

ร่องรอยการใช้น้ำของมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา

Water Footprint of Cassava in Nakhon Ratchasima Province

รุ่งทิวา เวทยะเวทิน¹, ชีวินทร์ ลีมีศิริ²

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

Rungthiwa Vetayavethin¹, Cheevin Limsiri²

Faculty of Engineering, Vongchavalitkul University

E-mail: rungthiwa_vet@vu.ac.th¹

E-mail: cheemvil_lim@vu.ac.th²

Received: June 27, 2019; Revised: November 13, 2019; Accepted: November 18, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินหาร่องรอยการใช้น้ำของมันสำปะหลังที่ปลูกในลุ่มน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา สำหรับใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำในการประเมินหาค่าร่องรอยการใช้น้ำอาศัยข้อมูลปฐมภูมิ คือข้อมูลที่เก็บโดยการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเกษตรกร ในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง จำนวน 40 ราย และข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวกับการเพาะปลูก และผลผลิตของมันสำปะหลังของสำนักงานเกษตร จังหวัดนครราชสีมา ผลการศึกษา พบว่าร่องรอยการใช้น้ำรวมของการปลูกมันสำปะหลังในลุ่มน้ำลำตะคอง มีค่าเท่ากับ 465.87 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน โดยประกอบด้วยร่องรอยการใช้น้ำสีเขียว ร่องรอยการใช้น้ำสีฟ้า และร่องรอยการใช้น้ำสีเทา เท่ากับ 194.01 187.33 และ 84.53 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ตามลำดับ และมีผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ย 3.39 ตันต่อไร่ ผลจากการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการบริหารจัดการเพื่อกำหนดพื้นที่และช่วงระยะเวลาในการเพาะปลูกมันสำปะหลังให้เหมาะสมกับศักยภาพแหล่งน้ำต้นทุน

คำสำคัญ: ร่องรอยการใช้น้ำ มันสำปะหลัง

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the Water Footprint of Cassava cultivation in the Lam Ta Khong basin, Nakhon Ratchasima Province for water demand management. Evaluation of Water Footprint used primary data and secondary data. The primary data was the filed collected from interviewing the 40 farmers in the Lam Ta Khong basin. Secondary

data related to the cultivation and Cassava production refer to Nakhon Ratchasima Provincial Agriculture Office. The results showed that the total of Water Footprint Cassava, planting the Lam Ta Khong basin was 465.87 m³/ton. The latter consisted of the Green Water Footprint, Blue Water Footprint, and Gray Water Footprint as followed 194.01, 187.33, and 84.53 m³/ton, respectively. The results of this study can be used as information in the management to determine the area and time of planting Cassava to suit the potential of water resources.

KEYWORDS: Water Footprint, Cassava

บทนำ

ปัญหาเรื่องทรัพยากรน้ำเป็นปัญหาที่ได้รับ ความสำคัญเป็นลำดับแรกในระดับสากล ทรัพยากร น้ำนอกจากจะเป็นปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตยังเป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาประเทศโดยเชื่อมโยงกับความมั่นคงด้านอาหาร พลังงาน และสิ่งแวดล้อม ผ่านภาคการผลิตทางการเกษตร อุตสาหกรรม การบริการ และรักษาระบบนิเวศน์ (สุจริต คุณธนกุลวงศ์, เปี่ยม จันทร์ ดวงมณี, และ ปิยธิดา ห้อยสังวาล, 2556) จากรายงานขององค์การสหประชาชาติระบุว่าภายในปี พ.ศ. 2568 ประชากรกว่า 7 พันล้านคนจากจำนวน 60 ประเทศ จะประสบภาวะการขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรง ปัจจัยหนึ่งที่เป็นตัวเร่งให้เกิดภาวะขาดแคลนน้ำ คือการขยายตัวในภาคการผลิตเกษตรและปศุสัตว์ที่มีอัตราการใช้น้ำที่สูงร้อยละ 70.00 ของปริมาณการ ใช้น้ำรวมของโลก (โพสซิชั่นนิง, 2548) สำหรับ ประเทศไทย พบว่ามีการใช้น้ำเพื่อภาคการเกษตร ประมาณ 46,654 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 91.00 ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด ซึ่งค่าเฉลี่ยการ ใช้น้ำเพื่อการเกษตรของไทยสูงกว่าค่าเฉลี่ยในระดับ โลก ระดับเอเชียและระดับอาเซียน (สุจริต คุณธนกุล วงศ์ และคณะ, 2556) เนื่องจากประชากรในประเทศ ส่วนใหญ่เกือบร้อยละ 49.00 ทำการเกษตร ทุกช่วง ฤดูร้อนของปี เกษตรกรจะพบกับสภาวะการขาด

