



รายงานปิดโครงการ

โครงการ ทุนวิจัยมหำบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ภายใต้โครงการความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(Climate Change)

(ทุนส่งเสริมการวิจัย ประจำปี 2551)

โดย

รศ.ดร.อัญชลีพร	วาริตสวัสดี	หล่อทองคำ	ผู้จัดการโครงการ
นางสาวบุหลัน	รุ่มสกุล		วิศวกรประจำโครงการ
นางสาวเกศกนก	ขุ่มด้วง		วิศวกรประจำโครงการ
นางสาวยุวดี	บุญรอด		วิศวกรประจำโครงการ
นางพรทิพย์	บุญตันบุตร		เจ้าหน้าที่การเงิน
นางณัฐนพร	กุหลาบอำ		เจ้าหน้าที่การเงิน
นางสาวสมศรี	แก้วตาทิพย์		เจ้าหน้าที่การเงิน
นางกรรณกร	ผลโพธิ์		เจ้าหน้าที่โครงการ
นางสาวสุนารี	วิไลต		เจ้าหน้าที่โครงการ

ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2550 ถึง วันที่ 30 เมษายน 2553

สัญญาเลขที่ RDG 5150025

ชุดโครงการ “ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการความแปรปรวนและ
การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ปี 2550”

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่	วันที่ 1 พฤศจิกายน 2550 ถึงที่ 30 เมษายน 2553
ผู้ประสานงาน	รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ
วิศวกรประจำโครงการ	นางสาวบุหลัน ร่มสกุล นางสาวเกศกนก ชุ่มดั่ง นางสาวยุวดี บุญรอด
เจ้าหน้าที่การเงิน	นางพรทิพย์ บุญตันบุตร นางณัฐนพร กุหลาบอ่ำ นางสาวสมศรี แก้วดาทิพย์ นางกรรณกร ผลโพธิ์
เจ้าหน้าที่ประสานงาน	นางสาวสุนารี วิไล
หน่วยงาน	สำนักงานโครงการ “ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว.สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี”

การดำเนินงาน

- ☒ ได้ดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ทุกประการ
- ☐ ได้เปลี่ยนแปลงแผนงานที่วางไว้ดังนี้

1.วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. สร้างฐานความรู้ที่เชื่อมโยงไปทางความรู้พื้นฐานของฝ่ายวิจัยและพัฒนาของ สกว. เพื่อนำไปพัฒนาต่อ
2. สร้างมหาบัณฑิตที่มีทักษะในการทำวิจัยอย่างเป็นระบบเพื่อเสริมโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก
3. สนับสนุนให้อาจารย์และนักศึกษาผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพเชิงลึกและมีทิศทาง
4. กระตุ้นและสร้างบรรยากาศการวิจัยในสถาบันการศึกษา
5. กระจายโอกาสการสนับสนุนสู่สถาบันการศึกษาต่างๆ
6. เพื่อได้ผลงานวิจัยและองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับประเทศหรือภูมิภาคจากอดีต ปัจจุบัน และการคาดการณ์ในอนาคตโดยให้ความสำคัญกับภาคการเกษตร ทรัพยากรแหล่งน้ำ และภัยพิบัติธรรมชาติ

2. กิจกรรม

ตามแผนงาน		ปฏิบัติจริง	ตามแผนงาน	ร้อยละความพึงพอใจต่อผลสำเร็จ
กิจกรรม	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	กิจกรรม		
2.1 จัดทำคู่มือการขอรับทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. บันทึกข้อมูลลงเว็บไซต์ และประกาศรับสมัครทุน ปี 2550				
1. จัดทำเอกสารคู่มือรายละเอียดโครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ปี 2550 2. ให้ข้อมูลต่างๆ แก่ผู้สนใจทางเว็บไซต์ 3. จัดประชุมประชาสัมพันธ์โครงการ โดยประสานความร่วมมือกับสถาบันการศึกษาต่างๆ 4. ให้คำบรรยายเกี่ยวกับหลักการเขียนข้อเสนอโครงการ การอบรมและพัฒนาอาจารย์ ตามคำร้องขอจากสถาบัน การศึกษาต่างๆ 5. ประกาศและรับสมัครทุน	1. ให้ผู้สนใจได้ทราบขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินงานโครงการ รวมทั้งเอกสารต่างๆ ที่ใช้ประกอบการสมัครขอรับทุน 2. เกิดความตื่นตัวในการวิจัยระดับปริญญาโทในสถาบันการศึกษา	1. ผู้สนใจทราบรายละเอียดของโครงการจากเอกสารประชาสัมพันธ์และทางเว็บไซต์ 2. ความสะดวกรวดเร็วในการดำเนินงานของโครงการ ผู้สนใจสามารถ Download เอกสารประกอบการสมัครขอรับทุนจาก Homepage ของโครงการ 3. ผู้เข้าร่วมประชุมให้ความสนใจกับรายละเอียดของโครงการ และเสนอความคิดเห็น รวมทั้งมีข้อซักถามต่างๆ ผ่านทางโทรศัพท์ เว็บไซต์ และการบรรยายในที่ประชุม 4. ข้อเสนอโครงการที่สนับสนุนงานของฝ่ายวิจัยและพัฒนาของ สกว. และข้อเสนอโครงการอื่นๆ ที่มีความน่าสนใจ	ทุกวัตถุประสงค์	100 %

ตามแผนงาน		ปฏิบัติจริง	ตามแผนงาน	ร้อยละความพึงพอใจต่อผลสำเร็จ
กิจกรรม	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	กิจกรรม		
2.2 การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอโครงการที่ขอรับทุน ปี 2550				
1. คณะกรรมการโครงการทุนวิจัยมหาวิทยาลัย สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และผู้จัดการโครงการ พิจารณาผู้ทรงคุณวุฒิตามความเชี่ยวชาญแต่ละสาขาสำหรับพิจารณาข้อเสนอโครงการ	ข้อเสนอโครงการที่สอดคล้องกับภารกิจของ สกว.	ข้อเสนอโครงการที่สอดคล้องกับภารกิจของ สกว.	ทุกวัตถุประสงค์	100 %
2. แนวทางการพิจารณาข้อเสนอโครงการคือ				
- จัดกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิตามความเชี่ยวชาญแต่ละสาขา ข้อเสนอโครงการ 1 เรื่อง พิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน - จัดส่งข้อเสนอโครงการพร้อมแบบประเมินให้ผู้ทรงคุณวุฒิ - รวบรวมผลการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ และจัดทำสรุปผลการประเมินเพื่อพิจารณาอนุมัติในที่ประชุมคณะกรรมการโครงการทุนวิจัยมหาวิทยาลัย สกว.				

ตามแผนงาน		ปฏิบัติจริง	ตามแผนงาน	ร้อยละความพึงพอใจต่อผลสำเร็จ
กิจกรรม	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	กิจกรรม		
2.3 การพิจารณาอนุมัติทุนวิจัย				
1. คณะกรรมการโครงการทุนวิจัยมหาวิทยาลัย สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พิจารณาอนุมัติทุนวิจัยจากผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ	1.ข้อเสนอโครงการที่สอดคล้องกับหัวข้อวิจัยที่กำหนดโดย สกว. และข้อเสนอโครงการอื่นๆที่น่าสนใจ 2. อนุมัติข้อเสนอโครงการตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้	1. ข้อเสนอโครงการที่สอดคล้องกับหัวข้อวิจัยที่กำหนด และข้อเสนอโครงการอื่นๆที่น่าสนใจ 4 โครงการ ดังนี้ - หัวข้อวิจัยที่กำหนดโดย ฝ่าย 3 จำนวน 4 โครงการ 2. คณะกรรมการโครงการทุนวิจัยมหาวิทยาลัย สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อนุมัติข้อเสนอโครงการตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้จำนวน 4 โครงการ	ทุกวัตถุประสงค์	100 %

ตามแผนงาน		ปฏิบัติจริง	ตามแผนงาน	ร้อยละความพึงพอใจต่อผลสำเร็จ
กิจกรรม	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	กิจกรรม		
2.4 การจัดการตามสัญญา RDC 5050010 และ RDG 5150025				
1. แจ้งผลการการอนุมัติโครงการ 2. จัดทำสัญญา ให้ผู้รับทุนและ ผู้ร่วมรับทุน จำนวน 4 สัญญา 3. โอนเงินให้แก่ผู้รับทุนและผู้รับร่วมทุน จำนวน 4 โครงการ จากสัญญา RDG5150025 4. ขออนุมัติขยายเวลาโครงการจำนวน 1 โครงการ ตามสัญญาเลขที่ RDG5150025 จาก สกว. ฝ่าย 5 อีก 12 เดือน ตั้งแต่ 1 พ.ค. 2552 ถึง 30 เม.ย. 2553 5. จัดประชุมวิชาการโครงการทุนวิจัย มหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 3” ระหว่างวันที่ 1 – 3 เม.ย. 2552 ณ โรงแรมจอมเทียน ปาล์ม บีช รีสอร์ท พัทยา 6. การอนุมัติปิดโครงการแก่นักวิจัยตามสัญญา เลขที่ RDG5150025	1. สัญญาการรับทุนวิจัยในโครงการทุนวิจัย มหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2. สามารถขอขยายเวลาตามสัญญาเลขที่ RDG5150025 3. นักศึกษารายงานความก้าวหน้า/ผลงานที่เสร็จสมบูรณ์ และได้รับคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิในการปรับปรุงการทำวิจัย พร้อมกับการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักวิจัย จำนวน 4 โครงการ 4. ปิดโครงการได้ตามสัญญา จำนวน 4 โครงการ	1. ผู้รับทุน และผู้ร่วมรับทุนได้ทำสัญญา รับทุน และรับเงินวิจัย จำนวน 4 สัญญา 2. ได้รับการอนุมัติขยายเวลาโครงการตามสัญญา เลขที่ RDG5150025 3. นักศึกษารายงานความก้าวหน้า/ผลงานที่เสร็จสมบูรณ์ในการประชุมฯ และได้รับคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิในการปรับปรุงการทำวิจัย พร้อมกับการแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักวิจัย จำนวน 4 โครงการ - รายงานความก้าวหน้า 2 โครงการ - รายงานปิดโครงการ 2 โครงการ 4. อนุมัติปิดโครงการแบบสมบูรณ์ จำนวน 4 โครงการ เนื่องจากได้รับผลงาน ฉบับสมบูรณ์ครบตามสัญญารับทุน	ทุกวัตถุประสงค์	100 %

3. การปิดโครงการและผลงานตีพิมพ์

ลำดับ ที่	ชื่อโครงการ	เลขที่สัญญา/ระยะเวลา โครงการ	สถาบันการศึกษา	การดำเนินการ	ผลงานตีพิมพ์/การประชุมทางวิชาการ
1	การคาดการณ์ศักยภาพการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET ₀) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining): กรณีศึกษาประเทศไทย	MRG-Climate Change 505S001 ระยะเวลาโครงการ 1 พ.ย. 50-31 ต.ค. 51 (12 เดือน)	รศ.ดร.กัมปนาท ภัคติกุล นายวัชรพงษ์ น้อยหมื่นไวย คณะสิ่งแวดล้อมและ ทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	ปิดโครงการ เมื่อวันที่ 23 ก.พ. 52 (ภายในเวลาดำหนด)	"การคาดการณ์ศักยภาพการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET ₀) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) : กรณีศึกษาประเทศไทย" การประชุมวิชาการ เรื่อง บูรณาการความรู้ สู่งานวิจัยมุ่งแก้ไขวิกฤตสิ่งแวดล้อม วันที่ 30-31 ตุลาคม 2551 ณ ห้องประชุม ชั้น 2 อาคารสิ่งแวดล้อมพัฒนพล คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา นครปฐม (Oral Presentation)
2	การประเมินการสะสมคาร์บอนตามระยะการเจริญเติบโตของอ้อยในอำเภอสว่างวีรกรรม จังหวัดสุโขทัย	MRG-Climate Change 505S002 ระยะเวลาโครงการ 1 พ.ย. 50-30 เม.ย. 52 (18 เดือน)	รศ.ดร.ชาลี นาวานุเคราะห์ น.ส.วชิราวรรณ วชิราภิรักษ์ คณะสิ่งแวดล้อมและ ทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	ปิดโครงการ เมื่อวันที่ 15 ธ.ค. 52 (ล่าช้า 1 เดือน 15 วัน)	" The Estimation of Carbon Storages in Various Growth Stages of Sugarcane in Si Sat Chanalai District, Sukhothai Province, Thailand [การประเมินการสะสมคาร์บอนตามระยะการเจริญเติบโตของอ้อยในพื้นที่ อ.ศรีสว่างวีรกรรม จ.สุโขทัย]" Environment and Natural Resources Journal 7(2) : 72-81, 2009 (ตีพิมพ์)

ลำดับ ที่	ชื่อโครงการ	เลขที่สัญญา/ระยะเวลา โครงการ	สถาบันการศึกษา	การดำเนินการ	ผลงานตีพิมพ์/การประชุมทางวิชาการ
3	การหาปริมาณการปลดปล่อยไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF ₆) จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย	MRG-Climate Change 505S003 ระยะเวลาโครงการ 1 พ.ย. 50-31 ต.ค. 51 (12 เดือน) ขยายเวลา ครั้งที่ 1 1 พ.ค. 51 – 30 เม.ย. 52 ครั้งที่ 2 1 พ.ค. 52 – 31 ต.ค. 52 ครั้งที่ 3 1 พ.ย. 52 – 30 เม.ย. 53	รศ.ดร.นาฏสุดา ภูมิจำนง น.ส.วริษฐา ศรีเรือง คณะสิ่งแวดล้อมและ ทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล	ปิดโครงการ เมื่อวันที่ 15 ธ.ค. 53 (ล่าช้า 7 เดือน 15 วัน)	"Quantitative Analysis of HFCs, PFCs, and SF ₆ Emission from Thailand Industries" Environment and Natural Resources Journal 8(1) : 69-81, 2010 (ตีพิมพ์)
4	อัตราการปล่อย CO ₂ จากการหายใจของรากและจุลินทรีย์ในดินป่าเต็งรัง	MRG-Climate Change 505S004 ระยะเวลาโครงการ 1 พ.ย. 50-31 ธ.ค. 51 (14 เดือน)	ผศ.ดร.อำนาจ ชิดไธสง นายพงษ์เทพ หาญพัฒนากิจ บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้าน พลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าธนบุรี	ปิดโครงการ เมื่อวันที่ 4 เม.ย. 52 (ภายในเวลากำหนด)	"Seasonal and Diurnal Variations of Soil Respiration in Dry Dipterocarp Forest" Fortrop II International Conference "Tropical Forestry Change in a Changing World" Kasetsart University, Bangkok, Thailand November 17-20, 2008 (Oral Presentation)

