

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว
ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่
จังหวัดสงขลา

โดย

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 9
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

บทคัดย่อ

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่จังหวัดสงขลา ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรโนด จังหวัดสงขลา มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำบัญชีรายการการใช้น้ำของข้าว ศึกษาปริมาณการใช้น้ำของข้าว และประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จากการผลิตข้าวนาปี ปีเพาะปลูก 2557/58 โดยการรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรทุกรายที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 66 ราย เป็นการนำเสนอข้อมูล 2 ช่วงการผลิต คือช่วงฤดูการปกติ (ปลูกข้าวในช่วงเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน 2557) และช่วงหลังฤดูการปกติ (ปลูกข้าวในช่วงเดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ 2558) เนื่องจากการทำนาทั้ง 2 ช่วง มีปริมาณการใช้น้ำที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาพบว่า บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกจากการปลูกข้าวในการผลิตทั้ง 2 ช่วง ปริมาณสารขาเข้า คือ เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยเคมี สารกำจัดวัชพืชและศัตรูพืช สารเคมีอื่นๆ น้ำมันเชื้อเพลิง และน้ำที่ใช้ในพื้นที่โครงการ คือน้ำฝน น้ำชลประทาน และน้ำสำหรับผสมสารต่าง ๆ ส่วนบัญชี รายการสารขาออกจากการปลูกข้าว คือข้าวเปลือก และฟางข้าว

ปริมาณการใช้น้ำของข้าว ในฤดูการปกติ มีปริมาณการใช้น้ำต่อต้นข้าวเปลือกเท่ากับ 1,721.94 ลูกบาศก์เมตร หรือ 1,188.14 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ซึ่งน้อยกว่าการทำนาหลังฤดูการหรือการทำนาหลังน้ำ ที่มีปริมาณการใช้น้ำ ต่อต้นข้าวเปลือกเท่ากับ 1,884.87 ลูกบาศก์เมตร หรือ 1,130.92 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่

การประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ในฤดูการปกติ มีต้นทุน เฉลี่ย 3,481.05 บาทต่อไร่ ต้นทุนรวมต่อกิโลกกรัมเฉลี่ย 5.07 บาท ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 686 กิโลกรัม ราคาที่เกษตรกร ขายได้ 6.59 บาทต่อกิโลกรัม ผลตอบแทนต่อไร่ 4,520.74 บาท ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ 1,039.69 บาท หรือกิโลกรัมละ 1.52 บาท เมื่อรวมกับต้นทุนค่าน้ำ ทำให้มีต้นทุนต่อไร่เพิ่มขึ้นเป็นเฉลี่ย 3,786.91 บาทหรือต้นทุนต่อกิโลกรัม เฉลี่ย 5.52 บาท ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่เฉลี่ย 733.83 บาท หรือกิโลกรัมละ 1.07 บาท และปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถสร้างรายได้จากการปลูกข้าว 3.80 บาท หลังฤดูการปกติ มีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 3,481.05 บาทต่อไร่ ต้นทุน รวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 5.79 บาท ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 601 กิโลกรัม ราคาที่เกษตรกรขายได้ 6.78 บาทต่อกิโลกรัม ผลตอบแทนต่อไร่ 4,074.78 บาท ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ 593.73 บาท หรือกิโลกรัมละ 0.99 บาท เมื่อรวมกับต้นทุน ค่าน้ำ ทำให้มีต้นทุนต่อไร่เพิ่มขึ้นเป็นเฉลี่ย 4,022.06 บาท หรือต้นทุนต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 6.69 บาท ผลตอบแทนสุทธิ ต่อไร่เฉลี่ย 52.72 บาท หรือกิโลกรัมละ 0.09 บาท และปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถสร้างรายได้จากการปลูกข้าว 3.60 บาท ซึ่งต่ำกว่าการทำนาในฤดูการปกติที่สามารถสร้างรายได้จากการปลูกข้าว 3.80 บาท

ข้อเสนอแนะ จากผลการศึกษาเพื่อให้มีการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประโยชน์สูงสุด ภาครัฐ ควรให้ความรู้แก่เกษตรกรในการทำการเกษตร ให้สอดคล้องกับสถานการณ์น้ำในปัจจุบัน และสนับสนุนให้ เกษตรกรกักเก็บน้ำในช่วงฤดูฝนที่มีปริมาณน้ำเกินความต้องการไว้ใช้ในการเพาะปลูกในช่วงที่ขาดน้ำ และให้ ความรู้ในการนำเทคโนโลยี หรือแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

Abstract

This study gives an overview of measuring the water footprint of rice in the “Large Plot Farming Project” Agricultural Extension Area. The objectives of the research are to study the life cycle inventory of rice, water footprint of rice, and cost and return of farmers in studied area. The information is gathered by interviewing from all 66 farmers attended the project in 2015-16 crop year.

During rainy season (October-November), the study finds that the water footprint of rice in the studied area is 1,721.94 cubic meters per ton, on production basis, and 1,188.14 cubic meters per rai, on planted area basis, separated to green water footprint of 576.43 cubic meters per rai and blue water footprint of 611.71 cubic meters per rai. The calculated water scarcity index is equal to 12.41 cubic meters of water equivalent (M³H₂Oeq). The estimated cost of production is 3,481.05 baht per rai and the estimated net profit is 1,039.69 baht per rai. The estimated cost of production including additional cost of water usage is 3,786.91 baht per rai which leads to the net profit of 733.83 baht per rai. In addition, the economic return for 1 cubic meter of irrigational water provided to rice farms in the studied area or Water Footprint Income: WFI is 3.80 baht per rai,

During dry season (January-February), the study finds that the water footprint of rice in the studied area is 1,130.92 cubic meters per rai, on planted area basis, separated to green water footprint of 48.90 cubic meters per rai and blue water footprint of 1,082.02 cubic meters per rai. The calculated water scarcity index is equal to 25.25 cubic meters of water equivalent (M³H₂Oeq). The estimated cost of production is 3,481.05 baht per rai and the estimated net profit is 593.73 baht per rai. The estimated cost of production including additional cost of water usage is 4,022.06 baht per rai which leads to the net profit of 52.72 baht per rai. In addition, the economic return for 1 cubic meter of irrigational water provided to rice farms in the studied area or Water Footprint Income: WFI is 3.60 baht per rai,

คำนำ

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่จังหวัดสงขลา ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรโนด จังหวัดสงขลา มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำบัญชีรายการ การใช้น้ำของข้าว ศึกษาปริมาณการใช้น้ำของข้าว และประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าวนาปี ปีเพาะปลูก 2557/58 พร้อมทั้งข้อเสนอแนะ ทั้งนี้เพื่อใช้ข้อมูลประกอบการพิจารณาการจัดทำ แนวทางการบริหารจัดการน้ำ และเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในการหาแนวทางหรือมาตรการมุ่งใจในการ ปลูกพืชของเกษตรกรต่อไป

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 9 ได้รับความร่วมมือด้วยดีจากสำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงาน เศรษฐกิจการเกษตร หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และเกษตรกร ในการให้ข้อมูลแก่ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 9 และขอขอบคุณอาจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธิพันธ์ และคณะ ที่ให้ความรู้ในการจัดทำวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) ของพืช ทำให้การศึกษานี้สำเร็จ และมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และบุคคลที่สนใจ ต่อไป

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 9

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กันยายน 2559

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(ข)
Abstract	(ค)
คำนำ	(ง)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.5 วิธีการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร แนวคิดและทฤษฎี	5
2.1 การตรวจเอกสาร	5
2.2 แนวคิดและทฤษฎี	6
บทที่ 3 ข้อมูลทั่วไป	20
3.1 สภาพทั่วไป	20
3.2 ผลการสำรวจข้อมูลในพื้นที่	20
บทที่ 4 ผลการวิจัย	25
4.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) สารขาเข้าและ สารขาออกของกระบวนการผลิตข้าว	25
4.2 การประเมินปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint) ของข้าว	27
4.3 การประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ	30
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุป	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก	41
ภาคผนวกที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว	42
ภาคผนวกที่ 2 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง	43

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1	ค่าแฟกเตอร์สำหรับการคำนวณหาปริมาณฝนใช้การ
ตารางที่ 3.1	พันธุ์ข้าวที่ปลูก
ตารางที่ 3.2	แหล่งที่มาของพันธุ์
ตารางที่ 3.3	ระบบการปลูกในแปลงและแปลงใกล้เคียง
ตารางที่ 3.4	การได้รับน้ำและลักษณะแหล่งน้ำ
ตารางที่ 3.5	วิธีการนำน้ำเข้าแปลงนา
ตารางที่ 3.6	การใช้ปัจจัยการผลิต
ตารางที่ 4.1	บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการเพาะปลูกข้าว(ช่วงฤดูการปกติ)
ตารางที่ 4.2	บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการเพาะปลูกข้าว (ช่วงหลังฤดูการปกติหรือการทำนาหลังน้ำ)
ตารางที่ 4.3	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวที่ใช้อ้างอิงในการศึกษา
ตารางที่ 4.4	การคายระเหยของพืชอ้างอิง โดยวิธี Penman Monteith รายเดือน
ตารางที่ 4.5	ปริมาณการใช้น้ำของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (ในฤดูการปกติ)
ตารางที่ 4.6	ปริมาณการใช้น้ำของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (หลังฤดูการปกติ หรือการทำนาหลังน้ำ)
ตารางที่ 4.7	พุตพรีนธ์การขาดแคลนน้ำของข้าว (ในฤดูการปกติ)
ตารางที่ 4.8	พุตพรีนธ์การขาดแคลนน้ำของข้าว (หลังฤดูการปกติหรือการทำนาหลังน้ำ)
ตารางที่ 4.9	ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (ในฤดูการปกติ)
ตารางที่ 4.10	เปรียบเทียบผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (ในฤดูการปกติ)
ตารางที่ 4.11	มูลค่าทางเศรษฐกิจต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (ในฤดูการปกติ)
ตารางที่ 4.12	ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (หลังฤดูการปกติ หรือการทำนาหลังน้ำ)
ตารางที่ 4.13	เปรียบเทียบผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (หลังฤดูการปกติ หรือการทำนาหลังน้ำ)
ตารางที่ 4.14	มูลค่าทางเศรษฐกิจต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (หลังฤดูการปกติ หรือการทำนาหลังน้ำ)

(ช)

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1.1	แผนผังการวิเคราะห์ค่าปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint)	4
ภาพที่ 2.1	วัฏจักรชีวิตของกระบวนการและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในด้านการใช้วัสดุ การใช้พลังงาน และของเสียที่ออกจากระบบ	7
ภาพที่ 2.2	ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามหลัก ISO 14040	8
ภาพที่ 2.3	แนวคิดวอเตอร์ฟุตพริ้นท์	10
ภาพที่ 2.4	ค่าดัชนีความเครียดของน้ำ (WSI) ที่คำนวณมาจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปี	17
ภาพที่ 4.1	ปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint) ของข้าว (ในฤดูกาลปกติ)	28
ภาพที่ 4.2	ปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint) ของข้าว (หลังฤดูกาลปกติหรือการทำนาล้างน้ำ)	29

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของการวิจัย

สถานการณ์การผลิตสินค้าเกษตรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีการแข่งขันสูงทั้งในด้านปริมาณ คุณภาพ และต้นทุนการผลิตที่สูง ทำให้เกษตรกรรายย่อยประสบปัญหาในการผลิตและจำหน่ายสินค้าเกษตร ตลอดจนโอกาสการเข้าถึงข้อมูลแหล่งทุน ทรัพยากรและการตลาดได้น้อย และจากการที่เกษตรกรรายย่อยต่างคนต่างผลิต ทำให้ยากต่อการจัดการผลผลิตให้มีประสิทธิภาพและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของตลาด เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้ มีนโยบายในเรื่องการจัดทำแปลงการเกษตรขนาดใหญ่โดยให้เกษตรกรรายย่อยมีการรวมกลุ่มและรวมพื้นที่การผลิตแบบแปลงขนาดใหญ่ เพื่อให้เกษตรกรมีการรวมกลุ่มทำการผลิต โดยมีตลาดรองรับที่แน่นอน มีต้นทุนการผลิตลดลง และมีผลผลิตต่อหน่วยเพิ่มขึ้น รวมทั้งผลผลิตมีคุณภาพได้มาตรฐาน สร้างโอกาสในการแข่งขันสินค้าเกษตร

ในปัจจุบันสถานการณ์น้ำกำลังกลายเป็นประเด็นที่ร้อนแรงมากสำหรับภาคอุตสาหกรรม ตลอดจนภาคเกษตรกรรม ประเทศไทยต้องเผชิญกับกระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลกเนื่องจากก๊าซเรือนกระจกเพิ่มอย่างรวดเร็วทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน ส่งผลให้พื้นที่เกษตรกรรมบางแห่งแห้งแล้งทำการเพาะปลูกไม่ได้ผลผลิตหรือได้ผลผลิตอย่างในอดีต น้ำเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่ความต้องการใช้น้ำกำลังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันแหล่งน้ำสะอาดที่มีอยู่เผชิญกับปัญหามลภาวะทางน้ำที่เกิดขึ้นในหลายส่วนของโลก ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการส่งออกสินค้าเกษตรไปยังหลายประเทศทั่วโลกซึ่งเป็นเสมือนการส่งออกน้ำในรูปการค้าขายสินค้าทางการเกษตร จากรายงานของสหประชาชาติ 10 อันดับประเทศที่ใช้น้ำมากที่สุดในโลก ได้แก่ อินเดีย จีน สหรัฐอเมริกา ปากีสถาน ญี่ปุ่น ไทย อินโดนีเซีย บังคลาเทศ เม็กซิโก และรัสเซีย (สำนักส่งเสริมและประสานมวลชน กรมทรัพยากรน้ำ, 2556) โดยประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการส่งออกสินค้าทางการเกษตรหลายประเภท เช่น ข้าว ยางพารา และมันสำปะหลัง เป็นต้น ทำให้ประเทศไทยมีการขาดดุลน้ำในการส่งออกประมาณ 27,960 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ปัญหาการขาดแคลนน้ำในประเทศไทยส่วนหนึ่งเกิดจากการส่งออกสินค้าภาคการเกษตร ซึ่งส่งผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น การใช้น้ำอย่างประหยัด ทั้งทางตรงและทางอ้อมและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นเรื่องเร่งด่วนที่ต้องรีบปฏิบัติ การศึกษาอิมเพร็ฟต์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) ถือว่าเป็นเรื่องใหม่ที่อาจจะกลายเป็นความท้าทายสำหรับอุตสาหกรรมอาหารรวมไปถึงภาคเกษตรกรรมที่ต้องใช้น้ำเป็นตัวแปรสำคัญในการผลิตในอนาคต แนวคิดเรื่อง “ปริมาณการใช้น้ำ” เป็นการคำนวณปริมาณการใช้น้ำตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการผลิตสินค้าหรืออาหารแต่ละชนิด ทำให้เห็นภาพปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้าได้อย่างชัดเจนและยังต้องพิจารณาถึงแหล่งน้ำ (Source of Water) ที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาปริมาณการใช้น้ำ เป็นการสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ยั่งยืนเป็นทางเลือกที่เกิดขึ้นเพื่อให้ทุกคนได้ตระหนักถึงการใช้น้ำที่มีอยู่อย่างขาดแคลนให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าสูงสุด อีกทั้งให้ผู้บริโภคสามารถเลือกสินค้าและบริการที่ใช้น้ำน้อยที่สุด ทั้งนี้สินค้าที่แสดง Water Footprint บนฉลาก

ยังสามารถเพิ่มมูลค่าของสินค้าได้ ซึ่งในอนาคตประเทศไทยอาจจำเป็นต้องติดตาม Water Footprint ตามมาตรฐาน ISO 14046 รวมทั้งยังเป็นการสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรและสร้างความมั่นคงด้านอาหารของประเทศ เกิดการกระจายน้ำอย่างทั่วถึงและเป็นธรรม การลดการใช้น้ำและเพิ่มการนำกลับมาใช้ใหม่ การพัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำเป็นการเพิ่มน้ำต้นทุนที่เหมาะสมกับระบบนิเวศ ภูมิสังคม เศรษฐกิจ และความต้องการร่วมกันระหว่างชุมชนท้องถิ่นและผู้มีส่วนได้เสียต่าง ๆ ซึ่งส่งผลให้เกษตรกรมีสมดุลชีวิตที่ดีขึ้นนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมต่อไป รวมถึงการน้อมนำแนวพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ โดยตั้งอยู่บนเงื่อนไขของความรู้และคุณธรรม จะช่วยให้เกษตรกรดำรงชีวิตอย่างพอประมาณ มีเหตุผล และมีภูมิคุ้มกัน นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

จังหวัดสงขลาได้ดำเนินการจัดทำระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรโนด จังหวัดสงขลา ซึ่งมีเนื้อที่ 1,300 ไร่ เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 66 ราย ให้สามารถจัดการผลิตสินค้าจนถึงการจัดการด้านการตลาดให้มีมาตรฐาน

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 9 ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าว จึงได้ทำการศึกษาขอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการผลิตข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรโนด จังหวัดสงขลา ทั้งนี้เพื่อศึกษาประเมินปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากขั้นตอนต่างๆ ทั้งระบบ ภายใต้เงื่อนไขด้านสังคม เศรษฐกิจ และภูมิศาสตร์กายภาพ รวมทั้งศึกษาผลกระทบที่ส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกรในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ การปรับตัวของเกษตรกรเมื่อปริมาณน้ำในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่เปลี่ยนแปลงไป การมีข้อมูลปริมาณการใช้น้ำที่ถูกต้องยังช่วยให้เกษตรกรและผู้วางนโยบายสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเพาะปลูกพืชที่ต้องการใช้น้ำมากในบริเวณใดมากกว่าซึ่งจะทำให้การผลิตสินค้าเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อจัดทำบัญชีรายการการใช้น้ำของข้าวนาปี ปีเพาะปลูก 2557/58 ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรโนด จังหวัดสงขลา

