รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

สถานภาพและผลกระทบการผลิตวัตถุดิบทางการเกษตรสำหรับการผลิตแกโซฮอล E10, E20 และ E22

Production Status of Agricultural Feedstocks for Gasohol E10, E20 and E22

ภายใต้โครงการ

การวิจัยเชิงนโยบายในการใช้แกโซฮอล E10 แทนเบนซิน 91 และแกโซฮอล E20, E22 แทนเบนซิน 95 และแกโซฮอล 95

โดย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้าโครงการ	:	รศ.ดร.เอ็จ	สโรบล
ผู้ร่วมวิจัย	:	ดร.สุดเขตต์	นาคะเสถียร
		ดร.เกื้อกูล	ปิยะจอมขวัญ
		ดร.ปฐมา	จาตกานนท์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

พ.ศ. 2553

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ส่วนที่ 1 รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย **(ภาษาไทย)** สถานภาพและผลกระทบการผลิตวัตถุดิบทางการเกษตรสำหรับการผลิตแกโซฮอล E10, E20 และ E22

(ภาษาอังกฤษ) Production Status of Agricultural Feedstocks for Gasohol E10, E20 and E22

ชื่อแผนงานวิจัย **(ภาษาไทย)** การวิจัยเชิงนโยบายในการใช้แกโซฮอล E10 แทนเบนซิน 91 และแกโซฮอล E20, E22 แทนเบนซิน 95 และแกโซฮอล 95

(ภาษาอังกฤษ) Policy Research on Gasohol E10 to Replace Gasoline 91 and Gasohol E20, E22 to Replace Gasoline 95 and Gasohol 95

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2553 **จำนวนเงิน** 400,000.- บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 12 เดือน **ตั้งแต่** พฤษภาคม 2553 ถึง พฤษภาคม 2554

หน่วยงานและผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขหมายโทรศัพท์

หัวหน้าโครงการ รศ.ดร.เอ็ด สโรบล (Ed Sarobol)

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กทม. 10900

โทร. 0-2579-3130, 0-2579-4371 โทรสาร 0-2579-8580

E-mail: agred@ku.ac.th

ความรับผิดชอบต่อโครงการที่เสนอ ร้อยละ 30

ผู้ร่วมวิจัย (1) ดร.สุตเขตต์ นาคะเสถียร
ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม
โทรศัพท์ 034-282494-8 ต่อ 321
โทรสาร 034- 282498
E-mail: sutkhet.n@ku.ac.th

ความรับผิดชอบต่อโครงการที่เสนอ ร้อยละ 25

(2) ดร.เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (Kuakoon Piyachomkwan)
หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง
ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
โทรศัพท์/โทรสาร: 02-940-5634
E-mail: kuakoon@biotec.or.th

ความรับผิดชอบต่อโครงการที่เสนอ ร้อยละ 25

(3) ดร.ปฐมา จาตกานนท์
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์/โทรสาร: 02-940-5634
Email: aappmc@ku.ac.th

ความรับผิดชอบต่อโครงการที่เสนอ ร้อยละ 20

สารบัญเรื่อง

	หน้า
หน้าปก	ก
สารบัญเรื่อง	ค
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 หลักการและเหตุผล	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1-3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1-3
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการ	1-3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1-4
1.6 วิธีการดำเนินการ	1-4
บทที่ 2 นโยบายและสถานการณ์เอทานอล	
2.1 สถานการณ์เอทานอลของไทยในปัจจุบัน	2-1
2.1.1 สถานการณ์การผลิต	2-1
2.1.2 สถานการณ์ความต้องการใช้เอทานอล	2-3
2.2 นโยบายและยุทธศาสตร์เอทานอล	2-6
2.2.1 ยุทธศาสตร์เอทานอล	2-6
2.2.2 เป้าประสงค์ของยุทธศาสตร์เอทานอล	2-6
2.2.3 เป้าหมายของยุทธศาสตร์	2-6
2.3 โครงการส่วนพระองค์	2-11
2.4 การผลิตเอทานอลในประเทศไทย	2-12
2.5 เปรียบเทียบความต้องการเอทานอลกับสถานภาพวัตถุดิบ	2-14
2.6 ประโยชน์ที่ได้จากการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง	2-15
2.7 ปัญหาและอุปสรรคของอุตสาหกรรมเอทานอลไทย	2-16
บทที่ 3 เอทานอล	
3.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเอทานอล	3-1
3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักเอทานอล	3-2
3.2.1 การหมักเอทานอลจากวัตถุดิบประเภทน้ำตาล	3-3