แคลนน้ำที่รุนแรงมาก โดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (โพสซิชั่นนิง, 2548) ซึ่งจัดเป็นครัวของ ประเทศ เป็นแหล่งผลิตพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ไม่ว่าจะเป็น ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ยางพารา เป็นต้น ซึ่งพืชเหล่านี้มีปริมาณการผลิต เป็นจำนวนมากในภูมิภาคนี้ ประเทศไทยมีการ ส่งออกสินค้าทางการเกษตรเป็นลำดับต้นของโลก โดยเฉพาะการส่งออกมันสำปะหลังพืชอาหารที่ให้ แป้ง (Carbohydrate Crops) ที่มีความต้องการ บริโภคมากเป็นอันดับ 5 ของโลก คิดเป็นร้อยละ 9.00 ของการบริโภคพืชอาหารที่ให้แป้งทั่วโลก ในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมามันสำปะหลังมีราคาสูงกว่าพืช อาหารที่ให้แป้งชนิดอื่นทำให้มีความต้องการบริโภค มันสำปะหลังเพิ่มขึ้น สำหรับประเทศไทยมีการขยาย พื้นที่การปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2559 มีพื้นที่ปลูกประมาณ 9 ล้านไร่ มีผลผลิต ประมาณ 31 ล้านตันต่อปี โดยแหล่งผลิตมันสำปะหลัง ที่สำคัญอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา มีจำนวน 1.51 ล้านไร่ (สุวลักษณ์ อะมะวัลย์, 2561)

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์ มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก รองลงมา ได้แก่ เวียดนาม ส่วนผู้ผลิตมันสำปะหลังรายใหญ่อื่นๆ ใน แอฟริกา เน้นผลิตเพื่อใช้บริโภคเป็นอาหาร ภายในประเทศเป็นหลัก แป้งมันสำปะหลังดิบจาก

ประเทศไทยมีส่วนแบ่งในตลาดการส่งออกของโลกมากถึง ร้อยละ 77.00 โดยมีเงินเป็นคู่ค่าหลักที่สำคัญมากถึง ร้อยละ 75.00 ของปริมาณการส่งออกมันสำปะหลังทั้งหมดของประเทศไทย (เชษฐชุตติ์, 2560) ขณะที่ความต้องการใช้น้ำมันสำปะหลังภายในประเทศมีทิศทางเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมทางด้านอาหาร ด้านเอทานอล และด้านอาหารสัตว์ โดยมีความต้องการใช้งานรวมประมาณ 1,952,756 ตันต่อปี (อุทัย คันโธ และคณะ, 2551) ปริมาณน้ำที่ถูกใช้ในภาคการเกษตรเพื่อผลิตอาหารซึ่งเดิมจะอาศัยน้ำฝนหรือน้ำจากแหล่งธรรมชาติ เมื่อความต้องการอาหารที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของเมืองและการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมส่งผลต่อการใช้น้ำจากแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติทำให้ต้องพัฒนาการใช้น้ำทางภาคเกษตรกรรมให้คุ้มค่าหรือเลือกปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยลง

ร่องรอยการใช้น้ำ (Water Footprint: WF) หรือรอยเท้าน้ำเป็นดัชนีชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อมในขบวนการผลิตผลผลิตทางภาคการเกษตรจนถึงผู้บริโภค เกิดขึ้นจากการตระหนักถึงความสำคัญของวิกฤตน้ำโดยศาสตราจารย์ Hoekstra และคณะ ชาวเนเธอร์แลนด์ ซึ่งใช้เป็นดัชนีชี้วัดการใช้ทรัพยากรน้ำที่มีประสิทธิภาพ (Hoekstra & Hung, 2002) ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการน้ำทางการเกษตร เพื่อประเมินความคุ้มค่าของการผลิตภาคการเกษตรเปรียบเทียบกับผลผลิตเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางนโยบายกำหนดพื้นที่การเพาะปลูกพืชที่ให้ผลคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลผลิตซึ่งเป็นรายได้ต่อหน่วยของน้ำโดยตรงสามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้น้ำกับรายได้ เช่น ถ้าเกษตรกรใช้น้ำ 1,000 ลูกบาศก์เมตร ปลูกฝ้ายจะมีรายได้ 296 เหรียญสหรัฐอเมริกา ถ้าใช้น้ำ

ปริมาณเดียวกันปลูกข้าวสาลีจะมีรายได้ 203 เหรียญสหรัฐอเมริกา การเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์เป็นทางเลือกที่ดีเพราะส่งผลให้ใช้น้ำในการผลิตน้อย การลดพื้นที่การปลูกของพืชที่ใช้น้ำมากทดแทนด้วยการเพิ่มพื้นที่ปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยแต่ได้ค่าตอบแทนสูง การเพิ่มประสิทธิภาพและรูปแบบการปลูกพืชโดยไม่ต้องลดรายได้ผลที่ตามมาคือความต้องการน้ำชลประทานสำหรับพืชก็จะลดลง (Chen, Zhang, Sun, Liu, Wang, & Savenije, 2005)

