การศึกษาวอเตอร์ฟุตปริ้นท์ของข้าว ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี

Study on Water Footprint of Rice in The "Large Plot Farming Project" Agricultural Extension Area in Lopburi, Thailand

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 7
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตรเลขที่ 106
สิงหาคม 2559

Regional Office Of Agricultural Economics 7
Office Of Agricultural Economics
Ministry Of Agriculture And Cooperatives
Agricultural Economics Research No. 106
August 2016

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 7

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

238 หมู่ที่ 4 ตำบลบางหลวง อำเภอสรรพยา จังหวัดชัยนาท 17150

โทรศัพท์-โทรสาร 056-405-005-7

http://zone7.oae.go.th

การศึกษาวอเตอร์ฟุตปริ้นท์ของข้าว
ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี

โดย

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 7

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

บทคัดย่อ

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) ของการปลูกข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำบัญชีรายการการใช้น้ำของข้าว เพื่อศึกษาปริมาณการใช้น้ำของข้าว และเพื่อประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าวในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ปี 2558/59 ซึ่งรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรสมาชิก จำนวน 51 ราย มีผลการศึกษาดังนี้

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกข้าวในพื้นที่ส่งเสริมแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี มีปริมาณการใช้น้ำของการผลิตข้าว 1 ตัน เท่ากับ 1378.32 ลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นปริมาณการใช้น้ำฝน (Green Water Footprint) เท่ากับ 633.20 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และปริมาณน้ำชลประทาน (Blue Water Footprint) เท่ากับ 745.12 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน หรือหากพิจารณาเป็นพื้นที่การปลูกข้าว 1 ไร่ มีปริมาณการใช้น้ำ เท่ากับ 1,075.09 ลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นปริมาณการใช้น้ำฝนเท่ากับ 493.90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และปริมาณการใช้น้ำชลประทาน 581.18 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มีค่าฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint) เท่ากับ 37.26 ลูกบาศก์เมตรน้ำเทียบเท่า

การประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจโดยมีการคำนวณต้นทุนการผลิตที่รวมต้นทุนค่าน้ำต้องคิดจากปริมาณน้ำที่เกษตรกรต้องจัดหาได้แก่ น้ำชลประทานทำให้ต้นทุนการผลิตมีค่าใช้จ่ายค่าน้ำเพิ่มขึ้น 290.59 บาทต่อไร่ ส่วนการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจต่อปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint Income; WFI) หากมีการจัดสรรหรือลงทุนปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตรเพื่อมาให้การปลูกข้าวในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี จะได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจได้ไร่ละ 37.26 บาท

ข้อเสนอแนะจากการศึกษา ดังนี้ ภาครัฐควรกำหนดมาตรการด้านการเกษตร นอกจากการสนับสนุนความรู้ และปัจจัยการผลิตแล้ว ควรพิจารณาจัดหาแหล่งน้ำให้เกษตรควบคู่กันด้วย และสร้างความรู้ความเข้าใจให้แก่เกษตรกรให้ตระหนักถึงความสำคัญของการใช้น้ำ และเกษตรกรควรเลือกพันธุ์ให้เหมาะสม นำเทคโนโลยี หรือแนวคิดใหม่ๆ มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

คำสำคัญ : วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ข้าวแปลงใหญ่

Abstract

The study gives an overview of measuring the water footprint of rice in the “large plot farming project” agricultural Extengion Arca in Lopburi, Thailand. The objectives of this research are to study the Life Cycle Inventory of rice, water footprint of rice, and cost and return of famers in studicd area. The information is gathered by interviewing from all 51 farmers attended the project in 2015-16 crop year.

The results of the study shows that the water footprint of rice for 1 tonne of paddy was 1378.32 m^3 , corresponding to 633.20 m^3 of green water and 745.12 m^3 of blue water. And the water footprint of rice plantations 1 rai was 1,075.09 m^3 , corresponding to 493.90 m^3 of green water and 581.18 m^3 of blue water. Water scarcity footprint was 37.26 m3H2Oeq.

The estimated additional cost of water usage calculated from volume of irrigational water required is 290.59 baht per rai. In addition, the economic return for 1 cubic meter of irrigational water provided to rice farms in the study area or Water Footprint Income: WFI is 0.34 baht per rai.

The recommendations from the study are that 1)The government should support rice farms as follows: new knowledge and technology on farming, input subsidy, water source for farming, knowledge on water scarcity to increase farmers’ awareness, and 2) the farmers should apply the new suitable seed and technology to improve their water usage efficiency.

Keywords : Water Footprint, Rice, Large Plot Farming Project

คำนำ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 7 ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการใช้ทรัพยากรน้ำให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก นับว่ามีบทบาทสำคัญในการส่งผลให้พื้นที่เกษตรกรรมบางแห่งแห้งแล้งทำการเพาะปลูกไม่ได้ผลผลิตหรือได้ผลผลิตไม่ดีอย่างในอดีต การศึกษาครั้งนี้เพื่อให้เป็นการสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ทุกคนได้ตระหนักถึงการใช้น้ำที่มีอยู่อย่างขาดแคลนให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าสูงสุด หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปใช้เป็นแนวทางในการดำเนินนโยบายและมาตรการที่ช่วยสนับสนุนและสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเพาะปลูกพืชที่ต้องการใช้น้ำมากในบริเวณใดซึ่งจะทำให้การผลิตสินค้าเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น นักวิจัยจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 7 ขอขอบคุณหน่วยงานต่าง ๆ ที่อนุเคราะห์ข้อมูล เกษตรกรที่ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี ที่เสียสละเวลาอนุเคราะห์ข้อมูล หากรายงานวิจัยฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย และหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานวิจัยฉบับนี้คงจะเป็นประโยชน์แก่หน่วยงานภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการนำไปใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริม สนับสนุน และประกอบการตัดสินใจในการทำการเกษตรของเกษตรกรเพื่อให้จัดการทรัพยากรน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพและพัฒนาภาคเกษตรให้ยั่งยืนต่อไป

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 7

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

สิงหาคม 2559

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของการวิจัย

สถานการณ์การผลิตสินค้าเกษตรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีการแข่งขันสูง ทั้งด้านปริมาณ คุณภาพ และต้นทุนการผลิตที่สูง ทำให้เกษตรกรรายย่อยประสบปัญหาในการผลิตและจำหน่ายสินค้าเกษตร ตลอดจนมีโอกาสการเข้าถึงข้อมูลแหล่งทุน ทรัพยากรและการตลาดน้อย และจากการที่เกษตรกรรายย่อยต่างคนต่างผลิต ทำให้ยากต่อการจัดการผลผลิตให้มีประสิทธิภาพและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของตลาด เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้มีนโยบายในเรื่องการจัดทำแปลงการเกษตรขนาดใหญ่ โดยให้เกษตรกรรายย่อยมีการรวมกลุ่มและรวมพื้นที่การผลิตแบบแปลงขนาดใหญ่ เพื่อให้เกษตรกรมีการรวมกลุ่มทำการผลิต โดยมีตลาดรองรับที่แน่นอน มีต้นทุนการผลิตลดลงและผลผลิตต่อหน่วยเพิ่มขึ้น รวมทั้งผลผลิตมีคุณภาพได้มาตรฐาน สร้างโอกาสในการแข่งขันสินค้าเกษตร

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญ พื้นที่ปลูกข้าวในประเทศไทยมีมากกว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่เพาะปลูกทั้งประเทศ และข้าวยังเป็นสินค้าสำคัญในการส่งออกของไทยอีกด้วย จากปัญหาการขาดแคลนน้ำ ส่งผลกระทบแก่เกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกข้าวทั้งในพื้นที่ชลประทาน และนอกพื้นที่ชลประทาน และยังส่งผลกระทบต่อภาวะเศรษฐกิจการของประเทศไทยในภาพรวมด้วย

ในปัจจุบันสถานการณ์น้ำกำลังเป็นประเด็นที่ร้อนแรงมากสำหรับภาคอุตสาหกรรม ตลอดจนภาคเกษตรกรรม ประเทศไทยต้องเผชิญกับกระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลกเนื่องจากก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน ส่งผลให้พื้นที่เกษตรกรรมบางแห่งมีความแห้งแล้ง ทำการเพาะปลูกไม่ได้ผลผลิตหรือได้ผลผลิตอย่างในอดีต น้ำเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่ความต้องการใช้น้ำกำลังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ปัจจุบันแหล่งน้ำสะอาดที่มีอยู่เผชิญกับปัญหามลภาวะทางน้ำที่เกิดขึ้นในหลายส่วนของโลก ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการส่งออกสินค้าเกษตรไปยังหลายประเทศทั่วโลก เสมือนการส่งออกน้ำในรูปการค้าขายสินค้าทางการเกษตร โดยประเทศไทยมีการส่งออกสินค้าทางการเกษตรหลายประเภท เช่น ข้าว ยางพารา และมันสำปะหลัง เป็นต้น ทำให้ประเทศไทยมีการขาดดุลน้ำในการส่งออกประมาณ 27,960 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ปัญหาการขาดแคลนน้ำในประเทศไทยส่วนหนึ่งเกิดจากการส่งออกสินค้าภาคการเกษตร ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น การใช้น้ำอย่างประหยัด ทั้งทางตรงและทางอ้อมอย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นเรื่องเร่งด่วนที่ต้องรีบปฏิบัติ การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ถือว่าเป็นเรื่อง

ใหม่ที่อาจจะกลายเป็นความท้าทายสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร รวมไปถึงภาคเกษตรกรรมที่ต้องใช้น้ำเป็นตัวแปรสำคัญในการผลิต แนวคิดเรื่อง “วอเตอร์ฟุตพริ้นท์” เป็นการคำนวณปริมาณการใช้น้ำตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการผลิตสินค้าหรืออาหารแต่ละชนิด ทำให้เห็นปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้าได้อย่างชัดเจนและยังต้องพิจารณาถึงแหล่งน้ำ (Source of Water) ที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เป็นการสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน เป็นทางเลือกที่เกิดขึ้นเพื่อให้ทุกคนได้ตระหนักถึงการใช้น้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่าสูงสุด อีกทั้งให้ผู้บริโภคสามารถเลือกสินค้าและบริการที่ใช้น้ำน้อยที่สุด ทั้งนี้ สินค้าที่แสดงวอเตอร์ฟุตพริ้นท์บนฉลากยังสามารถเพิ่มมูลค่าของสินค้าได้ ซึ่งในอนาคตประเทศไทยอาจจะต้องติดฉลากวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ตามที่มาตรฐาน ISO 14046 รวมทั้งยังเป็นการสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรและสร้างความมั่นคงด้านอาหารของประเทศเกิดการกระจายน้ำอย่างทั่วถึงและเป็นธรรม การลดการใช้น้ำและเพิ่มการนำกลับมาใช้ใหม่ การพัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำเป็นการเพิ่มน้ำต้นทุนที่เหมาะสมกับระบบนิเวศ ภูมิสังคม เศรษฐกิจ และความต้องการร่วมกันระหว่างชุมชนท้องถิ่นและผู้มีส่วนได้เสียต่าง ๆ ซึ่งส่งผลให้เกษตรกรมีสมดุลชีวิตที่ดีขึ้น นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมต่อไป รวมถึงการน้อมนำแนวพระราชดำริเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ โดยตั้งอยู่บนเงื่อนไขของความรู้และคุณธรรม จะช่วยให้เกษตรกรดำรงชีวิตอย่างพอประมาณ มีเหตุผล และมีภูมิคุ้มกัน นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวข้างต้นสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรที่ 7 จึงได้ทำ การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี เป็นการศึกษาประเมินปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากขั้นตอนต่างๆ ทั้งระบบ ภายใต้เงื่อนไขด้านสังคม เศรษฐกิจ และภูมิศาสตร์กายภาพ รวมทั้งศึกษาผลกระทบที่ส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกรในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ การปรับตัวของเกษตรกรเมื่อปริมาณน้ำในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่เปลี่ยนแปลงไป การมีข้อมูลปริมาณการใช้น้ำที่ถูกต้องยังช่วยให้เกษตรกรและผู้วางนโยบายสามารถตัดสินใจได้ว่าควรเพาะปลูกพืชที่ต้องการใช้น้ำมากในบริเวณใดมากกว่าซึ่งจะทำให้การผลิตสินค้าเกษตรมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อจัดทำบัญชีรายการการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี

1.2.2 เพื่อศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี

1.2.3 เพื่อประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ประชากรที่ศึกษา ได้แก่ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ กข โดยวิธีหว่านน้ำตม ที่เป็นสมาชิกในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ตำบลสนามแจง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี จำนวน 116 ราย

1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง สุ่มตัวอย่างจากรายชื่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ กข โดยวิธีหว่านน้ำตม ที่เป็นสมาชิกในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ตำบลสนามแจง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี จำนวน 51 ราย

1.3.3 พื้นที่ที่ศึกษา ได้แก่ พื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์ กข โดยวิธีหว่านน้ำตม ในโครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ตำบลสนามแจง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

1.3.4 ระยะเวลาข้อมูล ข้อมูลการเพาะปลูกข้าวพันธุ์ กข โดยวิธีหว่านน้ำตม ปีเพาะปลูก 2558/59

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Water Footprint of Product) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตข้าวทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยพิจารณาทั้งน้ำใช้และน้ำเสียที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของสายการผลิต

กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water Footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดิน น้ำฝนที่ถูกใช้ไปในการผลิตข้าว

บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue Water Footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดินที่ถูกใช้ไปในการผลิตข้าว

เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey Water Footprint) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตข้าวให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

ฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint) หมายถึง ความตึงเครียดของสิ่งแวดล้อม และมนุษย์ ที่เป็นผลกระทบจากความต้องการใช้น้ำ เมื่อคุณภาพน้ำไม่ดี หรือมีจำกัด สามารถคำนวณจากปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการใช้ในการเพาะปลูกพืช และดัชนีความตึงเครียดของน้ำ

1.5 วิธีการวิจัย

1.5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) การรวบรวมข้อมูล การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบสัมภาษณ์สำหรับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ กข โดยวิธีหว่านน้ำตม ที่เป็นสมาชิกในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ ในจังหวัดลพบุรี จำนวน 51 ราย ที่ได้จากการสุ่ม

ตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายแบบไม่ใส่คืน (Simple Random Sampling without Replacement) การกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยวิธีการกำหนดขอบเขตของความผิดพลาด (Limit of Error) และระดับความเชื่อมั่น ซึ่งขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมคำนวณได้จาก

$$n = \frac{NZ^2\boldsymbol{\sigma}^2}{NE^2 + Z^2\boldsymbol{\sigma}^2}$$

โดยที่ n = ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม

N = จำนวนเกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ กข ที่เป็นสมาชิกในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในอำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี 116 ราย

$Z_{\alpha/2}$ = กำหนดที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (Z = 1.96)

E = ค่าคลาดเคลื่อนของผลผลิตต่อไร่ในระดับที่ยอมรับได้ (10 %)