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 ตัวอย่างกระบวนการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบประเภทน้ำตาล (กากน้ำตาล)	3-4
3.2.3 การหมักเอทานอลจากวัตถุดิบประเภทแป้ง	3-9
3.2.4 ตัวอย่างกระบวนการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบประเภทแป้ง (มันสำปะหลัง)	3-10
3.2.5 การหมักเอทานอลจากวัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลส	3-13
บทที่ 4 อ้อยและกากน้ำตาล	
4.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอ้อย	4-1
4.1.1 พันธุ์อ้อย	4-2
4.1.2 การปลูกอ้อย	4-9
4.1.3 การสร้างและการสะสมน้ำตาลในอ้อย	4-12
4.2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกากน้ำตาล	4-15
4.2.1 ชนิดของกากน้ำตาล	4-16
4.2.2 กรรมวิธีการผลิตกากน้ำตาล (by product)	4-17
4.2.3 การใช้ประโยชน์จากกากน้ำตาล	4-18
บทที่ 5 สถานภาพของอ้อยและกากน้ำตาลที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอล	
5.1 วัตถุดิบและกากน้ำตาล	5-1
5.1.1 อ้อย	5-1
5.1.2 กากน้ำตาล	5-3
5.2 สถานการณ์อ้อยปี 2553 ของโลก	5-3
5.2.1 การผลิต	5-3
5.2.2 การตลาด	5-3
5.3 สถานการณ์อ้อยโรงงานปี 2553 ของไทย	5-4
5.3.1 การผลิต	5-4
5.3.2 การตลาด	5-5
5.4 แนวโน้มของอ้อยปี 2554 ของโลก	5-6
5.4.1 การผลิต	5-6
5.4.2 การตลาด	5-6
5.5 แนวโน้มของอ้อยปี 2554 ของไทย	5-7

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
5.5.1 การผลิต	5-7
5.5.2 การตลาด	5-7
5.6 ประมาณการปริมาณอ้อยและกากน้ำตาลสำหรับผลิตเอทานอล	5-10
5.7 ผลผลิตอ้อยและกากน้ำตาล	5-12
5.8 สำรวจการผลิตของโรงงานน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	5-13
5.9 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกรชาวไร่อ้อยและการส่งออก	5-17
5.10 ปัจจัยในการเพิ่มผลผลิตของอ้อยและกากน้ำตาล	5-18
5.10.1 น้ำ	5-18
5.10.2 ดิน	5-22
5.10.3 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของอ้อย	5-24
5.10.4 พันธุ์อ้อย	5-29
5.11 กรณีตัวอย่างของการเพิ่มผลผลิตอ้อย	5-30
5.11.1 การปลูกอ้อยระบบน้ำหยด	5-30
5.11.2 การปลูกอ้อยแบบ 1 ร่อง 4 แถว ด้วยระบบน้ำหยอด	5-33
5.11.3 เทคนิคการปลูกอ้อยโดยไม่มีการให้น้ำ	5-34
5.11.4 เทคนิคการปลูกอ้อยโดยไม่มีการให้น้ำ	5-35
5.11.5 โครงการปลูกอ้อย 100 ตันต่อไร่	5-37
บทที่ 6 มันสำปะหลัง	
6.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง	6-1
6.2 พันธุ์มันสำปะหลัง	6-2
6.2.1 ลักษณะพันธุ์	6-2
6.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและวิธีการปลูก	6-18
6.3.1 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและการจัดการในการปลูกมันสำปะหลัง	6-18
6.3.2 ฤดูปลูก	6-18
6.3.4 การเตรียมดิน	6-19
6.3.5 วิธีการปลูก	6-19
6.3.6 กรณียกร่องปลูก ให้ปลูกบนสันร่อง	6-20
6.3.7 การให้ปุ๋ย	6-20
6.3.8 อายุการเก็บเกี่ยว	6-20