หมายเหตุ ผลงานตีพิมพ์ระดับชาติ 2 โครงการ
ประชุมวิชาการระดับชาติ 2 โครงการ

โครงการ ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ภายใต้โครงการความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
(Climate Change) ปี 2550

เลขที่สัญญา	ชื่อโครงการ	สถาบันการศึกษา	งบประมาณทั้งโครงการ (บาท)	ค่าใช้จ่ายจริง (บาท)	คงเหลือ (บาท)
MRG-Climate Change505S001	การคาดการณ์ศักยภาพการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET _o) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining): กรณีศึกษาประเทศไทย	มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา	196,000	190,989.73	5,010.27
MRG-Climate Change505S002	การประเมินการสะสมคาร์บอนตามระยะการเจริญเติบโตของอ้อยในอำเภอศรีษะนาถ จังหวัดสุโขทัย	มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา	200,000	195,839.13	4,160.87
MRG-Climate Change505S003	การหาปริมาณการปลดปล่อยไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF ₆) จากภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย	มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา	188,000	183,512.24	4,487.76
MRG-Climate Change505S004	อัตราการปล่อย CO ₂ จากการหายใจของรากและจุลินทรีย์ในดินป่าเต็งรัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	200,000	194,871.91	5,128.09
รวม			784,000	765,213.01	18,786.99

การคาดการณ์ศักยภาพการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_o) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining): กรณีศึกษาประเทศไทย

Estimation of Potential Evapotranspiration (ET_o) under Climate Change using Data Mining:

A case study of Thailand

วัชรพงษ์ น้อยหมื่นไวย¹ กัมปนาท ภักดีกุล¹ นาฏสุดา ภูมิจำนงค์¹ ชนินทร์ นันทเสนามาตร์² สุภกร ชินวรรโณ³

1. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา นครปฐม 73170
2. คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา นครปฐม 73170
3. ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลง ของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SEA START)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของค่าศักยภาพการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_o) หรือการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ภายใต้สภาพภูมิอากาศในอนาคต โดยนำรูปแบบที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) ของสภาพภูมิอากาศที่ผ่านมาของประเทศไทย มาคาดการณ์ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบรรยากาศ 3 ระดับคือที่ 360 ppm 540 ppm และ 720 ppm ของศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก แห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SEA START RC)

การสร้างแบบจำลองระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Model) ได้ให้นำเข้าข้อมูลภูมิอากาศย้อนหลังของประเทศไทยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 – ค.ศ. 1989 ของกรมอุตุนิยมวิทยา 7 ตัวแปรได้แก่ เดือน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ความเร็วลมสูงสุด ความเข้มของแสงอาทิตย์ ค่าการระเหยจากผิวดินการคายระเหย ใช้ข้อมูลของทั้งประเทศจำนวน 118,742 ชุดข้อมูล พบว่าแบบจำลองที่ให้ค่าความแม่นยำมากที่สุดคือ แบบจำลองที่ 6-34-1 จำนวนรอบที่ 2000 รอบ ค่าการเรียนรู้ เท่ากับ 0.1 และค่าการกระตุ้นการเรียนรู้ เท่ากับ 0.1 และนำรูปแบบของแบบจำลองมาทำการคาดการณ์การใช้น้ำของพืชในระดับความเข้มข้นของ CO_2 ทั้ง 3 ระดับให้อยู่ในรูปแบบของแผนที่แสดงค่าศักยภาพการคายระเหย

ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มระดับความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะส่งผลต่อความต้องการน้ำของพืช เมื่อ CO_2 เพิ่มขึ้นจาก 360 เป็น 540 ppm จะส่งผลให้มีการลดลงของการใช้น้ำของพืช มากที่สุดในช่วงเดือน มกราคม พฤษภาคม กันยายน ธันวาคม ที่ร้อยละ 17 ส่วนในเดือนที่เหลือลดลงร้อยละ 7 และเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มขึ้นจาก 360 เป็น 720 ppm จะส่งผลให้มีการเพิ่มของการใช้น้ำของพืช ในเดือน มกราคม มีนาคม พฤษภาคม มิถุนายน ที่ร้อยละ 10 ส่วนในเดือน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม ธันวาคม ลดลงร้อยละ 4

จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบการใช้น้ำของข้าว พบว่าเมื่อระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มขึ้นจาก 360 เป็น 540 ppm การใช้น้ำของข้าวลดลงร้อยละ 12.21 และเมื่อ CO_2 เพิ่มขึ้นเป็น 720 ppm จะส่งผลให้การใช้น้ำของข้าวเพิ่มเป็นร้อยละ 10.24 ในหนึ่งถึงสองเดือนแรกของช่วงเวลาเพาะปลูก แต่จะมีการลดลงร้อยละ 5.43 ของการใช้น้ำของข้าวในสามถึงห้าเดือนของช่วงเวลาเพาะปลูก

คำสำคัญ: การใช้น้ำของพืช / การคายระเหยของพืชอ้างอิง / การทำเหมืองข้อมูล / โครงข่ายประสาทเทียม / การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

1. บทนำ

การที่ก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของโลกได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ตั้งแต่ในช่วงยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมานั้น ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนที่มีความรุนแรงมากขึ้นซึ่งส่งผลให้ภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และเกิดผลกระทบต่อเนื่องไปยังระบบนิเวศและชีวิตความเป็นอยู่ของผู้คน ซึ่งเป็นผลกระทบที่มีความหลากหลายแตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้เป็นปรากฏการณ์ในระดับโลกและคาดว่าจะยังคงดำเนินต่อไปอีกหลายทศวรรษ (ศุภกร ชินวรรณ, 2549) ซึ่งประเทศไทยตกอยู่ในข่ายที่จะได้รับผลกระทบโดยหลีกเลี่ยงไม่ได้ การทำความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตจะช่วยให้ภาคส่วนต่างๆ สามารถดำเนินการเตรียมตัวหรือปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ในอนาคตอย่างเหมาะสม

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันส่งผลกระทบอย่างชัดเจนในด้านการปลูกพืช เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศจะส่งผลในด้านการจัดสรรน้ำในการเพาะปลูก ซึ่งจะสร้างความเสียหายในด้านเศรษฐกิจ และการประกอบอาชีพของเกษตรกร (จริยา บุญญวัฒน์, 2549) ดังนั้นการหาวิธีที่จะทำให้เราทราบถึงการเปลี่ยนแปลงค่าศักยภาพการคายระเหยของพืช (ET_o) หรือค่าการใช้น้ำของพืชจะเป็นประโยชน์ในการจัดสรรน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช ซึ่งในปัจจุบันมีความไม่แน่นอนเนื่องจากการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ

การหาค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_o) นั้นมีหลายวิธี ที่เป็นที่ยอมรับกันนั้น คือ วิธีของ Penman

Monteith (วินูลย์ บุญขจรโรกุล, 2526) ซึ่งเป็นการหาค่าการคายระเหยของพืชจากข้อมูลในด้านสภาพภูมิอากาศ ซึ่งในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมากขึ้น ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาจึงมีความจำเป็นมากขึ้นด้วย

ในการศึกษาในครั้งนี้จะใช้เทคนิคของการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) มาช่วยในการจัดการกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่เกิดการเปลี่ยนแปลงและแปรปรวนในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาเพื่อช่วยในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_o) หรือการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ในสภาพภูมิอากาศในอนาคตภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในบรรยากาศ 3 ลักษณะคือความเข้มข้น 360 ppm 540 ppm และ 720 ppm ของศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก แห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SEA START RC) มาทำการคำนวณเพื่อหาค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง (ET_o) ที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวเพื่อใช้เป็นแนวทางในวางแผนการใช้น้ำของพืชในพื้นที่ต่างๆ ให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในอนาคต ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ และพัฒนาให้มีความแม่นยำมากขึ้นอีกในอนาคต

2. วิธีการ

Data Mining คือ โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อสนับสนุนระบบการตัดสินใจ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สมบูรณ์ทั้งเรื่องการค้นหา การทำรายงาน และโปรแกรมในการจัดการ ซึ่งเราก็นึกถึงคำว่า Executive Information System (EIS) หรือระบบข้อมูลสำหรับการตัดสินใจในการบริหาร นับเป็นเครื่องมือชิ้นใหม่ที่สามารถค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูลขนาดใหญ่หรือข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการบริหาร สามารถเพิ่มคุณค่าให้กับฐานข้อมูลที่มีอยู่ จุดประสงค์ของ Data Mining ที่จะมาช่วยในเรื่องของเทคนิคการจัดการข้อมูล ซึ่งได้พยายามและทดสอบแล้วและข้อมูลสนับสนุนที่มีอาจซ่อนหลังด้วยเทคนิคเดียวกันนี้เราสามารถหาค้นข้อมูลสำคัญที่ปะปนกับข้อมูลอื่น ๆ ในฐานข้อมูลที่ไม่ใช่แค่การสุ่มหาบางคนเรียกว่า KDD (Knowledge Discovery in Database) หรือ การค้นหาข้อมูลด้วยความรู้ และนั่นก็คือ Data Mining และระบบที่นำมาในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANNs) ซึ่งถูกนำมาใช้คาดการณ์และทำนายทางแหล่งน้ำมากขึ้น ระบบโครงข่ายประสาทเทียมถูกจัดอยู่ในกลุ่มของ black box model ซึ่งไม่จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับกระบวนการเกิดน้ำท่า และกระบวนการทางทางชลศาสตร์ แต่ก็สามารถทำนายปริมาณน้ำได้อย่างแม่นยำ ต่างจากแบบจำลองกลุ่มอื่นที่ต้องอาศัยข้อมูล และความสัมพันธ์ของข้อมูลจำนวนมาก ทำให้แบบจำลองในกลุ่ม black box model ถูกนำมาใช้มากขึ้น ในการทำนายการเกิดน้ำท่วม ข้อดีของการใช้งานระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่เห็นชัดเจนคือความสามารถในการแก้ไขปัญหาที่ไม่จำเป็นต้องมีนิยามที่เด่นชัดเหมือนปัญหาเชิงคณิตศาสตร์โดยทั่วไป ในทางตรงกันข้าม ระบบระบบโครงข่ายประสาทเทียมจะแก้ไขปัญหาได้โดยเพียงรวบรวมชุดของตัวอย่างของปัญหาและคำตอบ ระบบจะพยายามเรียนรู้ความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้นของ

ข้อมูล input และ ข้อมูล output เพื่อนำไปสู่การหาคำตอบที่แม่นยำ

หลักการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks)

กระบวนการ backpropagation แบบมาตรฐานมีขั้นตอนดังนี้ กำหนดค่า weights และ bias factors ขึ้นมาด้วยการสุ่มขึ้น ป้อนค่า input ($I_1, I_2, \dots, I_n$) และ output ($t_1, t_2, \dots, t_n$) ที่ต้องการ สำหรับ layer $m = 1, 2, \dots, I$ การคำนวณค่า $N_{j,m}$ ของ neuron j ใน layer m ทำได้โดย

$$N_{j,m} = \sum_{i=1}^{n_{m-1}} W_{ji,m} O_{i,m-1} + \theta_{j,m}$$

เมื่อ

- $N_{j,m}$ = activation ของ neuron j ใน layer m
- $O_{j,m}$ = output of neuron j in layer m
- $\theta_{j,m}$ = bias value for neuron j in layer m
- $W_{ji,m}$ = synaptic weight between node j in layer m and node i in layer $m-1$
- n_m = number of neuron in layer m

ขั้นตอนการดำเนินงาน

รวบรวมข้อมูลย้อนหลังของประเทศไทยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1980 – ค.ศ. 1989 เป็นระยะเวลา 10 ปี ของกรมอุตุนิยมิวิทยา รวมทั้งสิ้น 7 ตัวแปรได้แก่ เดือน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น ความเร็วลมสูงสุด ความเข้มของแสงอาทิตย์ และค่าการระเหยจากผิวดินการระเหย มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร จากนั้นนำเข้าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อให้แบบจำลองทำการเรียนรู้และสร้างรูปแบบของการหาค่าศักยภาพการคายระเหยของพืชอ้างอิง

3. ผลการศึกษาและการวิจารณ์ผล

การวิเคราะห์ตัวแปรที่ใช้ในการนำเข้าแบบจำลอง

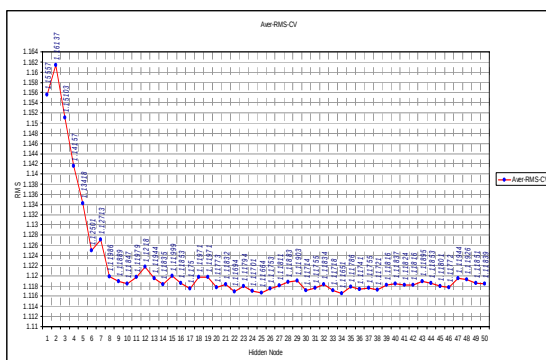
ในการทำเหมืองข้อมูลจำเป็นต้องมีการใช้ข้อมูลในปริมาณที่มีจำนวนมาก และในข้อมูลที่มีนั้นจะต้องมีการคัดเลือกตัวแปรที่มีความสำคัญ และสัมพันธ์กับค่าที่เราต้องการคาดการณ์ ใช้ข้อมูลของ 43 สถานีของกรมอุตุนิยมวิทยาในปี พ.ศ. 2532 – พ.ศ. 2532 จำนวน 118,742 ชุดข้อมูล

การหารูปแบบของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ANNs

ในการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม ANNs จะต้องทำการสร้างแบบจำลอง เพื่อให้ได้ค่า RMSE ที่มีค่าน้อยที่สุด จะต้องทำ 10 ตัวอย่าง และทำการหาค่าเฉลี่ย เพื่อให้ได้ค่าที่มีความแม่นยำมากที่สุด โดยใช้ การสุ่มค่าน้ำหนัก และค่าความสำคัญ ใช้ Random Seed 0-9 เป็นตัวสุ่ม

การหาจำนวน Hidden Node

เพื่อจะทำแบบจำลองที่มีค่า RMSE น้อยที่สุด จำนวน Hidden Node มีความสำคัญที่ทำให้แบบจำลองมีความแม่นยำมากที่สุด