1.2.2 ศึกษาปริมาณการใช้น้ำของข้าวนาปี ปีเพาะปลูก 2557/58 ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรโนด จังหวัดสงขลา

1.2.3 ประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าวในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรโนด จังหวัดสงขลา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ประชากรที่ศึกษา ได้แก่ เกษตรกรทุกรายที่เข้าร่วมโครงการในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนด จังหวัดสงขลา

1.3.2 พื้นที่ที่ศึกษา ได้แก่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนด จังหวัดสงขลา

1.3.3 ระยะเวลาข้อมูล ข้อมูลปีเพาะปลูก 2557/58

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water Footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำฝนและน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดิน ที่ถูกใช้ไปในการผลิตสินค้าและบริการ ได้แก่ น้ำฝน ซึ่งไม่รวมถึงน้ำฝนที่กลายเป็นน้ำผิวดิน

บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue Water Footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งแหล่งน้ำผิวดิน เช่น น้ำในแม่น้ำ ทะเลสาบ รวมทั้งน้ำในอ่างเก็บกักน้ำ และแหล่งน้ำใต้ดิน เช่น น้ำบาดาลที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค

เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey Water Footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจือจางมลพิษในน้ำให้อยู่ในค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งหรือความเข้มข้นที่พบในธรรมชาติ

1.5 วิธีการวิจัย

1.5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลในการศึกษาได้มาจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง ดังนี้

1) ข้อมูลปฐมภูมิ รวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้น้ำจากการผลิตข้าวนาปี ปีเพาะปลูก 2557/58 โดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์เกษตรกรทุกรายที่เข้าร่วมโครงการในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนด จังหวัดสงขลา จำนวน 66 ราย

2) ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นข้อมูลที่รวบรวมจากเอกสาร รายงานการศึกษา บทความ วารสาร งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนข้อมูลที่ได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐบาลและเอกชน

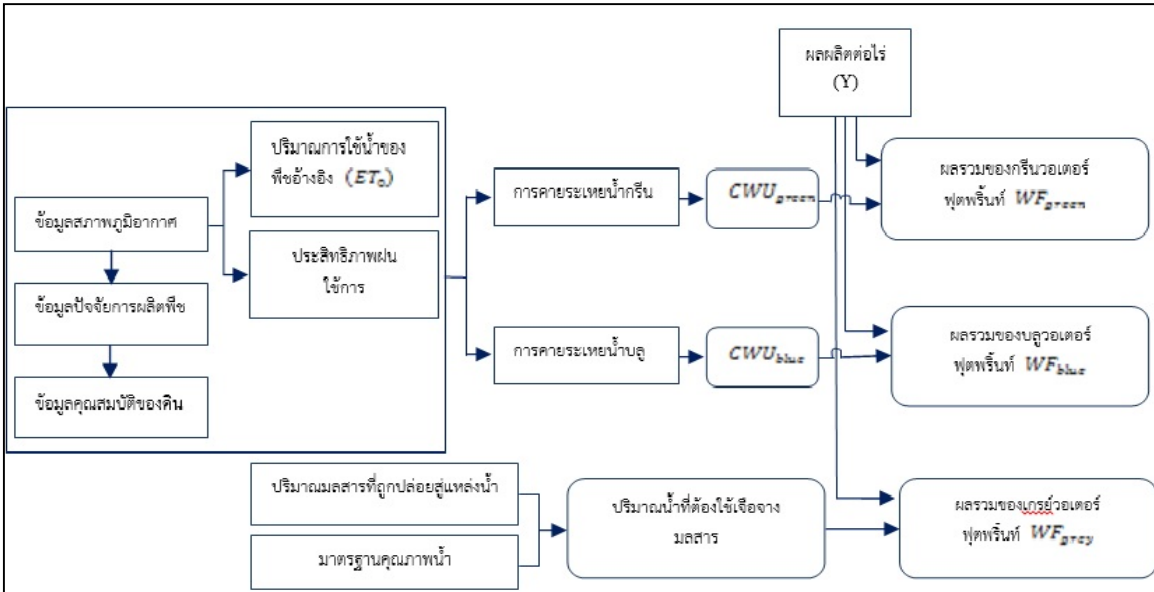
1.5.2 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis)

1) การวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยวิเคราะห์สภาพทั่วไปของเกษตรกร พื้นที่และแปลงเพาะปลูก ทั้งนี้การวิเคราะห์อาจใช้ตารางค่าร้อยละ ค่าสัดส่วน ค่าผลรวม และค่าเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ของกลุ่มตัวอย่าง

2) การวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint) ในการผลิตข้าว ซึ่งจะคำนึงถึงที่มาของแหล่งน้ำเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยพิจารณาทั้งน้ำใช้และน้ำเสียที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของสายการผลิตจากผลรวมปริมาณการใช้น้ำทั้ง 3 ประเภท ประกอบไปด้วย กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water Footprint) เป็นปริมาณการใช้น้ำจากน้ำฝนและความชื้นในดิน บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

(Blue Water Footprint) เป็นปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน และเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey Water Footprint) เป็นปริมาณการใช้น้ำสำหรับเจือจางมลพิษในน้ำให้อยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งวิธีการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากค่าความต้องการน้ำใช้ของข้าว และการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากปริมาณการชะล้างมลพิษที่ไหลลงสู่แหล่งน้ำ รวมทั้งมีการวิเคราะห์ฟุตพริ้นท์น้ำที่คำนึงถึงสถานะความเครียดของน้ำเชิงพื้นที่ (Water Stress Index : WSI) ร่วมด้วยเพื่อสอดคล้องกับมาตรฐานสากลโดยวิธีการของ ISO 14046 ประเภทวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 แผนผังการวิเคราะห์ค่าปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint)

ที่มา: ลักขณา เจริญสุข (2555ก)

3) การประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าว โดยประเมินมูลค่าน้ำที่ใช้ในการผลิตข้าวของพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ที่ทำการศึกษา ในมิติต่างๆ โดยการทำแบบจำลองสถานการณ์เพื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าวภายใต้สถานการณ์เงื่อนไขปริมาณการใช้น้ำในแปลงใหญ่ เพื่อเสนอแนะแนวทางการปรับตัวของเกษตรกรเมื่อปริมาณน้ำในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่เปลี่ยนแปลงไป

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปจัดทำแนวทางบริหารจัดการน้ำและส่งเสริมการปลูกพืชนำไปสู่การใช้ทรัพยากรการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.6.2 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายและการหาแนวทางมาตรการจูงใจการปลูกพืช

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร แนวคิดและทฤษฎี

2.1 การตรวจเอกสาร

พชยา โตบาร์มิกุล (2557) ศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายธรรมชาติและน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและปริมาณการใช้น้ำของโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยโดยอาศัยแนวคิดการประเมินคาร์บอนคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เพื่อหาความเป็นไปได้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดปริมาณ การใช้น้ำ ขอบเขตของผลิตภัณฑ์ที่ทำการประเมิน คือ น้ำตาลทรายธรรมชาติ 1 กิโลกรัม และน้ำตาลทราย 50 กิโลกรัม โดยเก็บข้อมูลครอบคลุมตั้งแต่การเพาะปลูก การขนส่งอ้อยมายังโรงงาน กระบวนการผลิตน้ำตาล การจัดจำหน่าย และการกำจัดซากสำหรับการบริโภคน้ำตาลไม่ถูกนำมาคิด เนื่องจากไม่มีการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลการศึกษาพบว่าน้ำตาลทรายธรรมชาติ 1 กิโลกรัม น้ำตาลทรายธรรมชาติ 50 กิโลกรัม และน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง 50 กิโลกรัม มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.48, 0.34 และ 0.30 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ากับกิโลกรัมน้ำตาลตามลำดับ โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงสุดเกิดจากการเพาะปลูก ซึ่งประกอบด้วยการใช้ปุ๋ย เชื้อเพลิงฟอสซิล และการเผาไหม้ชีวมวล ส่วนการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการเพาะปลูกอ้อยและการผลิตน้ำตาล พบว่าน้ำตาลทรายธรรมชาติ 1 กิโลกรัม น้ำตาลทรายธรรมชาติ 50 กิโลกรัม และน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง 50 กิโลกรัม มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.88, 43.71 และ 44.99 ลูกบาศก์เมตรน้ำเทียบเท่ากับกิโลกรัมน้ำตาลตามลำดับ สำหรับแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก คือ ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ไบโอดีเซล ในช่วงการเพาะปลูก ส่วนในช่วงการเก็บเกี่ยวให้ใช้เครื่องสับกลสำหรับแนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำ คือ ให้ใช้น้ำคอนเดนเสทที่เหลือเข้าสู่หม้อไอน้ำ

ธีระวัฒน์ ธรรมนิยม (2555) ศึกษาเรื่องวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียม ได้คำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวเปลือกเฉลี่ยทั้งโลกมีค่าเท่ากับ 1,325 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และเฉลี่ยของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 1,617 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในประเทศไทยอย่างละเอียด ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์อย่างละเอียดโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามในพื้นที่เพาะปลูกข้าวของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียม ซึ่งพบว่าเกษตรกรในพื้นที่เพาะปลูกข้าวด้วยวิธีนาหว่านน้ำตม การศึกษานี้ได้ใช้ค่า K_c ของกรมชลประทานซึ่งมีค่าสูงกว่าค่า K_c ของ FAO และค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ยอมให้มีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของ Chapagain และ Hoekstra (2011) เท่านั้น ดังนั้นการใช้ค่าพื้นฐานอาจส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีค่าสูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมา ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการปลูกข้าวในเขต พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียมมีผลผลิตสุทธิประมาณ 467 ตันต่อตารางกิโลเมตร (747 กิโลกรัมต่อไร่) ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวเฉลี่ยนาปีและนาปรังเท่ากับ 1,627 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน แยกเป็นบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 771 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่ากรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 483 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และค่าเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 418 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการศึกษาที่ผ่านมาและสามารถนำไปวิเคราะห์ผลกระทบของการใช้น้ำและกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการน้ำที่เหมาะสมในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียม

ลักขณา เจริญสุข และคณะ (2555) ศึกษาการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาศักยภาพเชิงพลังงานในรูปค่าพลังงานสุทธิและปริมาณการใช้น้ำตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมันต่อหนึ่งหน่วยผลผลิตของไบโอดีเซล การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซล โดยอาศัยแนวคิดวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งในการวิเคราะห์และบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำต่อ

หน่วยผลผลิตของปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้ทั้งหมด 16 จังหวัด (ปีพ.ศ.2550–2554) ซึ่งมีความแตกต่างตามลักษณะของสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ จากผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลมีค่าเท่ากับ 2,139 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณการใช้น้ำจากการคายระเหยของน้ำฝน 50% และเมื่อพิจารณาปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ พบว่า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือมีปริมาณการใช้น้ำสูงถึง 3.9 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ภาคใต้ โดยจังหวัดที่ใช้น้ำมากที่สุดคือ พืชญโลกมีค่าเท่ากับ 6,098 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และจังหวัดที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุดคือ สุราษฎร์ธานี มีค่าเท่ากับ 1,070 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ซึ่งจังหวัดเชียงราย จังหวัดพืชญโลก และจังหวัดอุทัยธานี มีปริมาณการใช้น้ำสูงที่สุดเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่น ๆ หมายรวมถึงน้ำสีเขียว น้ำสีฟ้า และน้ำสีเทา จึงควรจัดทำแผนการการใช้น้ำใน 3 จังหวัดเป็นอันดับแรกและการจัดทำแนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำที่เกิดขึ้นควรมุ่งเน้นการศึกษาวิจัยและการพัฒนาระบบน้ำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อการพัฒนาด้านพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืนในอนาคต

ชินาริปกรณ์ พงศ์ภิญโญภาพ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ (2554) ศึกษาเรื่องวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทยจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551-2565) ของกระทรวงพลังงานที่ส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพทำให้มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของการเพาะปลูกมันสำปะหลังและโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังซึ่งจะส่งผลทำให้ความต้องการใช้ “น้ำ” ที่มีอย่างจำกัดในแต่ละปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการประเมินปริมาณการใช้น้ำตลอดห่วงโซ่หรือวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย ทำการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณ การใช้พื้นที่เพาะปลูกตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี จากผลการศึกษาพบว่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในปี 2551 มีค่าเท่ากับ 0.267 กิโลลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 0.03 ของปริมาณน้ำทั้งประเทศ โดยแบ่งเป็นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เขียว 0.185 กิโลลูกบาศก์เมตรต่อปี และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้ำเงิน 0.082 กิโลลูกบาศก์เมตรต่อปี สำหรับปริมาณ การใช้น้ำตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นทุกปี โดยจะต้องใช้น้ำถึง 2.605 กิโลลูกบาศก์เมตร หรือเพิ่มขึ้นถึงเกือบ 10 เท่า เมื่อสิ้นสุดแผนฯ ในปี 2565 แต่หากมีการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตของ มันสำปะหลังจาก 3.4 เป็น 8.0 ตันต่อไร่ จะส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำลดลงร้อยละ 57.4 ในแต่ละปีโดยจะต้อง ใช้น้ำ 1.110 กิโลลูกบาศก์เมตร หรือเพิ่มขึ้นถึงเพียง 4 เท่า เมื่อสิ้นสุดแผนฯในปี 2565 ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตต่อไร่มีผลให้ปริมาณการใช้น้ำลดลงแสดงให้เห็นว่า การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของการเพาะปลูกมันสำปะหลัง มีความสำคัญที่จะต้องให้การสนับสนุนควบคู่ไปกับแผนพัฒนาพลังงานทดแทน เพื่อให้การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังมีศักยภาพในการผลิตเอทานอล จากวัตถุดิบประเภทอื่นๆ ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาและเปรียบเทียบวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอล จากวัตถุดิบประเภทอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดนโยบาย การสนับสนุนการเพาะปลูกพืชพลังงานให้สอดคล้องกับปริมาณทรัพยากรน้ำของประเทศที่มีอยู่อย่างจำกัดในอนาคต

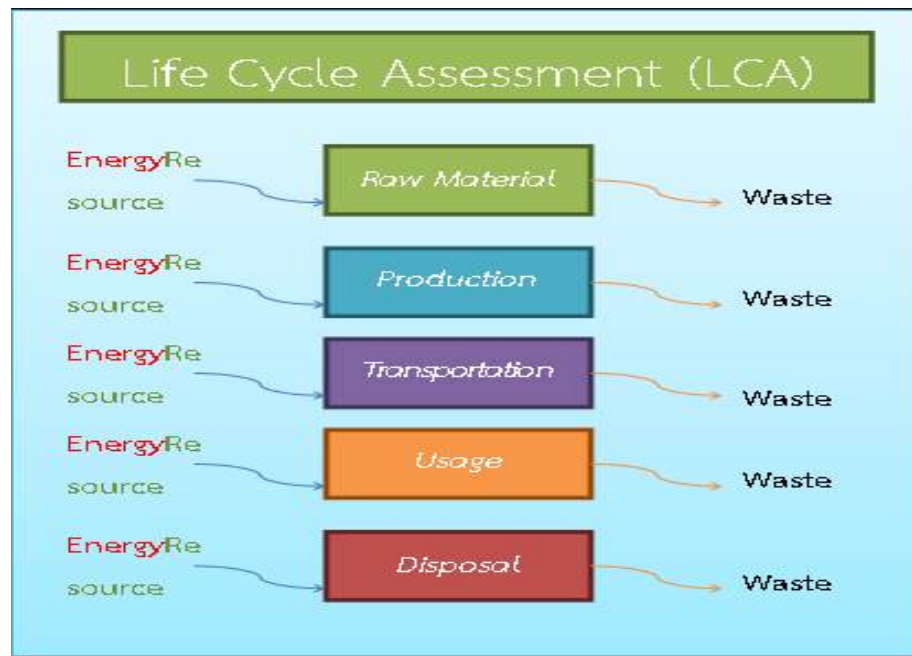
2.2 แนวคิด และทฤษฎี

2.2.1 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

1) ความหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิต คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มตั้งแต่การสกัดหรือได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการแปลงสภาพ และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ หรืออาจกล่าวได้ว่า LCA จะมีการพิจารณาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการนั้นๆ ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัสดุทั้งหมดที่ใช้ รวมทั้งของเสียทั้งหมดที่มีการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมภายใต้ขอบเขตที่กำหนด

ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการหาวิธีปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 วงจรชีวิตของกระบวนการและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในด้านการใช้วัสดุ การใช้พลังงาน และของเสียที่ออกจากระบบ

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.(2557)

องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน ได้ให้นิยามของ LCA ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ว่า “เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต” (ทะนงเกียรติ, 2548)