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นปัจจุบันลุ่มน้ำลำตะคองกำลังเผชิญกับความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำเนื่องจากมีการขยายตัวของพื้นที่เมืองร้อยละ 34.00 พื้นที่ทางอุตสาหกรรมร้อยละ 155.00 และการลดลงของพื้นที่เกษตรกรรมร้อยละ 3.88 (ณัฐพล ชัยวรรณภากร, นิพนธ์ ตั้งธรรม, และ เรืองโรจน์ โตกฤษณะ, 2560) การขยายตัวของชุมชนและพื้นที่ทางอุตสาหกรรมก่อให้เกิดความต้องการด้านอุตสาหกรรมอาหารที่เพิ่มขึ้น เมื่อความต้องการด้านอาหารเพิ่มขึ้น สิ่งก็ตามมาคือ ความต้องการน้ำสำหรับภาคการผลิตของการเกษตรเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่ทางการเกษตรจำกัดและที่ปริมาณน้ำต้นทุนมีเท่าเดิม ประกอบกับจากแผนที่ตั้งภัยแล้งของศูนย์ป้องกันวิกฤตน้ำ กรมทรัพยากรน้ำ ปี พ.ศ. 2560 ระบุว่าลุ่มน้ำลำตะคองมีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งสูงร้อยละ 0.14 ของพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ซึ่งมีพื้นที่บางส่วนอยู่ในเขตอำเภอปากช่อง อำเภอสีคิ้ว อำเภอสูงเนินและอำเภอเมืองนครราชสีมา คิดเป็นพื้นที่ 533.78 ไร่ (สำนักงานกรมทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, 2562) จึงเป็นเรื่องยากที่จะหลีกเลี่ยงการประสบกับสภาวะการขาดแคลนทรัพยากรน้ำ การศึกษานี้จะทำการประเมินร่องรอยการใช้น้ำของการปลูกมันสำปะหลังในเขตลุ่มน้ำลำตะคอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณากำหนดพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังให้

เหมาะสมกับศักยภาพน้ำต้นทุน ผลการประเมินร่องรอยการใช้ น้ำยังแสดงถึงปริมาณน้ำที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งแสดงถึงความต้องการใช้ทรัพยากรน้ำในพื้นที่ การมีข้อมูลของร่องรอยการใช้ น้ำในการปลูกพืชสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้บริหารในการวางแผนจัดสรรน้ำสำหรับการเกษตรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อประสบกับปัญหาขาดแคลนทรัพยากรน้ำต้นทุน

วัตถุประสงค์

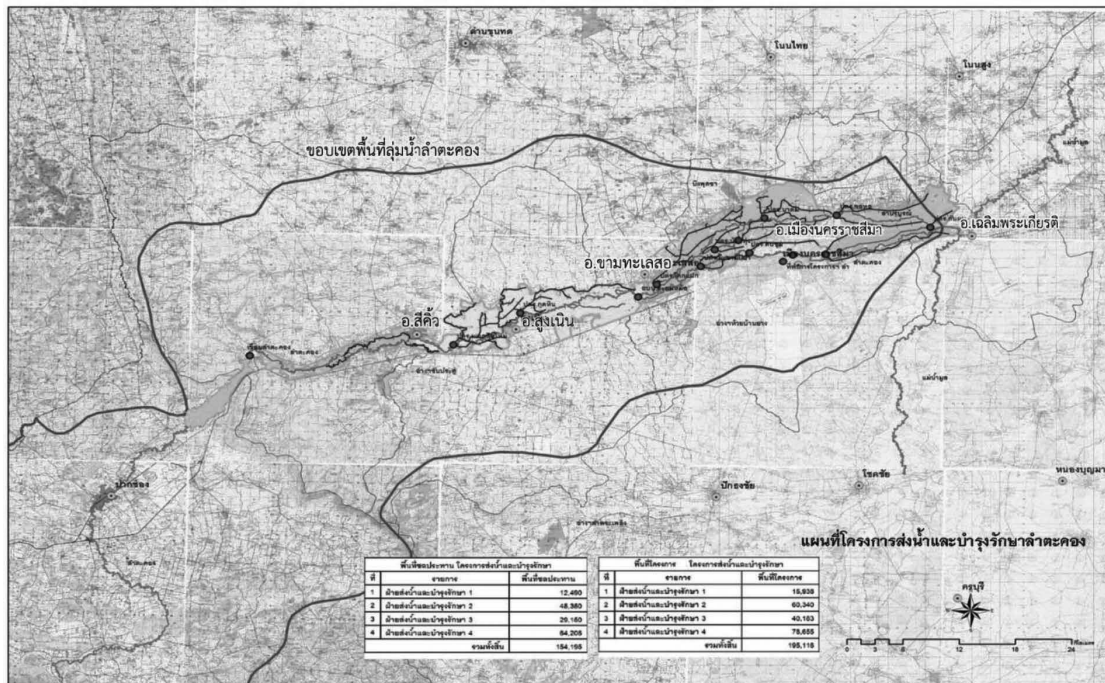
ประเมินค่าร่องรอยการใช้น้ำของการปลูกมันสำปะหลังในเขตลุ่มน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการน้ำ

ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1) ผลของการประเมินร่องรอยการใช้น้ำของ มันสำปะหลังในเขตชลประทานลุ่มน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา
- 2) ผลที่ได้จากการประเมินสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนจัดสรรน้ำหรือวางนโยบายส่งเสริมการปลูกมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาผลการผลิตด้านการเกษตรให้เหมาะสมในแต่ละพื้นที่

วิธีดำเนินการวิจัย

- 1) กำหนดขอบเขตพื้นที่ในการประเมินค่าร่องรอยการใช้น้ำของ มันสำปะหลัง โดยผู้วิจัยเลือกจากเขตพื้นที่รับประโยชน์จากอ่างเก็บน้ำลำตะคอง ได้แก่ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอเมืองนครราชสีมา อำเภอขามทะเลสอ อำเภอสีคิ้ว และอำเภอสูงเนิน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงพื้นที่การณศึกษาในเขตลุ่มน้ำลำตะคอง
ที่มา: โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำตะคอง (2560)