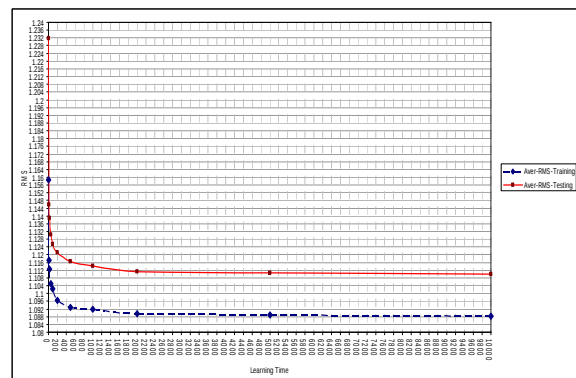


รูปที่ 1 แสดงการหาจำนวน Hidden layer ที่ทำให้แบบจำลองมีความแม่นยำ

จากการหา Hidden Node ที่ทำให้ค่า RMSE มีค่าน้อยที่สุดนั้นจะอยู่ที่ การสร้าง Hidden Node จำนวน 34 โหนด ซึ่งจะมีค่า RMSE เท่ากับ 1.11651

การหาจำนวนรอบของการเรียนรู้

การหาจำนวนรอบของการเรียนรู้ จะดำเนินการทำต่อเนื่องจากการหา Hidden Node ซึ่งตามค่าเดิมของการทดสอบแบบจำลองนั้น ค่าจะถูกตั้งอยู่ที่ 500 รอบ ซึ่งเมื่อมีการเพิ่ม หรือลดของรอบในการเรียนรู้นั้น จะส่งผลทำให้แบบจำลองมีความแม่นยำแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงต้องมีการดำเนินการหาจำนวนรอบของการเรียนรู้ ของแบบจำลองที่มีจำนวน Hidden Node 34 โหนด หรือ รูปแบบของแบบจำลองที่ 6-34-1 เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีค่า RMSE ที่น้อยลง และมีความแม่นยำมากขึ้น

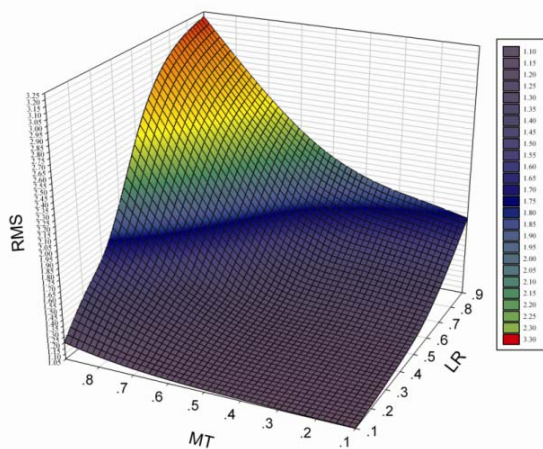


รูปที่ 2 แสดงการหาจำนวนรอบในการเรียนรู้ เพื่อให้แบบจำลองมีความแม่นยำมากขึ้น

ผลจากการหาจำนวนรอบของการเรียนรู้นั้นได้จำนวนรอบอยู่ที่ 2000 รอบ เนื่องจากเมื่อเพิ่มรอบต่อไปอีกนั้น ค่า RMSE จะมีค่าลดลงน้อยมากเมื่อเทียบกับการเพิ่มของจำนวนรอบของการทดสอบแบบจำลอง ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่จะใช้จำนวนรอบที่มากขึ้น

การหาค่าการเรียนรู้ และค่าการกระตุ้นการเรียนรู้

การหาค่าการเรียนรู้ และค่าการกระตุ้นการเรียนรู้ จะดำเนินการต่อจากการหา Hidden Node และการหารอบของการเรียนรู้ ซึ่งค่าเดิมของโปรแกรมมีค่าการเรียนรู้เท่ากับ 0.3 และค่าการกระตุ้นการเรียนรู้เท่ากับ 0.2 ดังนั้นจะใช้ค่าจากการทดสอบแบบจำลองที่ 6-34-1 โดยมีรอบการเรียนรู้ที่ 2000 รอบ เพื่อหาค่า RMSE ที่น้อยที่สุด



รูปที่ 3 แสดงการหาค่าในการเรียนรู้ของแบบจำลอง เพื่อให้แบบจำลองมีความแม่นยำมากขึ้น

จากการหาค่าการเรียนรู้ และค่าการกระตุ้นการเรียนรู้ของแบบจำลองนั้นพบว่า ค่าที่ดีที่สุดที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองนั้นคือ ค่าการเรียนรู้ เท่ากับ 0.1 และค่าการกระตุ้นการเรียนรู้ เท่ากับ 0.1 ในที่สุดจะได้แบบจำลองที่มีลักษณะ 6-34-1 จำนวนรอบที่ 2000 รอบ ค่าการเรียนรู้ เท่ากับ 0.1 และค่าการกระตุ้นการเรียนรู้ เท่ากับ 0.1

การตรวจสอบค่าความแม่นยำ และความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

เมื่อได้รูปแบบของแบบจำลองมาแล้ว จึงนำรูปแบบที่ได้มาทำแบบจำลอง โดยทำทั้งหมด 10 แบบจำลอง เริ่มจากค่า Random Seed 0 ไปจนถึง Random Seed 9 และนำ

แต่ละแบบจำลองมาหาค่าเฉลี่ยของค่า RMSE เพื่อให้ได้ค่าที่มีความถูกต้อง และแม่นยำมากที่สุด

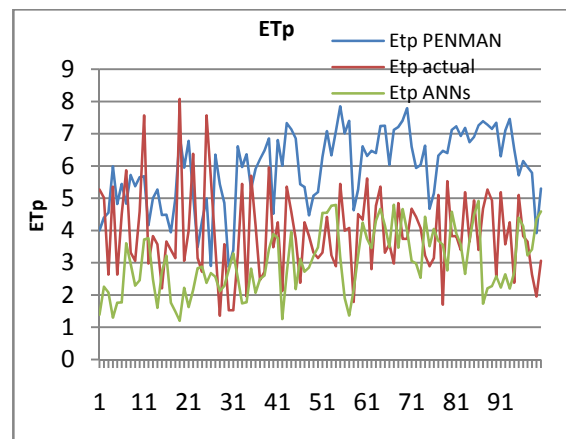
ตารางที่ 4 แสดงค่า RMSE และค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ ของแต่ละ Random Seed

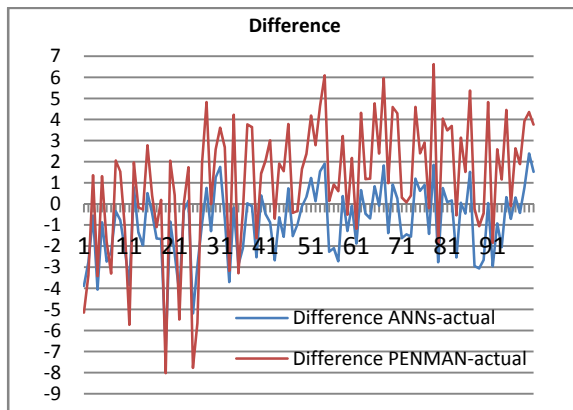
Random Seed	RMSE	R	R Square
0	1.0264	0.7388	0.533107409
1	1.0261	0.7402	0.519693371
2	1.0344	0.7405	0.534118901
3	1.0282	0.7401	0.522098091
4	1.1324	0.7399	0.516586858
5	1.0242	0.7399	0.513423329
6	1.0252	0.7407	0.534853586
7	1.0272	0.7395	0.510917929
8	1.0552	0.7402	0.517776772
9	1.0241	0.7401	0.527065982
average	1.04034	0.73999	0.522964223

การเปรียบเทียบแบบจำลอง กับสูตร Modified Penman

การเปรียบเทียบค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงระหว่างค่าที่หาจากสูตรของ Modified Penman และ การใช้แบบจำลอง ANNs กับค่าจากการตรวจวัดจริง โดยการสุ่มค่าจากการตรวจวัด 100 ค่าดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6



รูปที่ 5 แสดงค่าที่หาจากสูตรของ Modified Penman และ การใช้แบบจำลอง ANNs กับค่าจากการตรวจวัดจริง

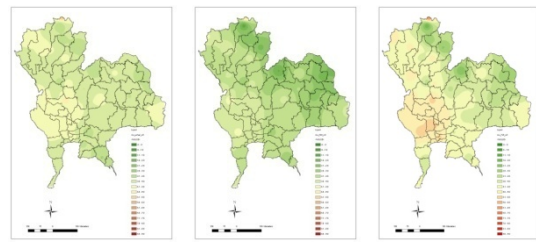


รูปที่ 6 แสดงค่าความแตกต่างที่หาจากสูตรของ Modified Penman และ การใช้แบบจำลอง ANNs กับค่าจากการตรวจวัดจริง

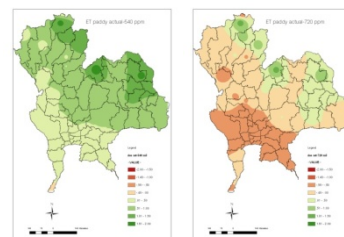
จากผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการหาทั้งสองวิธี พบว่าการหาค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงโดยการใช้แบบจำลอง มีความแตกต่างจากค่าจริงอยู่ที่ 46% ซึ่งน้อยกว่าการหาจากสูตร Modified Penman ที่มีค่าความแตกต่างจากค่าจริงอยู่ที่ 51%

การคาดการณ์การคายระเหยของพืช

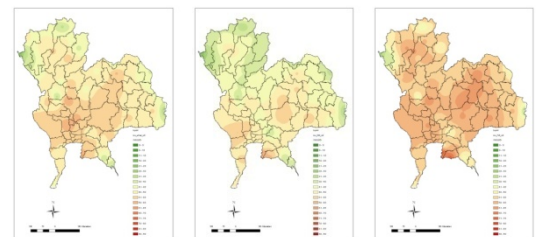
จากการนำข้อมูลของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ CCAM ของ SEA START RC ผ่านแบบจำลอง ANNs และแสดงผลในรูปแบบแผนที่แสดงค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ทั้ง 3 ระดับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะส่งผลกระทบต่อความต้องการน้ำของพืชอ้างอิง เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มขึ้นจาก 360 เป็น 540 ppm จะส่งผลให้มีการลดลงของการใช้น้ำของพืชอ้างอิง มากที่สุดในช่วงเดือน มกราคม พฤษภาคม กันยายน และธันวาคม ที่ร้อยละ 17 และในเดือนที่เหลือลดลงร้อยละ 7 และเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มขึ้นจาก 360 เป็น 720 ppm จะส่งผลให้มีการเพิ่มของการใช้น้ำของพืชอ้างอิงช่วงเดือน มกราคม มีนาคม พฤษภาคม มิถุนายน อยู่ที่ร้อยละ 10 และในเดือน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน ตุลาคม ธันวาคม ลดลงร้อยละ 4



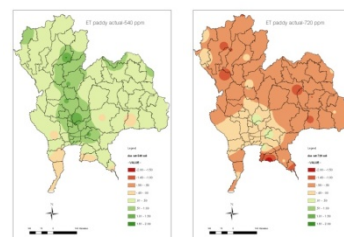
รูปที่ 7 แสดงการใช้น้ำของข้าว ที่ความเข้มข้นของคาร์บอน ไดออกไซด์ 360 ppm, 540 ppm และ 720 ppm . ในเดือนพฤษภาคม



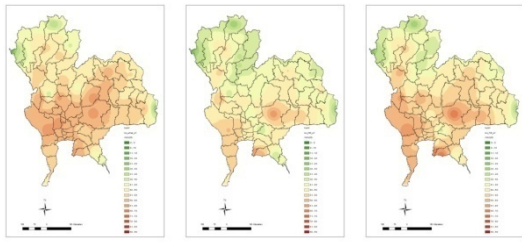
รูปที่ 8 แสดงความแตกต่างของใช้น้ำของข้าว เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอน ไดออกไซด์เพิ่มจาก 360 ppm และ 540 ppm เป็น 720 ppm ในเดือนพฤษภาคม



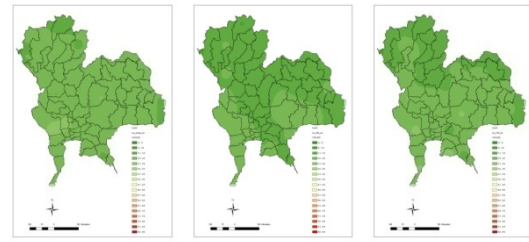
รูปที่ 9 แสดงการใช้น้ำของข้าว ที่ความเข้มข้นของคาร์บอน ไดออกไซด์ 360 ppm, 540 ppm และ 720 ppm . ในเดือนมิถุนายน



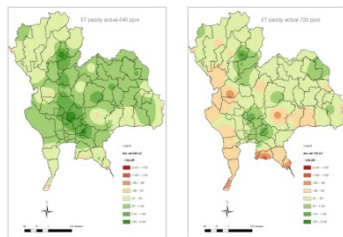
รูปที่ 10 แสดงความแตกต่างของใช้น้ำของข้าว เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอน ไดออกไซด์เพิ่มจาก 360 ppm และ 540 ppm เป็น 720 ppm ในเดือนมิถุนายน



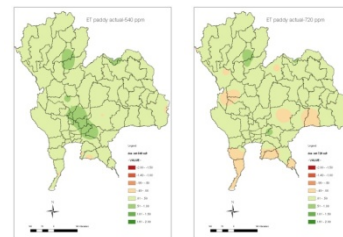
รูปที่ 11 แสดงการใช้น้ำของข้าว ที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 360 ppm, 540 ppm และ 720 ppm . ในเดือนกรกฎาคม



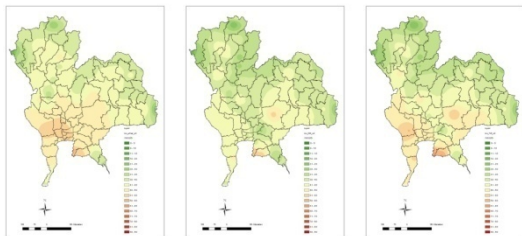
รูปที่ 15 แสดงการใช้น้ำของข้าว ที่ความเข้มข้นของคาร์บอน ไดออกไซด์ 360 ppm, 540 ppm และ 720 ppm . ในเดือนกันยายน