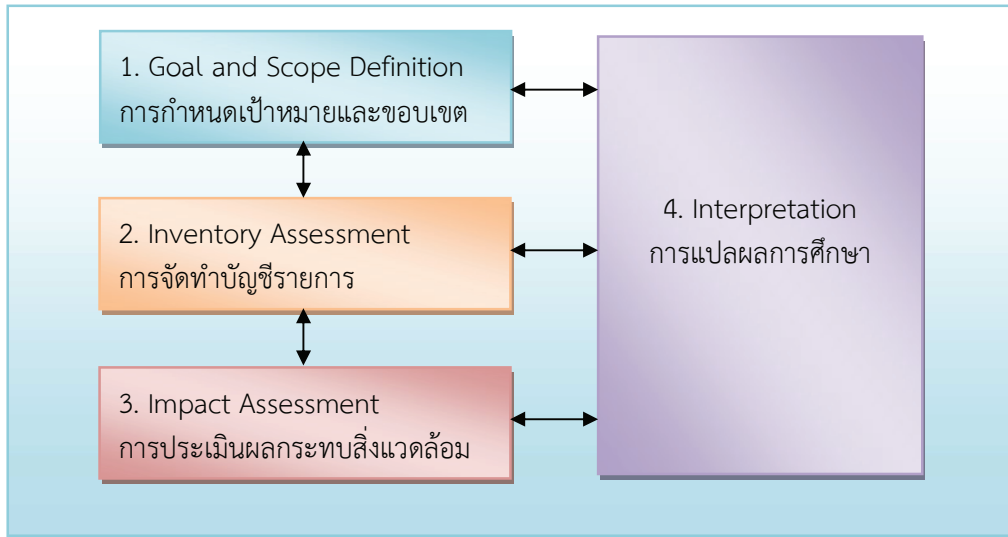
วัตถุประสงค์ของ LCA คือการรวบรวมและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ บริการ การใช้งาน หรือกระบวนการที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำผลที่ได้จาก LCA ไปปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สมบูรณ์ ตลอดจนก่อให้เกิดการจัดการขึ้นอย่างเป็นระบบและยั่งยืน โดยใช้มุมมองทางสิ่งแวดล้อมมาสนับสนุนอีกทางหนึ่ง

2) ขั้นตอนการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

การประเมินวัฏจักรชีวิตมีวิธีการดำเนินการหลายวิธี แต่ในปัจจุบันวิธีหลักๆ เริ่มมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยนิยมใช้วิธีการและขั้นตอนการศึกษาตามกรอบของอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ซึ่งแบ่งขั้นตอนการดำเนินงาน LCA ออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 2.2 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition) ในการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้น ขั้นตอนแรกจะต้องทราบว่าสิ่งที่ต้องการศึกษาคืออะไร และจะทำการศึกษายังไง ซึ่งผลจากการศึกษาจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับการกำหนดขอบเขต และเป้าหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิตสามารถนำไปใช้กับเป้าหมายหลักๆ ของการศึกษาวิจัยที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ เพื่อการวิเคราะห์จุดแข็งและ

จุดอ่อนของผลิตภัณฑ์ เพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ หรือเพื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ แต่ละชนิด การกำหนดเป้าหมาย และขอบเขตประกอบด้วยประเด็นหลักที่มีความสำคัญ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามหลัก ISO 14040

ที่มา: Graedel (1998)

เป้าหมาย ต้องมีการระบุผลของการใช้และผู้ที่将会นำไปใช้ การกำหนดเป้าหมายต้องเข้าใจรายละเอียดต่างๆ เป็นอย่างดี อาจกล่าวได้ว่าเป้าหมายเป็นหัวใจของการศึกษารายละเอียดและการสรุปผล เพราะเป้าหมายจะทำให้สามารถแยกแยะความสำคัญของส่วนต่างๆ ในเนื้อหาได้

ขอบเขต มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ

(1) หน่วยการทำงาน (Functional Unit) คือ ส่วนที่เป็นพื้นฐานของการศึกษา LCA เพราะใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ หรือเป็นตัววัดระหว่างผลิตภัณฑ์ มีการให้นิยามของหน่วยการทำงานที่หลากหลาย โดยหน่วยการทำงาน ของระบบจะให้ความหมายและการวัดที่กระจ่างชัด ซึ่งผลจากการวัดจะใช้เป็นคำตอบต่อไปได้ ลักษณะ 3 ประการของหน่วยการทำงานได้แก่ 1) ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ 2) ความคงทนของผลิตภัณฑ์ และ 3) คุณสมบัติพื้นฐานในการเปรียบเทียบระหว่างระบบสามารถทำได้ด้วยหน่วยการทำงานที่มีลักษณะพื้นฐานเหมือนกัน

(2) คุณภาพของข้อมูล (Data Quality) ที่นำมาใช้ในการประเมิน จะนำมาซึ่งคุณภาพของข้อสรุปที่ได้จากการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยคุณภาพของข้อมูลจะทำให้ทราบรายละเอียดต่างๆ ที่สำคัญ และทำให้การประเมินเป็นไปอย่างมีหลักเกณฑ์

ขั้นตอนที่ 2 : การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Inventory Assessment) เป็นการเก็บรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์ การคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงทรัพยากรและพลังงานที่ใช้หรือการปล่อยของเสียออกสู่อากาศ น้ำ และดิน

ขั้นตอนที่ 3 : การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Impact Assessment) เป็นการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลการใช้ทรัพยากร และการปล่อยของเสีย หรือสารขาเข้าและขาออกที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินผลกระทบ

เกี่ยวข้องกับประเด็นหลักๆ คือ การนิยามประเภท (Category definition) การจำแนกประเภท (Classification) การกำหนดบทบาท (Characterization) และการให้น้ำหนักแก่แต่ละประเภท (Weighting)

ขั้นตอนที่ 4 : การแปลผล (Interpretation) เป็นการนำผลการศึกษาที่ได้จากขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม มาเชื่อมโยงกัน เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์สรุปผลการศึกษาและจัดเตรียมข้อเสนอแนะที่มาจากผลลัพธ์ของการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยแนวทางในการแปลผลหรือประเมินโอกาสเพื่อการปรับปรุงที่สำคัญ ได้แก่การปรับปรุงในขั้นตอนการผลิตในโรงงาน เช่น การพิจารณาพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละกระบวนการ และทำการปรับปรุงกระบวนการที่มีการใช้ไฟฟ้าในปริมาณมาก เป็นต้น

2.2.2 การประเมินค่าปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint)

1) หลักการและแนวความคิดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

หลักการและแนวความคิดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) มีลักษณะคล้ายคลึงกับฟุตพริ้นท์ทางนิเวศวิทยา (Ecological Footprint) ซึ่งเป็นเครื่องชี้วัดความต้องการพื้นที่ในการสนองตอบกิจกรรมของมนุษย์ต่อโลก มีผลลัพธ์แสดงในรูปของพื้นที่ต่อคน ส่วนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์นั้น ผลลัพธ์จะแสดง ในรูปของปริมาณน้ำหรือปริมาณน้ำต่อปี (Hoekstra และ Chapagain, 2008) ดังนั้น วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เป็นค่าชี้วัดการใช้น้ำของผู้ผลิตหรือผู้บริโภค ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการ ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี ทั้งนี้ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ถือเป็นค่าชี้วัด ที่ชัดเจนเพราะนอกจากจะแสดงปริมาณน้ำใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาแล้ว ยังแสดงสถานที่และระยะเวลาที่เกิดการใช้น้ำอีกด้วย (Chapagain et al. 2006)

โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

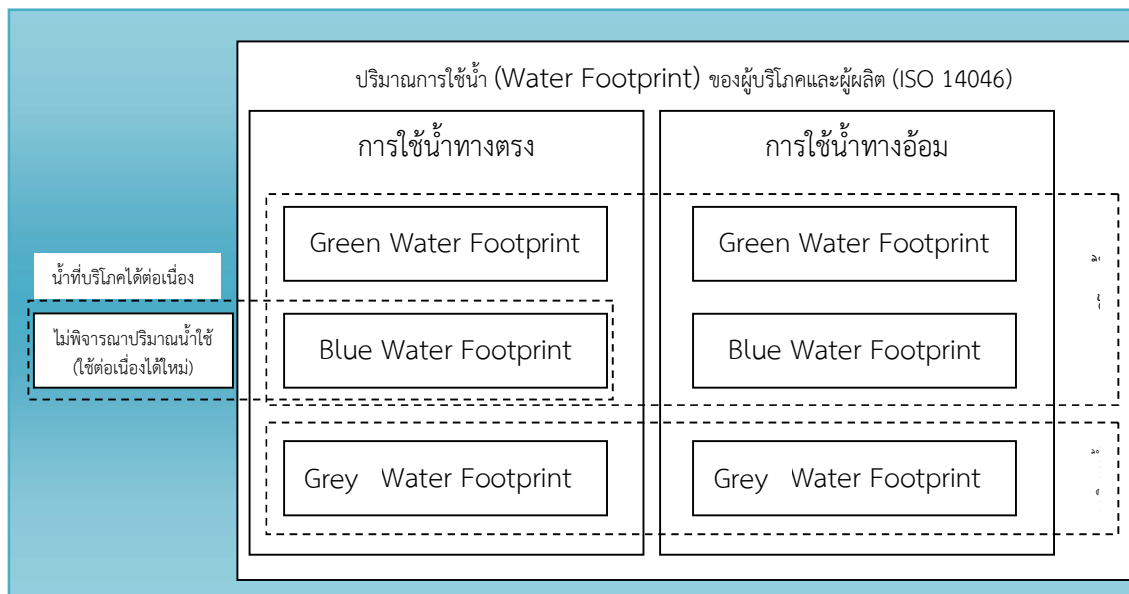
(1) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Water Footprint of a Product) หมายถึง ปริมาณน้ำ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยพิจารณาทั้งน้ำใช้และน้ำเสียที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตสินค้าและบริการ

(2) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของธุรกิจ (Water Footprint of a Business) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการดำเนินงานขององค์กรธุรกิจทั้งทางตรงและทางอ้อม

(3) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของประเทศ (Water Footprint of National Consumption) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการตามความต้องการของผู้บริโภคภายในประเทศ

2) หลักการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

Hoekstra et al., (2011) ได้เสนอแนวคิดของหลักการจัดการน้ำด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) เป็นตัวชี้วัดการใช้น้ำของผู้ผลิตหรือผู้บริโภคโดยพิจารณาจากการใช้น้ำทางตรงและทางอ้อม รวมทั้งแสดงแหล่งที่มาของน้ำใช้และน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตสินค้าและบริการตลอดห่วงโซ่อุปทาน (ลักขณา เจริญสุข และคณะ, 2555) ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แนวคิดวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

ที่มา : (Hoekstra et al., 2011 , อ้างถึงใน ลักขณา เจริญสุข 2556)

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ทั้ง 3 ประเภท ประกอบด้วย

(1) กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water Footprint : WF_{green}) หมายถึง ปริมาณน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินเนื่องจากน้ำฝนและถูกใช้ไปในการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งไม่รวมถึงน้ำฝนที่กลายเป็นน้ำผิวดิน ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเรียกกรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ว่า “น้ำฝน”

(2) บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue Water Footprint : WF_{blue}) หมายถึง ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งแหล่งน้ำผิวดิน เช่น น้ำในแม่น้ำทะเลสาบ รวมทั้งน้ำในอ่างเก็บกักน้ำ และแหล่งน้ำใต้ดิน เช่น น้ำบาดาลที่ใช้ในการผลิตสินค้าและบริการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะเรียกกรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ว่า “น้ำชลประทาน”

(3) เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey Water Footprint : WF_{grey}) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการให้เป็นน้ำดีตามมาตรฐาน ซึ่งส่วนใหญ่การเพาะปลูกพืชจะมีการใช้ปุ๋ย เมื่อพืชเอาไปใช้ไม่หมดจะมีการตกค้างและซึมลงสู่ดินหรือถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ

ทั้งนี้ การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ประเมินเฉพาะกรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์และบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากค่าความต้องการน้ำใช้ของข้าวเท่านั้น ไม่ได้ประเมินเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

ปัจจุบันมีมาตรฐาน ISO 14046 เพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากวัฏจักรชีวิต (LCA) ของสินค้าและดัชนีการพัฒนายั่งยืน เพื่อเป็นดัชนีชี้วัดความยั่งยืน ซึ่งจะเป็นการมองถึงความดีและความเลวของการใช้น้ำด้วย

วิธีการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แต่ละประเภทจะมีความแตกต่างกัน โดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ วิธีวิเคราะห์แบบบนลงล่าง (Top-Down Approach) และวิธีวิเคราะห์แบบล่างขึ้นบน (Bottom-Up Approach) วิธีวิเคราะห์แบบบนลงล่างจะทำการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากข้อมูลการนำเข้า-ส่งออกสินค้า ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็วแต่มีข้อเสีย คือ ค่าที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อนสูง ส่วนวิธีวิเคราะห์แบบล่างขึ้นบน คำนวณจากข้อมูลการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิต (Van Oel et al., 2008 อ้างถึงในชินาธิปกรณ พงศ์กัญญ์ภาพ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ, 2554)

สำหรับหน่วยวัดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เป็นลูกบาศก์เมตรต่อตัน โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในพืชคำนวณจากปริมาณน้ำที่พืชใช้ (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) ต่อปริมาณผลผลิตของพืชนั้น (ตันต่อไร่) ส่วนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในสัตว์คิดจากปริมาณน้ำทั้งหมดในการผลิตและให้อาหารสัตว์ น้ำดื่มของสัตว์และน้ำที่ใช้ในการกิจการเลี้ยงสัตว์อื่นๆ เช่น น้ำที่ใช้เพื่อทำความสะอาดคอกสัตว์น้ำที่ใช้ในการระบายความร้อน และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์ เป็นผลรวมของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์การผลิตผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์ ตั้งแต่เริ่มกระบวนการจนกระทั่งสิ้นสุดได้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ นั้น ๆ

3) ขั้นตอนในการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมหรือสินค้ากับผลกระทบที่เกิดขึ้นทรัพยากรน้ำเพื่อลดการใช้น้ำที่ไม่ยั่งยืน โดยการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ

(1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตในการศึกษา (Setting Goals and Scope) เนื่องจาก มีความสนใจในการศึกษาที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องกำหนดเป้าหมายและขอบเขตเพื่อตอบโจทย์ให้ชัดเจน

(2) การจัดทำบัญชีรายการ (Water Footprint Accounting) เป็นขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลต่างๆ และจัดทำบัญชีรายการการใช้น้ำเพื่อนำมาคำนวณและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาต่อไป โดยขอบเขตในการคำนวณขึ้นอยู่กับข้อกำหนดเป้าหมาย

(3) การประเมินความยั่งยืน (Water Footprint Sustainability Assessment) ขั้นตอนนี้จะประเมินจากความคาดหวังด้านสิ่งแวดล้อม ด้านสังคม และด้านเศรษฐกิจ

(4) การจัดทำประเด็นข้อเสนอแนะเพื่อตอบสนองและแก้ปัญหา (Water Footprint Response Formulation) เป็นการกำหนดยุทธศาสตร์หรือนโยบายในการบริหารจัดการน้ำ

การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ขึ้นอยู่กับกรอบความสนใจ ไม่ว่าจะเป็นการวัดจากมุมมองการบริโภคทั้งระดับบุคคล ครอบครัว ชุมชน และระดับชาติ การวัดจากมุมมองผู้ผลิตทั้งระดับองค์กร รัฐ เอกชน กระบวนการผลิตหรือสินค้าบริโภค การวัดจากมุมมองเชิงพื้นที่ทั้งระดับเทศบาล จังหวัด ประเทศ หรือลุ่มน้ำเป็นต้น

4) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการ (Water Footprint of Process)

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการเป็นการประเมินปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ตลอดช่วงการเจริญเติบโตของพืช โดยสามารถหาได้จากผลรวมของกรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF_{green}) บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF_{blue}) และเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (WF_{gray}) แสดงในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อตัน แสดงรายละเอียดการคำนวณได้ดังสมการที่ (1)

$$WF_{Total} = WF_{green} + WF_{blue} + WF_{gray} \quad (1)$$

ซึ่งคำนวณมาจาก 2 ส่วน ดังนี้

(1) การคำนวณปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริง ซึ่งหาได้จากค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (CWR) แสดงในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หาคด้วยปริมาณผลผลิต (Y) ตันต่อไร่ แบ่งเป็น

(1.1) กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water Footprint: WF_{green}) การคำนวณหากรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืชสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำฝนที่พืชต้องการใช้จริง (Crop Water Use; CWU) (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) ต่อปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่) ดังสมการที่(2)

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad (2)$$

โดยที่ WF_{green} คือ กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

CWU_{green} คือ ปริมาณฝนใช้การของพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่)

(1.2) บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue Water Footprint) การคำนวณหาบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืชสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำชลประทานที่ใช้ในการผลิตพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) ต่อปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่) ดังสมการที่(3)

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad (3)$$

โดยที่ WF_{blue} คือ บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

CWU_{blue} คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตพืชจากแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำชลประทาน (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่)

(1.3) เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Gray Water Footprint) สามารถคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจือจางมลพิษในน้ำให้อยู่ในค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งหรือความเข้มข้นที่พบในธรรมชาติ ดังสมการที่(4) ทั้งนี้ในการศึกษาไม่ได้ประเมินเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

$$WF_{grey} = \frac{(\alpha \times AR) \div (c_{max} - c_{nat})}{Y} \quad (4)$$

โดยที่ WF_{grey} คือ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เทาของการผลิตพืช (มิลลิเมตรต่อตัน)

α คือ สัดส่วนการชะล้าง หรือ Leaching-Runoff Fraction

AR คือ อัตราการใช้สารเคมีในพื้นที่เพาะปลูก (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)

c_{max} คือ ความเข้มข้นมากที่สุดที่ยอมรับได้ (กิโลกรัมต่อมิลลิเมตร)

c_{nat} คือ ความเข้มข้นของมลพิษตามธรรมชาติ (กิโลกรัมมิลลิเมตร)

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่)