$\boldsymbol{\sigma}^2$ = ค่าความแปรปรวน ใช้ข้อมูลผลผลิตต่อไร่ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ กข ที่เป็นสมาชิกในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ ในอำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ปี 2557/58 มาประมาณค่าความแปรปรวน ($\boldsymbol{\sigma}^2$ = 1806.55)

2) แหล่งข้อมูล

(1) ข้อมูลปฐมภูมิ รวบรวมข้อมูลวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวพันธุ์ กข โดยวิธีหว่านน้ำตมปีเพาะปลูก 2558/59 โดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์เกษตรกรที่เป็นสมาชิกในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

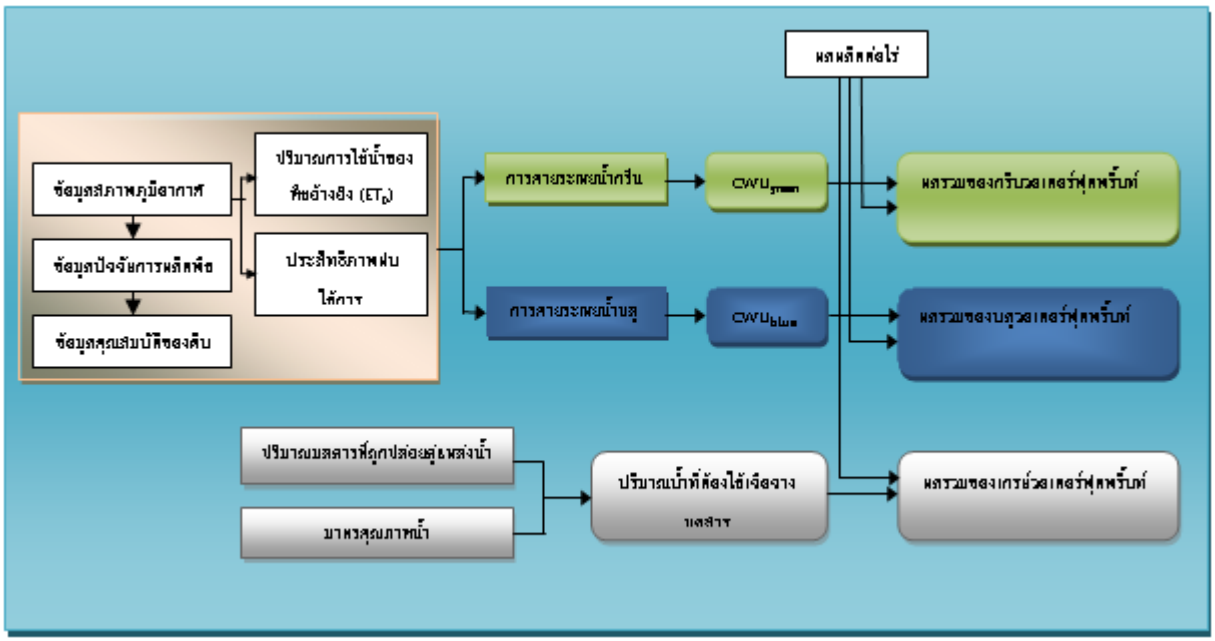
(2) ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นข้อมูลที่รวบรวมจากเอกสาร รายงานการศึกษา บทความ วารสาร งานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนข้อมูลที่ได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐบาลและเอกชน

1.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) ได้แก่

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

2) การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว ซึ่งจะคำนึงถึงที่มาของแหล่งน้ำเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยพิจารณาทั้งน้ำใช้และน้ำเสียที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนของสายการผลิตจากผลรวมปริมาณการใช้น้ำทั้ง 3 ประเภท ประกอบไปด้วย กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water Footprint) เป็นปริมาณการใช้น้ำจากน้ำฝนและความชื้นในดิน บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue

Water Footprint) เป็นปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินและแหล่งน้ำใต้ดิน และเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey Water Footprint) เป็นปริมาณการใช้น้ำสำหรับเจือจางมลพิษในน้ำให้อยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งวิธีการคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จะคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากค่าความต้องการใช้น้ำของข้าว รวมทั้งมีการวิเคราะห์ฟุตพริ้นท์น้ำที่คำนึงถึงสภาวะความเครียดของน้ำเชิงพื้นที่ (Water Stress Index : WSI) ร่วมด้วย เพื่อสอดคล้องกับมาตรฐานสากลโดยวิธีการของ ISO 14046 ประเภทวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 1.1 แผนผังการวิเคราะห์ค่าปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint)

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557.

3) การประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าว โดยประเมินมูลค่าน้ำ และต้นทุนที่ใช้ในการผลิตข้าวของพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ที่ทำการศึกษา เพื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าวภายใต้สถานการณ์เงื่อนไขปริมาณการใช้น้ำในแปลงใหญ่ เพื่อเสนอแนะแนวทางการปรับตัวของเกษตรกรเมื่อปริมาณน้ำในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่เปลี่ยนแปลงไป

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เพื่อเป็นข้อมูลนำไปจัดทำแนวทางบริหารจัดการน้ำและส่งเสริมการปลูกข้าว ในโครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี นำไปสู่การใช้ทรัพยากรการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.6.2 ข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายและการหาแนวทางมาตรการจูงใจการปลูกข้าว ในโครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร แนวคิดและทฤษฎี

2.1 การตรวจเอกสาร

พัชยา โตบารมีกุล (2557) ได้ทำการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายธรรมชาติและน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและปริมาณการใช้น้ำของโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยโดยอาศัยแนวคิดการประเมินฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เพื่อหาความเป็นไปได้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดปริมาณการใช้น้ำ ขอบเขตของผลิตภัณฑ์ที่ทำการประเมิน คือ น้ำตาลทรายธรรมชาติ 1 กิโลกรัม และน้ำตาลทราย 50 กิโลกรัม โดยเก็บข้อมูลครอบคลุมตั้งแต่การเพาะปลูก การขนส่งอ้อยมายังโรงงาน กระบวนการผลิตน้ำตาล การจัดจำหน่าย และการกำจัดซาก สำหรับการบริโภคน้ำตาลไม่ถูกนำมาคิด เนื่องจากไม่มีการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ผลการศึกษาพบว่าน้ำตาลทรายธรรมชาติ 1 กิโลกรัม น้ำตาลทรายธรรมชาติ 50 กิโลกรัม และน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง 50 กิโลกรัม มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.48 0.34 และ 0.30 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมน้ำตาลตามลำดับ โดยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงสุดเกิดจากการเพาะปลูก ซึ่งประกอบด้วยการใช้ปุ๋ย เชื้อเพลิงฟอสซิล และการเผาไหม้ชีวมวล ส่วนการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากการเพาะปลูกอ้อยและการผลิตน้ำตาล พบว่าน้ำตาลทรายธรรมชาติ 1 กิโลกรัม น้ำตาลทรายธรรมชาติ 50 กิโลกรัม และน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง 50 กิโลกรัม มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เท่ากับ 0.88 43.71 และ 44.99 ลูกบาศก์เมตรน้ำเทียบเท่าต่อกิโลกรัมน้ำตาลตามลำดับ สำหรับแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก คือ ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ไบโอดีเซล ในช่วงการเพาะปลูก ส่วนในช่วงการเก็บเกี่ยวให้ใช้เครื่องสับกล สำหรับแนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำ คือ ให้ใช้น้ำคอนเดนเสทที่เหลือเข้าสู่หม้อไอน้ำ

ธีระวัฒน์ ธรรมนิยม (2555) ศึกษาเรื่องวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียม ได้คำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวเปลือกเฉลี่ยทั้งโลกมีค่าเท่ากับ 1325 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และเฉลี่ยของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 1617 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในประเทศไทยอย่างละเอียด ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์อย่างละเอียดโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามในพื้นที่เพาะปลูกข้าวของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียม ซึ่งพบว่าเกษตรกรในพื้นที่เพาะปลูกข้าวด้วยวิธีนาหว่านน้ำตม การศึกษานี้ได้ใช้ค่า Kc ของกรมชลประทานซึ่งมีค่าสูงกว่าค่า Kc ของ FAO และค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ยอมให้มีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของ Chapagain และ Hoekstra (2011) เท่านั้น ดังนั้นการใช้ค่าพื้นฐานอาจส่งผลให้ได้ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีค่าสูงกว่าการศึกษาที่ผ่านมา ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การปลูกข้าวในเขต พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียมมีผลผลิตสุทธิประมาณ 467 ตันต่อตารางกิโลเมตร(747 กิโลกรัมต่อไร่) ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวเฉลี่ยนาปีและนาปรังเท่ากับ 1627 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน แยกเป็นบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 771 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่ากรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 483 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และค่าเกรย์วอเตอร์ฟุตพ

ริ้นท์ 418 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการศึกษาที่ผ่านมาและสามารถนำไปวิเคราะห์ผลกระทบของการใช้น้ำและกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการน้ำที่เหมะสมในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกระเทียม

ลักขณา เจริญสุข และคณะ (2555) ทำการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันสำหรับผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำของปาล์มน้ำมันสาหรับผลิตไบโอดีเซล โดยอาศัยแนวคิดวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งในการวิเคราะห์และบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำต่อหน่วยผลผลิตของปาล์มน้ำมันในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้ทั้งหมด 16 จังหวัด (ปีพ.ศ.2550–2554) ซึ่งมีความแตกต่างตามลักษณะของสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่ จากผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของปาล์มน้ำมันสาหรับผลิตไบโอดีเซลมีค่าเท่ากับ 2,139 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ส่วนใหญ่เกิดจากปริมาณการใช้น้ำจากการคายระเหยของน้ำฝน ร้อยละ 50 และเมื่อพิจารณาปริมาณการใช้น้ำในแต่ละพื้นที่ พบว่า ในเขตพื้นที่ภาคเหนือมีปริมาณการใช้น้ำสูงถึง 3.9 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ภาคใต้ โดยจังหวัดที่ใช้น้ำมากที่สุดคือ พิษณุโลกมีค่าเท่ากับ 6,098 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และจังหวัดที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุดคือ สุราษฎร์ธานี มีค่าเท่ากับ 1,070 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ซึ่งจังหวัดเชียงราย จังหวัดพิษณุโลก และจังหวัดอุทัยธานี มีปริมาณการใช้น้ำสูงที่สุดเมื่อเทียบกับจังหวัดอื่น ๆ หมายรวมถึงน้ำสีเขียว น้ำสีฟ้า และน้ำสีเทา จึงควรจัดทำแผนการการใช้น้ำใน 3 จังหวัดเป็นอันดับแรกและการจัดทำแนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำที่เกิดขึ้นควรมุ่งเน้นการศึกษาวิจัยและการพัฒนาระบบน้ำให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพื่อการพัฒนาด้านพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืนในอนาคต

ชินาธิปกรณ์ พงศ์ภิญโญภาพ และ ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ (2554) ศึกษาเรื่องวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทยจากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551-2565) ของกระทรวงพลังงานที่ส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพทำให้มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของการเพาะปลูกมันสำปะหลังและโรงงานผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังซึ่งจะส่งผลทำให้ความต้องการใช้ “น้ำ” ที่มีอย่างจำกัดในแต่ละปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการประเมินปริมาณการใช้น้ำตลอดห่วงโซ่หรือวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทยทำการคาดการณ์ ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณการใช้พื้นที่เพาะปลูกตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี จากผลการศึกษาพบว่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในปี 2551 มีค่าเท่ากับ 0.267 กิโลลูกบาศก์-เมตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 0.03 ของปริมาณน้ำทั้งประเทศ โดยแบ่งเป็นวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เขียว 0.185 กิโลลูกบาศก์เมตรต่อปี และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้ำเงิน 0.082 กิโลลูกบาศก์เมตรต่อปี สำหรับปริมาณการใช้น้ำตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนฯ จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นทุกปี โดยจะต้องใช้น้ำถึง 2.605 กิโลลูกบาศก์เมตร หรือเพิ่มขึ้นถึงเกือบ 10 เท่า เมื่อสิ้นสุดแผนฯ ในปี 2565 แต่หากมีการพัฒนาเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังจาก 3.4 เป็น 8.0 ตันต่อไร่ จะส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำลดลงร้อยละ 57.4 ในแต่ละ

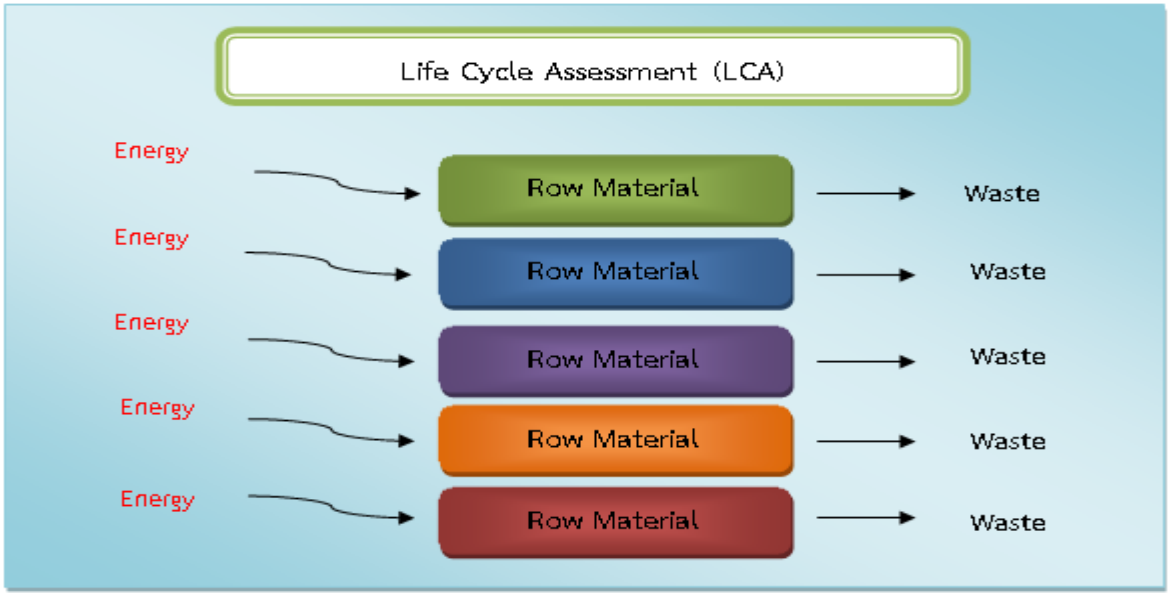
ปีโดยจะต้องใช้น้ำ 1.110 กิโลลูกบาศก์เมตร หรือเพิ่มขึ้นถึงเพียง 4 เท่า เมื่อสิ้นสุดแผนฯในปี 2565 ดังนั้น การเพิ่มผลผลิตต่อไร่มีผลให้ปริมาณการใช้น้ำลดลงแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของการเพาะปลูกมันสำปะหลังมีความสำคัญที่จะต้องให้การสนับสนุนควบคู่ไปกับแผนพัฒนาพลังงานทดแทน เพื่อให้การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังมีศักยภาพในการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบประเภทอื่น ๆ ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาและเปรียบเทียบวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอล จากวัตถุดิบประเภทอื่นๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดนโยบาย การสนับสนุนการเพาะปลูกพืชพลังงานให้สอดคล้องกับปริมาณทรัพยากรน้ำของประเทศที่มีอยู่อย่างจำกัด