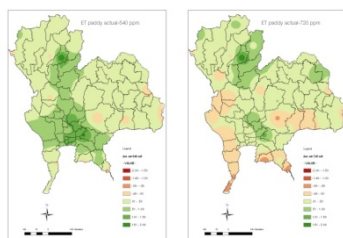
รูปที่ 12 แสดงความแตกต่างของใช้น้ำของข้าว เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มจาก 360 ppm และ 540 ppm เป็น 720 ppm ในเดือนกรกฎาคม



รูปที่ 16 แสดงความแตกต่างของใช้น้ำของข้าว เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มจาก 360 ppm และ 540 ppm เป็น 720 ppm ในเดือนกันยายน



รูปที่ 13 แสดงการใช้น้ำของข้าว ที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ 360 ppm, 540 ppm และ 720 ppm . ในเดือนสิงหาคม



รูปที่ 14 แสดงความแตกต่างของใช้น้ำของข้าว เมื่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มจาก 360 ppm และ 540 ppm เป็น 720 ppm ในเดือนสิงหาคม

จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบการใช้น้ำของข้าว พบว่าเมื่อระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มจาก 360 เป็น 540 ppm การใช้น้ำของข้าวลดลงร้อยละ 12.21 และเมื่อ CO_2 เพิ่มขึ้นเป็น 720 ppm จะส่งผลให้การใช้น้ำของข้าวเพิ่มเป็นร้อยละ 10.24 ในหนึ่งถึงสองเดือนแรกของช่วงเวลาเพาะปลูก แต่จะมีการลดลงร้อยละ 5.43 ของการใช้น้ำของข้าวในสามถึงห้าเดือนของช่วงเวลาเพาะปลูก

4. บทสรุป

จากการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศและจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้น้ำของพืช กล่าวคือเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์ อยู่ในระดับ 540 ppm จะทำให้มีความชื้นเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มของปริมาณฝน ทำให้ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อย แต่

เมื่อระดับของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มจนถึง 720 ppm จะทำให้ฝนตกเพิ่มมากขึ้นแต่ก็จะทำให้อากาศร้อนมากขึ้นด้วยเช่นกัน จึงส่งผลให้ค่าการคายระเหยในช่วงฤดูร้อน (เดือนมีนาคมถึง เดือนพฤษภาคม) มีค่าการคายระเหยมากขึ้น แต่ในช่วงที่เหลือนั้นพบว่ามีการลดลงจนถึงไม่มีการเพิ่มขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่าการเพิ่มของคาร์บอนไดออกไซด์นั้นจะส่งผลทำให้สภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงทำให้การใช้น้ำของพืชอาจยังมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นควรมีการเตรียมรับมือเพื่อไม่ให้เกิดการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคในอนาคต โดยการวางแผนการรองรับการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น เช่น การสร้างระบบชลประทานเพิ่ม การวางแผนการปลูกพืชเมื่อมีทรัพยากรน้ำที่จำกัด การคัดเลือกพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่และปริมาณน้ำที่มีอยู่ เป็นต้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ประจำปี 2550 ได้รับคำปรึกษาจาก รศ.ดร. กัมปนาท ภัคติกุล รศ.ดร.นาฏสุดา ภูมิงาน อ.ดร.ชนินทร์ นันทเสนามาตร์ อ.ศุภกร ชินวรรณ ได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก กรมอุตุนิยมวิทยา และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SEA START RC) และได้รับความช่วยเหลือด้านสถานที่และเครื่องมือจาก คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล

6. เอกสารอ้างอิง

Frank, I. H. w. E. (2005). *Data Mining: practical machine learning tools and techniques*. United States of American: Morgan Kaufmann publications.

Goyal, R. K. (2004). Sensitivity of evapotranspiration to

global warming: a case study of arid zone of Rajasthan (India). *Division of Resources and Environment, Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur 342 003, Rajasthan, India.*

M. Kumar, N. S. R., R. Singgh, W.W. Wallender and W.. Pruitt. (2002). Estimating Evapotranspiration using Artificial Neural Network. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering / July / August.*

S.S. Zanetti, E. F. S., V.P.S. Oliveira, F.T. Almeida and s. Bernardo. (2007). Estimating Evapotranspiration Using Artificial Neural Network And Minimum Climatological Data. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering / March / April.*

กลุ่มวิชาการภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2550).

ภาวะ โลกร้อน กรมอุตุนิยมวิทยา .
<http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=86>.

จริยา บุญญวัฒน์. (2549). *ภูมิอากาศโลกกับประเทศไทย*. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วรารุช วุฒินิชย์. (2544). *Artificial Neural Networks: สมาคมศิษย์เก่า วิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์*

วิบูลย์ บุญขจรโรกุล. (2526). *การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช*. กรุงเทพมหานคร: ห.ก.จ. โรงพิมพ์เอเชีย 87ก. ซอยน้อมจิตร ถนนริมคลองประปา บางซื่อ เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร

ศุภกร ชินวรรณ. (2549). *การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคต: ผลสรุปจากการจำลองสถานการณ์อนาคตโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Conformal Cubic Atmospheric Model (CCAM)*. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัย และฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย

สหัสชัย คงทน และคณะ. (2547). ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกต่อการผลิตข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: พื้นที่ศึกษา จังหวัดขอนแก่น (Impact of climate change on maize sugarcane and cassava production in N.E. Thailand: Study area at Khon

Kaen province). http://research.start.or.th/climate/index.php?option=com_remository&Itemid=26&func=select&id=13.

เสรี สุภราทิษฐ์. (2544). คู่มือการพยากรณ์น้ำ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม. นนทบุรี: สถาบันพัฒนาชลประทาน

การประเมินการสะสมคาร์บอนตามระยะการเจริญเติบโตของอ้อยในพื้นที่อ.ศรีสังขาลย์ จ.สุโขทัย

วชิราวรรณ วิชราภิรักษ์¹⁾, ชาลี นาวานุเคราะห์^{*2)}

- 1) คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ต. ศาลายา อ. พุทธมณฑล จ. นครปฐม 73170

Email: saya_sine@hotmail.com

- *2) คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ต.ตลาด อ. เมือง จ. มหาสารคาม 44000

Email: encnv@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินการสะสมคาร์บอนตามระยะการเติบโตของอ้อย ในอ.ศรีสังขาลย์ จ.สุโขทัยในหนึ่งรอบการเพาะปลูก ซึ่งประกอบด้วย ระยะแตกกอ ระยะย่างปล้อง และระยะแก่และสุก โดยศึกษา 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน (ใบ ลำต้น และ สิ่งปกคลุมดิน) และ ส่วนที่อยู่ใต้พื้นดิน (ราก) และการสะสมคาร์บอนในดิน สำหรับพืชประเมินจากมวลชีวภาพและเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่างๆของอ้อย (ใบ ลำต้น และราก) สิ่งปกคลุมดิน ประเมินจากมวลชีวภาพ ซึ่งการประเมินมวลชีวภาพโดยนำส่วนต่างๆของอ้อยไปอบที่ 85 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ และการประเมินเปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอนในพืชโดยใช้วิธีการไตรเตรท, ในดินประเมินการสะสมคาร์บอนที่ดินชั้นบน (ระดับความลึก 0-30 ซม.) ของหน่วยดินตัวแทนที่ใช้ปลูกอ้อย เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีซึ่งประเมินจากอินทรีย์คาร์บอนในดินโดยใช้วิธี Walkley and Black method ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการสะสมคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อยในหนึ่งรอบการเพาะปลูก ซึ่งประกอบด้วย ในระยะแตกกอพบว่ามีปริมาณการสะสมคาร์บอนทั้งหมด 4,214.09 กก./ไร่ ประกอบด้วย ปริมาณการสะสมคาร์บอนในพืช 357.56 กก./ไร่ สิ่งปกคลุมดิน 40.43 กก./ไร่ และในดิน 3,816.10 กก./ไร่ สำหรับในระยะย่างปล้องพบว่ามีปริมาณการสะสมคาร์บอนทั้งหมด 7,648.37 กก./ไร่ ประกอบด้วย ปริมาณการสะสมคาร์บอนในพืช 702.38 กก./ไร่ สิ่งปกคลุมดิน 50.43 กก./ไร่ และในดิน 6,895.55 กก./ไร่ ตามลำดับ และในระยะแก่และสุกพบว่ามีปริมาณการสะสมคาร์บอนทั้งหมด 8,653.46 กก./ไร่ ประกอบด้วยปริมาณการสะสมคาร์บอนในพืช 1,373.92 กก./ไร่ สิ่งปกคลุมดิน 86.30 กก./ไร่ และในดิน 6,216.43 กก./ไร่ ตามลำดับ. ดังนั้นปริมาณการสะสมคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อยเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของพืช

คำสำคัญ : การสะสมคาร์บอน, อ้อย, ปริมาณคาร์บอน, จังหวัดสุโขทัย

1. บทนำ

ปัจจุบันสภาพภูมิอากาศของโลกเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากทั้งนี้เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นผลให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงขั้นวิกฤตและเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกหรือที่เรียกว่าภาวะโลกร้อนขึ้น (สวพิศ, 2550) ซึ่งโดยปกติโลกจะมีระบบการควบคุม

อุณหภูมิโดยธรรมชาติ แต่หลังจากยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมทำให้ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกได้เพิ่มสูงขึ้นในบรรยากาศอย่างรวดเร็ว โดยเพิ่มขึ้นจากประมาณ 280 ppmv ในปี 1950 เป็น 358 ppmv ในปี 1994 โดยมีอัตราการเพิ่มร้อยละ 0.6 ต่อปี (IPCC, 1995) เป็นผลให้ระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นในบรรยากาศมากกว่าที่ถูกระบุกลับไปตามธรรมชาติ ดังนั้นทำให้การเพิ่มขึ้นกับการปลดปล่อย

การบ่อนเกิดความไม่สมดุลกัน ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์

การบ่อนเป็นธาตุสำคัญซึ่งเป็นองค์ประกอบประมาณ 50% ของเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต (IPCC,1996)แหล่งสะสมคาร์บอนที่สำคัญได้แก่ในน้ำบรรยากาศ เชื้อเพลิง สิ่งมีชีวิตบนบกและในดิน (พจนีย์และทวิศักดิ์,2544) แต่ละปีการหมุนเวียนคาร์บอนในระบบนิเวศบกจะดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและเก็บกักคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพไว้ในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ ส่วนที่อยู่ใต้ดิน ได้แก่ ราก และในดินขณะเดียวกันก็มีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์คืนสู่บรรยากาศอีกครั้งโดยผ่านกระบวนการหายใจของส่วนต่างๆและกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ต่างๆ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการสะสมคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อย ทั้งนี้เนื่องจากอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยและการศึกษาสะสมคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มการดูดซับคาร์บอนในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศลงสู่พื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งพื้นที่เกษตรกรรมจะสามารถกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณมากหากมีการใช้เทคโนโลยีและการจัดการที่เหมาะสมเช่น การคัดเลือกพืชที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงสูง มีผลผลิตและกำลังการผลิตสูง สลายตัวยาก (มี lignin หรือ crude fiber สูง) มีระบบรากแน่นและลึกเพื่อที่จะได้สะสมอินทรีย์วัตถุลงในดินได้ลึก มีมวลชีวภาพสูง ซึ่งอ้อยน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งเนื่องจากอ้อยมีคุณสมบัติดังที่กล่าวมาข้างต้นอีกทั้งการศึกษานี้เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดระยะเวลาของการบ่อนไดออกไซด์ที่อยู่ในบรรยากาศโดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสงและไปเก็บไว้ในรูปของมวลชีวภาพโดยการเพิ่มปริมาณการสะสมคาร์บอนในพื้นที่เกษตรกรรมและยังเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อนด้วย

2. วิธีศึกษา

2.1 การเลือกพื้นที่ศึกษา

สำหรับการเลือกพื้นที่ศึกษาโดยใช้ข้อมูลอ้างอิงจากรายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2550/51 ของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลระบุว่าพื้นที่ อ.ศรีษะนาถ อ.สุโขทัยมีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 28,210 ไร่ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกอ้อยมาก ดังนั้นการเลือกจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาโดยนำข้อมูลชุดดินของ อ.ศรีษะนาถ อ.สุโขทัยมารวมกับข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อยในระดับอำเภอเพื่อให้ได้พื้นที่ปลูกอ้อยทุกชุดดินที่ทำการจำแนกกลุ่มชุดดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน จากนั้นกำหนดจุดเก็บตัวอย่างโดยการสุ่มตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา

2.2 การเก็บรวบรวมตัวอย่าง

2.2.1 มวลชีวภาพ

การเก็บตัวอย่างในพื้นที่ปลูกอ้อยโดยสุ่มเก็บตัวอย่าง 3 ครั้งตามระยะการเติบโตของอ้อย ในแปลงขนาด 40 x 40 ม² และเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ซ้ำ ซึ่งแต่ละแปลงจะทำการเก็บตัวอย่าง 5 แปลงย่อยขนาด 4x4 ม² จากนั้นชั่งน้ำหนักรวมของอ้อยในแต่ละแปลงซึ่งประกอบด้วยลำต้น ใบ และราก และคำนวณกลับเป็นมวลชีวภาพ

2.2.2 สิ่งปกคลุมดิน

การเก็บตัวอย่างที่พื้นผิวดินโดยสุ่มเก็บตัวอย่าง 3 ครั้งตามระยะการเติบโตของอ้อย ในแปลงขนาด 40 x 40 ม² โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ซ้ำ แต่ละแปลงจะเก็บตัวอย่าง 3 แปลงย่อยขนาด 1x1 ม² จากนั้นชั่งน้ำหนักรวมของสิ่งปกคลุมดินในแต่ละแปลงและนำมาคำนวณกลับเป็นมวลชีวภาพ

2.2.3 ดิน

การเก็บตัวอย่างดินโดยสุ่มเก็บตัวอย่าง 3 ครั้งตามระยะการเติบโตของอ้อย ในแปลงขนาด 40 x 40 ม² และเก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 ซ้ำซึ่งแต่ละแปลงจะทำการเก็บตัวอย่างที่ดินที่ชั้นบน (0-30 ซม.) แต่ละจุดเก็บตัวอย่างดินแบบรวม (composite sampling) ประมาณ 1 กิโลกรัม

เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการ

3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในพืช

การวิเคราะห์ปริมาณเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในมวลชีวภาพโดยนำตัวอย่างมวลชีวภาพส่วนต่างๆของอ้อยทั้งส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน (ลำต้น ใบ และสิ่งปกคลุมดิน) และส่วนที่อยู่ใต้พื้นดิน (ราก) มาวิเคราะห์ด้วยการไตรเดรทตามวิธีของ Walkley and Black method