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1.1) ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นการสำรวจข้อมูลในพื้นที่โดยอ้างอิงข้อมูลจากสถิติพื้นที่ทำการปลูกมันสำปะหลังระดับตำบล 44 ตำบลใน 5 อำเภอ กลุ่มตัวอย่างใช้การสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนหรือผู้แทนเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลัง เพื่อเป็นตัวแทนของครัวเรือนเกษตรกร ขนาดกลุ่มตัวอย่างคำนวณจากสูตร Yamane (บุญมี พันธุ์ไทย, 2554) ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 40 คน แบบสัมภาษณ์การเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรและของเสียจากการปลูกมันสำปะหลังประยุกต์จากแบบสัมภาษณ์การเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรและของเสียจากการปลูกอ้อย (พงศเทพ สุวรรณวารี, ขนิษฐา มีวาสนา, กัลยาณี กุลชัย, และ มณีสวี พานิชนอก, 2557) ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1) ข้อมูลพื้นฐาน ชื่อเจ้าของไร่ ที่ตั้ง ส่วนที่ 2) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับไร่มันสำปะหลัง เช่น พื้นที่การเพาะปลูก พันธุ์ของมันสำปะหลังที่ปลูก เดือนที่ปลูก เดือนที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ปริมาณผลผลิตต่อปี จำนวนแรงงาน ส่วนที่ 3) วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการปลูกมันสำปะหลัง เช่น ประเภทของการใช้น้ำ ช่วงเดือนที่ใช้น้ำ ปริมาณการให้น้ำ ประเภทของการใช้ปุ๋ย สูตรปุ๋ยที่ใช้ และปริมาณปุ๋ยที่ใช้ต่อไร่

1.2) ข้อมูลทุติยภูมิ คือข้อมูลสถิติการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวผลผลิต ของสำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา ในระหว่างปีการผลิต 2552/2553 ถึง 2558/2559 (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา, 2559)

2) ค่า ET ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณฝน ใช้น้ำของการปลูกมันสำปะหลังใช้ผลการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณฝนใช้การรายเดือนในการปลูกมันสำปะหลังของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งทำการวิเคราะห์การปลูกมันสำปะหลัง 12 แบบ โดยใช้ข้อมูล

ภูมิอากาศ และความสัมพันธ์ของฝนเฉลี่ยรายเดือนเฉลี่ยของสถานีอุตุนิยมวิทยาของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 จังหวัดนครราชสีมา อัตราการใช้น้ำของพืชในคาบ 22 ปี (พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2559) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินอาศัยตารางสำเร็จรูปของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA) คำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration or ETO) จากสูตร Penman-Monteith ด้วยโปรแกรม Cropwat 8.0 (นัฐชา สมตัว, ฐิตนนท์ หงโซติธรวดี, และ ณัฐพัชร์ วงษ์ศุภลักษณ์, 2560) ปริมาณน้ำที่พืชใช้สามารถคำนวณได้จากค่าการคายระเหยน้ำของพืชตลอดฤดูกาลเพาะปลูกจากสมการที่ 1

$$CWU_{Green,Blue} = 1.6 \sum_{d=1}^{IGP} ET_{Green,Blue} \quad (1)$$

เมื่อ

ET_{Green} คือ ค่าปริมาณการใช้น้ำสีเขียวของมันสำปะหลังตลอดการเพาะปลูก (มิลลิเมตร/ปี)

ET_{Blue} คือ ค่าปริมาณการใช้น้ำสีฟ้าของมันสำปะหลังตลอดการเพาะปลูก (มิลลิเมตร/ปี)

3) ประเมินและวิเคราะห์ข้อมูล ในการประเมินร่องรอยการใช้น้ำ ดำเนินการตามคู่มือ The Water Footprint Assessment Manual (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011) แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

3.1) ร่องรอยการใช้น้ำสีฟ้า (Blue Water Footprint: WF_{Blue}) คือปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตจากแหล่งน้ำธรรมชาติในการศึกษานี้ น้ำสีฟ้า หมายถึงน้ำจากระบบชลประทาน สามารถคำนวณจากสมการที่ 2

$$WF_{Blue} = CWU_{Blue} / Y \quad (2)$$

- เมื่อ
- WF_{Blue} คือ ร่องรอยการใช้น้ำสีฟ้าของการปลูกมันสำปะหลัง
- CWU_{Blue} คือ ปริมาณน้ำที่พืชใช้จากชลประทาน (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)
- Y คือ ปริมาณผลผลิตของมันสำปะหลัง (ตันต่อไร่)

3.2) ร่องรอยการใช้น้ำสีเขียว (Green Water Footprint: WF_{Green}) หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่ถูกนำไปใช้อยู่ในรูปฝนใช้การหรือความชื้นในดินที่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$WF_{Green} = CWU_{Green} / Y \quad (3)$$

- เมื่อ
- WF_{Green} คือ ร่องรอยการใช้น้ำสีเขียวของการปลูกมันสำปะหลัง
- CWU_{Green} คือ ปริมาณฝนใช้การของมันสำปะหลัง (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)
- Y คือ ปริมาณผลผลิตของมันสำปะหลัง (ตันต่อไร่)