2.2 แนวคิดและทฤษฎี

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 วัฏจักรชีวิตของกระบวนการและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในด้านการใช้วัสดุ การใช้พลังงาน และของเสียที่ออกจากระบบ

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557)

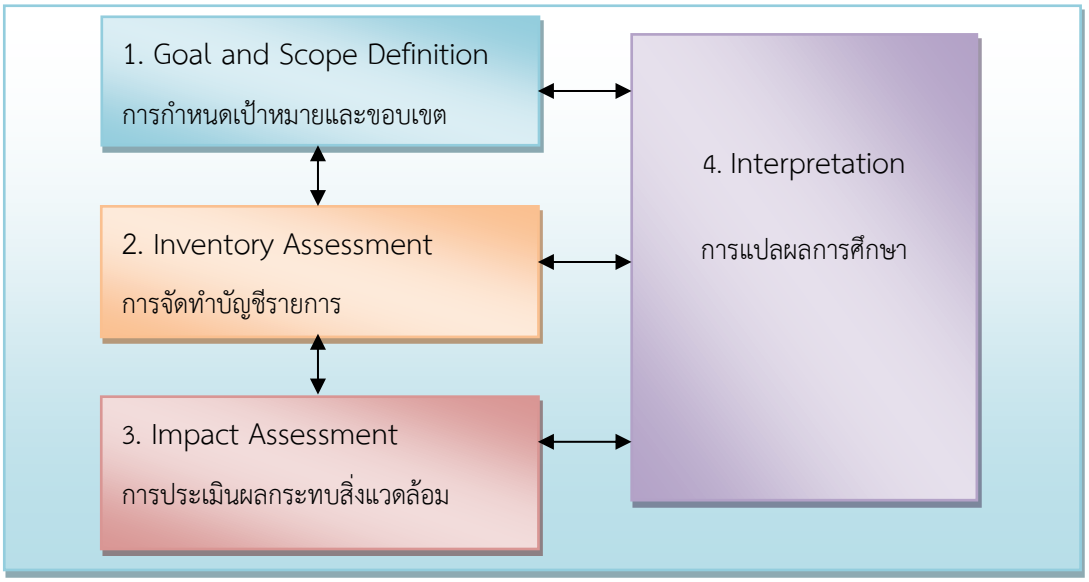
องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐาน ได้ให้นิยามของ LCA ไว้ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 14040 ว่า “เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) รวมถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มีโอกาสเกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต” (ทะนงเกียรติ, 2548)

วัตถุประสงค์ของ LCA คือการรวบรวมและประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ บริการ การใช้งาน หรือกระบวนการที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำผลที่ได้จาก LCA ไปปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สมบูรณ์ ตลอดจนก่อให้เกิดการจัดการขึ้นอย่างเป็นระบบและยั่งยืน โดยใช้มุมมองทางสิ่งแวดล้อมมาสนับสนุนอีกทางหนึ่ง

2) ขั้นตอนการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต

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

ขั้นตอนที่ 1: การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope) ในการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้น ขั้นตอนแรกจะต้องทราบว่าสิ่งที่จะทำการศึกษาคืออะไร และจะทำการศึกษาอย่างไร ซึ่งผลจากการศึกษาจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับการกำหนดขอบเขต และเป้าหมายของการประเมินวัฏจักรชีวิต สามารถนำไปใช้กับเป้าหมายหลักๆ ของการศึกษาวิจัยที่มีความแตกต่างกัน ได้แก่ เพื่อการวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์ เพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ หรือเพื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตประกอบด้วยประเด็นหลักที่มีความสำคัญ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตามหลัก ISO 14040

ที่มา: Graedel (1998)

เป้าหมาย ต้องมีการระบุผลของการใช้และผู้ที่จะนำไปใช้ การกำหนดเป้าหมายต้องเข้าใจรายละเอียดต่างๆ เป็นอย่างดี อาจกล่าวได้ว่าเป้าหมายเป็นหัวใจของการศึกษารายละเอียดและการสรุปผล เพราะเป้าหมายจะทำให้สามารถแยกองค์ประกอบความสำคัญของส่วนต่างๆ ในเนื้อหาได้

ขอบเขต มีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ

(1) หน่วยการทำงาน (Functional Unit) คือ ส่วนที่เป็นพื้นฐานของการศึกษา LCA เพราะใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ หรือเป็นตัววัดระหว่างผลิตภัณฑ์ มีการให้นิยามของหน่วยการทำงานที่หลากหลาย โดยหน่วยการทำงานของระบบจะให้ความหมายและการวัดที่กระจ่างชัด ซึ่งผลจากการวัดจะใช้เป็นคำตอบต่อไปได้ ลักษณะ 3 ประการของหน่วยการทำงานได้แก่ 1) ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ 2) ความคงทนของผลิตภัณฑ์ และ 3) คุณสมบัติพื้นฐาน ในการเปรียบเทียบระหว่างระบบสามารถทำได้ด้วยหน่วยการทำงานที่มีลักษณะพื้นฐานเหมือนกัน

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

ขั้นตอนที่ 2: การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory: LCI) เป็นการเก็บรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา รวมถึงการสร้างผังของระบบผลิตภัณฑ์ การคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงทรัพยากรและพลังงานที่ใช้หรือการปล่อยของเสียออกสู่อากาศ น้ำ และดิน

ขั้นตอนที่ 3: การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) เป็นการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผลิตภัณฑ์ จากข้อมูลการใช้ทรัพยากร และการปล่อยของเสีย หรือสารขาเข้าและขาออกที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินผลกระทบเกี่ยวข้องกับประเด็นหลักๆ คือ การนิยามประเภท (Category Definition) การจำแนกประเภท (Classification) การกำหนดบทบาท (Characterization) และการให้น้ำหนักแก่แต่ละประเภท (Weighting)

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

2.2.2 การประเมินค่าปริมาณการใช้น้ำ (Water Footprint)

1) หลักการและแนวความคิดวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

หลักการและแนวความคิดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water Footprint) มีลักษณะคล้ายคลึงกับฟุตพริ้นท์ทางนิเวศวิทยา (Ecological Footprint) ซึ่งเป็นเครื่องชี้วัดความต้องการพื้นที่ในการสนองตอบกิจกรรมของมนุษย์ต่อโลก มีผลลัพธ์แสดงในรูปของพื้นที่ต่อคน ส่วนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์นั้น ผลลัพธ์จะแสดงในรูปของปริมาณน้ำหรือปริมาณน้ำต่อปี (Hoekstra และ Chapagain, 2008) ดังนั้น วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เป็นค่าชี้วัดการใช้น้ำของผู้ผลิตหรือผู้บริโภค ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสินค้าและบริการมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี ทั้งนี้ วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ถือเป็นค่าชี้วัดที่ชัดเจนเพราะนอกจากจะแสดงปริมาณน้ำใช้และปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยออกมาแล้ว ยังแสดงสถานที่และระยะเวลาที่เกิดการใช้น้ำอีกด้วย (Chapagainet al. 2006)

โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

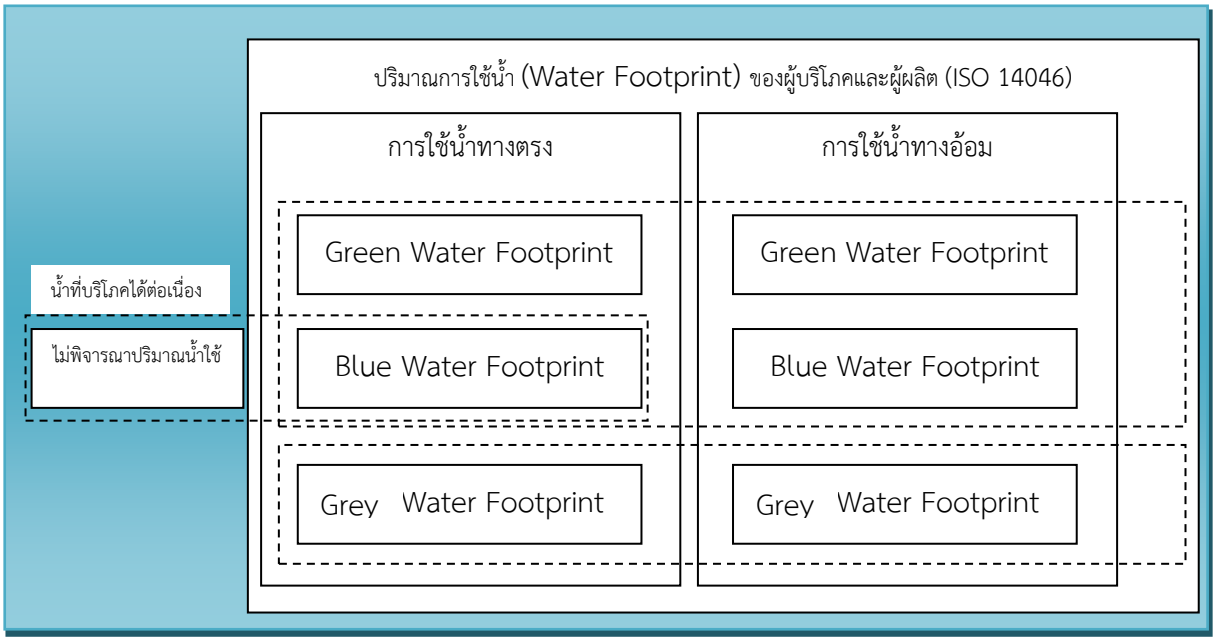
(1) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Water Footprint of a Product) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยพิจารณาทั้งน้ำใช้และน้ำเสียที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตสินค้าและบริการ

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

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

2) หลักการวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

Hoekstra et al., (2554) ได้เสนอแนวคิดของหลักการจัดการน้ำด้วยเครื่องมือที่เรียกว่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) เป็นตัวชี้วัดการใช้น้ำของผู้ผลิตหรือผู้บริโภคโดยพิจารณาจากการใช้น้ำทางตรงและทางอ้อม รวมทั้งแสดงแหล่งที่มาของน้ำใช้และน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตสินค้าและบริการตลอดห่วงโซ่อุปทาน (ลักขณา เจริญสุข และคณะ,2555) ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แนวคิดวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

ที่มา : Hoekstra et al.,2011 : อ้างถึง ลักขณา เจริญสุข

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ทั้ง 3 ประเภท ประกอบด้วย

(1) กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water Footprint: WF_{green}) หมายถึง ปริมาณน้ำที่อยู่ในรูปของความชื้นในดินเนื่องจากน้ำฝนและถูกใช้ไปในการผลิตสินค้าและบริการ ซึ่งไม่รวมถึงน้ำฝนที่กลายเป็นน้ำ ผิวดิน 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_{gray}) หมายถึง ปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน ซึ่งส่วนใหญ่การเพาะปลูกพืชจะมีการใช้สารเคมีเมื่อพืชเอาไปใช้ไม่หมดจะมีการตกค้างและซึมลงสู่น้ำใต้ดินหรือถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ

ทั้งนี้ การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ประเมินเฉพาะกรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์และบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จากค่าความต้องการน้ำใช้ของข้าวเท่านั้น ไม่ได้ประเมินเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

ปัจจุบันมีมาตรฐาน ISO 14046 เพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากวัฏจักรชีวิต (LCA) ของสินค้าและดัชนีการพัฒนาอย่างยั่งยืน เพื่อเป็นดัชนีชี้วัดความยั่งยืน ซึ่งจะเป็นการมองถึงความตึงเครียดของน้ำและผลกระทบของการใช้น้ำด้วย

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

สำหรับหน่วยวัดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เป็นลูกบาศก์เมตรต่อตัน โดยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในพืช คำนวณจากปริมาณน้ำที่พืชใช้ (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) ต่อปริมาณผลผลิตของพืชนั้น (ตันต่อไร่) ส่วนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในสัตว์ คิดจากปริมาณน้ำทั้งหมดในการผลิตและให้อาหารสัตว์ น้ำดื่มของสัตว์และน้ำที่ใช้ในกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์อื่นๆ เช่น น้ำที่ใช้เพื่อทำความสะอาดคอกสัตว์น้ำที่ใช้ในการระบายความร้อน และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์ เป็นผลรวมของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์การผลิตผลิตภัณฑ์จากพืชและสัตว์ ตั้งแต่เริ่มกระบวนการจนกระทั่งสิ้นสุดได้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

3) วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการ (Water Footprint of Process)

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

$$WF_{Total} = WF_{green}+WF_{blue}+WF_{grey} \qquad \text{สมการที่ (1)}$$

ซึ่งคำนวณมาจาก 2 ส่วน ดังนี้

3.1 การคำนวณปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริง ซึ่งหาได้จากค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (CWU) แสดงในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หารด้วยปริมาณผลผลิต (Y) ตันต่อไร่ แบ่งเป็น

(1) กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green Water Footprint: WF_{green}) การคำนวณหากรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืชสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำฝนที่พืชต้องการใช้จริง (Crop Water Use: CWU) (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) ต่อปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่) ดังสมการ (2)

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \qquad \text{สมการที่ (2)}$$

โดยที่ WF_{green} คือ กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

CWU_{green} คือ ปริมาณฝนใช้การของพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่)

(2) บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Blue Water Footprint) การคำนวณหาบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืชสามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำชลประทานที่ใช้ในการผลิตพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) ต่อปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่) ดังสมการ (3)

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

โดยที่ WF_{blue} คือ บลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

CWU_{blue} คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตพืชจากแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำชลประทาน (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่)

(3) เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Grey Water Footprint) สามารถคำนวณจากปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจือจางมลพิษในน้ำให้อยู่ในค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งหรือความเข้มข้นที่พบในธรรมชาติ ดังสมการที่ (4) ทั้งนี้ในการศึกษานี้ไม่ได้ประเมินเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์

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

(3.2) การคำนวณปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จากการประเมิน

สำหรับกรีนและบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีหลักการคำนวณเหมือนกัน โดยการวิเคราะห์ค่าความต้องการน้ำของพืช (Crop Water Requirement: CWR) ที่ได้จากน้ำฝนและน้ำชลประทาน ซึ่งเกิดจากความต้องการน้ำสำหรับการคายระเหยน้ำภายใต้สภาวะการเจริญเติบโตในอุดมคตินับตั้งแต่วันเพาะปลูก การเจริญเติบโต จนถึงวันเก็บเกี่ยว สามารถประเมินได้จากปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช (Crop Evapotranspiration: ET_c) ก็คือการคำนวณเพื่อหาปริมาณน้ำที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูก ทั้งจากกระบวนการคายระเหยทางผิวดิน และการคายน้ำของพืช สามารถประเมินได้จากค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient: K_c) ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration: ET_0)