3.2 การวิเคราะห์มวลชีวภาพ

➤ การวิเคราะห์มวลชีวภาพในพืช

การวิเคราะห์ปริมาณมวลชีวภาพในพืชโดยนำตัวอย่างมวลชีวภาพส่วนต่างๆของอ้อยซึ่งประกอบด้วยส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน (ลำต้น ใบ และ สิ่งปกคลุมดิน) และส่วนที่อยู่ใต้พื้นดิน (ราก) โดยนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นตัวอย่างเย็นลง นำมาชั่งน้ำหนักและคำนวณค่ามวลชีวภาพ

➤ การวิเคราะห์มวลชีวภาพในสิ่งปกคลุมดิน

การวิเคราะห์ปริมาณมวลชีวภาพในสิ่งปกคลุมดินโดยนำตัวอย่างมวลชีวภาพของสิ่งปกคลุมดินนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นตัวอย่างเย็นลง นำมาชั่งน้ำหนักและคำนวณค่ามวลชีวภาพ ดังสมการ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(\text{นน.สด} - \text{นน.แห้ง})}{\text{นน.แห้ง}} \times 100$$

$$\text{มวลชีวภาพ} = \frac{100 \times \text{นน.สด}}{\% \text{ ความชื้น} + 100}$$

3.3 การวิเคราะห์ดิน

➤ การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดิน

ในการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในดินจะวิเคราะห์จาก อินทรีย์คาร์บอนในดิน (SOC) โดยใช้วิธี Walkley and Black method

➤ การวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

1. คุณสมบัติทางกายภาพของดิน โดยทำการวิเคราะห์ โครงสร้างดิน ความหนาแน่นในดินและความชื้นในดินโดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน

2. คุณสมบัติทางเคมีของดิน โดยทำการวิเคราะห์ pH , EC, SOM, %OC , CEC , N , Avai-P , Avai-K

4 การประเมินปริมาณคาร์บอน

4.1 การประเมินปริมาณคาร์บอนในพืช

การประเมินปริมาณคาร์บอนในพืชโดยใช้ผลรวมของมวลชีวภาพของในแต่ละส่วนของพืช(ลำต้น ใบ และ ราก) และเปอร์เซ็นต์ของปริมาณคาร์บอนในแต่ละส่วนของพืช มาคำนวณดังนี้

$$C_T = C_S + C_L + C_R$$

$$C_S = \% \text{คาร์บอนของลำต้น} \times M_S$$

$$C_L = \% \text{คาร์บอนของใบ} \times M_L$$

$$C_R = \% \text{คาร์บอนของราก} \times M_R$$

โดย C_T = ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในพืช (กก./ไร่)

$$C_S = \text{ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในลำต้น(กก./ไร่)}$$

$$C_L = \text{ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในใบ (กก./ไร่)}$$

$$C_R = \text{ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในราก (กก./ไร่)}$$

$$M_S = \text{มวลชีวภาพของลำต้น (กก./ไร่)}$$

$$M_L = \text{มวลชีวภาพของใบ (กก./ไร่)}$$

$$M_R = \text{มวลชีวภาพของราก (กก./ไร่)}$$

4.2 การประเมินปริมาณคาร์บอนในสิ่งปกคลุมดิน

การประเมินปริมาณคาร์บอนในสิ่งปกคลุมดินคำนวณดังนี้

$$C_{ss} = 0.5M_{ss}$$

โดย M_{ss} = ปริมาณมวลชีวภาพในสิ่งปกคลุมดิน(กก./ไร่)

$$C_{ss} = \text{ปริมาณคาร์บอนในสิ่งปกคลุมดิน (กก./ไร่)}$$

4.3 การประเมินปริมาณคาร์บอนในดิน

การประเมินปริมาณคาร์บอนในดินจะเก็บดินที่ชั้นบน (0-30 ซม.) โดยนำมาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินร่วมกับความหนาแน่นของดินและปริมาณของดิน จากนั้นนำมาคำนวณ ดังนี้

$C_{\text{soil}} = \%OC \text{ ดินชั้นบน} \times D_b \times V$
 โดยที่ C_{soil} = ปริมาณคาร์บอนในดิน (กก./ไร่)
 D_b = ความหนาแน่นรวมของดิน (กก./ตร.ม.)
 V = ปริมาณดินชั้นบนที่ความลึก 0-30 ซม.
 (ตร.ม.ต่อไร่)

4.4 ประเมินปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมด

ปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมดของพื้นที่ปลูกอ้อย
 โดยคิดคำนวณจากปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของพืช
 ปริมาณคาร์บอนในสิ่งปกคลุมดินและปริมาณคาร์บอนใน
 ดิน ตามสมการดังต่อไปนี้

$C_{\text{Total}} = C_T + C_{SS} + C_{\text{Soil}}$
 โดย C_{Total} = ปริมาณคาร์บอนรวมทั้งหมดในพื้นที่ปลูกอ้อย
 (กก./ไร่)
 C_T = ปริมาณคาร์บอนรวมทั้งหมดของอ้อย (กก./ไร่)
 C_{SS} = ปริมาณคาร์บอนในสิ่งปกคลุมดิน (กก./ไร่)
 C_{Soil} = ปริมาณคาร์บอนในดิน (กก./ไร่)

5. ผลการวิจัย

5.1 มวลชีวภาพของพืช

การศึกษาปริมาณมวลชีวภาพของพืชโดยศึกษาจาก
 ส่วนต่างๆของพืช ได้แก่ ลำต้น ใบ และราก ตามระยะการ
 เจริญเติบโตของอ้อย ผลการศึกษาดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มวลชีวภาพเฉลี่ยของส่วนต่างๆในพืช (กก./ไร่)

ระยะการ เติบโต	มวลชีวภาพเฉลี่ยของส่วนต่างๆในพืช (กก./ไร่)			
	ลำต้น	ใบ	ราก	รวม
แตกกอ	664.63	122.20	86.24	873.07
ย่างปล้อง	1,660.60	392.43	291.11	2,344.14
แก่และสุก	2,121.14	572.30	583.73	3,277.17

5.2 มวลชีวภาพของสิ่งปกคลุมดิน

การศึกษามวลชีวภาพของสิ่งปกคลุมดิน ทั้ง 3
 ระยะการเจริญเติบโตของอ้อย ผลการศึกษาดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 มวลชีวภาพเฉลี่ยของสิ่งปกคลุมดิน (กก./ไร่)

ระยะการ เติบโต	มวลชีวภาพเฉลี่ยของสิ่งปกคลุมดิน(กก./ไร่)
แตกกอ	80.87
ย่างปล้อง	100.87
แก่และสุก	172.60

5.3 คุณสมบัติของดินในพื้นที่ปลูกอ้อย

การศึกษาคุณสมบัติของดินจากการสุ่มตัวอย่าง
 จาก 8 ชุดดินตัวแทนของแต่ละกลุ่มชุดดิน ได้แก่ ชุดดิน
 กำแพงแสน ชุดดินศรีสำราญ ชุดดินสันป่าตอง ชุดดิน
 โพนพิสัย ชุดดินแม่สาย ชุดดินชัยนาท ชุดดินมวกเหล็ก
 และชุดดินสัมพันธลาคดหน้าท่ายาง ของพื้นที่ศึกษาผล
 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี
 ของดิน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ชุดดินกำแพงแสนมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง

ระยะการ เติบโต	คุณสมบัติดิน					
	%moist	Db	pH	EC	%OC	CEC
แตกกอ	3.80	1.43	6.52	0.08	0.96	12.93
ย่างปล้อง	8.65	1.37	5.76	0.14	1.38	19.50
แก่และสุก	7.77	1.32	6.33	0.11	1.28	17.90

ตารางที่ 4 ชุดดินศรีสำราญมีเนื้อดินเป็นดินทรายแป้ง

ระยะการ เติบโต	คุณสมบัติดิน					
	%moist	Db	pH	EC	%OC	CEC
แตกกอ	2.94	1.59	6.03	0.04	1.16	16.93
ย่างปล้อง	12.29	1.46	6.15	0.06	1.39	13.90
แก่และสุก	9.12	1.48	5.51	0.06	1.35	14.50

ตารางที่ 5 ชุดดินสันป่าตองมีเนื้อดินเป็นดินทรายแป้ง

ระยะการ เติบโต	คุณสมบัติดิน					
	%moist	Db	pH	EC	%OC	CEC
แตกกอ	6.06	1.24	5.84	0.04	0.74	6.20
ข้างปล้อง	14.98	1.19	5.47	0.08	1.01	8.90
แก่และ สุก	11.74	1.10	6.22	0.06	0.51	14.30

ตารางที่ 6 ชุดดินโพนพิสัยมีเนื้อดินเป็นดินทรายแป้ง

ระยะการ เติบโต	คุณสมบัติดิน					
	%moist	Db	pH	EC	%OC	CEC
แตกกอ	3.17	1.56	6.33	0.04	0.96	13.00
ข้าง ปล้อง	12.47	1.41	6.06	0.07	1.17	10.90
แก่และ สุก	11.98	1.29	6.34	0.07	1.08	17.00

ตารางที่ 7 ชุดดินแม่สายมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง

ระยะการ เติบโต	คุณสมบัติดิน					
	%moist	Db	pH	EC	%OC	CEC
แตกกอ	5.31	1.36	5.92	0.06	0.51	6.67
ข้าง ปล้อง	15.74	1.19	5.08	0.11	0.81	13.80
แก่และ สุก	13.91	1.02	6.09	0.06	0.60	12.30

ตารางที่ 8 ชุดดินชัยนาทมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปน

ทรายแป้ง

ระยะการ เติบโต	คุณสมบัติดิน					
	%moist	Db	pH	EC	%OC	CEC
แตกกอ	2.08	1.41	6.19	0.04	0.95	8.80
ข้างปล้อง	14.99	1.31	5.69	0.08	1.33	13.80
แก่และสุก	12.21	1.28	6.31	0.07	1.23	21.73

ตารางที่ 9 ชุดดินมวกเหล็กมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปน

ทราย

ระยะการ เติบโต	คุณสมบัติดิน					
	%moist	Db	pH	EC	%OC	CEC
แตกกอ	1.23	1.31	6.12	0.01	0.88	2.93
ข้างปล้อง	10.54	1.30	5.98	0.08	1.20	6.50
แก่และ สุก	9.40	1.24	6.10	0.05	0.64	8.80

ตารางที่ 10 ชุดดินสัมพันธลัดหญ้าทำยางมีเนื้อดินเป็นดิน

ทรายแป้ง

ระยะการ เติบโต	คุณสมบัติดิน					
	%moist	Db	pH	EC	%OC	CEC
แตกกอ	1.83	1.26	6.12	0.03	0.28	2.73
ข้าง ปล้อง	16.11	1.17	6.02	0.09	0.57	7.20
แก่และ สุก	11.06	1.07	6.11	0.08	0.49	13.70

5.4 ปริมาณคาร์บอนในพืชและในดิน

การศึกษาปริมาณคาร์บอนจากพืช และดิน ตาม
ระยะการเจริญเติบโตของอ้อย ผลการศึกษาดังตารางที่ 3

ตารางที่ 11 ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยในพืช สิ่งปกคลุมดิน
และดิน (กก./ไร่)

ระยะการ เติบโต	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (กก./ไร่)			
	พืช	สิ่งปกคลุมดิน	ดิน	รวม
แตกกอ	357.56	40.43	3,816.10	4,214.09
ย่างปล้อง	702.38	50.43	6,895.55	7,648.37
แก่และสุก	1,373.92	86.30	6,216.43	7,676.65

5.5 ปริมาณการสะสมคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อย

ใน อ. ศรีษะนาถ จ.สุโขทัย

การศึกษาปริมาณคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อย
ใน อ. ศรีษะนาถ จ.สุโขทัย โดยศึกษาจากพืช สิ่งปกคลุม
ดินและดิน ตามระยะการเจริญเติบโตของอ้อย ผล
การศึกษาดังตารางที่ 4

ตารางที่ 12 ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (ตันคาร์บอน)

ระยะ เติบโต	ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย (ตันคาร์บอน)			
	พืช	สิ่งปก คลุมดิน	ดิน	รวม
แตกกอ	10,086.75	1,140.62	107,652.23	118,879.61
ย่างปล้อง	19,814.27	1,422.72	194,523.58	215,760.57
แก่และสุก	38,758.34	2,434.52	175,365.35	216,558.21

6. สรุปผลการวิจัย

6.1 การสะสมคาร์บอนในพื้นที่ปลูกอ้อย

สรุปได้ว่าการสะสมคาร์บอนในพืชและในดิน
เพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโต โดยมีการสะสม
คาร์บอนในดิน,พืช และ สิ่งปกคลุมดิน ตามลำดับ สำหรับ

การสะสมคาร์บอนในแต่ละส่วนของพืชพบว่าการ
สะสมคาร์บอนมากที่สุดในลำต้นทั้ง 3 ระยะการ
เจริญเติบโต คือ 273.15, 413.56 และ 823.77 กก./ไร่
ตามลำดับ เมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆของต้นอ้อย

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ตามแต่ละชุดดินพบว่า
ทุกชุดดินมีการสะสมคาร์บอนเพิ่มขึ้นตามระยะการ
เจริญเติบโต แต่อัตราการสะสมคาร์บอนแตกต่างกันตาม
คุณสมบัติของชุดดิน การดูแลจัดการพื้นที่ (การใส่ปุ๋ย และ
การกำจัดวัชพืช) โดยพบว่าในพื้นที่ที่มีการจัดการพื้นที่ที่
น้อยส่งผลต่อปริมาณการสะสมคาร์บอนรวมในพื้นที่
ศึกษาน้อยกว่าพื้นที่ที่ได้รับการจัดการอย่างสม่ำเสมอ

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพและ ปริมาณคาร์บอน

จากผลการศึกษาพบว่ามีมวลชีวภาพที่สะสมใน
ส่วนต่างๆของพืชมีความสัมพันธ์ทางบวกต่อปริมาณการ
สะสมคาร์บอนที่ส่วนต่างๆของพืชในแต่ละระยะการ
เจริญเติบโต คือ เมื่อพืชดูด CO₂ ในบรรยากาศมาใช้ใน
การสังเคราะห์แสงเพื่อเจริญเติบโตทำให้มวลชีวภาพของ
พืชเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้นตามไป
ด้วย โดยการศึกษาพบว่าการสะสมมวลชีวภาพมาก
ที่สุดในส่วนของลำต้น ใบ และราก ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่อง
อ้อยเป็นพืชล้มลุกที่มีลำต้นสูงได้ถึง 2-3 เมตร จึงสามารถ
สะสมมวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนในส่วนของลำต้น
มากกว่าส่วนอื่นๆของอ้อย