3.3) ร่องรอยการใช้น้ำสีเทา (Gray Water Footprint: WF_{Gray}) คือ ตัวชี้วัดระดับมลพิษของน้ำที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเพาะปลูกและผลิตพืช ร่องรอยการใช้น้ำสีเทาจะพิจารณาในส่วนปริมาณน้ำที่ใช้ในการเจือจางน้ำเสียให้ความเข้มข้นลดลงอยู่ระดับตามมาตรฐานแม่น้ำลำคลองและคุณภาพน้ำตามมาตรฐานแหล่งน้ำประเภทที่ 2 กำหนด สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4

$$WF_{Gray} = \{(\alpha \times AR) / (C_{max} - C_{natural})\} / Y \quad (4)$$

- เมื่อ
- WF_{Gray} คือ ร่องรอยการใช้น้ำสีเทาของการปลูกมันสำปะหลัง
- AR คือ อัตราการใช้สารเคมีในพื้นที่การเพาะปลูก (กิโลกรัมต่อไร่)
- α คือ ค่าสัมประสิทธิ์การชะล้างของสารมลพิษ
- C_{max} คือ ความเข้มข้นสูงสุดของสารพิษที่ยอมรับได้ในแหล่งน้ำ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
- $C_{natural}$ คือ ระดับความเข้มข้นของมลสารในแหล่งน้ำ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ร่องรอยการใช้น้ำรวมสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$WF_{Proc} = WF_{Green} + WF_{Blue} + WF_{Gray} \quad (5)$$

- เมื่อ
- WF_{Proc} คือ ปริมาณร่องรอยการใช้น้ำรวมของการปลูกมันสำปะหลัง

4) สรุปผลการประเมินร่องรอยการใช้น้ำรวมของการปลูกมันสำปะหลังในกลุ่มน้ำลำตะคอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปราย

จากการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ตัวแทนเกษตรกรพบว่า เกษตรกรปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 หัวยบง 60 ระยะเวลา 5 ระยะเวลา 7 ระยะเวลา 60 ระยะเวลา 90 ข้อมูลการให้น้ำของเกษตรกรพบว่า มีทั้งให้น้ำฝนอย่างเดียวและบางพื้นที่ใช้น้ำผิวดินจากสระ คลอง การใช้น้ำพบว่าเกษตรกรใช้น้ำเคมีสูตรทางการค้า 15:15:15 46:0:0 และ 12-4-40

โดยมีอัตราการใส่ปุ๋ย 15- 50 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรมีการปลูกมันสำปะหลัง 3 ช่วงคือ ช่วงเดือนมกราคม-เดือนกุมภาพันธ์ เดือนพฤษภาคม-เดือนมิถุนายน และเดือนตุลาคม-เดือนธันวาคม โดยทำการเก็บเกี่ยวในปีถัดไป รวมระยะเวลาการปลูก 360 วัน มีผลผลิต 3.00-4.00 ตันต่อไร่ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลผลิตต่อไร่จากข้อมูลสถิติการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวผลผลิตของสำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา ระหว่างปีการผลิต 2552/2553 ถึง 2558/2559 มีผลผลิตเฉลี่ย 2.75-3.67 ตันต่อไร่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา, 2559)

จากสถิติการเพาะปลูกมันสำปะหลังในเขตพื้นที่รับประโยชน์จากอ่างเก็บน้ำลำตะคองได้แก่ อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอเมืองนครราชสีมา อำเภอขามทะเลสอ อำเภอสีคิ้ว และอำเภอสูงเนิน พบว่าในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังในระหว่างปีการผลิต 2552/2553 ถึง 2558/2559 (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา, 2559) ซึ่งใช้เป็นข้อมูลในการประเมินร่องรอยการใช้น้ำสีเขียวและน้ำสีฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 1 ส่วนการประเมินร่องรอยการใช้น้ำสีเทาในการศึกษานี้พิจารณาเฉพาะปุ๋ยที่เป็นส่วนประกอบไนโตรเจน (N)

ที่เกษตรกรใช้เนื่องจากผลการประเมินแหล่งกำเนิดมลพิษจากพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองพบว่าคุณภาพน้ำต่ำมีการเกิดยูโทรฟิเคชันและมีปริมาณการไหลของไนโตรเจนมากที่สุด (พงศเทพ สุวรรณวารี, ธัญชัย วรรณสุข, และ เนตรนภาพงเพ็ชร, 2555) ซึ่งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด (พงศเทพ สุวรรณวารี, ขนิษฐา มีวาสนา, กัลยาณี กุลชัย, และ มนัสวี พานิชนอก, 2557) จากข้อมูลการใช้ทรัพยากรและของเสียจากการปลูกมันสำปะหลังในอำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอเมืองนครราชสีมา อำเภอขามทะเลสอ อำเภอสีคิ้ว และอำเภอสูงเนิน พบว่าเกษตรกรมีปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในการเพาะปลูกมันสำปะหลังเฉลี่ยต่อไร่ ดังแสดงในตารางที่ 1 กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การชะล้างของสารมลพิษ (α) เท่ากับร้อยละ 10 ของอัตราการใส่ปุ๋ย ค่าความเข้มข้นสูงสุด (C_{max}) เท่ากับ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามข้อกำหนดมาตรฐานในแหล่งน้ำผิวดินคณะกรรมการและสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 ค่าความเข้มข้นในธรรมชาติ ($C_{natural}$) กำหนดให้เป็นศูนย์ (Franke, Boyacioglu, & Hoekstra, 2013)