ดังสมการที่ (5) ดังนั้น หากต้องการหาความต้องการใช้น้ำรวมทั้งหมดของพืช (CWR) ตั้งแต่เริ่มปลูก เจริญเติบโต จนกระทั่งพร้อมเก็บเกี่ยว สามารถประเมินจากผลรวมทั้งหมดของค่าการคายระเหยน้ำของพืช (ET_C) ในแต่ละช่วงอายุจนครบรอบการปลูก ดังสมการที่ (6) อย่างไรก็ตาม เฉพาะในส่วนของการประเมินความต้องการใช้น้ำในการปลูกข้าวต้องมีการขังน้ำในแปลงนา ค่าซึมลึก (Deep perculation: DP) ของน้ำในแปลงลงสู่ใต้พื้นดินจะถูกนำมารวมในการประเมิน ดังสมการที่ (7)

$$ET_C = K_C \times ET_0 \qquad \text{สมการที่ (5)}$$

$$CWR = \sum ET_C \qquad \text{สมการที่ (6)}$$

$$CWR = \sum \left(ET_C + DP \right) \qquad \text{สมการที่ (7)}$$

โดยที่ ET_C คือ ศักยภาพการคายระเหยหรือค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)

K_C คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Dimensionless)

ET_0 คือ ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน)

DP คือ ค่าการซึมลึกหรือการรั่วซึม (Deep Perculation) ของน้ำในแปลงนา (มิลลิเมตรต่อวัน)

CWR คือ ค่าความต้องการน้ำของพืช

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) ที่อ้างอิงข้อมูลจริงจากกรมอุตุนิยมวิทยาตามพื้นที่ศึกษาจากสถานีที่ใกล้เคียงหรือสถานีที่เป็นตัวแทนที่ดีที่สุด ข้อมูลปัจจัยการผลิตพืช (ชนิดของพืช วัน ปลูกและเก็บเกี่ยว ช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช และความยาวของรากพืช) และข้อมูลคุณสมบัติดิน (ข้อมูลชุดดิน ความชื้นในดิน การแทรกซึมน้ำผ่านผิวดินสูงสุด ความลึกของรากพืช ความชื้นเริ่มต้น ระยะที่น้ำเริ่มขาด) โดยหาอ้างอิงจากระบบสารสนเทศของกรมพัฒนาที่ดินและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ซึ่งมีรายละเอียดการประเมินดังนี้

(1) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient: K_c)

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_C) เป็นปัจจัยหนึ่งที่นำมาใช้เพื่อการคำนวณปริมาณน้ำใช้ของพืชในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตต่างๆ ได้ โดยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเป็นค่าเฉพาะ

แสดงถึงความชื้นจริงในแปลงปลูกพืช 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

โดยพืชมีค่าความต้องการน้ำน้อยในช่วงแรก และเพิ่มสูงขึ้นจนมีค่ามากที่สุดในช่วงของการสร้างผลผลิต จากนั้นจะลดน้อยลงจนถึงช่วงเก็บเกี่ยว

การศึกษานี้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช 40 ชนิด ที่ได้จากการทดลองและวิเคราะห์ด้วยวิธี Penman Monteith ของสำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน (2554)

(2) การคายระเหยของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration: ET_0)

เนื่องจากในแต่ละพืชที่มีภูมิอากาศที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชแตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศของท้องที่นั้นๆ ซึ่งการคายระเหยของพืชอ้างอิงหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ที่คำนวณได้จากสูตรต่างๆ ผันแปรไปตามสภาพอากาศแต่ละที่ การหาค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงสามารถคำนวณจากข้อมูลภูมิอากาศซึ่งทำได้หลายวิธี โดยวิธีการที่ใช้จะขึ้นอยู่กับความละเอียดของข้อมูลภูมิอากาศที่มีอยู่และความสามารถในการนำไปใช้งาน โดยวิธีการที่นิยมใช้กันในงานด้านชลประทานและเกษตรชลประทานซึ่งเป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นวิธีของ FAO Penman-Montieth โดยสูตร Penman ได้มีการพัฒนาโดย H.L. Penman เมื่อ ค.ศ. 1948 ต่อมา Doorenbos, J (1975) และ W.O. Pruitt (1984) ได้เสนอสูตร Modified Penman สำหรับใช้ในการคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง ซึ่งวิธีการนี้ถือเป็นวิธีการคำนวณการหาค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิงที่ถูกต้องแม่นยำกว่าวิธีอื่นๆ และวราวุธ วุฒิวณิชย์ (2539) รายงานว่า ในประเทศไทยการคำนวณค่าการคายระเหยของพืชอ้างอิง ใช้หลักการของ Penman ทั้งนี้เพราะ มีการพิจารณาถึงผลของรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นของอากาศที่มีความสัมพันธ์ต่อค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยการศึกษานี้อ้างอิงค่า ET_0 ที่ได้จากวิธี Penman-Montieth มาใช้ในการคำนวณ

(3) ปริมาณการคายระเหยน้ำของพืช (Crop Evapotranspiration: ET_c)

การหาค่าน้ำที่ต้องการสำหรับการคายระเหยน้ำ (ET_c) ภายใต้สภาวะการเจริญเติบโตในอุดมคตินับตั้งแต่วันเพาะปลูกจนถึงวันเก็บเกี่ยว สามารถหาได้จากสมการที่ (8)

$$ET_C = K_C \times ET_0$$ สมการที่ (8)

โดยที่ ET_c คือ ค่าความต้องการน้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)

K_c คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ET_0 คือ ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน)

(4) การซึมลึก (Deep perculation: DP)

การซึมลึก หมายถึง การไหลซึมของน้ำในดินที่ลึกเลยเขตรากพืช ซึ่งการสูญเสียด้านการซึมลึกนี้จะถูกนำมาคำนวณในความต้องการใช้น้ำเฉพาะกรณีของการปลูกข้าว

(5) ปริมาณการใช้น้ำฝนและความต้องการน้ำชลประทานของพืช

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

1) การประเมินหาฝนใช้การตามวิธีของ USDA

ปริมาณน้ำฝนใช้การ หรือปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกและเป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกนั้น สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.9

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

หรือ

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

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

$P_{monthly}$ คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน (มิลลิเมตรต่อเดือน)

2) การประเมินหาฝนใช้การตามวิธีของกรมชลประทาน

การประเมินหาฝนใช้การตามวิธีของกรมชลประทานซึ่งได้มีการกำหนดค่าแฟกเตอร์สำหรับคูณกับค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน (Weighted Rainfall: WRFL) ในพื้นที่เพาะปลูกพื้นที่หนึ่งๆ โดยมีวิธีค่าแฟกเตอร์ดังตารางที่ 2.1

ในกรณีที่ปริมาณฝนมากกว่าที่พืชต้องการ (Effective rainfall (P_e) > CWR) ปริมาณน้ำฝนที่ใช้ จะเท่ากับค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (CWR) และ ปริมาณน้ำชลประทานที่ใช้จะเป็นศูนย์ เพราะมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอกับที่พืชต้องการแล้ว 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)

(6) การหาฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint)

เนื่องจากตามหลักการฟุตพริ้นท์ของ ISO 14046 (2014) ได้นิยามว่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์คือ ตัวบ่งชี้ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับน้ำ กล่าวคือทั้งผลกระทบอันเนื่องมาจากการใช้น้ำและผลกระทบอันเนื่องมาจากน้ำเสีย ซึ่งในการศึกษานี้มีวิธีประเมินผลกระทบวอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้ำ (Water Footprint Impact Assesment) ในรูปของโอกาสการเกิดผลกระทบด้านการขาดแคลนน้ำ หรือที่เรียกว่าฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint) ซึ่งจะสามารถคำนวณจากปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการใช้ในการเพาะปลูกพืช และดัชนีความตึงเครียดของน้ำ โดยการได้มาซึ่งปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการ ดังสมการที่ (10)

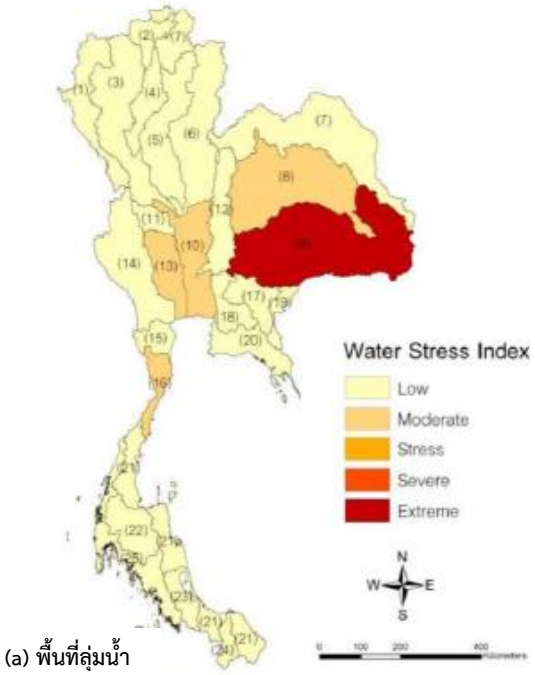
ฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ = น้ำชลประทาน x ดัชนีความตึงเครียดของน้ำ สมการที่ (10)

โดยที่ ฟุตพริ้นท์การขาดแคลนน้ำ (Water Scarcity Footprint) มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรน้ำเทียบเท่าต่อ ตัน (m^3 H_2Oeq/ton)

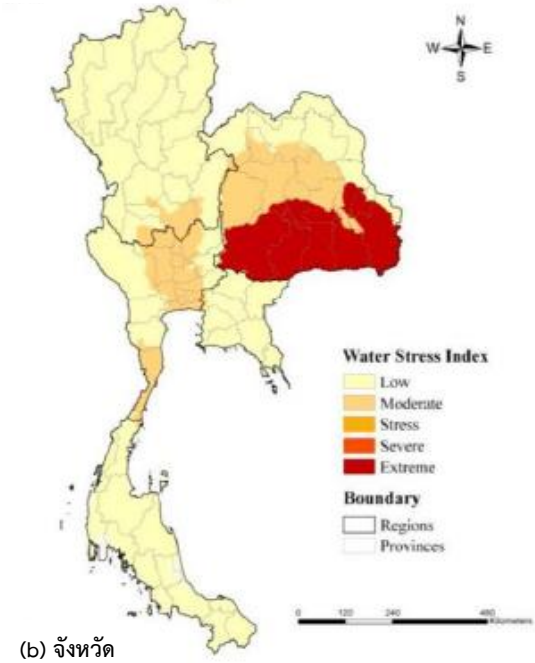
น้ำชลประทานที่ต้องการใช้ในการเพาะปลูกพืชผล (Irrigation Water**)** มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อตัน

ดัชนีความตึงเครียดของน้ำ (Water Stress Index: WSI) ไม่มีหน่วย เป็นค่าที่บ่งบอกเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของน้ำสะอาดที่สามารถนำมาใช้ได้ หาได้จากสัดส่วนน้ำที่ถูกใช้กับน้ำจืดที่มีในพื้นที่

สำหรับค่าดัชนีความตึงเครียดของน้ำได้มีการศึกษาค่าสำหรับ 25 ลุ่มน้ำของประเทศเพื่อใช้สำหรับบ่งชี้ถึงโอกาสการเกิดการแย่งชิงทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดในแต่ละพื้นที่ ซึ่งแผนที่ความตึงเครียดด้านน้ำ (Water Stress Map) ที่ได้จากการศึกษาบ่งชี้ว่าลุ่มน้ำที่มีค่าตัวชี้วัดความตึงเครียดด้านน้ำสูงที่สุด คือ ลุ่มน้ำมูล ตามด้วยลุ่มน้ำชี เจ้าพระยา และท่าจีน ตามลำดับ (Shabbir et al., 2557) ดังภาพที่ 2.4



(a) พื้นที่ลุ่มน้ำ



(b) จังหวัด

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

ภาพที่ 2.4 ค่าดัชนีความเครียดของน้ำ (WSI) ที่คำนวณมาจากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนรายปี

ที่มา: Shabbir et al (2014)

2.2.3 การคำนวณผลต้นทุนการผลิต

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

1.1 ต้นทุนการผลิตรวม คือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของแปลงตัวอย่างที่ i ดังสมการที่ (11)

$$TC_i = TVC_i + TFC_i \qquad \text{สมการที่ (11)}$$

โดยที่ TC_i = ต้นทุนรวมของตัวอย่างที่ i (บาท)

TVC_i = ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับต้นทุนผันแปรของตัวอย่างที่ i (บาท)

TFC_i = ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับต้นทุนคงที่ของตัวอย่างที่ i (บาท)

i = ตัวอย่างที่ i โดย i = 1, 2, 3, ..., n

n = จำนวนตัวอย่างทั้งหมด

1.2 ต้นทุนการผลิตต่อไร่ คือ ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดของตัวอย่างที่ i (บาท) หารด้วย เนื้อที่เพาะปลูกของแปลงตัวอย่างที่ i (ไร่) ดังสมการที่ (12)

$$TCR_i = \frac{TCi}{A_i} \qquad \text{สมการที่ (12)}$$

โดยที่ TCR_i = ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของตัวอย่างที่ i (บาท)

TC_i = ต้นทุนการผลิตรวมของตัวอย่างที่ i
หรือค่าใช้จ่ายในการผลิตรวมของตัวอย่างที่ i (บาท)

A_i = เนื้อที่ปลูกของตัวอย่างที่ i (ไร่)

1.3 ผลผลิตต่อไร่ คือ ผลผลิตทั้งหมดของตัวอย่างที่ i (กิโลกรัม) หารด้วย เนื้อที่ปลูกของตัวอย่างที่ i (ไร่) ดังสมการที่ (13)

$$Y_i = \frac{Pi}{Ai} \qquad \text{สมการที่ (13)}$$

โดยที่ Y_i = ผลผลิตต่อไร่ของตัวอย่างที่ i (กิโลกรัม)

P_i = ผลผลิตทั้งหมดของตัวอย่างที่ i (กิโลกรัม)

A_i = เนื้อที่ปลูกของตัวอย่างที่ i (ไร่)

(4) ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัม คือ ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของตัวอย่างที่ i (บาท) หารด้วย ผลผลิตต่อไร่ของตัวอย่างที่ i (กิโลกรัม) หรือ สมการ 2.13 หารด้วย สมการ (13) ดังสมการที่ (14)

$$TCK_i = \frac{TCRi}{Yi} = \frac{TCi}{Pi} \quad \text{สมการที่ (14)}$$

หรือ ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมเท่ากับต้นทุนการผลิตรวมของตัวอย่างที่ i หารด้วย ผลผลิตทั้งหมดของตัวอย่างที่ i

โดยที่ TCK_i = ต้นทุนการผลิตรวมต่อกิโลกรัมของตัวอย่างที่ i (บาท)