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติดินกับ ปริมาณคาร์บอน

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าจากระยะแตก
กอถึงระยะย่างปล้องการสะสมคาร์บอนในดินเพิ่มมากขึ้น
และต่อมาเมื่อถึงระยะย่างปล้องถึงระยะแก่และสุกปริมาณ
การสะสมคาร์บอนในดินลดลง สำหรับในพื้นที่ปลูกอ้อย
ของอำเภอศรีษะนาถ จังหวัดสุโขทัยพบว่ากลุ่มชุดดิน
กำแพงแสนและกลุ่มชุดดินศรีษะนาถมีการสะสม
คาร์บอนมากที่สุดเนื่องจากเป็นกลุ่มชุดดินที่มีความ
เหมาะสมในการปลูกอ้อยและมีการกระจายตัวอยู่มากใน

พื้นที่ศึกษาสำหรับกลุ่มชุดดินสันป่าตอง โพนพิสัย ชัยนาท แม่สาย และมวกเหล็กมีการสะสมคาร์บอนใกล้เคียงกันเนื่องจากเป็นกลุ่มชุดดินที่มีความเหมาะสมปานกลางในการเจริญเติบโตส่วนดินสัมพันธ์ลาดหญ้าทำขางมีการสะสมคาร์บอนต่ำที่สุดเนื่องจากเป็นกลุ่มชุดดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกอ้อยดำ

จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนในดินและเปอร์เซ็นต์คาร์บอนอินทรีย์ในดิน ผลการศึกษาพบว่าเมื่อค่าอินทรีย์วัตถุในพื้นที่ศึกษาสูง ค่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุในดินจะสูงขึ้นตามไปด้วยซึ่งทั้งปริมาณคาร์บอนในดินและเปอร์เซ็นต์คาร์บอนอินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตแต่เมื่อระยะแก่และสุกค่าคาร์บอนในดินและเปอร์เซ็นต์คาร์บอนอินทรีย์ในดินลดลง ทั้งนี้เนื่องจากระยะนี้มีเศษซากพืชและพืชปกคลุมดินสูงมากดังนั้นจึงส่งผลให้จุลินทรีย์ในดินเร่งเกิดการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุมากขึ้นและกระบวนการย่อยสลายนี้ยังเร่งการปลดปล่อยคาร์บอนในรูปแบบของคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ (Alan Wild,1993) ทั้งนี้การที่จุลินทรีย์เร่งการย่อยสลายทำให้ดินมีความร้อนชื้นมากขึ้นและความหนาแน่นของดินลดลงและส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินและความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมากขึ้นส่งผลให้ประจุบวกที่เกิดขึ้นดึงดูดประจุลบในอินทรีย์วัตถุไว้และปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้คุณสมบัติของดินในพื้นที่ศึกษามี ค่าความเป็นกรดต่ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการปลูกอ้อย คือ อยู่ในช่วง 6-8 สำหรับค่าการนำไฟฟ้าในระยะช่วงปล้องน้อยกว่าระยะแตกกอและระยะแก่และสุกเนื่องจากในระยะช่วงปล้องซึ่งเป็นฤดูฝนน้อยกว่าฤดูแล้งเนื่องจากน้ำฝนมาเจือจางทำให้ค่าความเค็มลดลง

จากการศึกษาสรุปได้ว่าคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีมีความสัมพันธ์ทางบวกกับการสะสมคาร์บอนของพื้นที่ศึกษา โดยจากผลแสดงให้เห็นว่าค่าการสะสมคาร์บอนในดินแตกต่างกันไปตามฤดูกาล

โครงสร้างดิน คุณสมบัติของดิน ธาตุอาหารในดิน และการจัดการในพื้นที่ (การใส่ปุ๋ยและการกำจัดวัชพืช) เป็นต้น นอกจากนี้การสะสมคาร์บอนในดินยังสัมพันธ์กับโครงสร้างของดินแต่ละชุดดินเนื่องจากแต่ละชุดดินมีคุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศประจำปี 2551 และความเห็นในรายงานผลการวิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

บรรณานุกรม

- พจน์ย์ มอญเจริญและทวีศักดิ์ วิเชียรศิลป์.2544.คาร์บอนในดินของประเทศไทย.กรุงเทพฯ:กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- สาพิศ ดิลกสัมพันธ์.2550.การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้กับสภาวะโลกร้อน.วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ ปีที่ 22 ฉบับที่ 3.
- อรรถชัย จินตะเวช .2547.การสะสมคาร์บอน.คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Alan Wild.1993.Soil and the Environment An Introduction. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC.1995.Technical Summary . Intergovernment Panel on Climate Change.WOM.Geveva.switzerland Intergovernment Panel on Climate Change (IPCC). Revised 2007 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory, Vol. 5. Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD), 2007
- IPCC.1996.Greenhouse Gas Inventory Reference Manual.Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press,Cambgidge.

QUANTITATIVE ANALYSIS OF HFCs, PFCs AND SF₆ EMISSION FROM THAILAND'S INDUSTRIES

Varittha Sriruang, Nathsuda Pumijumnong, Winai Nutmagul

Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University, Salaya, Nakhon Pathom, 73170, Thailand.

ABSTRACT

This study represented documentary research which sought to study the emission quantity of HFCs, PFCs and SF₆ in Thailand. The emission quantity was retrieved from the secondary data sources that collected by the relevant government agencies. The survey research was comprised of the production process, production output and the emission factors for each specific production process, extracted from the Revised 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories, Volume 3.

The results showed that the impact from the use of HFC-134a in the manufacturing and servicing of household refrigerators and mobile air-conditioning could be calculated during 2001-2006. Direct emission of HFCs base on CO₂ and carbon equivalent was 59,280,394 and 16,300,616 MT Carbon, respectively. The results showed that the impact from the use of SF₆ in the manufacture could be calculated during 2001-2006. Direct emission of SF₆ based on CO₂ and carbon equivalent was 29,473 and 8,038 MT Carbon, respectively.

The direct emission was calculated from the amount of HFCs, PFCs and SF₆ which leaked or were purged directly into the atmosphere. Direct emission from manufacturing and servicing refrigerators was increased. The different emission depended on the amount of GHG that was converted and compared to the amount of equivalent CO₂.

Key Words: Hydrofluorocarbons (HFCs)/ Perfluorocarbons (PFCs)/ sulphur hexafluoride(SF₆)/ Emission Factor/ Greenhouse Gas Inventory

1. INTRODUCTION

Global greenhouse gas (GHG) concentrations continue to increase, many states and nations are taking actions to reduce their emissions of greenhouse gases. The potential climate change impacts are a great concern of Thailand. The potential vulnerability to climate change of the tropical region stimulates the need for a comprehensive and careful adaptation plans and actions.

As a result, Thailand has a responsibility to fulfill part of the commitments of this convention for example report the national greenhouse gas inventory (Thailand Environment Institute, 1997).

HFCs, PFCs and SF₆ have been included in the Kyoto Protocol because they are powerful global warming gases. HFCs have GWPs (global warming potentials) that are typically between 1000 and 3000 times higher than that of CO₂ (March Consulting

Group,1998).Very powerful greenhouse gases, also known as high global warming potentials (GWPs) gases that are not naturally occurring, include HFCs, PFCs, and SF₆, are generated in a variety of industrial processes. They have much high GWPs then their concentration in the atmosphere and its influence on the greenhouse effect.

For resolving this problem, there is the necessary to know the primary data of the problem, i.e. sources of origin, emission process and quantitative GHGs. However, Thailand still lacks many primary data that essential in management GHGs inventory such as emission factor, which is suitable for country condition in order to plan the strategy of Thailand that has efficiency, including correspond to changing situations. This research will make the emission inventory of HFCs, PFCs and SF₆ from the industrial sector in Thailand.

2. MATERIALS AND METHODS

The study of “Quantitative analysis of HFCs, PFCs and SF₆ emission from Thailand’s Industries introduced the Mass-balance Approach” technique was the survey research consists of; 1) The production process for each specific industry 2) Production output, which if not available, will be base on the factory manufacturing capacity 3) Emission factors for each specific production process, extracted from the Revised 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories, Volume 3.The method of research was already carried out as follow.

2.1 Type of data.

In the study, all data and detail were studied and collected such as industrial facilities were then

grouped into categories, production data, emission factors and the method to the data situations. For this study, all data sources were studies as follows:

2.1.1 Documentary research

The study would include the data in seminar, articles, journals and text book concerning the research.

The import quantity of HFCs, PFCs and SF₆ into Thailand was retrieved from the secondary data source that collected by the relevant government agencies as follows:

-Department of Industrial Works, Ministry of Industry,

-Office of Custom, Ministry of Finance,
Department of Industrial Economics, Ministry of Industry,

-Department of Land Transportation, Ministry of Transportation,

This information would lead to the survey plan for the industries and products that have used HFCs, PFCs and SF₆.

2.1.2 Field survey

Owing to this study is the survey research. In order to study the appropriate guideline and local participation in the industrial facilities are produce emissions. By the data collection through the questionnaires. So as to collect within the suitable sampling group and for the analyze and the conclusion of case problem to propose the appropriate guideline.

The survey also included the amount of HFCs, PFCs and SF₆ that has been used in such enterprise as follows:

- Manufacturing – included the charging size and number of products that produce per year, etc.

- Servicing sector – survey and collected data about type of appliances, the charging size for each appliances, the number of appliances.

2.2 Tool for the research

2.2.1 Questionnaire

-Questionnaire the uses of HFCs, PFCs and SF₆.

-Questionnaire manufacturers and service providers of refrigeration equipment.

-Questionnaire mobile air-conditioning servicing shop.

2.2.2 In depth interview

This type of interview was applied to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories comprised of;

1) The production process for each specific industry.

2) The amount of activity or production of process Material in industrial, which if not available, will be base on the factory manufacturing capacity.

3) Emission factors for each specific production process, extracted from the Revised 2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories, Volume 3.

2.3 Data Analysis

These gases are inventoried separately and estimated using different methodologies from those used for the direct GHGs. Data analysis of this research was included:

1) The amount of products manufactured during 2001-2006.

2) The amount of HFCs, PFCs and SF₆ used in manufacturing and servicing sector during 2001-2006.

3) The amount of HFCs, PFCs and SF₆ loss in the manufacturing and servicing sector of products.

4) Direct emission of HFCs, PFCs and SF₆ from the manufacturing and servicing sector.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Effect to Global Climate Change from HFC, PFC, and SF₆ Emissions in Thailand

In this study calculations have been determined on the basis of HFC, PFC and SF₆ usage, from industries and service sectors.

The figures obtained from these calculations are the CO₂equivalent, caused by the leakage. This method is demonstrated as follows:

$$\begin{aligned} \text{Direct Emission (Equivalent CO}_2\text{)} \\ = \text{Leakage Amount} * \text{GWP} \end{aligned} \quad (1)$$

The carbon equivalent can be determined by the carbon content and the CO₂ equivalent, as follows;

$$\begin{aligned} \text{Direct Emission (Equivalent Carbon)} \\ = \text{Direct Emission (Equivalent CO}_2\text{)} * 12 / 44 \end{aligned} \quad (2)$$

3.3.1 The Use of HFCs

The study classified domestic industries that consumed HFCs in their process into 2 categories: manufacturing and servicing.

1) Manufacturing

- Household refrigeration industry

However, it was found that approximately 1% of the amount of refrigerant charged would be released to the atmosphere during the use of automatic charging machine or any other reason such as leaked system.

Based on figures in Table 4-3, the influence from the use of HFC-134a in the manufacture of household refrigerators could be calculated and shown

in Figure 1 .Direct emission of HFCs based on CO₂ and carbon equivalent was 4,837 and 1,319 MT, 5,532 and 1,509 MT, 6,501 and 1,773 MT, 7,611 and 2,076 MT, 7,947 and 2,167 MT and 8,282 and 2,259 MT in 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 and 2006, respectively.

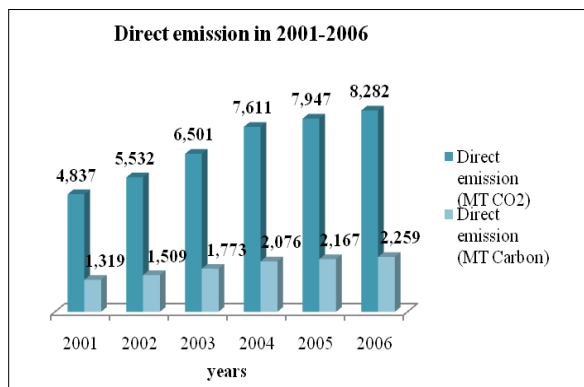


Figure 1 Direct emission of HFCs from the manufacture of household refrigerator.

- Mobile air-conditioning industry (MACs)

The seepage rate of HFC-134a from the use of refrigerant charging machines or any other reason such as leaking systems in MACs is approximately 1% of the charged size. The amount of HFC-134a leaked in the manufacturing process of MACs could be determined and is shown in Figure 2 and 3.

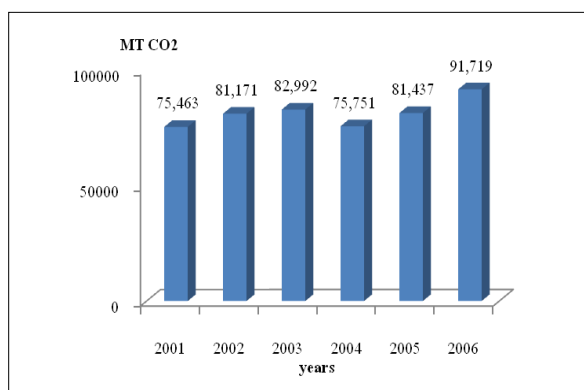


Figure 2 Direct emission of HFCs from the manufacture of mobile air-conditioning in 2004-2006.

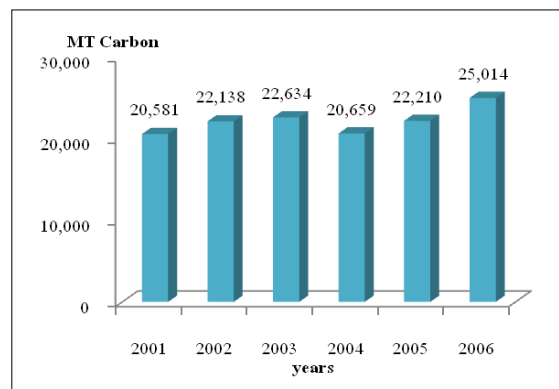


Figure 3 Direct emission of HFCs from the manufacture of mobile air-conditioning in 2004-2006.