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลเนื้อที่การเพาะปลูกมันสำปะหลัง ผลผลิตและปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนรายอำเภอในเขตลุ่มน้ำลำตะคองระหว่างปีการผลิต 2552/2553 ถึง 2558/2559

อำเภอ	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)*	ผลผลิต (ตัน)*	ปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (กิโลกรัม/ไร่)**
สีคิ้ว	9,563	35,124	14.40
สูงเนิน	7,133	25,602	14.03
เมืองนครราชสีมา	1,777	4,896	13.75
ขามทะเลสอ	6,212	22,721	10.49
เฉลิมพระเกียรติ	228	751	14.39

ที่มา: * สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา (2559)

** จากการสัมภาษณ์หัวหน้าชุมชนหรือตัวแทนเกษตรกร

ผลการศึกษาร่องรอยการใช้น้ำในการปลูกมันสำปะหลัง อำเภอเฉลิมพระเกียรติ อำเภอเมืองนครราชสีมา อำเภอขามทะเลสอ อำเภอสีคิ้ว และ อำเภอสูงเนิน ในเขตลุ่มน้ำลำตะคอง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ร่องรอยการใช้น้ำของการปลูกมันสำปะหลังของแต่ละอำเภอในเขตลุ่มน้ำลำตะคอง

อำเภอ	WF _{Green} ลูกบาศก์เมตร/ตัน	WF _{Blue} ลูกบาศก์เมตร/ตัน	WF _{Gray} ลูกบาศก์เมตร/ตัน	WF _{Proc} ลูกบาศก์เมตร/ตัน	ผลผลิต ตัน/ไร่
สีคิ้ว	177.20	177.36	78.41	432.97	3.67
สูงเนิน	189.28	197.30	78.23	464.81	3.59
เมืองนครราชสีมา*	249.84	-	99.83	349.67	2.75
ขามทะเลสอ*	160.30	-	78.74	239.04	3.66
เฉลิมพระเกียรติ*	193.45	-	87.43	280.88	3.29
เจ็ลี่ย	194.01	187.33	84.53	465.87	3.39

*พื้นที่ไม่มีการให้น้ำจากระบบชลประทานแต่อาศัยน้ำฝนเท่านั้น

จากการประเมินค่าร่องรอยการใช้น้ำของการปลูกมันสำปะหลังในเขตลุ่มน้ำลำตะคอง พบว่ามีค่าร่องรอยการใช้น้ำสีเขียวเท่ากับ 194.01 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าร่องรอยการใช้น้ำสีน้ำเงินเท่ากับ 187.33 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าร่องรอยการใช้น้ำสีเทาเท่ากับ 84.53 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ค่าร่อง

รอยการใช้น้ำรวมของการปลูกมันสำปะหลังเท่ากับ 465.87 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน และมีค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 3.39 ตันต่อไร่ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าร่องรอยการใช้น้ำของการปลูกมันสำปะหลังในเขตพื้นที่อื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบร่องรอยการใช้น้ำของการปลูกมันสำปะหลังในเขตลุ่มน้ำลำตะคองและในเขตพื้นที่อื่นๆ

พื้นที่	WF _{Green} ลูกบาศก์เมตร/ตัน	WF _{Blue} ลูกบาศก์เมตร/ตัน	WF _{Gray} ลูกบาศก์เมตร/ตัน	WF _{Proc} ลูกบาศก์เมตร/ตัน	ผลผลิต ตัน/ไร่
ลุ่มน้ำลำตะคอง	194.01	187.33	84.53	465.87	3.39
จันทบุรี*	310.40	18.70	65.70	394.80	3.40
ชลบุรี*	361.90	10.20	68.50	440.60	3.60
ปราจีนบุรี*	301.80	89.60	67.80	459.20	3.20
ระยอง*	387.60	34.20	65.70	487.50	3.20
สระแก้ว*	326.70	72.40	67.40	466.50	3.20
ฉะเชิงเทรา*	366.00	14.00	61.10	441.10	3.20
ลพบุรี**	333.00	-	97.00	430.00	4.11

ที่มา: * สานิตยดา เตียวต้อย, ชลิตา สุวรรณ, และ ธนัญชัย สมใจ (2555)

** อนันตยา บุญฮวด, นาฏสุดา ภูมิจำนงค์, และ อัจฉรา อัครวิกุลชัย (2557)

จากตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบค่าร่องรอยการใช้น้ำสีเขียวของการปลูกมันสำปะหลังในเขตพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว ฉะเชิงเทรา และลพบุรี ซึ่งนิยมปลูกพันธุ์เกษตรศาสตร์ 51 พบว่าทุกพื้นที่มีค่าสัดส่วนร่องรอยการใช้น้ำสีเขียวมากกว่าในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ซึ่งมีค่าร่องรอยการใช้น้ำสีเขียวเท่ากับ 194.01 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน แสดงให้เห็นว่าพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี

ระยอง สระแก้ว ฉะเชิงเทรา และลพบุรี มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำฝนในการเพาะปลูกมันสำปะหลังมากกว่าในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง สาเหตุเนื่องจากจังหวัดนครราชสีมาตั้งอยู่ในเขตเงาฝนและมีปริมาณฝนตกเฉลี่ยต่อปี 1,101.43 มิลลิเมตร น้อยกว่าทุกพื้นที่ประกอบกับจังหวัดจันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว ฉะเชิงเทรา และลพบุรี มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 2,721.40 1,046.00 1,628.00 1,449.70