(2) การคำนวณปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จากการประเมิน

สำหรับกรีนและบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีหลักการคำนวณเหมือนกัน โดยการวิเคราะห์ ค่าความต้องการน้ำของพืช (Crop Water Requirement: CWR) ที่ได้จากน้ำฝนและน้ำชลประทาน ซึ่งเกิดจากความต้องการน้ำสำหรับการคายระเหยน้ำภายใต้สภาวะการเจริญเติบโตในอุดมคตินับตั้งแต่วันเพาะปลูก การเจริญเติบโต จนถึงวันเก็บเกี่ยว สามารถประเมินได้จากปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช (Crop Evapotranspiration: ET_c) ก็คือการคำนวณเพื่อหาปริมาณน้ำที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกทั้งจากกระบวนการคายระเหยทางผิวดิน และการคายน้ำของพืช สามารถประเมินได้จากค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient: K_c) ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration: ET_0) ดังสมการที่(5) ดังนั้นหากต้องการหาความต้องการใช้น้ำรวมทั้งหมดของพืช (CWR) ตั้งแต่เริ่มปลูก เจริญเติบโต จนกระทั่งพร้อมเก็บเกี่ยว สามารถประเมินจากผลรวมทั้งหมดของค่าการคายระเหยน้ำของพืช (ET_c) ในแต่ละช่วงอายุจนครบรอบการปลูก ดังสมการที่(6) แต่อย่างไรก็ตามเฉพาะในส่วนของการประเมินความต้องการใช้น้ำในการปลูกข้าวต้องมีการขังน้ำในแปลงนา ค่าซึมลึก (Deep percolation: DP) ของน้ำในแปลงลงสู่ใต้พื้นดินจะถูกนำมารวมในการประเมิน ดังสมการที่ (7)

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (5)$$

$$CWR = \sum ET_c \quad (6)$$

$$CWR = \sum (ET_c + DP) \quad (7)$$

โดยที่ ET_c คือ ศักยภาพการคายระเหยหรือค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)
 K_c คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช
 ET_0 คือ ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน)
 DP คือ ค่าการซึมลึกหรือการรั่วซึม (Deep Percolation) ของน้ำในแปลงนา (มิลลิเมตรต่อวัน)
 ทั้งนี้ ค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (Crop Water Use: CWU) คำนวณได้จากค่าการสะสมการคายน้ำของพืช (Evapotranspiration: ET) ตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต (Length of Growing Period: LGP) และการหาค่าการคายระเหยน้ำของพืชสามารถคำนวณโดยอาศัยข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ด้วยการใช้โปรแกรม CROPWAT 8.0 ซึ่งเป็นเครื่องมือในการคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืช ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการคำนวณค่าการคายระเหยน้ำประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (อุณหภูมิสูงสุด ปริมาณแสงแดด ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน) โดยใช้ค่าเฉลี่ยในช่วงระยะเวลา 30 ปี (พ.ศ. 2524 – 2553) ที่อ้างอิงข้อมูลจริงจากกรมอุตุนิยมวิทยาตามพื้นที่ศึกษาจากสถานีที่ใกล้เคียงหรือสถานี ที่เป็นตัวแทนที่ดีที่สุด ข้อมูลปัจจัยการผลิตพืช (ชนิดของพืช วัน ปลูกและเก็บเกี่ยว ช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช และความยาวของรากพืช) และข้อมูลคุณสมบัติดิน (ข้อมูลชุดดิน ความชื้นในดิน การแทรกซึมน้ำผ่านผิวดินสูงสุด ความลึกของรากพืช ความชื้นเริ่มต้น ระยะที่น้ำเริ่มขาด) โดยหาอ้างอิงจากระบบสารสนเทศของกรมพัฒนาที่ดินและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ซึ่งมีรายละเอียดการประเมินดังนี้

(2.1) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient: K_c)

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) เป็นปัจจัยหนึ่งที่น่าสนใจเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำใช้ของพืชในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตต่างๆ ได้โดยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเป็นค่าเฉพาะแสดงถึงความชื้นจริง ในแปลงปลูกพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช สามารถนำไปใช้ได้ทั่วไป โดยตามเอกสารของ FAO แบ่งช่วงการเจริญเติบโตของพืชเป็น 4 ช่วง ดังนี้

1. ช่วงแรกปลูก (Initial Stage) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชระยะเริ่มต้น ตั้งแต่ปลูกถึงคลุมดินประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่
2. ช่วงเจริญเติบโต (Crop Developing Stage) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชระยะเติบโต ตั้งแต่คลุมดินร้อยละ 10 ถึงคลุมเต็มพื้นที่
3. ช่วงกลาง (Mid-Season Stage) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชระยะกลาง ตั้งแต่คลุมดินเต็ม (ออกดอก) ถึงผลเริ่มแก่
4. ช่วงปลาย (Late Season Stage) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชระยะสุดท้าย ตั้งแต่ผลเริ่มแก่ถึงเก็บเกี่ยว

โดยพืชมีความต้องการน้ำน้อยในช่วงแรก และเพิ่มสูงขึ้นจนมีค่ามากที่สุดในช่วงของการสร้างผลผลิต จากนั้นจะลดน้อยลงจนถึงช่วงเก็บเกี่ยว

การศึกษานี้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช 40 ชนิดที่ได้จากการทดลองและวิเคราะห์ด้วยวิธี Penman Monteith ของสำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน (2554) ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในส่วนของการปลูมน้ำมัน อ้างอิงค่า K_c ไม่ยืนยันกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559)

(2.2) การคายระเหยของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ET_0)

เนื่องจากในแต่ละพืชที่มีภูมิอากาศที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชแตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นๆ ซึ่งการคายระเหยของพืชอ้างอิงหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ที่คำนวณได้จากสูตรต่างๆ ผันแปรไปตามสภาพอากาศแต่ละที่ การหาค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงสามารถคำนวณจากข้อมูลภูมิอากาศซึ่งทำได้หลายวิธี โดยวิธีการที่ใช้จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลภูมิอากาศที่มีอยู่และความสามารถในการนำไปใช้งาน โดยวิธีการที่นิยมใช้กันในงานด้านชลประทานและเกษตรชลประทานซึ่งเป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นวิธีของ FAO Penman-Monteith โดยสูตร Penman ได้มีการพัฒนาโดย H.L. Penman เมื่อ ค.ศ. 1948 ต่อมา Doorenbos, J (1975) และ W.O. Pruitt (1984) ได้เสนอสูตร Modified Penman สำหรับใช้ในการคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง ซึ่งวิธีการนี้ถือเป็นวิธีการคำนวณการหาค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงที่ถูกต้องแม่นยำกว่าวิธีอื่นๆ และ วราวุธ วุฒินิชย์ (2539) รายงานว่า ในประเทศไทยการคำนวณค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง ใช้หลักการของ Penman ทั้งนี้เพราะมีการพิจารณาถึงผลของรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นของอากาศที่มีความสัมพันธ์ต่อค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยการศึกษาอ้างอิงค่า ET_0 ที่ได้จากวิธี Penman-Monteith มาใช้ในการคำนวณ

(2.3) ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช (Crop Evapotranspiration: ET_c)

การหาค่าน้ำที่ต้องการสำหรับการคายระเหยน้ำ (ET_c) ภายใต้สภาวะการเจริญเติบโตในอุดมคติ นับตั้งแต่วันที่เพาะปลูกจนถึงวันเก็บเกี่ยว สามารถหาได้จากสมการที่(8)

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (8)$$

โดยที่ ET_c คือ ค่าความต้องการน้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)

K_c คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ET_0 คือ ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน)

(2.4) การซึมลึก (Deep Percolation: DP)

การซึมลึก หมายถึง การไหลซึมของน้ำในดินที่ลึกเลยเขตรากพืช ซึ่งการสูญเสียด้านการซึมลึกนี้จะถูกนำมาคำนวณในความต้องการน้ำเฉพาะกรณีของการปลูกข้าว ขณะที่ในส่วนของการปลูกปาล์มน้ำมันซึ่งไม่ได้มีการขังน้ำในแปลงจึงไม่มีการพิจารณาถึงค่าการซึมลึก

(2.5) ปริมาณการใช้น้ำฝนและความต้องการน้ำชลประทานของพืช

การหาปริมาณน้ำฝนที่ใช้และปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการใช้สำหรับการปลูกพืชจะสามารถประเมินได้จากการหาผลต่างระหว่างค่าความต้องการใช้น้ำของพืชที่คำนวณได้ กับค่าปริมาณน้ำฝนใช้การ (Effective Rainfall: P_e) ที่มีอยู่ในพื้นที่เพาะปลูกนั้นๆ ซึ่งปริมาณฝนใช้การสามารถคำนวณได้จากหลายวิธี เช่น วิธีของ USDA และวิธีของกรมชลประทาน ดังนี้

1) การประเมินหาฝนใช้การตามวิธีของ USDA

ปริมาณน้ำฝนใช้การ หรือปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกและเป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกนั้น สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (9)

$$P_{e,monthly,USDA} = P_{monthly} \times \frac{(125 - 0.2 \times P_{monthly})}{125} \quad \text{for } P_{monthly} < 250\text{mm}$$

หรือ

$$P_{e,monthly,USDA} = (0.1 \times P_{monthly}) + 125 \quad \text{for } P_{monthly} > 250\text{mm} \quad (9)$$

โดยที่ $P_{e,monthly,USDA}$ คือ ปริมาณฝนใช้การคำนวณตามวิธี USDA (มิลลิเมตรต่อเดือน)

$P_{monthly}$ คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตรต่อเดือน)

2) การประเมินหาฝนใช้การตามวิธีของกรมชลประทาน

การประเมินหาฝนใช้การตามวิธีของกรมชลประทานซึ่งได้มีการกำหนดค่าแฟกเตอร์สำหรับคูณกับค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน (Weighted Rainfall: WRFL) ในพื้นที่เพาะปลูกพื้นที่หนึ่งๆ โดยมีวิธีค่าแฟกเตอร์ (ตารางที่ 2.1)

ในกรณีที่ปริมาณฝนมากกว่าที่พืชต้องการ (Effective Rainfall (P_e) > CWR) ปริมาณน้ำฝนที่ใช้ จะเท่ากับค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (CWR) และปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้จะเป็นศูนย์เพราะมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอกับที่พืชต้องการแล้ว ไม่ต้องการน้ำชลประทานเพิ่มอีก

ในกรณีที่ปริมาณฝนน้อยกว่าที่พืชต้องการ (Effective Rainfall (P_e) < CWR) ปริมาณน้ำฝนของพืชที่ใช้จะเท่ากับค่าปริมาณฝนใช้การ และปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการจะเท่ากับค่าความต้องการใช้น้ำของพืชลบออกด้วยด้วยปริมาณฝนใช้การ (CWR – Effective Rainfall) หรือในกรณีที่ทราบการใช้น้ำชลประทานจริงๆ ค่าปริมาณน้ำชลประทานที่ถูกใช้จริง (Effective Irrigation) สามารถนำมาใช้เพื่อแทนค่าการคำนวณน้ำชลประทานที่ต้องการ

ตารางที่ 2.1 ค่าแฟกเตอร์สำหรับการคำนวณหาปริมาณฝนใช้การ

Weighted Rainfall (WRFL), mm.	Effective Rainfall (Peff), mm.
0 – 10	0
11 – 100	WRFL x 0.80
101 – 200	WRFL x 0.70
201 – 250	WRFL x 0.60
251 – 300	WRFL x 0.55
301 – up	WRFL x 0.50

ที่มา: กรมชลประทาน (2556)

(2.6) การหาฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint)

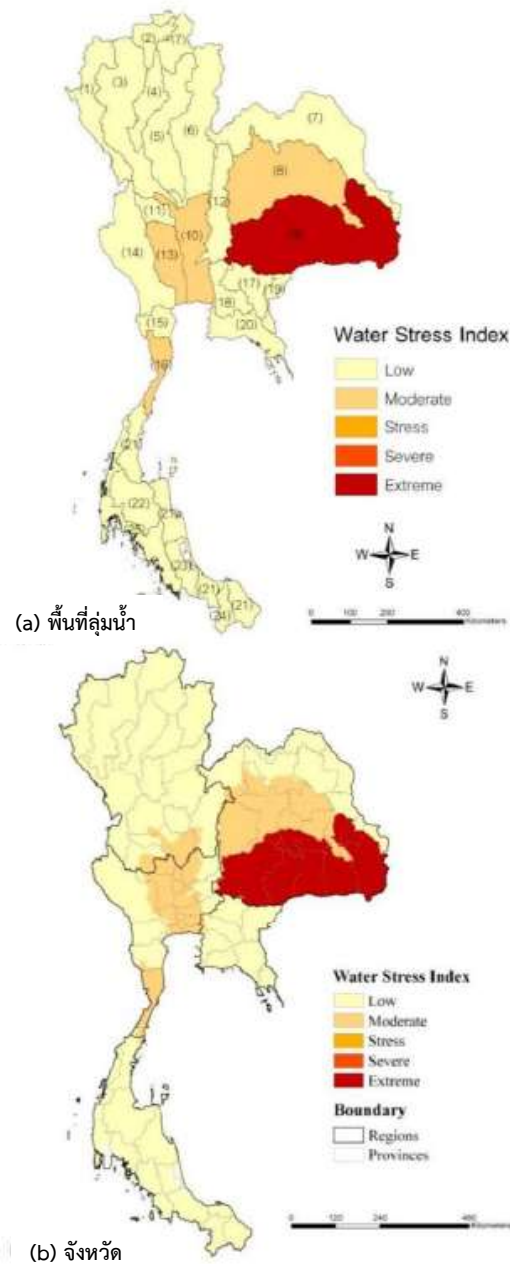
เนื่องจากตามหลักการฟุตพริ้นท์ของ ISO 14046 (2014) ได้นิยามว่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์คือตัวบ่งชี้ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับน้ำ กล่าวคือทั้งผลกระทบอันเนื่องมาจากการใช้น้ำและผลกระทบอันเนื่องมาจากน้ำเสีย ซึ่งในการศึกษานี้มีวิธีประเมินผลกระทบฟุตพริ้นท์น้ำ (Water Footprint Impact Assessment) ในรูปของโอกาส

การเกิดผลกระทบด้านการขาดแคลนน้ำ หรือที่เรียกว่า ฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint) ซึ่งจะสามารถคำนวณจากปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการใช้ในการเพาะปลูกพืช และดัชนีความตึงเครียดของน้ำ โดยการได้มาซึ่งปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการ ดังสมการที่ (10)

$$\text{ฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ} = \text{น้ำชลประทาน} \times \text{ดัชนีความตึงเครียดของน้ำ} \quad (10)$$

โดยที่ฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรน้ำเทียบเท่าต่อตัน ($\text{m}^3 \text{H}_2\text{Oeq/ton}$) น้ำชลประทานที่ต้องการใช้ในการเพาะปลูกพืชผล (Irrigation Water) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อตัน ดัชนีความตึงเครียดของน้ำ (Water Stress Index : WSI) ไม่มีหน่วย เป็นค่าที่บ่งบอกเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้ หาได้จากเป็นสัดส่วนน้ำที่ถูกใช้กับน้ำจืดที่มีในพื้นที่ (Zeng et al., 2013)

สำหรับค่าดัชนีความตึงเครียดของน้ำได้มีการศึกษาค่าสำหรับ 25 กลุ่มน้ำของประเทศเพื่อใช้สำหรับบ่งชี้ถึงโอกาสการเกิดการแย่งชิงทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดในแต่ละพื้นที่ ซึ่งแผนที่ความตึงเครียดด้านน้ำ (Water Stress Map) ที่ได้จากการศึกษาบ่งชี้ว่ากลุ่มน้ำที่มีค่าตัวชี้วัดความตึงเครียดด้านน้ำสูงที่สุด คือ กลุ่มน้ำมูล ตามด้วยกลุ่มน้ำชี เจ้าพระยา และท่าจีน ตามลำดับ (Shabbir et al., 2014) ดังแสดงในภาพที่ 2.4



Watersheds	WSI
(1) Salawin	0.017
(2) Kok	0.018
(3) Ping	0.023
(4) Wang	0.021
(5) Yom	0.044
(6) Nan	0.015
(7) Khong	0.014
(8) Chi	0.471
(9) Mun	0.927
(10) Chao Phraya	0.339
(11) Sakae Krang	0.031
(12) Pasak	0.050
(13) Thachin	0.287
(14) Mae Klong	0.018
(15) Petchaburi	0.022
(16) West Coast Gulf	0.158
(17) Prachin Buri	0.016
(18) Bang Pakong	0.026
(19) Thole Sap	0.019
(20) East-Coast Gulf	0.015
(21) Peninsula-East coast	0.067
(22) Tapi	0.060
(23) Thale sap Songkhla	0.014
(24) Pattani	0.025
(25) Peninsula-West coast	0.012

พื้นที่ลุ่มน้ำ:

- | | | | | | | |
|-------------|----------|----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| (1) สาละวิน | (5) ยม | (9) มูต | (13) ทำจีน | (17) ปราจีนบุรี | (21) ภาคใต้ฝั่งตะวันออก | (25) ภาคใต้ฝั่งตะวันตก |
| (2) กก | (6) น่าน | (10) เจ้าพระยา | (14) แม่กลอง | (18) บางปะกง | (22) ตาปี | |
| (3) ปิง | (7) โขง | (11) สะแกกรัง | (15) เพชรบุรี | (19) โตนเลสาบ | (23) ทะเลสาบสงขลา | |
| (4) วัง | (8) ชี | (12) ป่าสัก | (16) ชายฝั่งทะเลตะวันตก | (20) ชายฝั่งทะเลตะวันออก | (24) ปัตตานี | |

ภาพที่ 2.4 ค่าดัชนีความเครียดของน้ำ (WSI) ที่คำนวณมาจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปี
ที่มา: Shabbir et al., (2014)