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
6.3.9 วิธีการเก็บเกี่ยว	6-20
6.3.10 วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว	6-21
6.4 โรคมันสำปะหลังที่สำคัญ	6-21
6.5 ศัตรูของมันสำปะหลัง	6-33
6.5.1 ชนิดของแมลงศัตรู	6-33
6.5.2 สรุปแนวทางการป้องกันกำจัดศัตรูมันสำปะหลัง	6-42
6.6 ปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง	6-43
บทที่ 7 สถานภาพของมันสำปะหลังที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอล	
7.1 สถานการณ์มันสำปะหลังปี 2553 ของโลก	7-1
7.1.1 การผลิต	7-1
7.1.2 การตลาด	7-1
7.2 สถานการณ์มันสำปะหลังปี 2553 ของไทย	7-2
7.2.1 การผลิต	7-2
7.2.2 การตลาด	7-2
7.3 แนวโน้มปี 2554 ของไทย	7-4
7.3.1 การผลิต	7-4
7.3.2 การตลาด	7-4
7.3.3 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลผลิตมันสำปะหลัง ปี 2554	7-5
7.4 เป้าหมายและผลผลิตของมันสำปะหลังในปี 2551-2554	7-10
7.5 แนวทางในการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง	7-15
7.5.1 การใช้มันสำปะหลังพันธุ์ดี	7-15
7.5.2 การจัดการการปลูกและดูแลที่ดี	7-16
7.5.3 การจัดการดินให้ดี	7-19
7.6 การสำรวจเพื่อเพิ่มพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง	7-20
บทที่ 8 ผลจากการผลิตเอทานอลจากอ้อยและมันสำปะหลังต่อสิ่งแวดล้อม	
8.1 การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์เอทานอลจากกากน้ำตาลและมันสำปะหลัง	8-1
8.1.1 ผลการประเมินระดับการใช้พลังงาน	8-1
8.1.2 ผลการประเมินระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	8-2
8.1.3 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	8-4

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
8.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการการผลิตและการจัดการสิ่งแวดล้อม	8-15
8.2.1 แนวทางการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม (การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและปัญหาภาวะโลกร้อน)	8-15
8.2.1.1 การเกษตร	8-15
8.2.1.2 การขนส่ง	8-16
8.2.1.3 การผลิต	8-17
8.2.2 การจัดระบบการขนส่ง	8-18
8.2.3 การประเมินการใช้พลังงาน	8-18
8.2.4 การจัดการของเสีย	8-18
8.2.5 ทางเลือกในการปรับปรุงกระบวนการผลิต	8-18
8.2.5.1 การเกษตร	8-18
8.2.5.2 การผลิต	8-20
บทที่ 9 บทสรุปสถานการณ์วัตถุดิบในการผลิตเอทานอล	

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ผู้ประกอบการโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง	2-1
2.2	ข้อมูลโรงงานเอทานอลที่อยู่ระหว่างการดำนินการในปี 2553-2554	2-3
2.3	จำนวนสถานีบริการจำหน่ายแก๊โซฮอล ประจำเดือน กันยายน 2553	2-5
4.1	รายละเอียดเกี่ยวกับพันธุ์อ้อยโรงงานรับรอง/แนะนำของกรมวิชาการเกษตร	4-4
4.2	ส่วนประกอบของกากน้ำตาล	4-17
5.1	ผลผลิต การบริโภค ส่งออก และนำเข้าน้ำตาลของโลก ปี 2548/49 - 2553/54	5-8
5.2	ราคาน้ำตาลทรายดิบตลาดนิวยอร์ค ปี 2549 – 2553	5-9
5.3	พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ และผลผลิตน้ำตาล ปี 2548/49 - 2553/54	5-9
5.4	ราคาอ้อยที่เกษตรกรขายได้ ณ หน้าโรงงาน ปี 2547/48 - 2551/52	5-9
5.5	ราคาส่งออกน้ำตาลของไทย ปี 2549-2553	5-10
5.6	ปริมาณการใช้ในประเทศและการส่งออกน้ำตาล ปี 2549 – 2554	5-10
5.7	ประมาณการปริมาณอ้อย กากน้ำตาล และความต้องการใช้ในประเทศและส่งออก	5-11
5.8	ปริมาณอ้อยทั้งหมดในช่วงปี 2550/2551-2553/2554	5-12
5.9	ปริมาณกากน้ำตาลทั้งหมดในช่วงปี 2550/2551-2553/2554	5-12
5.10	ปริมาณอ้อยและกากน้ำตาลของโรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปีการผลิต 2550/2551- 2552/2554	5-14
5.11	ปริมาณอ้อยและกากน้ำตาลของโรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปีการผลิต 2553/2554	5-15
5.12	ปัจจัยที่มีผลต่อการลดประสิทธิภาพของปุ๋ย	5-24
6.1	พันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมและส่งเสริมปลูกในประเทศไทย	6-17
6.2	ฤดูปลูกมันสำปะหลังแต่ละภาค	6-19
6.3	การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง	6-21
7.1	เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของโลก ปี 2548-2552	7-5
7.2	ปริมาณและมูลค่าส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของโลก ปี 2546-2550	7-6
7.3	เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ของไทย ปี 2549-2553	7-7
7.4	ราคา ปี 2549 – 2553	7-7
7-5	ปริมาณและมูลค่าการส่งออกมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ ปี 2549-2553	7-8
7.6	ประมาณการผลผลิตมันสำปะหลังปี 2551 - 2554	7-10