2) การคำนวณผลระดับจังหวัด

(2.1) ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของจังหวัด คือ ผลรวมของต้นทุนการผลิตตัวอย่างที่ i คูณด้วย เนื้อที่ปลูกของตัวอย่างที่ i ในจังหวัด j หารด้วย ผลรวมของเนื้อที่ปลูกของทุกตัวอย่าง i ในจังหวัดดังสมการที่ (15)

$$TCR_j = \frac{\sum_{i=1}^{n}(TC \times A)_i}{\sum_{i=1}^{n} Ai} \quad \text{สมการที่ } \mathbf{(15)}$$

(2.2) ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมของจังหวัด คือ ต้นทุนการผลิตต่อไร่ของจังหวัด j (บาท) หารด้วย ผลผลิตต่อไร่ของจังหวัด j (กิโลกรัม) ดังสมการที่ (16)

$$TCK_j = \frac{TCRj}{Yj} \quad \text{สมการที่ (16)}$$

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, ..., n

หมายเหตุ : การคำนวณค่าเฉลี่ยต่างๆ แต่ละรายการในระดับจังหวัดขึ้นไปจะใช้เนื้อที่ปลูกเป็นตัวถ่วงน้ำหนัก

บทที่ 3
สภาพทั่วไป

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่เป็นสมาชิกในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี จากการสำรวจพบว่า

3.1 ข้อมูลทั่วไปจากการสำรวจ

ผลการศึกษาจากตารางที่ 3.1 พบว่า

1) พื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เพาะปลูกข้าวของเกษตรกรในโครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี อยู่ในเขตชลประทาน เกษตรกรมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวเฉลี่ยรายละ 26.38 ไร่

2) แหล่งพันธุ์ข้าว เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 47.05 ซื้อเมล็ดพันธุ์จากร้านค้า รองลงมาร้อยละ 43.14 ซื้อเมล็ดพันธุ์จากศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวโคกตูม และที่เหลือร้อยละ 9.81 เก็บเมล็ดพันธุ์เอง

3) แหล่งน้ำที่ใช้ทำการเกษตร เกษตรกรใช้น้ำในการเพาะปลูกข้าวจากคลองส่งน้ำร้อยละ 54 และใช้น้ำฝนร้อยละ 46

4) การจัดการตอซัง เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 70.59 จัดการตอซังโดยการไถกลบ และร้อยละ 29.41 โดยการเผา

5) การจัดการฟางข้าว เกษตรกรส่วนใหญ่ร้อยละ 94.12 จัดการตอซังโดยการขาย และนำไปเลี้ยงสัตว์ และร้อยละ 5.88 โดยการเผา

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลทั่วไปจากการสำรวจ

หน่วย : ร้อยละ

รายการ	จำนวน
พื้นที่เพาะปลูกเฉลี่ย (ไร่)	26.38
แหล่งพันธุ์ข้าว	
ร้านค้า	47.05
ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวโคกตูม	43.14
เก็บเมล็ดพันธุ์เอง	9.81
แหล่งน้ำที่ใช้ทำการเกษตร	
คลองส่งน้ำ	54.00
น้ำฝน	46.00
การจัดการตอซัง	
ไถกลบ	70.59
การเผา	29.41

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลทั่วไปจากการสำรวจ (ต่อ)

	ร้อยละ
การจัดการตอซัง	
ขาย และเลี้ยงสัตว์	94.12
การเผา	5.88

ที่มา : จากการสำรวจ

6) การใช้ปัจจัยการผลิตของเกษตรกร

การใช้ปัจจัยการผลิตของเกษตรกรในการปลูกข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี มีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 3.2)

(1) เมล็ดพันธุ์ จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 28.44 กิโลกรัมต่อไร่

(2) ปุ๋ย ประกอบด้วย ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยเคมี มีรายละเอียดดังนี้

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ไม่ได้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ร้อยละ 92.16 ของเกษตรกรทั้งหมด ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลโคกระบือ) ร้อยละ 7.84 โดยมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 7.77 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรไม่ได้ใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร้อยละ 82.35 ใช้ปุ๋ยชีวภาพ ร้อยละ 17.65 โดยมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 1.89 กิโลกรัมต่อไร่ และเกษตรกร ร้อยละ 100 ได้ใช้ปุ๋ยเคมี โดยมีปริมาณการใช้เฉลี่ย 52.69 กิโลกรัมต่อไร่

(3) สารเคมีกำจัดวัชพืช

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช คิดเป็นร้อยละ 96.08 ของเกษตรกรทั้งหมด มีปริมาณการใช้เฉลี่ย 1.20 ลิตรต่อไร่ และไม่ใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช คิดเป็นร้อยละ 3.92 ของเกษตรกรทั้งหมด

(4) สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช คิดเป็นร้อยละ 80.39 ของเกษตรกรทั้งหมด มีปริมาณการใช้เฉลี่ย 2.34 ลิตรต่อไร่ และไม่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช คิดเป็นร้อยละ 19.61 ของเกษตรกรทั้งหมด

(5) สารเคมีอื่น ๆ

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรใช้สารอื่น ๆ เช่น ฮอร์โมน ยาฆ่าเชื้อรา น้ำยาจับใบ ร้อยละ 100 ของเกษตรกรทั้งหมด มีปริมาณการใช้เฉลี่ย 0.15 ลิตรต่อไร่

(6) น้ำมันเชื้อเพลิง

จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ร้อยละ 100 ของเกษตรกรทั้งหมด มีปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 6.46 ลิตรต่อไร่

(7) ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 779.39 กิโลกรัมต่อไร่

(8) ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตข้าว จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตข้าวเฉลี่ย 1,248.63 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่

โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี เป็นพื้นที่ในเขตชลประทาน เนื่องจากภาวะแล้ง ปีเพาะปลูก 2558/59 เกษตรกรปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทำนา จากเดิมทำทั้งนาปี และนาปรัง แต่น้ำขาดแคลนจึงสามารถทำได้เพียงนาปีเท่านั้น โดยอาศัยแหล่งน้ำทั้งจากน้ำฝน และน้ำชลประทาน เริ่มทำการเพาะปลูกในช่วงเดือนกรกฎาคม และเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนตุลาคม อายุข้าวเฉลี่ย 120 วัน ต้องเติมน้ำเข้าแปลงนาเฉลี่ย 3 – 5 ครั้ง ในช่วงแรกจะมีการให้น้ำถี่ เฉลี่ยสัปดาห์ละครั้ง เนื่องจากเป็นช่วงที่กำลังเจริญเติบโต ปริมาณการเติมน้ำเข้าแปลงนาแตกต่างกันตามปริมาณน้ำต้นทุนเดิมที่มีอยู่ในแปลงนา ระดับน้ำสูงเฉลี่ย 21.18 เซนติเมตร

ตารางที่ 3.2 การใช้ปัจจัยการผลิต

รายการ	ร้อยละการใช้ปัจจัยการผลิต	ปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต	หน่วย
1. เมล็ดพันธุ์		28.44	กิโลกรัมต่อไร่
2. ปุ๋ยอินทรีย์			
- ใช้	7.84	7.77	กิโลกรัมต่อไร่
- ไม่ใช้	92.16		
3. ปุ๋ยชีวภาพ			
- ใช้	17.65	1.89	กิโลกรัมต่อไร่
- ไม่ใช้	82.35		
4. ปุ๋ยเคมี			
- ใช้	100.00	52.69	กิโลกรัมต่อไร่
- ไม่ใช้	0.00		
5. สารเคมีกำจัดวัชพืช			
- ใช้	96.08	1.20	ลิตรต่อไร่
- ไม่ใช้	3.92		
6. สารเคมีกำจัดศัตรูพืช			
- ใช้	80.39	2.34	ลิตรต่อไร่
- ไม่ใช้	19.61		
7. สารเคมีอื่น ๆ			
- ใช้	100.00	0.15	ลิตรต่อไร่
- ไม่ใช้	0.00		

ตารางที่ 3.2 การใช้ปัจจัยการผลิต (ต่อ)

รายการ	ร้อยละการใช้ปัจจัยการผลิต	ปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิต	หน่วย
- ใช้	100.00	6.46	ลิตรต่อไร่
- ไม่ใช้	0.00		
9. ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย		779.39	กิโลกรัมต่อไร่
10. ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตข้าว		1,248.63	ลูกบาศก์เมตรต่อไร่

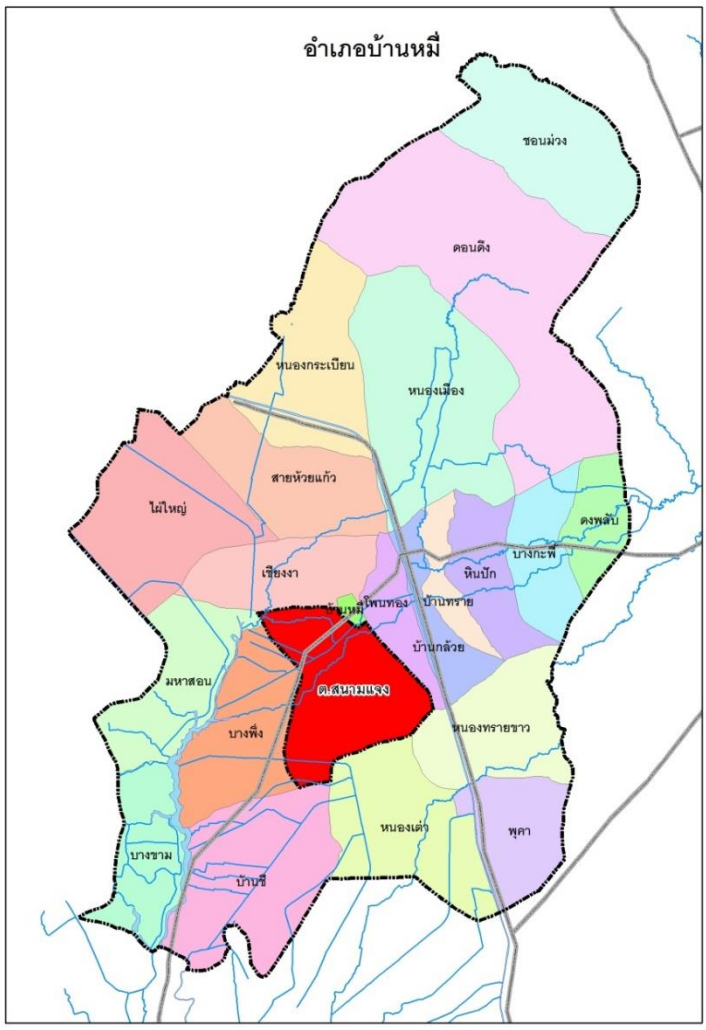
ที่มา : จากการสำรวจ

3.2 ข้อมูลทั่วไปโครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ตั้งอยู่ที่ตำบลสนามแจง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี เป็นพื้นที่นาแปลงใหญ่ อยู่ในเขตชลประทาน มีพื้นที่ปลูกข้าวที่เข้าร่วมโครงการทั้งหมด 3,060 ไร่ ผู้จัดการแปลงใหญ่คือ นายประทีป อยู่สุข เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่เข้าร่วมโครงการ 116 ราย ประธานกลุ่มคือนายอนิวรรตน์ ไพรคำ

ตำบลสนามแจง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี มีเนื้อที่ 16,222 ไร่ แบ่งการปกครองเป็น 9 หมู่บ้าน พื้นที่ส่วนใหญ่จะทำการเกษตร เป็นพื้นที่นา และภูเขา ทิศเหนือ ติดกับ ตำบลเชียงงา อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ทิศใต้ ติดกับ ตำบลหนองทรายขาว อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ทิศตะวันออก ติดกับ ตำบลบ้านกล้วย อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ทิศตะวันตก ติดกับ ตำบลบางพึ่ง , ตำบลบ้านชี อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

การทำนาในจังหวัดลพบุรีจะทำนาในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ส่วนใหญ่กระจายอยู่ในอำเภอบ้านหมี่ โคกสำโรง และท่าวุ้ง



ภาพที่ 3.1 พื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ตำบลสนามแจง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี
ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2559)

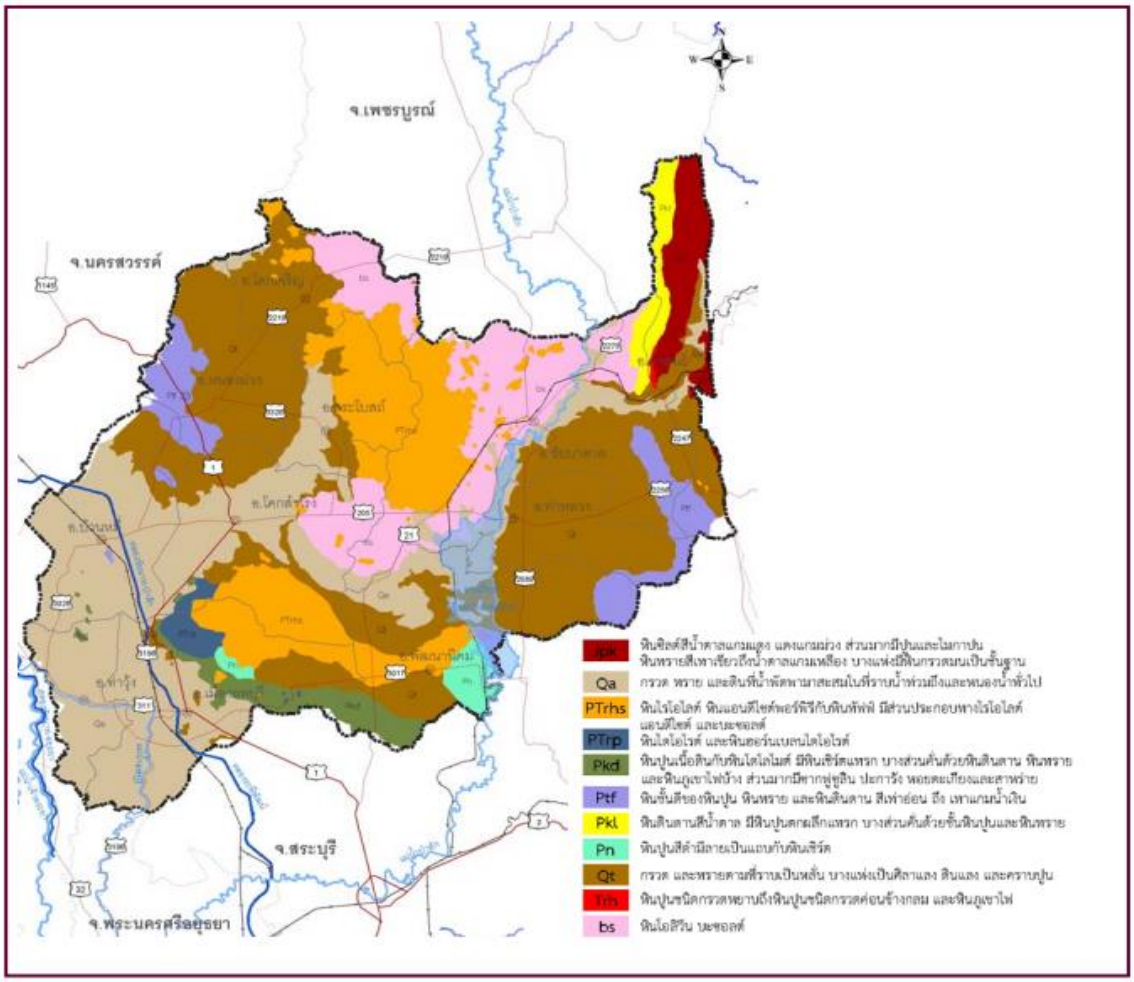
ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอบ้านหมี่ เป็นพื้นที่ราบลุ่ม ด้าน ตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอบ้านหมี่ มีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบสลับเนินเขาและภูเขา พื้นที่ส่วนใหญ่จะอยู่ ในเขตพื้นที่โครงการชลประทานเจ้าพระยา มีแม่น้ำลพบุรี และคลองชัยนาท-ป่าสัก เป็นแหล่งน้ำที่สำคัญของพื้นที่