(2.7) การคำนวณผลต้นทุนการผลิต

1) การคำนวณผลระดับตัวอย่าง เป็นการคำนวณต้นทุนการผลิตรายตัวอย่างที่มีกิจกรรมการผลิตครบทุกขั้นตอน ตั้งแต่เตรียมดิน จนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต แล้วนำมาจัดหมวดหมู่ให้เป็นไปตามโครงสร้างต้นทุนการผลิต เพื่อคำนวณต้นทุนผันแปร ต้นทุนคงที่ และรวมเป็นต้นทุนรวมทั้งหมดของแปลงตัวอย่าง โดยมีหน่วยเป็นบาท แล้วคำนวณหาผลผลิตรวมและผลผลิตต่อไร่ เพื่อคำนวณต้นทุนการผลิตต่อไร่ และต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม ต่อไป (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) มีสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ (11 – 14)

(1) ต้นทุนการผลิตรวม คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของแปลงตัวอย่างที่ i ดังสมการที่(11)

$$TC_i = TVC_i + TFC_i \quad (11)$$

โดยที่

TC_i = ต้นทุนรวมของตัวอย่างที่ i (บาท)
 TVC_i = ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับต้นทุนผันแปรของตัวอย่างที่ i (บาท)
 TFC_i = ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับต้นทุนคงที่ของตัวอย่างที่ i (บาท)
 i = ตัวอย่างที่ i โดย $i = 1, 2, 3, \dots, n$

(2) ต้นทุนการผลิตต่อไร่ คือ ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของตัวอย่างที่ i (บาท)หารด้วยเนื้อที่เพาะปลูกของแปลงตัวอย่างที่ i (ไร่) ดังสมการที่(12)

$$TCR_i = \frac{TC_i}{A_i} \quad (12)$$

โดยที่

TCR_i = ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของตัวอย่างที่ i (บาท)
 TC_i = ต้นทุนการผลิตรวมของตัวอย่างที่ i
 หรือค่าใช้จ่ายในการผลิตรวมของตัวอย่างที่ i (บาท)
 A_i = เนื้อที่ปลูกของตัวอย่างที่ i (ไร่)

(3) ผลผลิตต่อไร่ คือ ผลผลิตทั้งหมดของตัวอย่างที่ i (กิโลกรัม) หารด้วยเนื้อที่ปลูกของตัวอย่างที่ i (ไร่) ดังสมการที่(13)

$$Y_i = \frac{P_i}{A_i} \quad (13)$$

โดยที่

Y_i = ผลผลิตต่อไร่ของตัวอย่างที่ i (กิโลกรัม)
 P_i = ผลผลิตทั้งหมดของตัวอย่างที่ i (กิโลกรัม)

(4) ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม คือ ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของตัวอย่างที่ i (บาท) หารด้วยผลผลิตต่อไร่ของตัวอย่างที่ i (กิโลกรัม) หรือ สมการ (12) หารด้วย สมการ (13) ดังสมการที่(14)

$$\begin{aligned} TCK_i &= \frac{TCR_i}{Y_i} \\ &= \frac{TC_i}{P_i} \end{aligned} \quad (14)$$

หรือ ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมเท่ากับต้นทุนการผลิตรวมของตัวอย่างที่ i หารด้วย ผลผลิตทั้งหมดของตัวอย่างที่ i
โดยที่

$$TCK_i = \text{ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมของตัวอย่างที่ } i \text{ (บาท)}$$

2) การคำนวณผลระดับจังหวัด

(1) ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของจังหวัดคือ ผลรวมของต้นทุนการผลิตตัวอย่างที่ i คูณด้วย เนื้อที่ปลูกของตัวอย่างที่ i ในจังหวัด j หารด้วย ผลรวมของเนื้อที่ปลูกของทุกตัวอย่าง i ในจังหวัด j ดังสมการที่(15)

$$TCR_j = \frac{\sum_{i=1}^n (TC_i \times A_i)_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (15)$$

(2) ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมของจังหวัดคือ ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของจังหวัด j (บาท) หารด้วย ผลผลิตต่อไร่ของจังหวัด j (กิโลกรัม) ดังสมการที่(16)

$$TCK_j = \frac{TCR_j}{Y_j} \quad (16)$$

โดยที่

TCK_j	=	ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม ของจังหวัด j (บาท)
TCR_j	=	ต้นทุนการผลิตต่อไร่ ของจังหวัด j (บาท)
Y_j	=	ผลผลิตต่อไร่ ของจังหวัด j (กก.)
j	=	จังหวัดที่ j โดย $j = 1, 2, 3, \dots, m$

หมายเหตุ : การคำนวณค่าเฉลี่ยต่างๆ แต่ละรายการในระดับจังหวัดขึ้นไปจะใช้เนื้อที่ปลูกเป็นตัวถ่วงน้ำหนัก

บทที่ 3 ข้อมูลทั่วไป

3.1 สภาพทั่วไป

พื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ที่ทำการศึกษา คือ พื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนด จังหวัดสงขลาซึ่งเป็นแปลงต้นแบบ มีพื้นที่ดำเนินการ 1,300 ไร่ สมาชิกที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 66 ราย มีนางอรุณ หนูผุด เกษตรอำเภอรอนด เป็นผู้จัดการแปลงสินค้าที่ศึกษาคือ ข้าวนาปี ปีเพาะปลูก 2557/58 ซึ่งเกษตรกรในพื้นที่โครงการมีการทำนาปี 2 ช่วง ช่วงแรกคือเกษตรกรที่ทำนาในฤดูกาลปกติ คือเกษตรกรที่ปลูกข้าวในระหว่างเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน 2557 และช่วงที่ 2 คือเกษตรกรที่ทำนาหลังฤดูกาลปกติหรือที่เกษตรกรเรียกว่าการทำนาหลังน้ำคือเกษตรกรที่ปลูกข้าวระหว่างเดือนมกราคม–กุมภาพันธ์ 2558 ดังนั้นในการศึกษารั้งนี้จึงได้ศึกษาปริมาณการใช้น้ำของการทำนาทั้งในฤดูกาลปกติและหลังฤดูกาลปกติหรือการทำนาหลังน้ำ ทั้งนี้เพราะปริมาณการใช้น้ำในการทำนาทั้ง 2 ช่วง มีความแตกต่างกันทั้งน้ำฝนและน้ำชลประทาน

3.2 ผลการสำรวจข้อมูลในพื้นที่

3.2.1 ประเภทข้าว และพันธุ์ข้าว

ประเภทข้าวและพันธุ์ข้าว จากการศึกษาพบว่าประเภทข้าวที่เกษตรกรในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนด จังหวัดสงขลา ปลูกเป็นข้าวเจ้านาปีทั้งหมด และพันธุ์ที่ปลูกส่วนใหญ่ร้อยละ 31.25 เป็นพันธุ์ กข 47 รองลงมาร้อยละ 28.13 เป็นพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ร้อยละ 14.06 พันธุ์ กข 49 และพันธุ์อื่น ๆ เช่น กข 31 สุพรรณบุรี 90 ปทุมธานี 1 กข 41 กข 29 และชัยนาท เป็นต้น(ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 พันธุ์ข้าวที่ปลูก

ชื่อพันธุ์	ร้อยละ
กข 47	31.25
สุพรรณบุรี 1	28.13
กข 49	14.06
กข 31	7.81
สุพรรณบุรี 90	6.25
ปทุมธานี 1	6.25
กข 41	4.69
กข 49	3.13
ชัยนาท	1.56

ที่มา: จากการสำรวจ

หมายเหตุ เกษตรกรตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ

3.2.2 แหล่งที่มาของพันธุ์ เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 70.31 ซื้อเมล็ดพันธุ์จากพ่อค้าในพื้นที่ รองลงมาร้อยละ 14.06 เก็บเมล็ดพันธุ์ไว้เอง ร้อยละ 10.94 ซื้อจากเพื่อนบ้าน ที่เหลือร้อยละ 4.69 และ ร้อยละ 1.56 ซื้อจากอื่น ๆ และซื้อจากสหกรณ์การเกษตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.2 แหล่งที่มาของพันธุ์

แหล่งที่มาของพันธุ์	ร้อยละ
พ่อค้า	70.31
เก็บไว้เอง	14.06
เพื่อนบ้าน	10.94
อื่น ๆ เช่น ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว	4.69
สหกรณ์การเกษตร	1.56

ที่มา: จากการสำรวจ

หมายเหตุ เกษตรกรตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ

3.2.3 วัสดุพันธุ์ปลูกและวิธีการปลูก

จากการศึกษาพบว่าวัสดุพันธุ์ที่เกษตรกรใช้ในการปลูกคือเมล็ดพันธุ์ และปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตามทั้งหมด

3.2.4 ระบบการปลูก และระบบการปลูกของแปลงใกล้เคียง

เกษตรกรในโครงการส่วนใหญ่ปลูกระบบเคมี ร้อยละ 65.63 รองลงมาร้อยละ 34.37 ปลูกในระบบอินทรีย์+เคมี เช่นเดียวกันกับแปลงใกล้เคียงส่วนใหญ่ร้อยละ 68.75 ปลูกระบบเคมี และร้อยละ 31.25 ปลูกในระบบอินทรีย์+เคมี (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 ระบบการปลูกในแปลงและแปลงใกล้เคียง

ระบบการปลูกในแปลง	ร้อยละ	ระบบการปลูกแปลงใกล้เคียง	ร้อยละ
เคมี	65.63	เคมี	68.75
อินทรีย์+เคมี	34.37	อินทรีย์+เคมี	31.25

ที่มา : จากการสำรวจ

3.2.5 การได้รับน้ำ และลักษณะแหล่งน้ำ

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในเขตชลประทานร้อยละ 67.94 และอยู่นอกชลประทานร้อยละ 32.06 ทั้งนี้พื้นที่เกษตรกรใช้ในการเพาะปลูกส่วนใหญ่ร้อยละ 53.75 เป็นน้ำฝน รองลงมา ร้อยละ 24.38 เป็นน้ำจากคลองธรรมชาติ และร้อยละ 21.88 เป็นน้ำจากชลประทาน (ตารางที่ 3.4)

ตารางที่ 3.4 แหล่งน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก และปริมาณการใช้

แหล่งน้ำ	ปริมาณการใช้
น้ำฝน	53.75
คลองธรรมชาติ	24.38
ชลประทาน	21.87

ที่มา : จากการสำรวจ

3.2.6 วิธีการนำน้ำเข้าแปลงนา

เกษตรกรที่อยู่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน มีวิธีการนำน้ำเข้าแปลงนาคือการใช้เครื่องสูบน้ำร้อยละ 93.75 รองลงมาคือการปล่อยน้ำเข้านาตามร่องคูร้อยละ 4.69 และร้อยละ 1.56 ใช้เฉพาะน้ำฝนที่ตกในแปลงนาเท่านั้น (ตารางที่ 3.5)

ตารางที่ 3.5 วิธีการนำน้ำเข้าแปลงนา

วิธีการนำน้ำเข้าแปลงนา	ร้อยละ
ใช้เครื่องสูบน้ำ	93.75
ปล่อยน้ำตามร่องคู	4.69
ใช้เฉพาะน้ำฝนที่ตกในแปลงนา	1.56

ที่มา: จากการสำรวจ

3.2.7 การใช้ปัจจัยการผลิตของเกษตรกรในการปลูกข้าว

การใช้ปัจจัยการผลิตของเกษตรกรในการปลูกข้าวในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา ตลอดวัฏจักรชีวิตของข้าว ก็คือปริมาณการใช้ปัจจัยโดยเฉลี่ยตั้งแต่แรกปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต มีรายละเอียดดังนี้

- 1) เมล็ดพันธุ์ เกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 23.80 กิโลกรัมต่อไร่
- 2) ปุ๋ย ประกอบด้วย ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยเคมี จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรในพื้นที่โครงการฯ ไม่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ร้อยละ 93.75 ของเกษตรกรทั้งหมด และใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร้อยละ 6.25 โดยมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 0.85 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่ได้ใช้ปุ๋ยชีวภาพร้อยละ 93.75 ใช้ปุ๋ยชีวภาพร้อยละ 6.25 โดยมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 0.70 กิโลกรัมต่อไร่ และเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีร้อยละ 100 มีปริมาณการใช้เฉลี่ย 46.18 กิโลกรัมต่อไร่
- 3) สารเคมีกำจัดวัชพืช เกษตรกรในพื้นที่โครงการฯ ใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืช คิดเป็นร้อยละ 79.69 ของเกษตรกรทั้งหมด โดยมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 0.09 ลิตรต่อไร่ และไม่ใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช คิดเป็นร้อยละ 20.31
- 4) สารกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรในพื้นที่โครงการฯ ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช คิดเป็นร้อยละ 53.13 ของเกษตรกรทั้งหมด โดยมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 0.03 ลิตรต่อไร่ และไม่ใช้สารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ 46.88
- 5) สารอื่น ๆ เกษตรกรในพื้นที่โครงการฯ ใช้สารเคมีอื่น ๆ เช่น ฮอร์โมนร้อยละ 51.56 ของเกษตรกรทั้งหมด โดยมีปริมาณการใช้ 0.03 ลิตรต่อไร่ และไม่ใช้ร้อยละ 48.44

6) น้ำมันเชื้อเพลิง จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต ร้อยละ 92.19 ของเกษตรกรทั้งหมด โดยมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 3.75 ลิตรต่อไร่ และไม่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ร้อยละ 7.81 (ตารางที่ 3.6)

ตารางที่ 3.6 การใช้ปัจจัยการผลิต

รายการ	ร้อยละการใช้ปัจจัยการผลิต	ปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต	หน่วย
1. เมล็ดพันธุ์	100	23.80	กิโลกรัมต่อไร่
2. ปุ๋ยอินทรีย์			
- ใช้	6.25	0.85	กิโลกรัมต่อไร่
- ไม่ใช้	93.75		
3. ปุ๋ยชีวภาพ			
- ใช้	6.25	0.70	กิโลกรัมต่อไร่
- ไม่ใช้	93.75		
4. ปุ๋ยเคมี			
- ใช้	100	46.18	กิโลกรัมต่อไร่
- ไม่ใช้	-		
5. สารกำจัดวัชพืช			
- ใช้	79.69	0.09	ลิตรต่อไร่
- ไม่ใช้	20.31		
6. สารเคมีกำจัดวัชพืช			
- ใช้	53.13	0.03	ลิตรต่อไร่
- ไม่ใช้	46.88		
7. สารอื่น ๆ			
- ใช้	51.56	0.03	ลิตรต่อไร่
- ไม่ใช้	48.44		
8. น้ำมันเชื้อเพลิง			
- ใช้	92.19	3.75	ลิตรต่อไร่
- ไม่ใช้	7.81		

ที่มา : จากการสำรวจ

3.2.8 การใช้แรงงานในการผลิต

จากการศึกษาการเพาะปลูกข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรโนด จังหวัดสงขลา ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยว มีรายละเอียดดังนี้

1) การเตรียมดิน เกษตรกรจะต้องทำการเตรียมดินซึ่งจะมีการไถตะ ไถแปร และทำเทือกหรือคราด โดยใช้เครื่องจักร คือรถแทรกเตอร์ หรือรถไถเดินตาม ร้อยละ 100 ในขั้นตอนนี้เกษตรกรส่วนใหญ่จะจ้างเครื่องจักรของผู้รับจ้างในพื้นที่ หรือพื้นที่ใกล้เคียง แต่มีเกษตรกรบางส่วนที่เตรียมดินเอง โดยใช้น้ำมันเฉลี่ยไร่ละ 1.48 ลิตร

2) การปลูก เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนในการปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตม ร้อยละ 100

3) การดูแลรักษา

- การใส่ปุ๋ย ใช้แรงงานคนในการใส่ปุ๋ยร้อยละ 100

- การดายหญ้า/ถอนหญ้า ใช้เครื่องจักรคือเครื่องตัดหญ้า แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ต้องทำเพราะได้ใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืชรก่อนการหว่านข้าวแล้ว

- การให้น้ำหรือการขังน้ำ เกษตรกรส่วนใหญ่จะให้เครื่องจักร คือเครื่องสูบน้ำ ร้อยละ 93.75 ปล่อน้ำให้ไหลไปตามร่องคู ร้อยละ 4.69 และร้อยละ 1.56 เกษตรกรใช้น้ำฝนในการปลูกข้าวอย่างเดียว จึงไม่มีการสูบน้ำ หรือการปล่อน้ำชลประทานตามร่องคู

- การพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช ศัตรูพืช และสารเคมีอื่นๆ ใช้เครื่องจักรในการฉีดพ่น เช่น เครื่องพ่นยาแบบโยกด้วยมือ หรือแบบเครื่องยนต์ ร้อยละ 100 ในขั้นตอนนี้เกษตรกรส่วนใหญ่จะจ้างผู้รับจ้างในพื้นที่ แต่เกษตรกรบางรายก็ฉีดพ่นเอง โดยใช้น้ำมันเฉลี่ยไร่ละ 0.18 ลิตร

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาได้แบ่งการแสดงผลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการจัดทำบัญชีรายการซึ่งประกอบไปด้วย ข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกตลอดวัฏจักรชีวิตในกระบวนการผลิตข้าว โดยแสดงทั้งรูปแบบของชนิดและปริมาณที่เกิดขึ้น 2) ผลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint) ของข้าว ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา และ 3) ประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจ และเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าวในพื้นที่โครงการ โดยผลการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

4.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) สารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการผลิตข้าว

บัญชีรายการแบ่งตามประเภทสารขาเข้าและสารขาออกของข้าวที่ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกร ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา ซึ่งคำนวณจากผลรวมของปัจจัยการผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตข้าว ตั้งแต่แรกปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว ที่เกิดขึ้นในปีเพาะปลูก 2557/58 มีรายละเอียดดังนี้