2) Servicing

- Household refrigeration industry

According to figures in Table 4-7 and 4-8, the effect from the use of HFC-134a in the servicing sector of household refrigerators could be calculated and shown in Figure 4. Direct emissions of HFCs based on the CO₂ and carbon equivalent was 11,397.62 and 3,108.44 MT, 10,915.06 and 2,976.83 MT, 11,991.98 and 3,270.54 MT, 12,768.08 and 3,482.20 MT in 2003, 2004, 2005 and 2006, respectively.

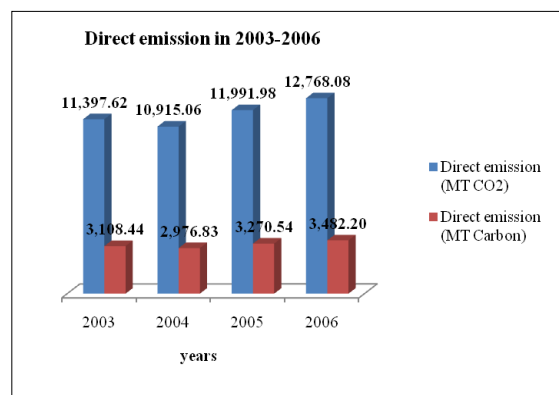


Figure 4 Direct emission of HFCs from servicing household refrigerator in Thailand.

- Mobile air-conditioning industry (MACs)

The number of vehicles installing MACs to be serviced is 36,917,252 units and the amount of HFC-134a used in servicing MACs is 91,065.56 MT. Figure 5 and 6, these showed the impact from the use of HFC-134a in servicing MACs. Direct emissions of HFCs based on the CO₂ and carbon equivalent was 59,192,612 and 16,143,440 MT, respectively.

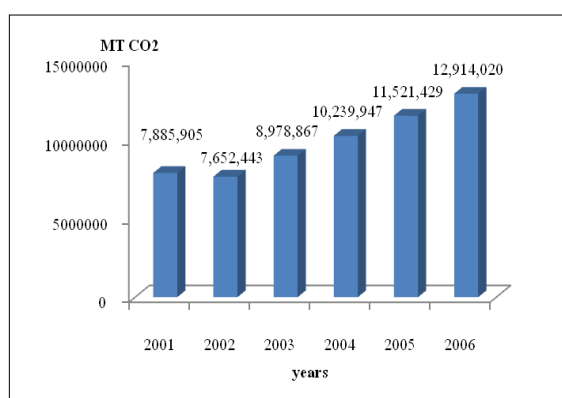


Figure 5 Direct emission of HFCs from servicing mobile air-conditioning in 2001-2006.

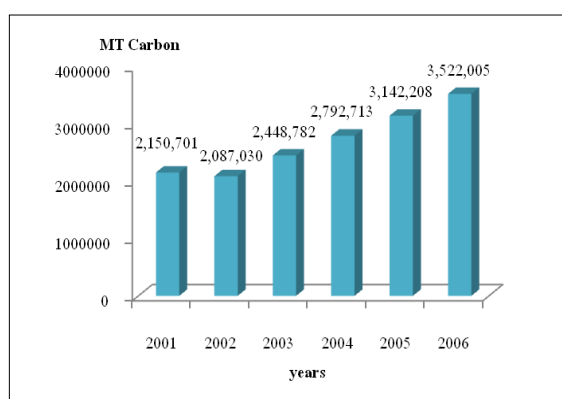


Figure 6 Direct emission of HFCs from servicing mobile air-conditioning in 2001-2006.

3.3.2 The Uses of SF₆

In order to establish the impact from the use of SF₆ in Thailand to climate change, as mentioned

above that the leakage rate of SF₆ during the operation is less than 1% per year according to the standard for SF₆ insulated electrical equipment, the imported amount of SF₆ during 2001-2006.

Figure 7 showed the import rates and the use of SF₆ in Thailand.

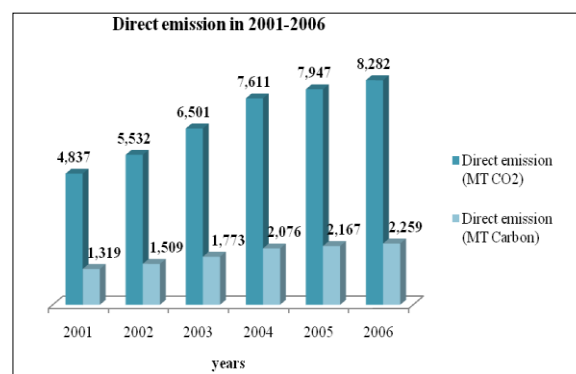


Figure 7 The Total Equivalent Warming Impact of SF₆

4. CONCLUSION

The Montreal Protocol that urge industries to phase out the use of CFCs and the Department of Industries Works have an active role to phase out the use of CFCs in industrial sector. Therefore, the quantity of HFCs imported into Thailand was 968.20 MT in 2001 to 1,681.89 MT 3,801.23 MT 11,712.91 and 18,275.93 MT in 2002, 2003, 2004 and 2005 respectively, then decreased to 8,502.77 MT in 2006.

PFCs is also the alternatives for CFCs that use as solvent but the use is in the specific area because it is so expensive. For the present study, it was found that PFCs were used as solvent for cleaning purpose in the instrument or equipment that require high accuracy and precision. It could not find out the amount using of PFCs and direct emission of PFCs due to unidentified

the classification of products and the volume of PFCs products.

For SF₆, it was found that the use of SF₆ is very specific. More than 90% of SF₆ is used as an insulator in the power-related applications such as insulator in circuit breaker, a switch gear for high or mid-voltage switch at the high voltage substation. The other is used as a degasser in aluminum-casted industry. The results showed that the impact from the use of SF₆, could be calculated during 2001-2006. Direct emission of SF₆ base on carbon equivalent was 29,473 and 8,038 MT Carbon, respectively.

In this study, the use of HFCs was found in manufacturing and service sector. The results showed that the impact from the use of HFC-134a in the manufacture of household refrigerators could be calculated during 2001-2006. Direct emission of HFCs base on carbon equivalent was 40,709 and 11,102 MT Carbon, respectively. The impact from the use of HFC-134a in the manufacture of mobile air-conditioning could be calculated during 2001-2006. Direct emission of HFCs base on carbon equivalent was 488,534 and 133,236 MT Carbon, respectively

The results showed the impact from the use of HFC-134a household refrigerators in servicing. Direct emission of HFCs based on CO₂ and carbon equivalent was 47,073 and 12,838 MT, respectively. The results showed the impact from the use of HFC-134a in mobile air-conditioning servicing. Direct emission of HFCs based on CO₂ and carbon equivalent was 59,192,612 and 16,143,440 MT, respectively.

Total direct emission of HFCs based on CO₂ and carbon equivalent was 4,837 and 1,319 MT, 5,532 and 1,509 MT, 6,501 and 1,773 MT, 7,611 and 2,076

MT, 7,947 and 2,167 MT and 8,282 and 2,259 MT in 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 and 2006, respectively.

REFERENCES

- IPCC, 1997: Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory. Published by UK Meteorological Office for the IPCC/OECD/IEA, Bracknell, United Kingdom.
- IPCC, 2007: Revised 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory. Published by UK Meteorological Office for the IPCC/OECD/IEA, Bracknell, United Kingdom.
- March Consulting Group. 1998. Opportunities to minimize emissions of Hydrofluorocarbons (HFCs) from the European Union. UK.
- Thailand Environment Institute, 1997. Thailand's 1994 National Inventory of Greenhouse Gases, a report submitted to Office of Environmental Policy and Planning, Bangkok, Thailand.

Project Report

การวัดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของรากและจุลินทรีย์ในดินป่าเต็งรัง

In Situ Measurement CO₂ Emission from Root and Soil Respirations in Dry Dipterocarp Forest

พงษ์เทพ หาญพัฒนากิจ ¹⁾ และ อำนาจ ชิดไชยสง ^{*2)}

1) บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถ. ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 E-mail: i_am_topten@yahoo.com

* E-mail of corresponding author: amnat_c@jgsee.kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ป่าไม้มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ทั้งนี้เนื่องจากป่าไม้เป็นทั้งแหล่งกักเก็บและปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โดยรวมป่าไม้ปลดปล่อยก๊าซ CO₂ สู่บรรยากาศมากเป็นลำดับต้นๆ เมื่อเทียบกับแหล่งต่าง ๆ บนโลก โดยกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในการปล่อยก๊าซ CO₂ ในป่าไม้คือ การหายใจจากผิวดิน (soil respiration) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ การหายใจจากจุลินทรีย์ (microbial respiration) และการหายใจจากราก (root respiration) การศึกษาครั้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO₂ จากการหายใจของราก (root respiration, R_p) และการหายใจของจุลินทรีย์ (microbial respiration, R_m) รวมถึงศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการหายใจในป่าเต็งรัง ในจังหวัดราชบุรี (13° 35' 13.3" N, 99° 30' 3.9" E) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2551 – มกราคม ปี 2552 โดยทำการวัดด้วยวิธี automated chamber และการหายใจของรากและจุลินทรีย์ถูกแยกออกจากกันด้วยวิธี Trenching method ผลการศึกษาพบว่า อัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากดินป่าเต็งรังในแต่ละเดือนมีความผันแปรค่อนข้างสูง โดยมีความสัมพันธ์กับความชื้นในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับอัตราปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากการหายใจผิวดินในป่าเต็งรัง ในระยะเวลา 1 ปี มีค่าเท่ากับ 3.06 kgCO₂ m⁻² year⁻¹ หรือ 8.36 tC ha⁻¹ year⁻¹ ซึ่งมาจากการหายใจของราก เท่ากับ 1.08 kgCO₂ m⁻² year⁻¹ หรือ 2.95 tC ha⁻¹ year⁻¹ (คิดเป็นสัดส่วน 35%) และ การหายใจของจุลินทรีย์ เท่ากับ 1.99 kgCO₂ m⁻² year⁻¹ หรือ 5.42 tC ha⁻¹ year⁻¹ (คิดเป็นสัดส่วน 65%)

คำสำคัญ การหายใจจากผิวดิน การหายใจจากจุลินทรีย์ การหายใจจากราก ป่าเต็งรัง

1. บทนำ

ภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน เกิดขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases หรือ GHG) ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศมีความแปรปรวน ส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่อาศัยอยู่บนโลก ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไน

ตรัสออกไซด์ (N₂O) เป็นต้น ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ทั้งสิ้น นับตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรมได้เริ่มขึ้น ความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ เฉลี่ยทั่วโลก ได้เพิ่มขึ้นจาก 285 ppm ในปี ค. ศ. 1850 (parts per million on a volume basis) เป็น 367 ppm ในปี ค.ศ. 1999 ซึ่งมีอัตราเพิ่มขึ้นเฉลี่ย เท่ากับ 0.5% ต่อปี (IPCC, 2001) โดยแหล่งปลดปล่อยหลักคือ การเผาไหม้พลังงานฟอสซิลและการตัดไม้ทำลายป่า

ป่าไม้มีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและต่อปริมาณคาร์บอนในบรรยากาศ เนื่องจากเป็นแหล่งดูดซับก๊าซ CO_2 จากบรรยากาศ (carbon sequestration) ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) เพื่อนำมาเก็บกับไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (biomass) ในขณะเดียวกัน ป่าไม้ปลดปล่อยก๊าซ CO_2 สู่อากาศโดยกระบวนการหายใจของพืช ได้แก่ ใบ ราก ลำต้น และการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จากผิวดิน (soil respiration) จากกระบวนการย่อยซากพืชและสัตว์ของจุลินทรีย์ในดินและการหายใจของสัตว์ในดิน นอกจากนี้ ในป่าบางประเภท เช่น ป่าเต็งรัง และ ป่าเบญจพรรณ ไฟป่าก็นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนสู่อากาศเช่นกัน

กิจกรรมจากกระบวนการหายใจผิวดินในป่า (soil respiration) มีความสำคัญต่อวัฏจักรคาร์บอนบนโลก เนื่องจากเป็นแหล่งปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ที่มากที่สุด ในบรรดากระบวนการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จากระบบนิเวศบนบก Raich และ Potter (1995) ได้ศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการหายใจผิวดินทั่วโลกพบว่ามีความเท่ากับ 77 PgC yr^{-1} ซึ่งกิจกรรมดังกล่าว เกิดจากการหายใจของราก (root respiration, R_b) หรือ autotrophic respiration และการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน (microbial respiration, R_m) หรือ heterotrophic respiration ตามสมการที่ 1

$$R_s = R_b + R_m \quad (1)$$

เนื่องจากปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในดินป่ามีจำนวนมาก การเปลี่ยนแปลงปริมาณเพียงเล็กน้อย ก็สามารถส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศได้ อีกทั้งการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภายนอกของกระบวนการหายใจทั้งสองก็แตกต่างกัน ฉะนั้นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปริมาณการหายใจ และการปฏิสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมจึง

เป็นเรื่องสำคัญในการที่จะช่วยให้เราคาดการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อระบบนิเวศป่าไม้ รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตมนุษย์ด้วย อย่างไรก็ตาม ความรู้ในเชิงลึกเกี่ยวกับการศึกษาวิจัยดังกล่าว ของประเทศไทยมีค่อนข้างจำกัด ดังนั้นในการศึกษารุ่นนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสัดส่วนการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการหายใจของราก (root respiration, R_b) และการหายใจของจุลินทรีย์ (microbial respiration, R_m) รวมถึงปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการหายใจผิวดิน ในป่าเต็งรัง