ลักษณะธรณีวิทยา

สภาพทางธรณีวิทยา บริเวณภาคกลางรวมถึงพื้นที่จังหวัดลพบุรี โดยส่วนใหญ่ พื้นที่บริเวณนี้จะเป็นพื้นที่ที่เป็นภูเขาและที่ราบ ชั้นหิน ที่สำคัญที่พบ ได้แก่ หินตะกอนในยุคเพอร์เมียน ประกอบด้วยหินปูน หินดินดาน หินทรายและหินตะกอน ในยุคควอเทอร์นารีประกอบด้วยหินดินดาน หินทราย และ หินกรวด บริเวณริมแม่น้ำลพบุรีและแม่น้ำป่าสัก โดยเฉพาะบริเวณอำเภอเมืองลพบุรี อำเภอท่าวุ้ง อำเภอ บ้านหมี่ อำเภอหนองม่วง อำเภอท่าหลวง อำเภอพัฒนานิคม และอำเภอชัยบาดาลบางส่วน จะถูกปกคลุมด้วยตะกอน

ดิน ในยุคควอเทอร์นารี ที่ประกอบด้วย ดินเหนียว ทรายกรวด ที่เกิดจากการผุพังของหินที่อยู่ตอนเหนือน้ำ ลักษณะ ธรณีวิทยาบริเวณจังหวัดลพบุรี



ภาพที่ 3.2 สภาพธรณีวิทยาจังหวัดลพบุรี

ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี (2558)

แหล่งน้ำ

แหล่งน้ำสำคัญของอำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ดังนี้

(1) แม่น้ำบางขาม เป็นแม่น้ำที่มีต้นกำเนิดในอำเภอ บ้านหมี่ แล้วไหลมารวมกับแม่น้ำลพบุรี ในเขตอำเภอ ท่าวุ้ง มีความยาว ประมาณ 20 กิโลเมตร

(2) คลองชลประทานชัยนาท – ป่าสัก เป็นคลองที่รับน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาผ่านประตูระบายน้ำมโนรมย์ ที่อำเภอมโนรมย์ จังหวัดชัยนาท แล้วส่งน้ำให้แก่โครงการตอนบน ได้แก่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษามโนรมย์ ช่องแค โคกกระเทียม และโครงการส่งและบำรุงเริงราง รวมพื้นที่ประมาณ 774,000 ไร่ โดยให้บริการน้ำในเขต อำเภอเมืองลพบุรี อำเภอบ้านหมี่ และอำเภอท่าวุ้ง และยังส่งน้ำส่วนหนึ่งผ่านประตูระบายน้ำเริงรางลงสู่ แม่น้ำป่าสักบริเวณเขื่อนหน้าพระรามหก อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เพื่อช่วยเหลือพื้นที่โครงการตอนล่าง เป็นคลองส่งน้ำสำหรับการเกษตรกรรม และเป็นแหล่งน้ำสำหรับการอุปโภคและบริโภค โดยมีแนวคลอง พาดผ่านจากด้านตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัดลพบุรี ในแนวเหนือ-ใต้ ผ่าน

อำเภอบ้านหมี่และอำเภอเมืองลพบุรี มีความยาวประมาณ 132 กิโลเมตร สามารถส่งน้ำได้ปริมาณ สูงสุด 210 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดลพบุรีตั้งอยู่ในเขตอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชั่นและพายุไต้ฝุ่น โดยเฉพาะในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน โดยปกติในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมของทุกปีนั้นจะมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดียจะพัดพาความชื้นเข้าสู่แผ่นดิน ส่งผลให้เกิดฝนตกในบริเวณจังหวัดลพบุรี โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีฝนตกมากที่สุด ส่วนระยะเวลาที่เหลือเป็นช่วงของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นลมหนาวและแห้งจากประเทศจีนที่จะแผ่มาปกคลุม นอกจากนี้ยังมีพายุไซโคลนจากทะเลจีนใต้ ที่จะทำให้เกิดฝนตกหนักในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายนเช่นกัน

ปริมาณน้ำฝนในจังหวัดลพบุรีพ.ศ.2544 - 2558 อยู่ในช่วง 877 มิลลิเมตร ถึง 1,270.60 มิลลิเมตร โดยใน พ.ศ.2554 มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด 1,270.60 มิลลิเมตร มีจำนวนวันฝนตก 135 วัน ปีพ.ศ. 2544 มีฝนตกน้อยที่สุด 877 มิลลิเมตร และมีจำนวนวันฝนตก 104 วัน และในปี 2558 มีปริมาณ น้ำฝน 1,185.10 มิลลิเมตร และมีจำนวนวันฝนตก 101 วัน

ตารางที่ 3.3 ปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่ฝนตกจังหวัดลพบุรี พ.ศ. 2544 – 2558

ปี	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)
2544	877.00	104
2545	1091.00	108
2546	1029.60	92
2547	971.20	77
2548	1191.20	88
2549	1226.90	107
2550	900.90	105
2551	1473.20	126
2552	1206.30	121
2553	1227.80	122
2554	1270.60	135
2555	1058.80	133
2556	1065.20	101
2557	900.70	101
2558	1185.10	101

ที่มา : สถานีอุตุนิยมวิทยาลพบุรี (2559)

ปริมาณน้ำฝน ในอำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี พ.ศ.2558 มีฝนตกวัดได้ 446.90 มิลลิเมตร โดยในเดือนตุลาคม มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด 161.00 มิลลิเมตร รองลงมาเดือนกันยายน มีฝนตก 139.30 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.4 ปริมาณน้ำฝนอำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี พ.ศ. 2558

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)
มกราคม	0.00
กุมภาพันธ์	0.00
มีนาคม	0.00
เมษายน	0.00
พฤษภาคม	0.00
มิถุนายน	16.50
กรกฎาคม	44.00
สิงหาคม	79.10
กันยายน	139.30
ตุลาคม	161.00
พฤศจิกายน	0.00
ธันวาคม	7.00
รวม	**446.90**

ที่มา : สถานีอุตุนิยมวิทยาลพบุรี (ข้อมูล ณ วันที่ 4 กรกฎาคม 2559)

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำบัญชีรายการการใช้น้ำของข้าว ศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวพันธุ์ กข ประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี โดยการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ กข โดยวิธีหว่านน้ำตม ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

4.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) สารขาเข้า-ออกของกระบวนการผลิตข้าว

จากการศึกษาสามารถสรุปบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกจากการปลูกข้าว พันธุ์ กข โดยวิธีหว่านน้ำตม ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกที่ได้มาจากผลรวมของปัจจัยการผลิตที่เกิดขึ้นในปีเพาะปลูก 2558/59 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 4.1)

บัญชีรายการแบ่งตามประเภทสารขาเข้า

1) วัตถุดิบ/สารเคมี ได้แก่

1.1) เมล็ดพันธุ์ จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์เฉลี่ย 28.44 กิโลกรัมต่อไร่

1.2) ปุ๋ยอินทรีย์ จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรใช้ปุ๋ยอินทรีย์เฉลี่ย 7.77 กิโลกรัมต่อไร่

1.3) ปุ๋ยชีวภาพ จากการศึกษาพบว่า เกษตรกรใช้ปุ๋ยชีวภาพเฉลี่ย 1.89 กิโลกรัมต่อไร่

1.4) ปุ๋ยเคมี จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 52.69 กิโลกรัมต่อไร่

1.5) สารเคมีกำจัดวัชพืช จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชเฉลี่ย 1.20 ลิตรต่อไร่

1.6) สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเฉลี่ย 2.34ลิตรต่อไร่

1.7) สารเคมีอื่นๆ เช่น ฮอร์โมน ยาฆ่าเชื้อรา น้ำยาจับใบ จากการศึกษาพบว่าเกษตรกรใช้สารเคมีอื่นๆ 0.15 ลิตรต่อไร่

2) พลังงาน ได้แก่

2.1) น้ำมันเชื้อเพลิง เกษตรกรใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 6.46 ลิตรต่อไร่

บัญชีรายการแบ่งตามประเภทสารขาออก

บัญชีรายการแบ่งตามประเภทสารขาออกจากการปลูกข้าว ได้แก่ ข้าวเปลือก โดยเกษตรกรมีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 779.39 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 4.1 บัญชีรายการสารขาเข้า-ออกของกระบวนการปลูกข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

ลำดับ	สารขาเข้า-สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
สารขาเข้า			
1	เมล็ดพันธุ์ข้าว	28.44	กก./ไร่
2	ปุ๋ยอินทรีย์	7.77	กก./ไร่
3	ปุ๋ยชีวภาพ	1.89	กก./ไร่
4	ปุ๋ยเคมี	52.69	กก./ไร่
5	สารเคมีกำจัดวัชพืช	1.20	ลิตร/ไร่
6	สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	2.34	ลิตร/ไร่
7	สารเคมีอื่นๆ	0.15	ลิตร/ไร่
8	น้ำมันเชื้อเพลิง	6.46	ลิตร/ไร่
9	น้ำ	1,075.09	ลบ./ไร่
สารขาออก			
1	ข้าวเปลือก	779.39	กก./ไร่

ที่มา: จากการสำรวจ

4.2 การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว พันธุ์ กข

การประเมินหาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว พันธุ์ กข มีขั้นตอนประเมินและคำนวณ ดังต่อไปนี้

4.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว อ้างอิงจากค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_C) ที่ได้จากการทดลองและวิเคราะห์ด้วยวิธี Penman Monteith ของสำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน (2554) ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวที่ใช้อ้างอิงในการศึกษา

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

ที่มา: กรมชลประทาน (2554)

4.2.2 การคายระเหยของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration: ET_0)

ในการศึกษาครั้งนี้อ้างอิงค่า ET_0 ที่ได้จากวิธี Penman Monteith รายเดือน มาใช้สำหรับการคำนวณ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยวิธี Penman Monteith รายเดือน ข้าวจังหวัดลพบุรี

เดือน	ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน)
มกราคม	3.76
กุมภาพันธ์	4.32
มีนาคม	4.78
เมษายน	5.09
พฤษภาคม	4.11
มิถุนายน	3.67
กรกฎาคม	3.59
สิงหาคม	3.56
กันยายน	3.27
ตุลาคม	3.65
พฤศจิกายน	3.86
ธันวาคม	3.82

ที่มา: กรมชลประทาน (2554)

4.2.3 การคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์คำนวณจากผลรวมของค่าการคายระเหยน้ำของข้าวตลอดช่วงระยะเวลาการปลูก ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาปีเพาะปลูก 2558/59 การคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี พบว่า ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี สำหรับการผลิตข้าว 1 ตัน เท่ากับ 1378.32 ลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นปริมาณน้ำฝน (Green Water Footprint) 493.90 ลูกบาศก์เมตร น้ำชลประทาน (Blue Water Footprint) 581.18 ลูกบาศก์เมตร หรืออธิบายได้ว่า การทำนาข้าว 1 ไร่ ต้องการใช้ปริมาณน้ำ 1,075.09 ลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นปริมาณน้ำฝน (Green Water Footprint) 633.20 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หรือ ร้อยละ 47 ของปริมาณน้ำที่ต้องการทั้งหมด น้ำชลประทาน (Blue Water Footprint) 745.12 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หรือ ร้อยละ 53 ของปริมาณน้ำที่ต้องการทั้งหมด การศึกษาครั้งนี้ใช้สมมติฐานว่าปริมาณน้ำชลประทานที่ให้มีค่าพอดีกับปริมาณความ

ต้องการใช้น้ำของข้าว จึงทำให้ไม่มีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสินค้าและบริการให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน (Gray Water Footprint) จึงมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังตารางที่ 4.4 ภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4. 2

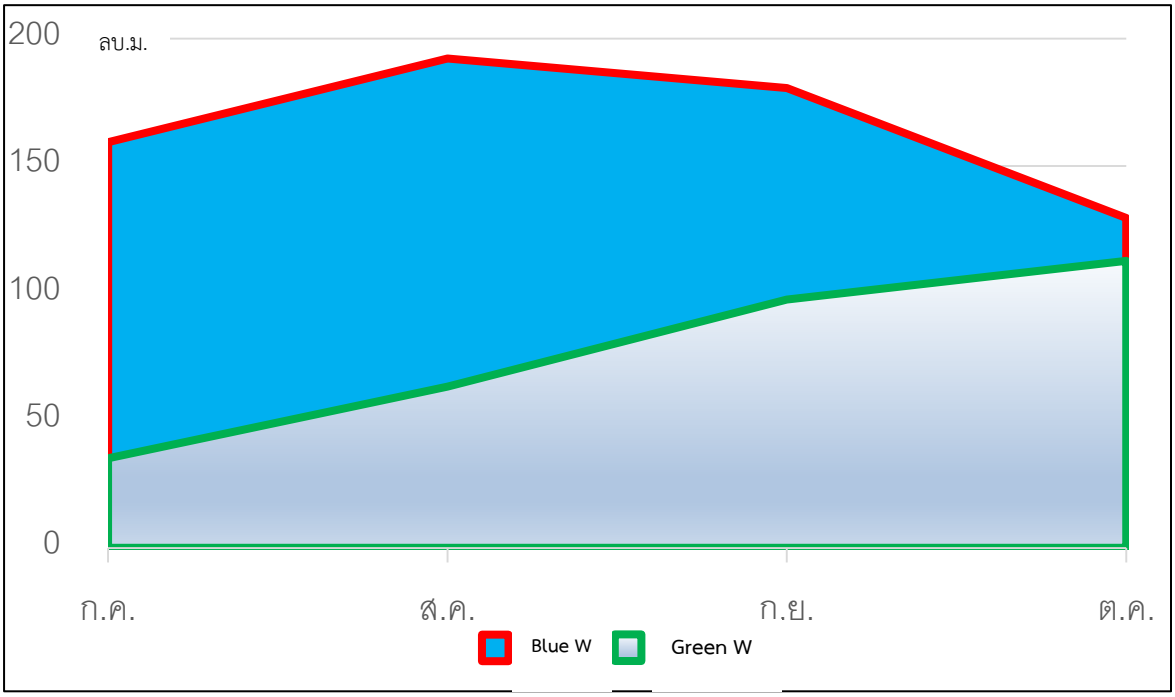
ตารางที่ 4.4 ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