บัญชีรายการสารขาเข้า

- 1) เมล็ดพันธุ์ เกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 23.80 กิโลกรัมต่อไร่
- 2) ปุ๋ยอินทรีย์ เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์เฉลี่ย 0.85 กิโลกรัมต่อไร่
- 3) ปุ๋ยชีวภาพ เกษตรกรใช้ปุ๋ยชีวภาพเฉลี่ย 0.70 กิโลกรัมต่อไร่
- 4) ปุ๋ยเคมี เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 46.18 กิโลกรัมต่อไร่
- 5) สารกำจัดวัชพืชและศัตรูพืช เกษตรกรใช้เฉลี่ย 0.12 ลิตรต่อไร่
- 6) สารเคมีอื่นๆ เกษตรกรใช้สารเคมีอื่นๆ 0.03 ลิตรต่อไร่
- 7) น้ำมันเชื้อเพลิง เกษตรกรใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 3.75 ลิตรต่อไร่
- 8) น้ำในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอ รอนดง จังหวัดสงขลา การปลูกข้าวนาปี ในพื้นที่โครงการฯ เกษตรกรปลูกข้าว 2 ช่วง คือในช่วงฤดูการปกติ ซึ่งปลูกระหว่างเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน 2557 มีปริมาณการใช้น้ำฝน 576.43 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ น้ำชลประทาน 611.71 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และน้ำสำหรับผสมสารต่าง ๆ 0.05 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และหลังฤดูการหรือที่เกษตรกรเรียกว่าการทำนาหลังน้ำ ซึ่งปลูกระหว่างเดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ 2558 ซึ่งใช้น้ำจากชลประทานเป็นหลัก 1,082.02 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ปริมาณการใช้น้ำฝน 48.90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และน้ำ สำหรับผสมสารต่างๆ อีก 0.07 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่

บัญชีรายการสารขาออก

บัญชีรายการสารขาออกจากการปลูกข้าว ได้แก่ ข้าวเปลือกในช่วงฤดูการปกติมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 686 กิโลกรัมต่อไร่ ฟางข้าว 550 กิโลกรัมต่อไร่ และข้าวเปลือกหลังฤดูการหรือที่เกษตรกรเรียกว่าการทำนาหลังน้ำมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 601 กิโลกรัมต่อไร่ ฟางข้าว 500 กิโลกรัมต่อไร่

จากรายละเอียดกระบวนการผลิตข้าวสามารถแสดงปริมาณที่ได้ในแต่ละขั้นตอนและข้อมูลบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการผลิตข้าวช่วงฤดูการปกติ (ตารางที่ 4.1) และ ช่วงหลังฤดูการปกติหรือการทำนาหลังน้ำ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.1 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการเพาะปลูกข้าว (ช่วงฤดูการปลูก)

ลำดับ	สารขาเข้า-สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
สารขาเข้า			
1	เมล็ดพันธุ์	23.80	กก./ไร่
2	ปุ๋ยอินทรีย์	0.85	กก./ไร่
3	ปุ๋ยชีวภาพ	0.70	กก./ไร่
4	ปุ๋ยเคมี	46.18	กก./ไร่
5	ยาปราบวัชพืชและศัตรูพืช	0.12	ลิตร/ไร่
6	สารเคมีอื่นๆ	0.03	ลิตร/ไร่
8	น้ำมันเชื้อเพลิง	3.75	ลิตร/ไร่
9	ปริมาณน้ำชลประทาน	611.71	ลบ.ม./ไร่
10	ปริมาณน้ำฝน	576.43	ลบ.ม./ไร่
สารขาออก			
1	ข้าวเปลือก	686	กก./ไร่
2	ฟางข้าว	550	กก./ไร่

ที่มา : จากการคำนวณ

ตารางที่ 4.2 บัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการเพาะปลูกข้าว
(ช่วงหลังฤดูการปลูกหรือการทำนาหลังน้ำ)

ลำดับ	สารขาเข้า-สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
สารขาเข้า			
1	เมล็ดพันธุ์	23.80	กก./ไร่
2	ปุ๋ยอินทรีย์	0.85	กก./ไร่
3	ปุ๋ยชีวภาพ	0.70	กก./ไร่
4	ปุ๋ยเคมี	46.18	กก./ไร่
5	ยาปราบวัชพืชและศัตรูพืช	0.12	ลิตร/ไร่
6	สารเคมีอื่นๆ	0.03	ลิตร/ไร่
8	น้ำมันเชื้อเพลิง	3.75	ลิตร/ไร่
9	ปริมาณน้ำชลประทาน	1,082.02	ลบ.ม./ไร่
10.	ปริมาณน้ำฝน	48.90	ลบ.ม./ไร่
สารขาออก			
1	ข้าวเปลือก	601	กก./ไร่
2	ฟางข้าว	500	กก./ไร่

ที่มา : จากการคำนวณ

4.2 การประเมินปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint) ของข้าว

การประเมินหาปริมาณการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนด จังหวัดสงขลา มีขั้นตอนประเมิน ดังต่อไปนี้

4.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient: K_c)

การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวอ้างอิงจากค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ที่ได้จากการทดลองและวิเคราะห์ด้วยวิธี Penman Monteith ของสำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน (2554) (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวที่ใช้อ้างอิงในการศึกษา

	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
ข้าวนาปี กข. (นาหว่าน)	1.13	1.57	1.54	0.87

4.2.2 การคายระเหยของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration: ET_0)

ในการศึกษาครั้งนี้อ้างอิงค่า ET_0 ที่ได้จากวิธี Penman Monteith รายเดือน มาใช้สำหรับการคำนวณ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 การคายระเหยของพืชอ้างอิง โดยวิธี Penman Monteith รายเดือน

เดือน	ค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง(มิลลิเมตรต่อวัน)
มกราคม	3.94
กุมภาพันธ์	4.34
มีนาคม	4.48
เมษายน	4.51
พฤษภาคม	3.91
มิถุนายน	3.90
กรกฎาคม	3.91
สิงหาคม	4.09
กันยายน	3.92
ตุลาคม	3.36
พฤศจิกายน	3.09
ธันวาคม	3.37

ที่มา: กรมชลประทาน (2554)

4.2.3 ปริมาณการใช้น้ำของข้าว

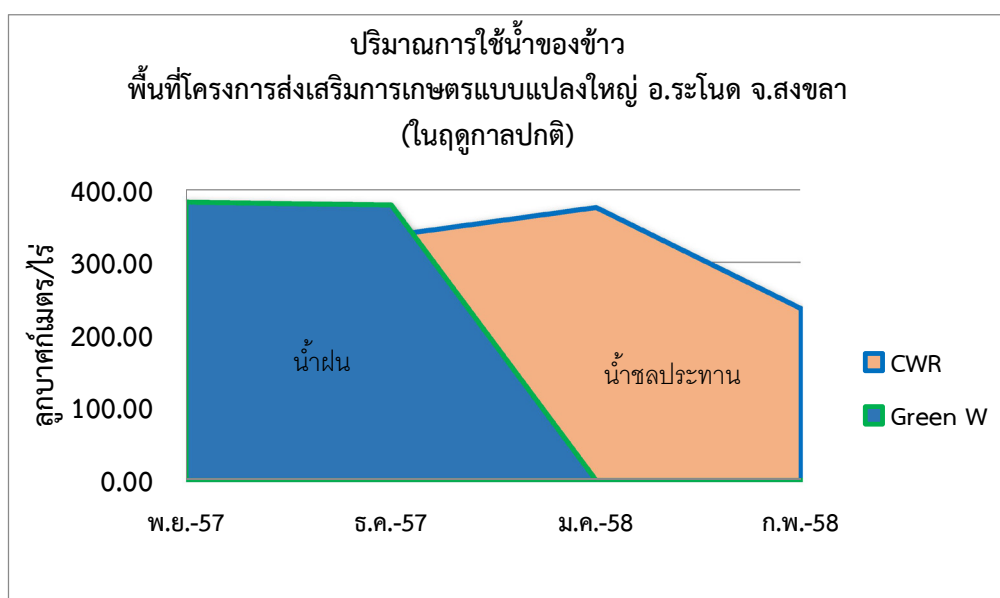
ปริมาณการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนด จังหวัดสงขลา ปีเพาะปลูก 2557/58 สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.8 ในบทที่ 2 จากการศึกษาพบว่าในพื้นที่โครงการฯ เกษตรกรที่ปลูกข้าวในฤดูกาลปกติ มีปริมาณการใช้น้ำต่อต้นข้าวเปลือกเท่ากับ 1,721.94 ลูกบาศก์เมตร หรือ 1,188.14 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ แบ่งเป็นปริมาณการใช้น้ำฝน 576.43 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หรือเท่ากับ

ร้อยละ 48.52 ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด และปริมาณน้ำชลประทาน 611.71 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่หรือเท่ากับร้อยละ 51.48 ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด ส่วนเกษตรกรที่ปลูกข้าวหลังฤดูการหรือการทำนาหลังน้ำ มีปริมาณการใช้น้ำต่อต้นข้าวเปลือกเท่ากับ 1,884.87 ลูกบาศก์เมตร หรือ 1,130.92 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ แบ่งเป็นปริมาณการใช้น้ำฝน 48.90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หรือเท่ากับร้อยละ 4.32 ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด และปริมาณน้ำชลประทาน 1,082.02 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่หรือเท่ากับ ร้อยละ 95.68 ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด (ตารางที่ 4.5-4.6 ภาพที่ 4.1-4.2)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณการใช้น้ำของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (ในฤดูกาลปกติ)

ปฏิทินการปลูก	ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม. ต่อไร่)		
	น้ำฝน	ชลประทาน	รวม
พฤศจิกายน 2557	239.60	0.00	239.60
ธันวาคม 2557	336.83	0.00	336.83
มกราคม 2558	0.00	375.35	375.35
กุมภาพันธ์ 2558	0.00	236.36	236.36
รวม	576.43	611.71	1,188.14
ผลผลิตข้าวเปลือก (ตัน/ไร่)	0.69		
ปริมาณการใช้น้ำของข้าว (ลบ.ม.ต่อต้นข้าวเปลือก)	1,721.94		

ที่มา : จากการคำนวณ



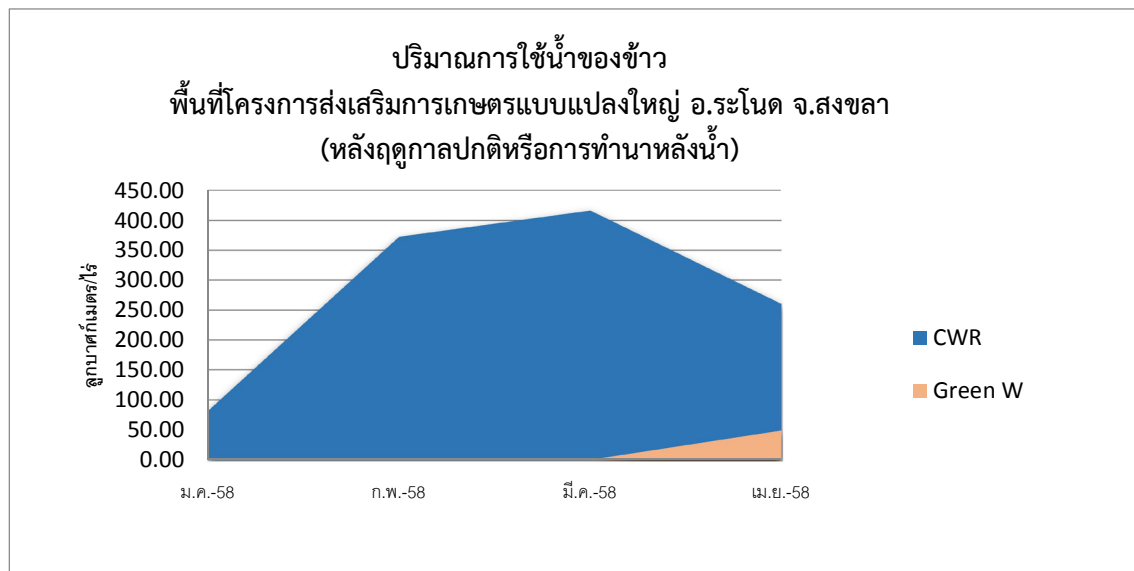
ภาพที่ 4.1 ปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint) ของข้าว (ในฤดูกาลปกติ)

ที่มา: จากการคำนวณ

ตารางที่ 4.6 ปริมาณการใช้น้ำของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (หลังฤดูการปลูก หรือการทำนาหลังน้ำ)

ปฏิทินการปลูก	ปริมาณการใช้น้ำ (ลบ.ม. ต่อไร่)		
	น้ำฝน	ชลประทาน	รวม
มกราคม 2558	0.00	81.52	81.52
กุมภาพันธ์ 2558	0.00	372.46	372.46
มีนาคม 2558	0.00	416.60	416.60
เมษายน 2558	48.90	211.44	260.34
รวม	48.90	1,082.02	1,130.92
ผลผลิตข้าวเปลือก (ตัน/ไร่)			0.60
ปริมาณการใช้น้ำของข้าว (ลบ.ม.ต่อตันข้าวเปลือก)			1,884.87

ที่มา : จากการคำนวณ



ภาพที่ 4.2 ปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint) ของข้าว (หลังฤดูการปลูกหรือการทำนาหลังน้ำ)

ที่มา: จากการคำนวณ

4.2.4 ฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint)

ตามหลักฟุตพริ้นท์น้ำของ ISO 14046 (2014) ฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำสามารถคำนวณตามสมการที่ 2.11 ในบทที่ 2 ซึ่งการพิจารณาถึงปริมาณการใช้น้ำและความตึงเครียดด้านน้ำในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันออกไป ทำให้สามารถเปรียบเทียบโอกาสเกิดผลกระทบด้านการใช้น้ำได้อย่างชัดเจนมากขึ้น จากการศึกษาพบว่า ฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำของข้าว (ในฤดูการปลูก) ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรโนด จังหวัดสงขลา มีค่าเท่ากับ 12.41 ลูกบาศก์เมตรน้ำเทียบเท่า ซึ่งค่าที่ได้ค่อนข้างต่ำ แสดงว่าฟุตพริ้นท์

การขาดแคลนนํ้ามีน้อย ส่วนฟุตพรีน้การขาดแคลนนํ้าของข้าว(หลังฤดูกาลปกติหรือการทำนาหลังนํ้า) มีค่าเท่ากับ 25.25 ลูกบาศก์เมตรนํ้าเทียบเท่า ซึ่งค่าที่ได้ค่อนข้างต่ำเช่นกัน แสดงว่าฟุตพรีน้การขาดแคลนนํ้ามีน้อย (ตารางที่ 4.7 และ 4.8)

ตารางที่ 4.7 ฟุตพรีน้การขาดแคลนนํ้าของข้าว (ในฤดูกาลปกติ)

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ปริมาณนํ้าชลประทาน	886.540	ลบ.ม.นํ้าต่อตันข้าวเปลือก
ดัชนีความตึงเครียดของนํ้า (WSI)	0.014	-
ฟุตพรีน้การขาดแคลนนํ้า	12.410	ลบ.ม.นํ้าเทียบเท่า

ที่มา : จากการคำนวณ

ตารางที่ 4.8 ฟุตพรีน้การขาดแคลนนํ้าของข้าว (หลังฤดูกาลปกติหรือการทำนาหลังนํ้า)

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ปริมาณนํ้าชลประทาน	1,803.380	ลบ.ม.นํ้าต่อตันข้าวเปลือก
ดัชนีความตึงเครียดของนํ้า (WSI)	0.014	-
ฟุตพรีน้การขาดแคลนนํ้า	25.250	ลบ.ม.นํ้าเทียบเท่า

ที่มา : จากการคำนวณ

4.3 การประเมินมูลค่านํ้าทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

การประเมินมูลค่านํ้าทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าวในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนด จังหวัดสงขลา

4.3.1 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าว (ในฤดูกาลปกติ)

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าวในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนด จังหวัดสงขลา ปีเพาะปลูก 2557/58 (ในฤดูกาลปกติ) โดยต้นทุนการผลิตข้าวเฉลี่ย 3,481.05 บาทต่อไร่ แยกเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 2,825.20 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 81.16 ของต้นทุนทั้งหมด และต้นทุนผันแปรร้อยละ 88.73 เป็นต้นทุนเงินสด และอีกร้อยละ 11.27 เป็นต้นทุนไม่เป็นเงินสด ซึ่งต้นทุนผันแปรส่วนใหญ่เป็นค่าวัสดุไร่ละ 1,496.35 บาท คิดเป็นร้อยละ 42.99 ของต้นทุนทั้งหมด รองลงมาเป็นค่าแรงงานไร่ละ 1,264.44 บาท คิดเป็นร้อยละ 36.32 ของต้นทุนทั้งหมด และค่าดอกเบี้ยเงินลงทุนไร่ละ 64.42 บาท คิดเป็นร้อยละ 1.85 ของต้นทุนทั้งหมด ส่วนต้นทุนคงที่เฉลี่ย 655.85 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 18.84 ของต้นทุนทั้งหมด และต้นทุนคงที่ร้อยละ 52.99 เป็นต้นทุนเงินสด และอีกร้อยละ 47.01 เป็นต้นทุนไม่เป็นเงินสด ซึ่งต้นทุนคงที่ส่วนใหญ่เป็นค่าเช่าที่ดินเฉลี่ยไร่ละ 614.92 บาท คิดเป็นร้อยละ 18.84 ของต้นทุนทั้งหมดตรงลงมาเป็นค่าเสื่อมอุปกรณ์การเกษตรเฉลี่ยไร่ละ 37.04 บาท คิดเป็นร้อยละ 1.06 ของต้นทุนทั้งหมด ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนอุปกรณ์การเกษตรเฉลี่ยไร่ละ 3.89 บาท คิดเป็นร้อยละ 0.11 ของต้นทุนทั้งหมด

ผลตอบแทนจากการผลิตพบว่าผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 686 กิโลกรัม ราคาที่เกษตรกรขายได้ 6.59 บาทต่อกิโลกรัม ทำให้เกษตรกรมีผลตอบแทนต่อไร่ 4,520.74 บาท ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 5.07 บาท ทำให้เกษตรกรมีกำไรต่อกิโลกรัมละ 1.52 บาทหรือผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ 1,039.69 บาท (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (ในฤดูกาลปกติ)