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
7.7	ผลผลิตมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอุตสาหกรรมและการผลิตเอทานอล ปี 2551 –2554	7-11
7.8	สำรวจการเพาะปลูกมันสำปะหลังในปี 2554 ของเกษตรกร จังหวัด นครราชสีมา ชัยภูมิ และกำแพงเพชร	7-13
7.9	พันธุ์มันสำปะหลังที่เกษตรกรปลูกในจังหวัด นครราชสีมา ชัยภูมิ และกำแพงเพชร ของปี 2554	7-14
8.1	เปรียบเทียบระดับพลังงานตลอดสายการผลิตเอทานอล ในปริมาณ 1,000 ลิตร	8-2
8.2	เปรียบเทียบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นตลอดสายการผลิตเอทานอลในปริมาณ 1,000 ลิตร	8-3
8.3	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์เอทานอล 99.5% ที่ผลิตจากมันสำปะหลัง กากน้ำตาล เปรียบเทียบกับ MTBE ที่ปริมาณ 1,000 ลิตร	8-4
8.4	พลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการปลูกอ้อยและการผลิตกากน้ำตาล	8-9
8.5	พลังงานที่ใช้ในการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล	8-10
8.6	สมดุลพลังงานของการผลิตและใช้เอทานอลที่ผลิตจากมันสำปะหลัง	8-12
8-7	การแยกประเภทของเชื้อเพลิงฟอสซิลตามสัดส่วนที่ใช้ในการผลิตเอทานอลจาก มันสำปะหลัง	8-12
8-8	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการประหยัดพลังงานระหว่างเอทานอลที่ผลิตจาก มันสำปะหลังในประเทศไทยและเอทานอลที่ผลิตจากวัตถุดิบอื่น ๆ	8-13
8-9	การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตและใช้ เอทานอลที่ผลิตจากมันสำปะหลัง	8-14
8-10	การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกระหว่างเอทานอลที่ผลิตจาก มันสำปะหลังในประเทศไทยและเอทานอลที่ผลิตจากวัตถุดิบอื่น ๆ	8-15