1,252.10 1,294.00 และ 1,185.10 มิลลิเมตรตามลำดับ

จากเหตุผลดังกล่าวมาข้างต้นเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าร่องรอยการใช้น้ำสีฟ้าของการปลูกมันสำปะหลังในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองกับค่าร่องรอยการใช้น้ำสีฟ้าของการปลูกมันสำปะหลังของพื้นที่จังหวัดจันทบุรี ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง สระแก้ว ฉะเชิงเทรา และลพบุรี ซึ่งทั้ง 7 พื้นที่จะมีค่าร่องรอยการใช้น้ำที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากจังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยต่อปีต่ำและประสบกับปัญหาสถานะฝนทิ้งช่วงตามธรรมชาติทำให้ปริมาณน้ำไม่พอเพียงต่อความต้องการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังจึงส่งผลให้ต้องอาศัยปริมาณน้ำจากระบบชลประทานในการเพาะปลูก จึงทำให้ค่าร่องรอยการใช้น้ำสีฟ้าของมันสำปะหลังในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองสูงกว่าทุกที่ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับค่าร่องรอยการใช้น้ำสีฟ้าของมันสำปะหลังของพื้นที่จังหวัดลพบุรี เนื่องจากจังหวัดลพบุรีไม่มีการให้น้ำจากระบบชลประทานแต่อาศัยน้ำฝนเท่านั้นในการเพาะปลูก

เมื่อพิจารณาค่าร่องรอยการใช้น้ำสีเทาของมันสำปะในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าร่องรอยการใช้น้ำสีเทาของมันสำปะหลังของพื้นที่อื่น เนื่องจากปัจจุบันการปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่นิยมใส่ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูกส่งผลต่อสภาพดินทำให้ต้องใส่ปุ๋ยปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้ค่าร่องรอยการใช้น้ำสีเทามีปริมาณสูงเนื่องจากเกษตรกรต้องการเพิ่มผลผลิตของปริมาณมันสำปะหลังต่อไร่สอดคล้องกับผลการศึกษาอัตราปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในกลุ่มดินร่วนปนทรายชุดดินห้วยโป่งซึ่งพบว่า ปริมาณการใส่ปุ๋ยส่งผลต่อปริมาณผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญ (วัลลีย์ อมรพล และคณะ, 2560)

แนวทางในการลดปริมาณของร่องรอยการใช้น้ำการปลูกมันสำปะหลังในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง เนื่องจากพื้นที่ในลุ่มน้ำลำตะคองมีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ คือปริมาณของฝนที่ส่งผลต่อน้ำต้นทุน ดังนั้นแนวทางการลดร่องรอยการใช้น้ำสีฟ้าของมันสำปะหลังในเขตพื้นที่ชลประทานลุ่มน้ำลำตะคอง คือการพัฒนาการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังต่อไร่ เมื่อผลผลิตต่อไร่สูงจะส่งผลให้ค่าร่องรอยการใช้น้ำลดลง ซึ่งปัจจัยหลักในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังสรุปได้ดังนี้ (โอภาษ บุญเสียง, 2550)

1) การเลือกฤดูปลูกและการใช้พันธุ์ที่ดีที่เหมาะสมกับพื้นที่จากการใช้ต้นพันธุ์ และพันธุ์ที่มีคุณภาพจะสามารถเพิ่มผลผลิตได้ จากการศึกษาเทคนิคการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่ พบว่ามี 5 สายพันธุ์ คือ พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 พันธุ์ระยอง 5 พันธุ์ระยอง 72 พันธุ์ระยอง 90 และพันธุ์ห้วยบง 60 ที่เหมาะสมในการปลูกในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตต่อไร่สูงถึง 11-13 ตันต่อไร่ ในช่วงอายุ 13 เดือน โดยมีเปอร์เซ็นต์แป้งอยู่ที่ร้อยละ 25.00-28.00 (อัศจรรย์ สุขธำรง และ เรณู ขำเลิศ, 2550) โดยการปลูกในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน มันสำปะหลังจะให้ผลผลิตสูงสุด (โอภาษ บุญเสียง, 2550) ผลผลิตที่สูงจะทำให้ค่าร่องรอยการใช้น้ำลดลง (วัลลีย์พร ศะศิประภา และคณะ, 2560)

2) การใส่ปุ๋ยและการดูแลอย่างที่ดีกล่าวมาข้างต้นปริมาณการใส่ปุ๋ยส่งผลต่อปริมาณผลผลิตต่อไร่ของมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษาพบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ควรใส่ปุ๋ย 16-8-16 จะทำให้สามารถเพิ่มผลผลิต 6,274 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีเปอร์เซ็นต์แป้งร้อยละ 31.40 (วัลลีย์ อมรพล และคณะ, 2560)