รายการ	ต้นทุนการผลิตข้าว(ในฤดูกาลปกติ)		
	เงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม
1. ต้นทุนผันแปร	2,506.75	318.45	2,825.20
1.1 ค่าแรงงาน	976.96	287.48	1,264.44
ค่าเตรียมดิน	293.76	140.38	434.14
ค่าปลูก	42.05	36.01	78.06
ค่าดูแลรักษา	200.89	111.09	311.98
ค่าเก็บเกี่ยวรวบรวม	440.26	0.00	440.26
1.2 ค่าวัสดุ	1,472.63	23.72	1,496.35
ค่าพันธุ์	428.36	21.58	449.94
ค่าปุ๋ย	710.15	2.14	712.29
ค่ายาปราบวัชพืชและศัตรูพืช	107.44	0.00	107.44
ค่าสารเคมีอื่นๆ	31.85	0.00	31.85
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	112.62	0.00	112.62
ค่าวัสดุการเกษตรและวัสดุสิ้นเปลือง	80.50	0.00	80.50
ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์การเกษตร	1.71	0.00	1.71
1.3 ค่าดอกเบี้ยเงินลงทุน	57.16	7.26	64.42
2. ต้นทุนคงที่	347.56	308.29	655.85
2.1 ค่าเช่าที่ดิน	347.56	267.36	614.92
2.2 ค่าเสื่อมอุปกรณ์การเกษตร	0.00	37.04	37.04
2.3 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนอุปกรณ์การเกษตร	0.00	3.89	3.89
3. ต้นทุนรวมต่อไร่	2,854.31	626.74	3,481.05
4. ต้นทุนรวมต่อตัน			5,355.00
5. ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัม			5.07
6. ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่) ความชื้น 24-25%			686
7. ราคาที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา (บาท/กก.)			6.59
8. ผลตอบแทนต่อไร่			4,520.74
9. ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่			1,039.69
10. ผลตอบแทนสุทธิต่อกิโลกรัม			1.52

ที่มา : จากการคำนวณ

4.3.2 เปรียบเทียบผลตอบแทนของข้าว (ในฤดูกาลปกติ)

การเปรียบเทียบผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา พบว่า หากต้องการจัดหาน้ำเพื่อให้มีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่ ต้องใช้ปริมาณน้ำเท่ากับน้ำชลประทานซึ่งได้จากการประเมินในข้อ 4.2.3 หรือตารางที่ 4.5 คือเท่ากับ 611.71 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ทำให้มีค่าใช้จ่ายค่าน้ำเพิ่มขึ้น 305.86 บาทต่อไร่

เมื่อรวมกับต้นทุนจากข้อ 4.3.1 ทำให้มีต้นทุนต่อไร่เท่ากับ 3,786.91 บาท ส่งผลให้ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่เท่ากับ 733.83 บาท และเกษตรกรมีกำไรโลกรัมละ 1.07 บาท (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (ในฤดูกาลปกติ)

หน่วย : บาทต่อไร่

รายการ	ต้นทุนปกติ	ต้นทุนรวมค่าน้ำ	ร้อยละ
1. ค่าน้ำ (ลูกบาศก์เมตร ละ 0.50 บาท) ^{a)} น้ำชลประทานจำนวน 611.71 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่	-	305.86	100
2. ต้นทุนรวมต่อไร่	3,481.05	3,786.91	8.08
3. ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัม	5.07	5.52	8.15
4. ผลตอบแทนต่อไร่ (บาท/ไร่)	4,520.74	4,520.74	-
5. ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ (บาท/ไร่)	1,039.79	733.83	-41.69
6. ผลตอบแทนสุทธิต่อกิโลกรัม (บาท)	1.52	1.07	-42.06

หมายเหตุ : ^{a)} ค่าน้ำชลประทานอ้างอิงจากกรมชลประทาน (2559)

4.3.3 มูลค่าทางเศรษฐกิจต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร (ในฤดูกาลปกติ)

มูลค่าทางเศรษฐกิจต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรพบว่า พื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา การทำนาในฤดูกาลปกติมีผลผลิตข้าวเฉลี่ย 0.69 ตันต่อไร่ ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ 4,520.74 บาทต่อไร่ มีปริมาณการใช้น้ำ 1,188.14 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ทำให้เกษตรกรมีรายได้ต่อปริมาณการใช้น้ำ 3.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 มูลค่าทางเศรษฐกิจต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (ในฤดูกาลปกติ)

ผลผลิต ฤดูกาลปกติ (ตัน/ไร่)	ราคาต่อหน่วย (บาทต่อตัน)	รายได้ จากการขาย (บาท/ไร่)	ความต้องการ ใช้น้ำของพืช (ลบ.ม./ไร่)	WF Income (บาทต่อลบ.ม.)
0.69	6,585.00	4,520.74	1,188.14	3.80

ที่มา: จากการคำนวณ

4.3.4 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าว (หลังฤดูกาลปกติหรือการทำนาหลังน้ำ)

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าวในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา ปีเพาะปลูก 2557/58 (หลังฤดูกาลปกติหรือการทำนาหลังน้ำ) โดยต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 3,481.05 บาทต่อไร่ แยกเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 2,825.20 บาทต่อไร่ คิดเป็นร้อยละ 81.25 ของต้นทุนทั้งหมด และต้นทุนผันแปรร้อยละ 88.73 เป็นต้นทุนเงินสด และอีกร้อยละ 11.27 เป็นต้นทุนไม่เป็นเงินสด ซึ่งต้นทุนผันแปรส่วนใหญ่เป็นค่าวัสดุไร่ละ 1,496.35 บาทคิดเป็นร้อยละ 42.99 ของต้นทุนทั้งหมด รองลงมาเป็นค่าแรงงานไร่ละ 1,264.44 บาทคิดเป็นร้อยละ 36.32 ของต้นทุนทั้งหมด และค่าดอกเบี้ยเงินลงทุนไร่ละ 64.42 บาทคิดเป็นร้อยละ 1.85 ของต้นทุนทั้งหมด ส่วนต้นทุนคงที่เฉลี่ย 655.75 บาทต่อไร่คิดเป็นร้อยละ 18.84 ของต้นทุนทั้งหมด และต้นทุนคงที่ร้อยละ 52.99 เป็นต้นทุนเงินสด และอีกร้อยละ 47.01 เป็นต้นทุนไม่เป็นเงินสด ซึ่งต้นทุนคงที่ส่วนใหญ่เป็นค่าเช่าที่ดินเฉลี่ยไร่ละ 614.92 บาท คิดเป็นร้อยละ 18.84 ของต้นทุนทั้งหมดรองลงมาเป็นค่า

เสื่อมอุปกรณ์การเกษตรเฉลี่ยไร่ละ 37.04 บาท คิดเป็นร้อยละ 1.06 ของต้นทุนทั้งหมด ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน
อุปกรณ์การเกษตรเฉลี่ยไร่ละ 3.89 บาท คิดเป็นร้อยละ 0.11 ของต้นทุนทั้งหมด

ผลตอบแทนจากการผลิตพบว่าผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 601 กิโลกรัม ราคาที่เกษตรกรขายได้ 6.78 บาท
ต่อกิโลกรัม ทำให้เกษตรกรมีผลตอบแทนต่อไร่ 4,074.78 บาท ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 5.79 บาท ทำให้เกษตรกร
มีกำไรกิโลกรัมละ 0.99 บาท หรือผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ 593.73 บาท (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (หลังฤดูการปลูกหรือการทำนาหลังน้ำ)

หน่วย : บาทต่อไร่

รายการ	ต้นทุนการผลิตข้าว(หลังฤดูการปลูก)		
	เงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม
1. ต้นทุนผันแปร			
	2,506.75	318.45	2,825.20
1.1 ค่าแรงงาน	976.96	287.48	1,264.44
ค่าเตรียมดิน	293.76	140.38	434.14
ค่าปลูก	42.05	36.01	78.06
ค่าดูแลรักษา	200.89	111.09	311.98
ค่าเก็บเกี่ยวรวม	440.26	0.00	440.26
1.2 ค่าวัสดุ	1,472.63	23.71	1,496.35
ค่าพันธุ์	428.36	21.58	449.94
ค่าปุ๋ย	710.15	2.14	712.29
ค่ายาปราบวัชพืชและศัตรูพืช	107.44	0.00	107.44
ค่าสารเคมีอื่นๆ	31.85	0.00	31.85
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	112.62	0.00	112.62
ค่าวัสดุการเกษตรและวัสดุสิ้นเปลือง	80.50	0.00	80.50
ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์การเกษตร	1.71	0.00	1.71
1.3 ค่าดอกเบี้ยเงินลงทุน	57.16	7.26	64.42

ตารางที่ 4.12 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (หลังฤดูการปลูกหรือการทำนาหลังน้ำ (ต่อ)

หน่วย : บาทต่อไร่

รายการ	ต้นทุนการผลิตข้าว(หลังฤดูการปลูก)		
	เงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม
2. ต้นทุนคงที่	347.56	308.29	655.85
2.1 ค่าเช่าที่ดิน	347.56	267.36	614.92
2.2 ค่าเสื่อมอุปกรณ์การเกษตร	0.00	37.04	37.04
2.3 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนอุปกรณ์การเกษตร	0.00	3.89	3.89
3. ต้นทุนรวมต่อไร่	2,854.31	626.74	3,481.05
4. ต้นทุนรวมต่อตัน			5,790.00
5. ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัม			5.79
5. ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่) ความชื้น 24-25%			601
6. ราคาที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา (บาท/กก.)			6.78
7. ผลตอบแทนต่อไร่			4,074.78
8. ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่			593.73
9. ผลตอบแทนสุทธิต่อกิโลกรัม			0.99

ที่มา : จากการคำนวณ

4.3.5 เปรียบเทียบผลตอบแทนของข้าว (หลังฤดูการปลูกหรือการทำนาหลังน้ำ)

ผลการเปรียบเทียบผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา พบว่า หากต้องการจัดหาน้ำเพื่อให้มีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่ ต้องใช้ปริมาณน้ำเท่ากับน้ำชลประทานซึ่งได้จากการประเมินในข้อ 4.2.3 หรือตารางที่ 4.6 คือเท่ากับ 1,082.02 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ทำให้มีค่าใช้จ่ายค่าน้ำเพิ่มขึ้น 541.01 บาทต่อไร่ เมื่อรวมกับต้นทุนจากข้อ 4.3.4 ทำให้มีต้นทุนต่อไร่เท่ากับ 4,022.06 บาท ส่งผลให้ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่เท่ากับ 52.72 บาท และเกษตรกรมีกำไรสุทธิต่อไร่ 0.09 บาท (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (หลังฤดูการปลูกหรือการทำนาหลังน้ำ)

หน่วย : บาทต่อไร่

รายการ	ต้นทุนปกติ	ต้นทุนรวมค่าน้ำ	ร้อยละ
1. ค่าน้ำ (ลูกบาศก์เมตร ละ 0.50 บาท) น้ำชลประทานจำนวน 1,082.02 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่	-	541.01	100
2. ต้นทุนรวมต่อไร่	3,481.05	4,022.06	13.45
3. ต้นทุนรวมต่อกิโกรัม	5.79	6.69	13.45
4. ผลตอบแทนต่อไร่ (บาท/ไร่)	4,074.78	4,074.78	-
5. ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ (บาท/ไร่)	593.73	52.72	-91.12
6. ผลตอบแทนสุทธิต่อกิโกรัม (บาท)	0.99	0.09	-90.91

ที่มา: จากการคำนวณ

4.3.6 มูลค่าทางเศรษฐกิจต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร (หลังฤดูการปลูกหรือการทำนาหลังน้ำ)

มูลค่าทางเศรษฐกิจต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร พบว่าในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา การทำนาหลังฤดูการปลูกหรือการทำนาหลังน้ำมีผลผลิตข้าวเฉลี่ย 0.60 ตันต่อไร่ ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ 4,074.78 บาทต่อไร่ มีปริมาณการใช้น้ำ 1,130.92 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ทำให้เกษตรกรมีรายได้ต่อปริมาณการใช้น้ำ 3.60 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 มูลค่าทางเศรษฐกิจต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (หลังฤดูการปลูกหรือการทำนาหลังน้ำ)

ผลผลิต การทำนาหลังน้ำ (ตัน/ไร่)	ราคาต่อหน่วย (บาทต่อตัน)	รายได้ จากการขาย (บาท/ไร่)	ความต้องการ ใช้น้ำของพืช (ลบ.ม./ไร่)	WF Income (บาทต่อลบ.ม.)
0.60	6,780.00	4,074.78	1,130.92	3.60

ที่มา: จากการคำนวณ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) ข้าว ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำบัญชีรายการการใช้น้ำของข้าว ศึกษาปริมาณการใช้น้ำของข้าว และประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าว ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา ปีเพาะปลูก 2557/58 ซึ่งรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 66 ราย ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

5.1.1 ผลการศึกษาวิจัย

1) บัญชีรายการแบ่งตามประเภทสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตข้าว คำนวณจากผลรวมของปัจจัยการผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตข้าวในปี ตั้งแต่แรกปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว ในปีเพาะปลูก 2557/58 โดยบัญชีรายการสารขาเข้า ประกอบด้วย เมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 23.80 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยอินทรีย์เฉลี่ย 0.85 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยชีวภาพเฉลี่ย 0.70 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 46.18 กิโลกรัมต่อไร่ สารกำจัดวัชพืชและศัตรูพืชเฉลี่ย 0.12 ลิตรต่อไร่ สารเคมีอื่นๆ 0.03 ลิตรต่อไร่ และน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 3.75 ลิตรต่อไร่ ทั้งนี้ใช้ในการเพาะปลูกข้าวในฤดูกาลปกติ อาศัยน้ำฝนและน้ำชลประทาน โดยมีปริมาณการใช้น้ำฝน 576.43 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ น้ำชลประทาน 611.71 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และน้ำสำหรับผสมสารต่างๆ อีก 0.06 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และบัญชีรายการสารขาออก คือ ข้าวเปลือกโดยมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 686 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการเพาะปลูกข้าวหลังฤดูกาลปกติหรือการทำนาหลังน้ำ ส่วนใหญ่จะใช้น้ำชลประทานเป็นหลัก และมีน้ำฝนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยมีปริมาณน้ำฝนใช้การ 48.90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ น้ำชลประทาน 1,082.02 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และมีบัญชีรายการสารขาออก คือข้าวเปลือกโดยมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 601 กิโลกรัมต่อไร่

2) ปริมาณการใช้น้ำของข้าวในฤดูกาลปกติในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา ปีเพาะปลูก 2557/58 ปริมาณการใช้น้ำต่อต้นข้าวเปลือกเท่ากับ 1,721.94 ลูกบาศก์เมตรน้ำ หรือปริมาณใช้น้ำ 1,188.14 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ แบ่งเป็นการใช้ปริมาณน้ำฝน 576.43 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และปริมาณน้ำชลประทาน 611.71 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ส่วนการใช้น้ำในหลังฤดูกาลปกติ หรือการทำนาหลังน้ำ มีปริมาณการใช้น้ำต่อต้นข้าวเปลือกเท่ากับ 1,884.87 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ แบ่งเป็นปริมาณการใช้น้ำฝน 48.90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และปริมาณน้ำชลประทาน 1,082.02 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และเมื่อพิจารณาแล้วในการทำนาปีหลังฤดูกาลปกติ หรือการทำนาหลังน้ำส่วนใหญ่จะใช้น้ำชลประทานเป็นหลัก ทำให้ต้นทุนเมื่อรวมค่าน้ำเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าการทำนาในฤดูกาลปกติ

3) การประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าว ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลบ้านขาว อำเภอรอนดง จังหวัดสงขลา

3.1) ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าว (ในฤดูกาลปกติ)

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 (ในฤดูกาลปกติ) โดยต้นทุนการผลิตข้าวเฉลี่ย 3,481.05 บาทต่อไร่ แยกเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 2,825.20 บาทต่อไร่ ต้นทุนคงที่เฉลี่ย 655.85 บาทต่อไร่ ส่วนผลตอบแทนจากการผลิตพบว่าผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 686 กิโลกรัม ราคาที่เกษตรกรขายได้ 6.59 บาทต่อกิโลกรัม ทำให้เกษตรกรมีผลตอบแทนต่อไร่ 4,520.74 บาท ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 5.07 บาท ทำให้เกษตรกรมีกำไรกิโลกรัมละ 1.52 บาทหรือผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ 1,039.69 บาท

เปรียบเทียบผลตอบแทนของข้าว (ในฤดูกาลปกติ)

เมื่อการเปรียบเทียบผลตอบแทนของข้าว (ในฤดูกาลปกติ) ปีเพาะปลูก 2557/58 พบว่า หากต้องการจัดหาน้ำเพื่อให้มีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่ ต้องใช้ปริมาณน้ำเท่ากับน้ำชลประทานเท่ากับ 611.71 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ทำให้มีค่าใช้จ่ายค่าน้ำเพิ่มขึ้น 305.86 บาทต่อไร่ เมื่อรวมกับต้นทุน ทำให้มีต้นทุนรวมค่าน้ำต่อไร่เท่ากับ 3,786.91 บาท ส่งผลให้ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่เท่ากับ 733.83 บาท และเกษตรกรมีกำไรสุทธิ 1.07 บาท

มูลค่าทางเศรษฐกิจต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรพบว่า การทำนาในฤดูกาลปกติมีผลผลิตข้าวเฉลี่ย 0.69 ตันต่อไร่ ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ 4,520.74 บาทต่อไร่ มีปริมาณการใช้น้ำ 1,188.14 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ทำให้เกษตรกรมีรายได้ต่อปริมาณการใช้น้ำ 3.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