ปฏิทินการปลูก	หน่วย	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	รวม
1. จำนวนวัน	วัน	31	31	30	31	
2.K_c ของข้าว	-	1.13	1.57	1.54	0.87	5.11
3.ET_0	มม./วัน	3.59	3.56	3.27	3.65	14.07
4. $ET_c = K_c \times ET_0$	มม./วัน	4.06	5.59	5.04	3.18	17.86
5. ค่าการซึมลึก (Deep Percolation)	มม./วัน	1	1	1	1	4
6. ความต้องการน้ำ (CWR)	**มม./เดือน**	**156.86**	**204.29**	**181.2**	**129.58**	**671.93**
7. ค่าเฉลี่ยฝนรายเดือน อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี พ.ศ.2558	มม.	44.00	79.10	139.30	161.00	423.40
8. ค่าฝนใช้การตามวิธีของ กรมชลประทาน	มม./เดือน	35.20	63.28	97.51	112.70	308.69
9. ปริมาณน้ำฝนที่ใช้ ในการปลูกข้าว	มม./เดือน	35.20	63.28	97.51	112.70	308.69
10. ความต้องการใช้น้ำ ชลประทาน (IR)	มม./เดือน	124.14	128.92	83.09	16.88	353.03
11. ปริมาณน้ำฝนที่ใช้ ในการปลูกข้าว	**ลบ.ม/ไร่**	**56.32**	**101.25**	**156.02**	**180.32**	**493.90**
12. ปริมาณน้ำชลประทาน ที่ต้องการ	**ลบ.ม/ไร่**	**194.66**	**225.62**	**133.90**	**27.01**	**581.18**
13. ปริมาณการใช้น้ำ	**ลบ.ม/ไร่**	**250.98**	**326.86**	**289.92**	**207.33**	**1,075.09**
14. ผลผลิตข้าวเปลือก	**ตัน/ไร่**					**0.78**
15. ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ต่อ ข้าวเปลือก	**ลบ.ม/ตัน**					**1378.32**
16. ปริมาณน้ำฝนที่ต้องการใช้ต่อ ข้าวเปลือก	**ลบ.ม/ตัน**					**633.20**
17. ปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการใช้ ต่อข้าวเปลือก	**ลบ.ม/ตัน**					**745.12**

ที่มา: จากการคำนวณ

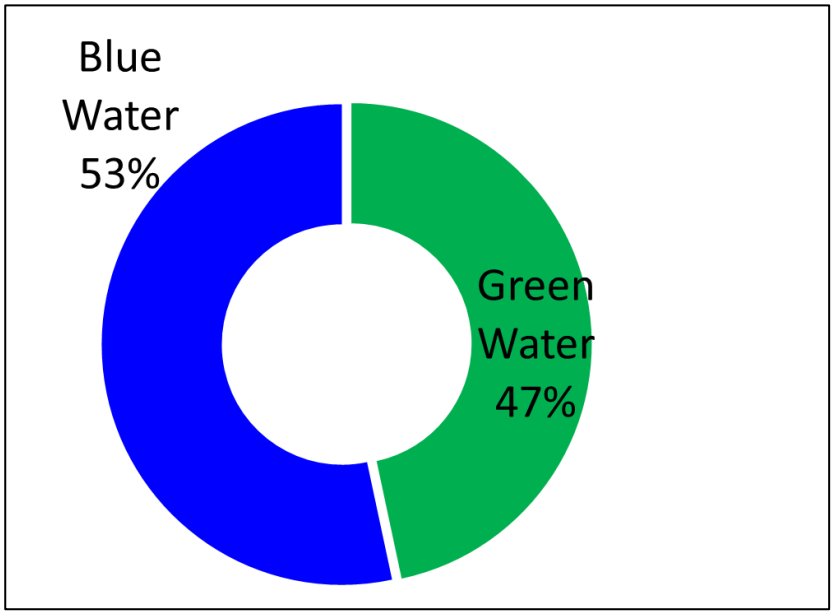
หมายเหตุ : มม. คือ มิลลิเมตร, ลบ.ม. คือ ลูกบาศก์เมตร

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า พื้นที่ใต้เส้น คือปริมาณการใช้น้ำของข้าว (Total Water Footprint) และพื้นที่ใต้เส้นสีเขียวคือปริมาณน้ำฝนใช้การ (Green Water Footprint) ซึ่งในพื้นที่ที่ศึกษา ปริมาณน้ำฝนใช้การไม่เพียงพอกับปริมาณการใช้น้ำของข้าว ต้องอาศัยน้ำจากชลประทาน (Blue Water Footprint) มาร่วมด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้านการเกษตร จึงมีความจำเป็นที่จะต้องลงทุนจัดหาแหล่งน้ำเพิ่มในพื้นที่เพื่อให้มีน้ำเพียงพอกับความต้องการใช้น้ำของข้าว หากเกษตรกรจะขยายพื้นที่ปลูกข้าว หรือเพิ่มรอบในการทำนา ควรพิจารณาถึงปริมาณน้ำฝนและน้ำชลประทานหรือแหล่งน้ำในพื้นที่นั้น ๆ ด้วย เพราะความต้องการน้ำชลประทานที่สูงทำให้ต้นทุนการเพาะปลูกสูงขึ้น และเกษตรกรต้องปรับตัวกับสถานการณ์น้ำที่เปลี่ยนไปเนื่องจากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย



ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณความต้องการใช้น้ำฝน และน้ำชลประทานของข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

ที่มา : จากการคำนวณ



ภาพที่ 4.2 แสดงสัดส่วนความต้องการใช้น้ำฝน และน้ำชลประทานของข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

ที่มา : จากการคำนวณ

4.2.4 ปริมาณการใช้น้ำและความตึงเครียดด้านน้ำ (Water Scarcity Footprint)

การพิจารณาถึงปริมาณการใช้น้ำและความตึงเครียดด้านน้ำในแต่ละพื้นที่ที่อาจแตกต่างกันออกไป สำหรับข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสามารถพิจารณาปริมาณการใช้น้ำและความตึงเครียดด้านน้ำรวมกันนั้นจะทำให้สามารถเปรียบเทียบโอกาสเกิดผลกระทบด้านการใช้น้ำได้อย่างชัดเจนมากขึ้น โดยหน่วยวัดที่ใช้เป็น m_3H_2Oeq หรือ ลูกบาศก์เมตรน้ำเทียบเท่า

พื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี อยู่ในเขตลุ่มน้ำป่าสัก มีค่าดัชนีความเครียดของน้ำ (WSI) เท่ากับ 0.050 ค่าฟุตพริ้นการขาดแคลนน้ำต่อตันข้าวเปลือก เท่ากับ 37.26 ลูกบาศก์เมตรน้ำเทียบเท่าต่อตันข้าวเปลือก (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ปริมาณการใช้น้ำและความตึงเครียดด้านน้ำ

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ปริมาณความต้องการใช้น้ำของข้าว	1378.32	ลบ.ม.ต่อตัน
ปริมาณความต้องการใช้น้ำฝน	633.20	ลบ.ม.ต่อตัน
ปริมาณความต้องการใช้น้ำชลประทาน	745.12	ลบ.ม.ต่อตัน
ค่าดัชนีความเครียดของน้ำ (WSI)*	0.050	-
ค่าฟุตพริ้นการขาดแคลนน้ำต่อตันข้าวเปลือก	**37.26**	**ลบ.ม.น้ำเทียบเท่าต่อตันข้าวเปลือก**

ที่มา: จากการคำนวณ

* ลุ่มน้ำป่าสัก

4.2.5 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ที่ได้จากการสำรวจกับปริมาณการใช้น้ำจากการคำนวณ

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ที่ได้จากการสำรวจ เท่ากับ 1,248.63 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ปริมาณการใช้น้ำของข้าวที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 1,075.09 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ซึ่งปริมาณน้ำของข้าวที่ได้จากการสำรวจมากกว่าที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 173.54 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หากเกษตรกรลดปริมาณการใช้น้ำชลประทานลงก็ช่วยลดต้นทุนในการจัดหาน้ำให้แก่พืชได้ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 การ**เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ที่ได้จากการสำรวจและปริมาณการใช้น้ำจากการคำนวณ**

รายการ	**จากการสำรวจ** (ลบ.ม.ต่อไร่)	**จากการคำนวณ** (ลบ.ม.ต่อไร่)
ปริมาณการใช้น้ำของข้าว กข	1,248.63	1,075.09

ที่มา: จากการคำนวณ

4.3 การประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าว ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี

ประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าว ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.3.1 ต้นทุนการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี พบว่า ต้นทุนการผลิตข้าวเฉลี่ย 4,104.34 บาทต่อไร่ แยกเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 2,799.17 บาทต่อไร่ ซึ่งเป็นค่าแรงงาน 1,454.16 บาทต่อไร่ ค่าวัสดุ 1,204.40 บาทต่อไร่ ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน 140.61 บาทต่อไร่ ส่วนต้นทุนคงที่เฉลี่ย 1,305.17 บาทต่อไร่

ผลตอบแทนจากการผลิตพบว่า ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 779.39 กิโลกรัม ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 5.27 บาท ราคาที่เกษตรกรขายได้ 7.75 บาทต่อกิโลกรัม ผลตอบแทนต่อไร่ 6,040.27บาท ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ 1,935.93 บาท หรือผลตอบแทนต่อกิโลกรัม 2.48 บาท (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 ต้นทุนการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

หน่วย:บาทต่อไร่

รายการ	เงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม
1. ต้นทุนผันแปร	**2,392.87**	**406.30**	**2,799.17**
1.1 ค่าแรงงาน	**1,188.73**	**265.43**	**1,454.16**
ค่าเตรียมดิน	355.75	107.68	**463.42**
ค่าปลูก	47.23	2.5	**49.73**
ค่าดูแลรักษา	319.55	155.25	**474.80**
ค่าเก็บเกี่ยว	466.20	0.00	**466.21**
1.2 ค่าวัสดุ	**1,204.14**	**0.26**	**1,204.40**
ค่าพันธุ์	3.93	0.26	**4.19**
ค่าปุ๋ย	656.02	-	**656.02**
ค่ายาปราบวัชพืชและศัตรูพืช	264.34	-	**264.34**
ค่าสารเคมีอื่นๆ	6.10	-	**6.10**
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	193.71	-	**193.71**
ค่าวัสดุการเกษตรและวัสดุสิ้นเปลือง	49.16	-	**49.16**
ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์การเกษตร	30.88	-	**30.88**
1.3 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	-	140.61	**140.61**
2. ต้นทุนคงที่	**615.91**	**689.26**	**1,305.17**
2.1 ค่าเช่าที่ดิน	615.91	448.02	**1,063.92**
2.2 ค่าเสื่อมอุปกรณ์การเกษตร	-	161.34	**161.35**
2.3 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนอุปกรณ์การเกษตร	-	79.90	**79.90**
3. ต้นทุนรวมต่อไร่	**3,008.78**	**1,095.56**	**4,104.34**
4. ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัม			**5.27**
5. ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)		**-**	**779.39**
6. ราคาที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา (บาท/กก.)			**7.75**
7. ผลตอบแทนต่อไร่			**6,040.27**
8. ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่			**1,935.93**
9. ผลตอบแทนสุทธิต่อกิโลกรัม			**2.48**

ที่มา: จากการคำนวณ

4.3.2 ต้นทุนการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี เมื่อรวมต้นทุนค่าน้ำ

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี พบว่า ต้นทุนการผลิตข้าวเมื่อรวมต้นทุนค่าน้ำเฉลี่ย 4,394.93 บาทต่อไร่ แยกเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 2,799.17 บาทต่อไร่ ต้นทุนคงที่เฉลี่ย 1,305.17 บาทต่อไร่ และต้นทุนค่าน้ำ น้ำชลประทานที่ใช้จำนวน 581.18 ลูกบาศก์เมตร โดยกรมชลประทานคิดค่าน้ำลูกบาศก์เมตรละ 0.50 บาท คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำ 290.59 บาท

ผลตอบแทนจากการผลิตพบว่า ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 779.39 กิโลกรัม ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 5.64 บาท ราคาที่เกษตรกรขายได้ 7.75 บาทต่อกิโลกรัม ผลตอบแทนต่อไร่ 6,040.27 บาท ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ 1,645.34 บาท หรือผลตอบแทนต่อกิโลกรัม 2.11 บาท (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 ต้นทุนการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

หน่วย:บาทต่อไร่

รายการ	เงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม
1. ต้นทุนผันแปร	2,392.87	406.30	2,799.17
1.1 ค่าแรงงาน	1,188.73	256.43	1,454.16
1.2 ค่าวัสดุ	1,204.14	0.26	1,204.40
1.3 ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน	-	140.61	140.61
2. ต้นทุนคงที่	615.91	689.26	1,305.17
3. ต้นทุนค่าน้ำ จำนวน 581.18 ลบ.ม. (ลบ.ม. ละ 0.50 บาท)*			290.59
4. ต้นทุนรวมต่อไร่	3,008.78	1,095.56	4,394.93
5. ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัม			5.64
6. ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)		-	779.39
7. ราคาที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา (บาท/กก.)			7.75
8. ผลตอบแทนต่อไร่			6,040.27
9. ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่			1,645.34
10. ผลตอบแทนสุทธิต่อกิโลกรัม			2.11

ที่มา: จากการคำนวณ

* อ้างอิงจากกรมชลประทาน

4.3.3 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี เมื่อรวมต้นทุนค่าน้ำ และไม่รวมต้นทุนค่าน้ำ

ผลการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี เมื่อรวมต้นทุนค่าน้ำ และไม่รวมต้นทุนค่าน้ำ พบว่า ต้นทุนรวมต่อไร่ เมื่อรวมค่าน้ำสูงกว่าไม่รวมต้นทุนค่า เท่ากับ 290.59 บาท หรือ 0.37 บาทต่อกิโลกรัม หรือกล่าวได้ว่าผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ เมื่อรวมค่าน้ำ น้อยกว่าไม่รวมต้นทุนค่าน้ำ เท่ากับ 290.59 บาท หรือ 0.37 บาทต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี เมื่อรวมต้นทุนค่าน้ำ และไม่รวมต้นทุนค่าน้ำ

หน่วย:บาทต่อไร่

รายการ	ต้นทุนการผลิตข้าว	
	รวมต้นทุนค่าน้ำ	ไม่รวมต้นทุนค่าน้ำ
1. ต้นทุนรวมต่อไร่	4,394.93	4,104.34
2. ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัม	5.64	5.27
3. ผลผลิตต่อไร่ (กก./ไร่)	779.39	779.39
4. ราคาที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา (บาท/กก.)	7.75	7.75
5. ผลตอบแทนต่อไร่	6,040.27	6,040.27
6. ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่	1,645.34	1,935.93
7. ผลตอบแทนสุทธิต่อกิโลกรัม	2.11	2.48

ที่มา : จากการคำนวณ

4.3.4 มูลค่าทางเศรษฐกิจของการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ต่อปริมาณการใช้น้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร

จากการศึกษา พบว่า การผลิตข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ผลผลิตเฉลี่ย 779.39 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรได้ผลตอบแทนสุทธิ เท่ากับ 1,645.34 บาทต่อไร่ ซึ่งการปลูกข้าว 1 ไร่ ต้องการใช้น้ำ 1,075.09 ลูกบาศก์เมตร แสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถสร้างรายได้จากการปลูกข้าว 1.53 บาท ภายใต้สมมติฐานว่าปัจจัยอื่น ๆ คงที่ (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 มูลค่าทางเศรษฐกิจของการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ต่อปริมาณน้ำการใช้น้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร

ชนิดพืช	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	ราคาต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)	ผลตอบแทนสุทธิ (บาทต่อไร่)	ความต้องการใช้น้ำของพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)	WF Income (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)
ข้าวพันธุ์ กข	779.39	7.75	1,645.34	1,075.09	1.53

ที่มา: จากการคำนวณ

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรีในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำบัญชีรายการการใช้น้ำ ศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี และประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าว ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี โดยรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกข้าวพันธุ์ กข โดยวิธีหว่านน้ำตม ที่เป็นสมาชิกในพื้นที่โครงการส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ตำบลสนามแจง อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี จำนวน 51 ราย ทำการศึกษาข้าวปีเพาะปลูก 2558/59

ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) สารขาเข้า-ออกของกระบวนการผลิตข้าว

จากการศึกษาสามารถสรุปบัญชีรายการสารขาเข้าและสารขาออกจากการปลูกข้าว พันธุ์ กข โดยวิธีหว่านน้ำตม ปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกที่ได้มาจากผลรวมของปัจจัยการผลิตที่เกิดขึ้นในปีเพาะปลูก 2558/59 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

บัญชีรายการแบ่งตามประเภทสารขาเข้า ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดวัชพืช สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สารเคมีอื่นๆ เช่น ฮอร์โมน ยาฆ่าเชื้อรา น้ำยาจับใบ น้ำมันเชื้อเพลิง

บัญชีรายการแบ่งตามประเภทสารขาออก ได้แก่ ข้าวเปลือก

5.1.2 การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าว พันธุ์ กข

1) การคำนวณหาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี คำนวณจากผลรวมของค่าการคายระเหยน้ำของข้าวตลอดช่วงระยะเวลาการปลูก ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาปีเพาะปลูก 2558/59 พบว่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี สำหรับการผลิตข้าวเปลือก 1 ตัน เท่ากับ 1378.32 ลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นปริมาณน้ำฝน (Green Water Footprint) 633.20 ลูกบาศก์เมตร น้ำชลประทาน (Blue Water

Footprint) 745.12ลูกบาศก์เมตร หรืออธิบายได้ว่า การทำนาข้าว 1 ไร่ ต้องการใช้ปริมาณน้ำ 1,075.09 ลูกบาศก์เมตร แบ่งเป็นปริมาณน้ำฝน (Green Water Footprint) 493.90 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ หรือ ร้อยละ 47 ของปริมาณน้ำที่ต้องการทั้งหมด น้ำชลประทาน (Blue Water Footprint) ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ 581.18 ไร่ หรือ ร้อยละ 53 ของปริมาณน้ำที่ต้องการทั้งหมด

2) ปริมาณการใช้น้ำและความตึงเครียดด้านน้ำ (Water Scarcity Footprint)

พื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี อยู่ในเขตลุ่มน้ำป่าสัก มีค่าดัชนีความเครียดของน้ำ (WSI) เท่ากับ 0.050 ค่าฟุตพริ้นการขาดแคลนน้ำต่อตันข้าวเปลือก เท่ากับ 37.26 ลูกบาศก์เมตรน้ำเทียบเท่าต่อตันข้าวเปลือก

3) เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ที่ได้จากการสำรวจกับปริมาณการใช้น้ำจากการคำนวณ

ปริมาณการใช้น้ำของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ที่ได้จากการสำรวจ เท่ากับ 1,248.63 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ปริมาณการใช้น้ำของข้าวที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 1,075.09 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ซึ่งปริมาณน้ำของข้าวที่ได้จากการสำรวจมากกว่าที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 173.54 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่

5.1.3 ประเมินมูลค่าน้ำทางเศรษฐกิจและเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการผลิตข้าว ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ จังหวัดลพบุรี

1) ต้นทุนการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี พบว่า ต้นทุนการผลิตข้าวเฉลี่ย 4,104.34 บาทต่อไร่ แยกเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 2,799.17 บาทต่อไร่ ซึ่งเป็นค่าแรงงาน 1,454.16 บาทต่อไร่ ค่าวัสดุ 1,204.40 บาทต่อไร่ ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน 140.61 บาทต่อไร่ ส่วนต้นทุนคงที่เฉลี่ย 1,305.17 บาทต่อไร่

ผลตอบแทนจากการผลิตพบว่า ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 779.39 กิโลกรัม ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 5.27 บาท ราคาที่เกษตรกรขายได้ 7.75 บาทต่อกิโลกรัม ผลตอบแทนต่อไร่ 6,040.27บาท ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ 1,935.93 บาท หรือผลตอบแทนกิโลกรัม 2.48 บาท

2) ต้นทุนการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี เมื่อรวมต้นทุนค่าน้ำ

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนของข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี พบว่า ต้นทุนการผลิตข้าวเมื่อรวมต้นทุนค่าน้ำเฉลี่ย 4,394.93 บาท

ต่อไร่ แยกเป็นต้นทุนผันแปรเฉลี่ย 2,799.17 บาทต่อไร่ ต้นทุนคงที่เฉลี่ย 1,305.17 บาทต่อไร่ และต้นทุนค่าน้ำ น้ำชลประทานที่ใช้จำนวน 581.18 ลูกบาศก์เมตร โดยกรมชลประทานคิดค่าน้ำลูกบาศก์เมตรละ 0.50 บาท คิดเป็นต้นทุนค่าน้ำ 290.59 บาท

ผลตอบแทนจากการผลิตพบว่า ผลผลิตต่อไร่เฉลี่ย 779.39 กิโลกรัม ต้นทุนรวมต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 5.64 บาท ราคาที่เกษตรกรขายได้ 7.75 บาทต่อกิโลกรัม ผลตอบแทนต่อไร่ 6,040.27 บาท ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ 1,645.34 บาท หรือผลตอบแทนกิโลกรัม 2.11 บาท

3) เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี เมื่อรวมต้นทุนค่าน้ำ และไม่รวมต้นทุนค่าน้ำ

ผลการเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี เมื่อรวมต้นทุนค่าน้ำ และไม่รวมต้นทุนค่าน้ำ พบว่า ต้นทุนรวมต่อไร่ เมื่อรวมค่าน้ำสูงกว่าไม่รวมต้นทุนค่าน้ำ เท่ากับ 290.59 บาท หรือ 0.37 บาทต่อกิโลกรัม หรือกล่าวได้ว่าผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ เมื่อรวมค่าน้ำ น้อยกว่าไม่รวมต้นทุนค่าน้ำ เท่ากับ 290.59 บาท หรือ 0.37 บาทต่อกิโลกรัม

4) มูลค่าทางเศรษฐกิจของการผลิตข้าวในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ต่อปริมาณการใช้น้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร

การผลิตข้าวพันธุ์ กข ในพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี ผลผลิตเฉลี่ย 779.39 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรได้ผลตอบแทนสุทธิ เท่ากับ 1,645.34 บาทต่อไร่ ซึ่งการปลูกข้าว 1 ไร่ ต้องการใช้น้ำ 1,075.09 ลูกบาศก์เมตร แสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร สามารถสร้างรายได้จากการปลูกข้าว 1.53 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาที่ได้นำเสนอมาเป็นลำดับได้ชี้ให้เห็นว่า ทรัพยากรน้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เพื่อการใช้ทรัพยากรน้ำให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภาครัฐ และเกษตรกรควรดำเนินการดังนี้

ภาครัฐ

1. ในการกำหนดมาตรการด้านการเกษตร นอกจากการสนับสนุนความรู้ และปัจจัยการผลิตแล้ว ควรพิจารณาจัดหาแหล่งน้ำให้เกษตรควบคู่กันด้วย

2. เกษตรกรพื้นที่ส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ยังไม่เข้าใจเรื่องวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ส่วนใหญ่เกษตรกรจะพิจารณาเฉพาะเรื่องราคาของสินค้า การได้รับผลประโยชน์ หรือการลดต้นทุน ดังนั้น ควรศึกษา

และประชาสัมพันธ์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจและสนับสนุนการตัดสินใจเลือกปลูกข้าวครั้งต่อไป และวิธีการแก้ไขเมื่อปลูกข้าวในพื้นที่ที่มีน้ำไม่เพียงพอ

เกษตรกร

1. ควรนำเทคโนโลยี หรือแนวคิดใหม่ๆ มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ เช่น การปลูกแบบเปียกสลับแห้งมา เป็นต้น และเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป เช่น พันธุ์ทนแล้ง เป็นต้น

2. เกษตรกรที่จะทำการเพาะปลูกครั้งต่อไปควรคำนึงถึงความสามารถในการจัดหาแหล่งน้ำเพิ่มในพื้นที่ เพื่อให้มีน้ำเพียงพอกับความต้องการใช้น้ำของข้าว หากเกษตรกรจะขยายพื้นที่ปลูกข้าว หรือเพิ่มรอบในการทำนา

3. ควรพิจารณามูลค่าผลตอบแทนที่จะได้รับ และความคุ้มค่าในการลงทุนจัดหาแหล่งน้ำ

4. การเพาะปลูกข้าวควรพิจารณาถึงปริมาณน้ำฝนและน้ำชลประทานหรือแหล่งน้ำในพื้นที่ด้วย เพราะความต้องการน้ำชลประทานที่สูง จะส่งผลให้ต้นทุนการเพาะปลูกสูงขึ้นด้วย

บรรณานุกรม

กรมชลประทาน. (2554ก). ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ของพืช 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. *คู่มือปฏิบัติงานด้านจัดสรรน้ำ*. เล่มที่ 6. หน้าที่ 6-5.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2559. ***ปริมาณน้ำฝนรายวัน.*** สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา.

ชินาธิปกรณ์ พงศ์ภิญโญภาพและธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. 2554. ***วอเตอร์ฟุตพริ้นของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย (ออนไลน์)***. เข้าถึงได้จาก: file:///C:/Users/jutharat.OAE /Downloads/4.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558)

ทิพย์ปภา สุขุมาลชาติ**.** 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)

ธีระวัฒน์ ธรรมนิยม. 2555. ***วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกะเทียม.*** กรุงเทพมหานคร : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ และคณะ. 2559. ***การจัดทำฐานข้อมูล Water Footprint ภาคเกษตร***. เอกสารการอบรมโครงการจัดทำฐานข้อมูล Water Footprint ภาคเกษตร ครั้งที่ 1 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

พัชยา โตบารมีกุล. 2557. ***ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำตาลทรายธรรมชาติและน้ำตาลทรายดิบคุณภาพสูง.*** กรุงเทพมหานคร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

รมณี วังเมือง และปุณณมี สัจจกมล. 2554. ***ร่องรอยการใช้น้ำในอุตสาหกรรมแป้งข้าว (ออนไลน์)*** เข้าถึงได้จาก: http://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egie/images/IE-Network-rchives/2011/PDF/5.EM/EM10.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล: 10 ตุลาคม 2558)

รัตติกาล คงบุญ และ เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล.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)

บรรณานุกรม

รัตนาวรรณ มั่งคั่ง และคณะ. 2551. ***ศึกษาการประยุกต์การประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมแบบมีส่วนร่วมภายในห่วงโซ่การผลิตกุ้งขาวแวนนาไมแช่แข็งแบบเป็นตัว (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 และคณะ. 2555. ***ศึกษาร่องรอยการใช้น้ำในการผลิตน้ำมันปาล์มในกระบวนการผลิต ไบโอดีเซลในเขตพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้(ออนไลน์).*** เข้าถึงได้จาก: http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2556/enen40356lj_tpg.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558)

วราพร พันธุ์จันทร์ดี และปุณณมี สัจจกมล.. 2556. ***ศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA) ของผลิตภัณฑ์มะม่วง และมังคุด (ออนไลน์).*** เข้าถึงได้จาก: http://fic.nfi.or.th/waterfootprint/index.php/component/content/article/14-sample-data-articles/86-thaifood-footprint. (วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558)

วราวุธ วุฒิวณิชย์. (2539). ***การคำนวณ ET_o ของประเทศไทยโดยวิธี Penman -*** *Monteith* .วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ฉบับที่ 29 ปีที่ 10. สิงหาคม - พฤศจิกายน 2539. น.91-105

สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2557. ***การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานทางวิศวกรรมนวัตกรรมและการจัดการอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน (ออนไลน์)***. เข้าถึงได้จาก: http://sime.eng.rmutp.ac.th/wp-content/uploads/2014/07/เล่มบทความวิจัย-2012.pdf. (วันที่สืบค้นข้อมูล: 20 ตุลาคม 2558)

สานิตย์ดา เตียวต๋อยและคณะ. 2555. ***วอเตอร์ฟุตพรินต์ของอ้อยและมันสำปะหลังสำหรับการผลิตเอทานอลในภาคตะวันออกประเทศไทย (ออนไลน์)***. เข้าถึงได้จาก: http://www.research.rmutt.ac.th/?p=8910 (วันที่สืบค้นข้อมูล: 10 ตุลาคม 2558)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ***การจัดทำข้อมูลต้นทุนการผลิตพืช***. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. เมษายน.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557ก). ***การศึกษาภาวะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกปาล์มน้ำมันของประเทศไทย***. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. ***รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำฐานข้อมูลฟุตพริ้นท์น้ำผลิตภัณฑ์เกษตร***. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร.

สำนักบริหารโครงการ. 2554. ***ปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช***. กรมชลประทาน.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ. 2554. ***ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธีของ Penman Monteith (ฉบับปรับปรุง)***. กรมชลประทาน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

บรรณานุกรม (ต่อ)

เอกชัย อภิศักดิ์กุล และทรรศนะ บุญขวัญ. *2551* ***เอกสารประกอบการสอน “การจัดการกลยุทธ์” (Strategic Management) แปลจาก Michael A.Hitt, R.Duane Ireland and Robert E.Hoskisson*** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ ฯ : บริษัท เจเอสที พับลิชชิ่ง จำกัด.

Allen, R.F., Pereira L.S., Raca, D.,Smith. (1998). *FAO Irrigation and Drainage Paper*. No. 56. Crop. Evapotranspiration. (guidelines for computing crop water requirements).

Arjen Y. Hoekstra. 2008. ***The water footprint of food*** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://waterfootprint.org/media/downloads/Hoekstra-2008-WaterfootprintFood.pdf (วันที่สืบค้นข้อมูล: 12 ตุลาคม 2558)

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 Nostrang Reihold.

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.

บรรณานุกรม (ต่อ)

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.