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษาการปลดปล่อย CO_2 จากการหายใจผิวดิน (soil respiration) ในป่าเต็งรัง จังหวัดราชบุรี มีการดำเนินการด้วยวิธี automated chamber เป็นระยะเวลารวมทั้งสิ้น 1 ปี โดยเริ่มเก็บผลการทดลองครั้งแรก ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2551 – มกราคม 2552 ซึ่งมีขั้นตอนตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษาอัตราการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการหายใจของรากและจุลินทรีย์ในดินป่าเต็งรังได้ดำเนินการศึกษาบริเวณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตราชบุรี ตั้งอยู่ ณ ตำบลรางบัว อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี โดยมีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 118 เมตร มีพื้นที่ป่าเต็งรังโดยรวมประมาณ 187.2 เฮกเตอร์ โดยลักษณะพื้นที่ป่าดังกล่าว มีอายุมากกว่า 50 ปี เป็นป่าเสื่อมโทรม ซึ่งเกิดจากชาวบ้านบริเวณใกล้เคียงได้มีการตัดไม้เพื่อใช้ในการอุปโภค เช่น ทำที่อยู่อาศัย เผาถ่าน เป็นต้น ผู้ดำเนินการวิจัย ได้ทำการสำรวจความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นไม้เมื่อเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนมิถุนายน 2551 พบว่า มีความสูงเฉลี่ย 4.57 เมตร และเส้นรอบวงเฉลี่ย 15.97 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งชนิดของต้นไม้ที่พบบริเวณพื้นที่ดังกล่าว มี

ต่อหน่วยเวลา ($\text{mg CO}_2 \text{ m}^{-3} \text{ hr}^{-1}$)

2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (Bulk density) ดำเนินการตามวิธี non-disturbance โดยใช้ Soil core (Gee and Bauder, 1982) การวิเคราะห์ห่อนุภาคและเนื้อดินใช้วิธี Hydrometer method โดยใช้ตัวอย่างดินที่ผ่านการอบที่ 105 °C นานจนกระทั่งน้ำหนักของดินคงที่ (Blake and Harge, 1986) การวัด pH ของดินใช้ Glass electrode โดยใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำเป็น 1:1 ส่วนความเข้มข้นคาร์บอนในดิน (Organic carbon content หรือ %OC) ใช้วิธี Walkley and Black และการวิเคราะห์เนื้อดิน (soil texture) ใช้วิธี Bouyoucous soil particles size analysis method

3. ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

จากการศึกษาชั้นหน้าตัดดินและทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษาคุณสมบัติของดินป่าเต็งรัง เมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2551 ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทั่วไปของดินป่าเต็งรัง ราชบุรี

Sampling depth (cm)	pH	Bulk density (g cm ⁻³)	% Organic matter	% Organic carbon	Texture	Present separate (%)		
						Sand	Silt	Clay
0-10	5.10	1.48	0.85	0.49	loamy sand	78.00	19.50	2.50
10-20	5.00	1.46	0.86	0.50	loamy sand	77.40	19.60	3.00
20-30	4.80	1.40	0.85	0.49	loamy sand	78.60	17.90	3.50
30-40	4.80	1.44	1.06	0.61	loamy sand	76.80	20.20	3.00
40-50	4.80	1.40	1.02	0.59	loamy sand	76.20	20.30	3.50
50-60	4.80	1.34	0.36	0.21	loamy sand	74.70	22.30	3.00
60-70	4.90	1.38	0.53	0.31	sandy loam	73.00	23.50	3.50
70-80	4.90	1.43	0.63	0.37	loamy sand	78.50	18.50	3.00
80-90	4.90	1.37	0.69	0.40	loamy sand	77.80	18.20	4.00
90-100	4.90	1.42	0.54	0.31	sandy loam	66.90	28.60	4.50

ผลการศึกษาพบว่าดินบริเวณป่าเต็งรังส่วนใหญ่มีสมบัติเป็นกรด ซึ่งมีค่า pH ประมาณ 5 ค่า pH ลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่า pH ระหว่างดินชั้นบนและชั้นล่างไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก ส่วน Bulk density มีค่าอยู่ระหว่าง 1.3 – 1.4 g cm⁻³ และลักษณะของเนื้อดินในป่าเต็งรังนี้เป็นดินร่วนปนทราย (loamy sand) ยกเว้นชั้นดินที่ระดับความลึก 60-70 และ 90-100 เซนติเมตรมีลักษณะเนื้อดินเป็นทรายปนร่วน (sandy loam) ผลการวิเคราะห์ดินพบว่า การสะสมปริมาณคาร์บอนในดินจะพบมากอยู่ในดินชั้นบนและลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น โดยดินที่ป่าเต็งรังนี้อยู่ที่ประมาณร้อยละ 0.5 แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในป่าธรรมชาติชนิดต่าง ๆ มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสังคมพืช ลักษณะภูมิอากาศ และลักษณะภูมิประเทศ จากการประมาณค่าเบื้องต้นพบว่า ป่าดงดิบมีการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพมากที่สุด รองลงมาคือป่าเบญจพรรณ ในขณะที่ป่าเต็งรังมีการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพต่ำที่สุด (Tangtham and Tantasirin, 1997)

3.2 การปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากการหายใจของดิน

จากข้อมูลอัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากดินเฉลี่ยในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2551 ถึงเดือน มกราคม 2552 ของดินป่าเต็งรัง แสดงในรูปที่ 2 โดยจะเห็นอัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ และสัดส่วนการหายใจจาก จุลินทรีย์และรากของดินป่าเต็งรังผันแปรตามฤดูกาล สำหรับอัตราปลดปล่อยก๊าซ CO₂ จากการหายใจผิวดินในป่าเต็งรัง ในระยะเวลา 1 ปี มีค่าเท่ากับ 3.06 kgCO₂ m⁻² year⁻¹ หรือ 8.36 tC ha⁻¹ year⁻¹ ซึ่งมาจากการหายใจของราก เท่ากับ 1.08 kgCO₂ m⁻² year⁻¹ หรือ 2.95 tC ha⁻¹ year⁻¹ (สัดส่วน 35%) และ การหายใจของจุลินทรีย์ เท่ากับ 1.99 kgCO₂ m⁻² year⁻¹ หรือ 5.42 tC ha⁻¹ year⁻¹ (สัดส่วน 65%) ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า การหายใจ

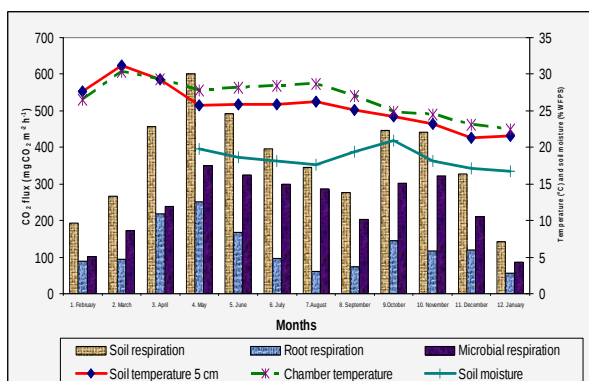
3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจของดินและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม

3.3.1 ความชื้นในดิน

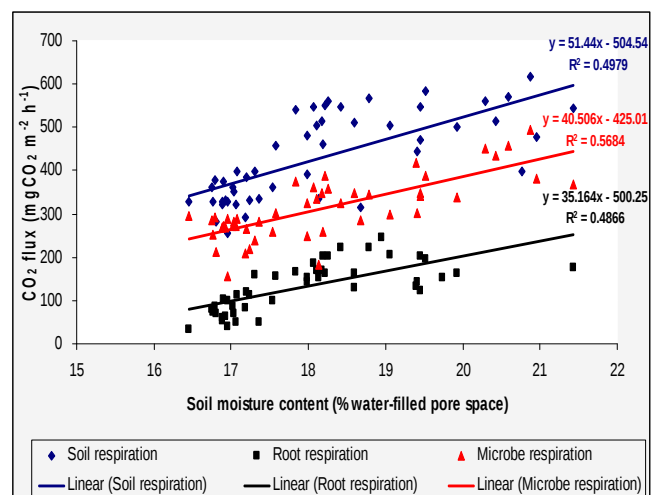
ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินและอัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ในดินป่าเต็งรัง พบว่า การหายใจจากจุลินทรีย์มีการตอบสนองต่อปริมาณความชื้นในดินหรือปริมาณน้ำฝนมาก โดยอัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เพิ่มขึ้นจาก 100 $\text{mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ในเดือนกุมภาพันธ์ เป็น 400 $\text{mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$

อย่างไรก็ตาม

การหายใจของรากมีการตอบสนองต่อปริมาณความชื้นในดินค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับการหายใจของจุลินทรีย์ โดยอัตราการเพิ่มขึ้นของการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จาก 60 $\text{mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ในเดือนกุมภาพันธ์ เป็น 200 $\text{mgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ และเมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น พบว่า การหายใจของดิน ราก และจุลินทรีย์ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99% และมีความ R^2 เท่ากับ 0.50 0.49 และ 0.57 ตามลำดับ (รูปที่ 3)



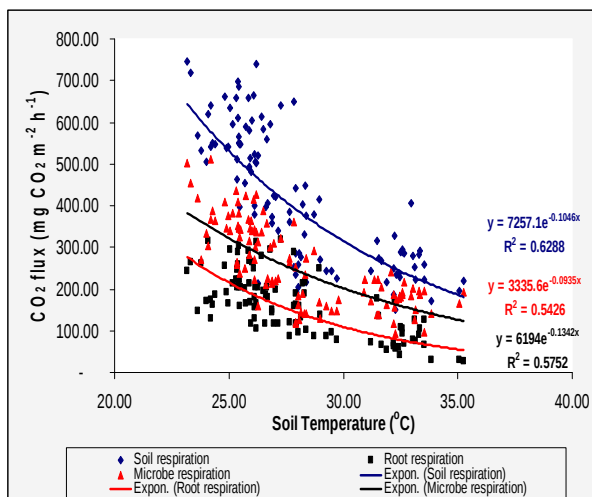
รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนของ CO_2 flux จากการหายใจของผิวดิน ราก และจุลินทรีย์ รวมถึงอุณหภูมิอากาศและดิน ความชื้นในดิน (% water-filled pore space) ในป่าเต็งรัง จังหวัดราชบุรี ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2551 ถึง เดือน มกราคม 2552



รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจรวมของดิน ราก และจุลินทรีย์ กับความชื้นในดิน ป่าเต็งรัง

3.3.2 อุณหภูมิดิน

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิดินและอัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จากการหายใจของดิน ราก และจุลินทรีย์ มีผลความสัมพันธ์ลดลงเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น (รูปที่ 4) เนื่องจากอุณหภูมิ ณ แปลงทดลองค่อนข้างสูง ซึ่งไม่เหมาะสมกับการทำกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต ส่งผลให้อัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ต่ำ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Flanagan and Veum (1974) ที่พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดต่อการหายใจของจุลินทรีย์ มีค่าเท่ากับ 23°C ในระบบนิเวศแบบ tundra ในประเทศสวีเดน ซึ่งอุณหภูมิเฉลี่ยของแปลงทดลองมีค่ามากกว่า 25°C (อยู่ในช่วง $25 - 31^\circ\text{C}$)



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการหายใจของดิน ราก และจุลินทรีย์ กับอุณหภูมิดิน ป่าเต็งรัง

4. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า อัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จากดินเฉลี่ย ของดินป่าเต็งรังในระยะเวลา 1 ปี มีค่าเท่ากับ $3.06 \text{ kgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ หรือ $8.36 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ ซึ่งมาจากการหายใจของราก เท่ากับ $1.08 \text{ kgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ หรือ $2.95 \text{ tC ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ (สัดส่วน 35%) และการหายใจของจุลินทรีย์ เท่ากับ $1.99 \text{ kgCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ หรือ 5.42 tC

$\text{ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ (สัดส่วน 65%) นอกจากนี้ยังพบว่าความชื้นในดิน มีอิทธิพลต่ออัตราการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 ของดินป่าเต็งรัง

ทั้งนี้ การศึกษาการปลดปล่อยจากการหายใจจากดินเป็นงานวิจัยที่มีการศึกษาค้นคว้าน้อยสำหรับประเทศไทย ฉะนั้น ควรมีศึกษาที่ต่อเนื่องและมีระยะเวลาที่ยาวพอสมควร จะทำให้เข้าใจถึงกระบวนการดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับความเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการทดลอง จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตราชบุรี และได้รับทุนสนับสนุนจากบัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม รวมถึงสำนักงานกองทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ประจำปี 2550 และ Earth System Science Research Development Center มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

6. เอกสารอ้างอิง

มนัญญา เพียรเจริญ, อรวรรณ ดวงกักดี, ปทุม จันทน์น่าย.

ธัญญารัตน์ คงขุนเทียน, รัฐพล สวัสดิ์, ประทักษ์ สวัสดิ์ผล, ปิยาภา บุนนาค, สุภาวดี รุจิอาจ, ศราวุฒิจันทร์แฉล้ม, วัลลภา นาคมี, ปรีชา รอดอิม, มลฤดีเพ็งสง่า. คู่มือพรรณไม้ป่าเต็งรัง. พิมพ์ครั้งที่ 1.

กรุงเทพมหานคร. 2551.

D. Epron, L. Farque, E. Lucot and P.M. Badot, **Plant and Soil**, 56, (1999) pp. 289-295.

D.L. Kelting, J.A. Burger and G.S. Edwards, **Soil Biology and Biochemistry**, 30, (1998) pp. 961-968.

G. R. Blake and K. H. Hartge. "Methods of soil

analysis: Part 1 : Physical and Mineralogical Methods”. **Monograph Number 9**. 1st. ASA, Madison, WI, 1986.

Technology Rights Department in Oxford, UK. 2006.

G. W. Gee and J. W. “Bauder. Methods of soil analysis: Part 1 : Physical and Mineralogical Methods”. **Monograph Number 9**. 1st. ASA, Madison, WI, 1982.

IPCC. “Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories”. **IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Technical Support Unit**, Kanagawa, Japan 2001.

J.W. Raich and C.S. Potter, **Biogeochemical Cycles**, 9, (1995), pp. 23-36.

P.J. Hanson, N.T. Edwards, C.T. Garten and J.A. Andrews, **Biogeochemistry**, 48, (2000), pp. 115-146.

P.W. Flanagan and A.K. Veum, “Relationships between respiration, weight loss, temperature and moisture in organic residues on tundra Sweden” **In: Soil organisms and decomposition in tundra**. 1974, Stockholm, Sweden.

N. Tangtham and C. Tantasirin. “An assessment of policies to reduce carbon emissions in the Thai forestry sector with emphasis on forest protection and reforestation for conservation”, **Proceedings of FORTROP’96 International Conference**, 25-28 November 1996, Bangkok, Thailand.

R.D. Bowden, K.J. Nadelhoffer, R.D. Boone, J.M. Mellilo and J.B. Garrison, **Canadian Journal of forest Research**, 23, (1993) pp. 1402-1407.

Y. Luo, and X. Zhou, **Soil respiration and the environment**. 1st. Elsevier's Science &