3.2) ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าว (หลังฤดูกาลปกติหรือการทำนาหลังน้ำ)

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าว ปีเพาะปลูก 2557/58 หลังฤดูกาลปกติหรือการทำนาหลังน้ำ โดยต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 3,481.05 บาทต่อไร่ ส่วนต้นทุนคงที่เฉลี่ย 655.75 บาทต่อไร่ ส่วนผลตอบแทนจากการผลิตพบว่าผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 601 กิโลกรัม ราคาที่เกษตรกรขายได้ 6.78 บาทต่อกิโลกรัม ทำให้เกษตรกรมีผลตอบแทนต่อไร่ 4,074.78 บาท ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 5.79 บาท ทำให้เกษตรกรมีกำไรสุทธิต่อกิโลกรัมละ 0.99 บาท หรือผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ 593.73 บาท

เมื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนของข้าว (หลังฤดูกาลปกติหรือการทำนาหลังน้ำ) ปีเพาะปลูก 2557/58 พบว่าหากต้องการจัดหาน้ำเพื่อให้มีความเพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่ ต้องใช้ปริมาณน้ำเท่ากับน้ำชลประทาน ซึ่งเท่ากับ 1,082.02 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ทำให้มีค่าใช้จ่ายค่าน้ำเพิ่มขึ้น 541.01 บาทต่อไร่ เมื่อรวมกับต้นทุน ทำให้มีต้นทุนรวมค่าน้ำต่อไร่เท่ากับ 4,022.06 บาท ส่งผลให้ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่เท่ากับ 52.72 บาท และเกษตรกรมีกำไรสุทธิต่อกิโลกรัมละ 0.09 บาท

มูลค่าทางเศรษฐกิจต่อปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร พบว่า การทำนาหลังฤดูกาลปกติหรือการทำนาหลังน้ำมีผลผลิตข้าวเฉลี่ย 0.60 ตันต่อไร่ ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ 4,074.78 บาทต่อไร่ มีปริมาณการใช้น้ำ 1,130.92 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ทำให้เกษตรกรมีรายได้ต่อปริมาณการใช้น้ำ 3.60 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

5.1.2 ข้อค้นพบจากการศึกษาวิจัย

1) เกษตรกรที่ทำนาหลังฤดูกาลปกติ หรือการทำนาหลังน้ำ จะใช้น้ำจากชลประทานเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนเมื่อรวมค่าน้ำเพิ่มสูงขึ้น ผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าการทำนาในฤดูกาลปกติ ฉะนั้นเพื่อให้การใช้น้ำเกิดประสิทธิภาพสูงสุดจึงควรสนับสนุนให้เกษตรกรในพื้นที่หันมาทำนาในฤดูกาลปกติ

2) พื้นที่ของเกษตรกรอยู่ในเขตชลประทาน แต่การใช้น้ำเพื่อการทำนาของเกษตรกรบางรายต้องอาศัยน้ำจากคลองธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะพื้นที่อยู่รอบนอกระบบการส่งน้ำชลประทานส่งไม่ถึง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ภาครัฐควรสร้างความรู้ความเข้าใจให้แก่เกษตรกร ในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ทราบถึงสถานการณ์น้ำในปัจจุบัน และให้ตระหนักในการใช้น้ำอย่างประหยัด และใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.2.2 นำเทคโนโลยีหรือแนวคิดใหม่ๆ มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ เช่น แนะนำให้เกษตรกรเปลี่ยนเป็นพันธุ์ที่ใช้น้ำน้อย เปลี่ยนวิธีการปลูก เช่น การปลูกแบบเปียกสลับแห้ง เป็นต้น

5.2.3 ผู้จัดการแปลงใหญ่ควรพิจารณามูลค่าผลตอบแทนที่จะได้รับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำและความคุ้มค่าที่จะลงทุนด้านน้ำ

บรรณานุกรม

- กรมชลประทาน. (ม.ป.ป.). คู่มือสำหรับประชาชน: การขออนุญาตใช้น้ำจากทางชลประทานที่เรียกเก็บค่าชลประทาน
ค่าชลประทาน [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จากhttp://ridceo.rid.go.th/buriram/waterway_announce.html
(วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558).
- กรมชลประทาน. (2554ก). ค่าสัมประสิทธิ์พีช (K_p) ของพีช 40 ชนิด. สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ.
กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมชลประทาน. (2554ข). ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman-Monteith รายเดือน ภาคใต้
[ออนไลน์]. เข้าถึงจาก: <http://idi.rid.go.th/training/2558/Volume%2007.pdf> (วันที่สืบค้น:
12 ตุลาคม 2558).
- กรมชลประทาน. (2556). คู่มือปฏิบัติงาน ด้านจัดสรรน้ำ. เล่มที่ 6. หน้าที่ 6-5.
- กรมวิชาการเกษตร. (2554ก). การจัดการสวนปาล์มน้ำมันเพื่อเพิ่มผลผลิตน้ำมันปาล์ม. สถาบันวิจัยพืชไร่,
กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมวิชาการเกษตร. (2554ข). เอกสารคำแนะนำพันธุ์ปาล์มน้ำมัน กรมวิชาการเกษตร. ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมัน
สุราษฎร์ธานี: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2558). ระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.agriman.doae.go.th/large%20plot.html> (วันที่สืบค้นข้อมูล:12 ตุลาคม 2558).
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2558). ข้อมูลสารสนเทศสถานีอุตุนิยมวิทยา. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://www.tmd.go.th/province_weather_stat.php? (วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558).
- ค่านวย อภิปรัชญาสกุล. (2554). แนวทางการพัฒนาและสร้างความเข้มแข็งของคลัสเตอร์และการเพิ่ม
ประสิทธิภาพการผลิตกลุ่มอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน. ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคที่ 10 จังหวัด
สุราษฎร์ธานี, สถาบันวิสาหกิจกลางและขนาดย่อมอุตสาหกรรมการผลิต (SMI). สภาอุตสาหกรรม
แห่งประเทศไทย.
- ชินาธิปกรณ พงศ์ภิญโญภาพ และธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. (2554). วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอล
จากมันสำปะหลังในประเทศไทย[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<file:///C:/Users/jutharat.OAE/Downloads/4.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558).
- ซีพีไอ อะโกรเทค. (2559). สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกปาล์มน้ำมัน [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.cpiagrotech.com/index.php/th/research/item/116-rd04> (วันที่สืบค้นข้อมูล:
28 สิงหาคม 2559).
- ทิพย์ปภา สุขมาลาชาติ. (2552). ศึกษาการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย
[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://fic.nfi.or.th/waterfootprint/index.php/component/content/article/14-sample-data-articles/86-thaifood-footprint> (วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558).
- ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ และธีระพงศ์ จันทรมนิม. (2556). คู่มือปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาปาล์มน้ำมัน,
คณะทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธีระวัฒน์ ธรรมนิม. (2555). วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกะเทียม.
กรุงเทพมหานคร : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- พัชยา โตบาร์มีกุล. (2557). *ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายธรรมชาติและน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง*. กรุงเทพมหานคร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- รมณี วังเมือง และปณณมี สัจจกมล. (2554). *ร่องรอยการใช้น้ำในอุตสาหกรรมแป้งข้าว* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egie/images/IE-Network-archives/2011/PDF/5.EM/EM10.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล: 10 ตุลาคม 2558).
- รัตติกาล คงบุญ และ เศรษฐ์ สัมภิตตะกุล. (2556). *ประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของอ้อยใน 14 จังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://fic.nfi.or.th/waterfootprint/index.php/component/content/article/14-sample-data-articles/86-thaifood-footprint> (วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558).
- ลักขณา เจริญสุข. (2556). *การวิเคราะห์เอ็นเนอร์จีฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สำหรับไบโอดีเซลจากปาล์มน้ำมัน* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมศาสตร์พลังงาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ลักขณา เจริญสุข และคณะ. (2555). *ศึกษาร่องรอยการใช้น้ำในการผลิตน้ำมันปาล์มในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2556/enen40356lj_tpg.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558).
- วรยุทธ สายบัวตรง. (2551). *การศึกษาเปรียบเทียบพลังงานเพิ่มสุทธิและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของวัตถุดิบหลักในการผลิตเอทานอล*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรารพ พันธุ์จันทร์ดี และปณณมี สัจจกมล. (2556). *ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment :LCA) ของผลิตภัณฑ์มะม่วงและมังคุด* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://fic.nfi.or.th/waterfootprint/index.php/component/content/article/14-sample-data-articles/86-thaifood-footprint> (วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558).
- วรารุณ วุฒิวิชัย. (2539). *การคำนวณ ET_o ของประเทศไทยโดยวิธี Penman - Monteith*. วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 10(29), 91-105.
- สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2557). *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://sime.eng.rmutp.ac.th/wp-content/uploads/2014/07/เล่มบทความวิจัย-2012.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล: 21 ตุลาคม 2558).
- सानิตย์ดา เตียวต้อย และคณะ. (2555). *วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของอ้อยและมันสำปะหลังสำหรับการผลิตเอทานอลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประเทศไทย* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.research.rmutt.ac.th/?p=8910> (วันที่สืบค้นข้อมูล: 10 ตุลาคม 2558).
- สุภัทร อิศรางกูร ณ อยุธยา. (2555). *การประมาณความต้องการน้ำของไม้ยืนต้นเศรษฐกิจเพื่อการให้น้ำที่เหมาะสม*. วารสารแก่นเกษตร, 40, 279-290.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557ก). *การศึกษาภาวะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกปาล์มน้ำมันของประเทศไทย*. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557ข). คู่มือการสำรวจต้นทุนการผลิตพืช (ปาล์มน้ำมัน ปี 2556 มะพร้าว ปี 2556). ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2559). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำฐานข้อมูลฟุตพริ้นท์น้ำผลิตภัณฑ์เกษตร. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 6. (2554). ผลตอบแทนทางการเงินของการ ผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้ส่งออกของ จังหวัดฉะเชิงเทรา กรณีแบ่งตามความเหมาะสมของกลุ่มชุดดิน สำหรับการปลูกมะม่วง. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และสถาบันอาหาร. (2558). แนวทางการประเมิน Water Footprint ผลิตภัณฑ์สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร (Guideline of Food Products). โครงการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนด้วย Water Footprint ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการส่งออก. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- เอกชัย อภิศักดิ์กุล และพรรณนะ บุญขวัญ. (2551). “การจัดการกลยุทธ์” (Strategic Management) (Michael A.Hitt, R.Duane Ireland and Robert E.Hoskisson, แปล). กรุงเทพฯ : บริษัท เจเอสที พับลิชชิง จำกัด.
- Allen, R.F., Pereira L.S., Raca, D.,Smith. (1998). *Crop. Evapotranspiration. (guidelines for computing crop water requirements)*. FAO Irrigation and Drainage Paper. No. 56.
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G., Gautam, R. (2006). *The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. Ecological Economics*, 60, 186-203.
- Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2011). *The blue, green and grey water footprint of rice from production and consumption perspectives. Ecological Economics* 70, 749-758.
- Doorenbos, J. and W.O.Pruitt. (1977). *Crop water requirement. FAO. Irri. And Drain. No.24.* Rome.144p. Givoni. B. (1994). *Passive and Low Energy Cooling of Building*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Graedel, T. E. (1998). *Streamlined Life-Cycle Assessment*. Prentice Hall: Bell Laboratories, Lucent Technology, School of Forestry and Environmental Studies, Yale University.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M. (2009). *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*. Water Footprint Network, Enschede, The Netherlands.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M. (2011). *The water footprint assessment manual: setting the global standard*. Water footprint Network, The Netherlands. Martin Smith, FAO. 1990.
- May, L.W. (1996). *Water resources Handbook*. McGraw Hill, USA.
- Shabbir H. Gheewala, Thapat Silalertruksa, Pariyapat Nilsalab, Rattanawan Mungkung, Sylvain R. Perret and Nuttapon Chaiyawannakarn. (2014). *Water Footprint and Impact of Water Consumption for Food, Feed, Fuel Crops Product in Thailand*. Pp 1698-1718.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว กข

สปีดน้ำที่	ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient : Kc)						
	Modified Penman	Blaney-Criddle	Pan Method	Thornthwaite	Hargreaves	Radiation	Penman-Monteith
1	0.90	1.10	1.23	0.76	0.90	1.29	1.03
2	0.94	1.24	1.21	0.85	0.92	1.38	1.07
3	0.98	1.52	1.27	1.06	1.11	1.35	1.12
4	1.13	1.65	1.55	1.14	1.24	1.57	1.29
5	1.21	1.67	1.55	1.12	1.31	1.77	1.38
6	1.27	1.64	1.89	1.07	1.23	1.88	1.45
7	1.32	2.10	1.87	1.39	1.54	1.78	1.50
8	1.30	1.66	1.86	1.09	1.22	1.87	1.48
9	1.26	1.74	1.72	1.15	1.24	1.77	1.42
10	1.21	1.68	1.42	1.19	1.27	1.73	1.34
11	1.11	1.68	1.48	1.17	1.23	1.51	1.23
12	0.85	1.18	1.29	0.81	0.89	1.15	0.94
13	0.75	1.13	1.13	0.78	0.85	0.63	0.86
เฉลี่ย	1.09	1.54	1.49	1.05	1.15	1.53	1.24

ภาคผนวกที่ 2

ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

ตารางภาคผนวกที่ 2 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman-Monteith รายเดือนภาคใต้

จังหวัด	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ชุมพร	3.45	4.10	4.55	4.50	3.89	3.54	3.49	3.53	3.39	3.38	3.40	3.44
-สถานีเกษตร สวี	3.34	3.61	4.13	4.15	3.74	4.12	3.68	3.83	3.67	3.36	3.08	3.27
ระนอง	3.84	4.21	4.29	4.27	3.76	3.34	3.27	3.30	3.20	3.31	3.41	3.52
สุราษฎร์ธานี	3.55	4.24	4.34	4.28	3.80	3.47	3.42	3.49	3.36	3.07	3.10	3.27
-ท่าอากาศยาน สุราษฎร์ธานี	3.65	4.06	4.42	4.42	3.90	3.51	3.49	3.53	3.41	3.13	3.15	3.08
-เกาะสมุย	3.65	4.24	4.56	4.42	4.26	3.97	3.97	4.05	3.89	3.43	3.43	3.38
-สถานีเกษตร สุราษฎร์ธานี	3.32	4.04	4.37	4.24	3.65	3.60	3.61	3.68	3.61	3.34	2.99	3.11
-พระแสง	3.49	4.00	4.20	4.24	3.41	3.62	3.28	3.35	3.30	3.08	2.89	3.10
นครศรีธรรมราช	3.19	3.79	4.14	4.15	3.77	3.75	3.76	3.55	3.35	3.09	2.83	2.95
-สถานีเกษตรนครศรีธรรมราช	3.31	3.72	4.04	4.21	3.67	3.67	3.68	3.80	3.70	3.44	3.08	2.94
-ฉวาง	3.45	3.81	4.11	4.10	3.64	3.52	3.16	3.57	3.54	3.01	3.07	2.93
พัทลุง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-สถานีเกษตร พัทลุง	3.46	4.00	4.11	4.26	3.77	4.04	3.74	3.88	3.86	3.59	3.17	3.07
-ตะกั่วป่า	3.83	4.17	4.14	4.13	3.70	3.31	3.28	3.36	3.22	3.03	3.42	3.48
ภูเก็ต	4.29	4.62	4.55	4.34	3.84	3.81	3.78	3.98	3.43	3.53	3.65	3.83
-ท่าอากาศยานภูเก็ต	4.04	4.37	4.58	4.36	3.93	3.93	3.92	3.78	3.52	3.19	3.32	3.67
-เกาะลันตา	4.23	4.51	4.47	4.11	3.61	3.58	3.58	3.72	3.58	3.34	3.06	3.68
กระบี่	4.08	4.73	4.42	4.21	3.73	3.58	3.54	3.63	3.57	3.07	3.27	3.50
ตรัง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-ท่าอากาศยานตรัง	4.21	4.86	4.67	4.30	3.71	3.60	3.24	3.35	3.26	3.12	3.27	3.64
สงขลา	3.94	4.34	4.48	4.51	3.91	3.90	3.91	4.09	3.92	3.36	3.09	3.37
-สถานีเกษตร คอหงส์	3.71	4.24	4.24	4.26	3.75	3.67	3.68	3.83	3.49	3.58	2.97	3.26

ที่มา: กรมชลประทาน (2554)

ตารางผนวกที่ 3 แสดงค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman-Monteith รายเดือน
ของจังหวัดสงขลา

Reference Evapotranspiration ETo according Penman - Monteith							
Country THAILAND		Meteo Station		: SONGKHLA		(30 Yrs)	
Altitude : 5 meter		Coordinates		: 7 - 12 N.L.		100 - 36 E.L.	
Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	24.7	29.6	78.0	222.0	5.8	16.6	3.94
February	24.7	30.3	77.0	209.0	6.5	18.6	4.34
March	25.0	31.4	78.0	169.0	6.6	19.6	4.48
April	25.4	32.5	78.0	125.0	6.7	19.8	4.51
May	25.4	33.0	78.0	102.0	4.9	16.5	3.91
June	25.1	33.1	77.0	107.0	5.0	16.3	3.90
July	24.8	32.9	77.0	116.0	4.9	16.3	3.91
August	24.7	33.0	76.0	129.0	4.9	16.7	4.09
September	24.5	32.3	79.0	116.0	4.8	16.7	3.92
October	24.3	31.4	82.0	107.0	3.6	14.4	3.36
November	24.3	29.8	84.0	142.0	3.5	13.4	3.09
December	24.4	29.2	82.0	200.0	4.6	14.6	3.37
Average	24.8	31.5	79.0	145.0	5.2	16.6	3.90

Climatic data of 30 yrs (1981 - 2010) : Meteorological Department , Bangkok, 2011