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ปริมาณการใช้แกโซฮอล E10 ออกเทน 91, แกโซฮอล E10 ออกเทน 95, แกโซฮอล E20 ออกเทน 95 และแกโซฮอล E85	2-4
2.2	ยุทธศาสตร์ส่งเสริมการใช้แกโซฮอล	2-7
2.3	ปริมาณการผลิตเอทานอลทั้งหมดของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2542 ถึง 2551	2-13
2.4	ปริมาณการซื้อขายแกโซฮอล 91 แกโซฮอล 95 และแกโซฮอล E 20 ของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2548 ถึง 2551	2-14
2.5	ประมาณการความต้องการเอทานอลเพื่อผสมเป็นแกโซฮอลที่สัดส่วนต่าง ๆ (E10, E20, E85, E100)	2-15
3.1	การเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นเอทานอลโดยการหมักของยีสต์	3-3
3.2	การหมักเอทานอลจากน้ำตาลซูโครส	3-3
3.3	กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล	3-5
3.4	ลักษณะของเม็ดบีด (Bead) ที่ใช้เป็น Molecular Sieve Dehydrators Hydrous	3-8
3.5	การหมักเอทานอลจากแป้ง	3-9
3.6	กระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง	3-10
3.7	ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบจากหัวมันสดและมันเส้น	3-12
3.8	การผลิตเอทานอลโดยกระบวนการหมักจากวัตถุดิบทางการเกษตร	3-14
4.1	อ้อย	4-2
4.2	ขบวนการสังเคราะห์แสง	4-13
4.3	กระบวนการหายใจ	4-14
4.4	กากน้ำตาล (molasses)	4-16
5.1	พื้นที่ปลูกอ้อยในประเทศไทย	5-2
5.2	การขนส่งอ้อยสู่โรงงาน	5-16
5.3	สภาพการเผาพื้นที่เพื่อขยายการปลูกอ้อย	5-17
5.4	การให้น้ำแบบร่อง (Furrow irrigation)	5-20
5.5	การให้น้ำแบบพ่นฝอย (Sprinkler irrigation)	5-21
5.6	การให้น้ำแบบน้ำหยด (Drip irrigation)	5-22
5.7	รถแทรกเตอร์ที่มีการดัดแปลงเพื่อปลูกอ้อยแบบ 1 ร่อง 4 แถว ด้วยระบบน้ำหยอด	5-33
5.8	พันธุ์อ้อยขอนแก่น 3	5-36
5.9	ไร่อ้อย	5-37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.10	การปลูกและต้นกล้าอ้อย	5-39
5.11	ระบบการให้น้ำแบบท่อ	5-39
6.1	มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1	6-2
6.2	มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 2	6-3
6.3	มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 3	6-5
6.4	มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5	6-6
6.5	มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 60	6-8
6.6	มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 90	6-9
6.7	มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72	6-10
6.8	มันสำปะหลังพันธะยอง 7	6-12
6.9	มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9	6-13
6.10	มันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	6-15
6.11	โรคใบไหม้ (Cassava Bacterial Blight : CBB)	6-21
6.12	โรคใบจุดสีน้ำตาล (Brown Leaf Spot)	6-23
6.13	โรคใบจุดไหม้ (Blight Leaf Spot)	6-24
6.14	โรคใบจุดขาว (White Leaf Spot)	6-25
6.15	โรคแอนแทรคโนสมันสำปะหลัง	6-28
6.16	โรครากหรือหัวเน่า (Root and Tuber Rot Diseases)	6-31
6.17	การทำลายของไรแดง	6-33
6.18	เพลี้ยแป้งดูดกินน้ำเลี้ยงมันสำปะหลัง	6-36
6.19	แมลงหวีขาวดูดกินน้ำเลี้ยงใต้ใบมันสำปะหลัง	6-40
6.20	แสดงแผนที่เขตปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยต่อวัน ปี 2552	6-44
6.21	แผนที่เขตปริมาณน้ำฝนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	6-45
7.1	พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย	7-9
7.2	หัวมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ ที่อายุการเก็บเกี่ยว 11 เดือน	7-16
7.3	ระบบน้ำหยดแปลงปลูกมันสำปะหลัง	7-19
7.4	พื้นที่การปลูกมันสำปะหลังในจังหวัดกาฬสินธุ์	7-20
8.1	ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (เอทานอลจากกากน้ำตาล)	8-5
8.2	ผลกระทบด้านภาวะโลกร้อน (เอทานอลจากมันสำปะหลัง)	8-6

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
8.3	ผลกระทบด้านการเพิ่มธาตุอาหารพืชในน้ำ (เอทานอลจากกากน้ำตาล)	8-6
8.4	ผลกระทบด้านการเพิ่มอาหารพืชในน้ำ (เอทานอลจากมันสำปะหลัง)	8-7
8.5	วัฏจักรชีวิต (Life cycle) ของการผลิตและการใช้เอทานอลจากกากน้ำตาลในประเทศไทย	8-9
8.6	วัฏจักรชีวิต (Life cycle) ของการผลิตและการใช้เอทานอลจากมันสำปะหลัง	8-11