77	218.1529	14.77	8.43
ก่อนเก็บเกี่ยว	211.02	211.02	0	0	0	0.00
		รวม	15.91	267	25.67	29.10
					ค่า MAPE	5.82
					ความถูกต้อง	94.18