แนวทางในการบริหารจัดการน้ำสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง จากการศึกษาพบว่า ปริมาณฝนที่เป็นประโยชน์ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง จำเป็นต้องจัดสรรปริมาณน้ำชลประทานให้ เพื่อป้องกันการเครียดจากการขาดน้ำ ซึ่งจะส่งผลต่อมันสำปะหลังทำให้ผลผลิตน้ำหนักรวมและปริมาณไซโตไคนนินในหัวมันเพิ่มสูงขึ้น (สุพรรณิกานพคุณ, 2560) ในกรณีที่ประสบกับสภาวะการขาดแคลนทรัพยากรน้ำ การวางแผนเลือกฤดูการปลูกในช่วงเวลาที่เหมาะสมโดยใช้น้ำฝนที่เป็นประโยชน์ต่อการปลูกมันสำปะหลังในลุ่มน้ำลำตะคองและใกล้เคียงคือ เดือนกุมภาพันธ์ เดือนมกราคม รองลงมาคือเดือนมีนาคม เดือนธันวาคม และเดือนพฤศจิกายน เนื่องจากมีปริมาณฝนใช้การที่เป็นประโยชน์ต่อการปลูกมันสำปะหลังตลอดอายุปลูกเท่ากับ 518.36, 532.44, 473.97, 522.90, 493.20 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยมีความต้องการปริมาณน้ำเพิ่มเติมจากระบบชลประทานเพิ่มเติมจากน้ำฝนเท่ากับ 300.71, 306.33, 328.64, 335.34, 382.45 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ (นัฐชา สมตัว และคณะ, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษากการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังเพื่อรองรับโรงงานเอทานอล (โอภาษ บุญเส็ง, 2550) การปลูกในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายนมันสำปะหลังจะให้ผลผลิตสูงสุด การเลือกปลูกในช่วงเวลาที่เหมาะสมจะลดปริมาณการใช้น้ำ การให้น้ำถูกเวลาตามความต้องการของมันสำปะหลัง จะช่วยให้ผลผลิตสูงขึ้น ควรหลีกเลี่ยงการปลูกมันสำปะหลังในเดือนมิถุนายน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลัง เพราะอยู่ในช่วงที่มันสำปะหลังสะสมน้ำหนัก ซึ่งช่วงเวลาปลูกมีผลต่อร่องรอยการใช้น้ำถึงแม้จะปลูกในพื้นที่เดียวกัน ในกรณีที่พื้นที่ที่อาศัยน้ำฝนในการปลูก

มันสำปะหลัง การปลูกมันสำปะหลังในเดือนพฤศจิกายนจะทำให้มันสำปะหลังเกิดการขาดน้ำในช่วงอายุ 3-5 เดือนมากกว่าการปลูกในเดือนมกราคม พันธุ์ของมันสำปะหลังที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งสูงจะให้ผลผลิตต่ำเมื่อประสบสภาวะการขาดน้ำ การให้น้ำเพิ่มผลผลิตได้ไม่มากแตกต่างจากพันธุ์มันสำปะหลังที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งน้อยเมื่อประสบสภาวะการขาดน้ำ การให้น้ำจะทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น (วัลลีย์ อมรพล และคณะ, 2560)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่า ค่าร่องรอยการใช้น้ำของการปลูกมันสำปะหลังในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองมีค่าเท่ากับ 465.87 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน โดยประกอบด้วยร่องรอยการใช้น้ำสีเขียว ร่องรอยการใช้น้ำสีฟ้า และร่องรอยการใช้น้ำสีเทา เท่ากับ 194.01, 187.33 และ 84.53 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ตามลำดับ และมีผลผลิตมันสำปะหลังเฉลี่ย 3.39 ตันต่อไร่ ร่องรอยการใช้น้ำเป็นเครื่องมือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในภาคการผลิตทางการเกษตรให้มีประสิทธิภาพ การลดร่องรอยการใช้น้ำด้วยการเลือกพันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมกับพื้นที่ การใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมกับความต้องการของพันธุ์มันสำปะหลังและการเลือกช่วงเวลาปลูกที่เหมาะสมกับสภาพของพื้นที่จะลดความเสี่ยงที่มันสำปะหลังจะเกิดความเครียดจากการขาดน้ำ ในกรณีที่ต้นทุนน้ำจำกัดไม่สามารถจัดสรรน้ำชลประทานให้มันสำปะหลังได้ หรือพื้นที่ที่อาศัยน้ำฝนในการปลูกเพียงอย่างเดียวควรเลือกปลูกพันธุ์ระยะของ 9 (วัลลีย์ อมรพล และคณะ, 2560) การเลือกพันธุ์ที่ปลูก ช่วงเวลาที่ปลูก และให้ปุ๋ยที่เหมาะสมกับความต้องการของมันสำปะหลังจะทำให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้นและลดร่องรอยการใช้น้ำของการปลูกมันสำปะหลังลง

ข้อเสนอแนะ

1) วิเคราะห์ร่องรอยการใช้น้ำการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบเชิงเศรษฐศาสตร์ในการประเมินความคุ้มค่าของการเพาะปลูกพืชที่ให้ผลคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์

2) ผลของการวิจัยผู้บริหารจัดการทรัพยากรน้ำหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดสรรน้ำหรือส่งเสริมการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ที่มีศักยภาพที่เหมาะสมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง

เอกสารอ้างอิง

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำตะคอง. (2560).

แผนที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาลำตะคอง. สืบค้นเมื่อ 13 พฤศจิกายน 2562, จาก <http://www.lamtakong.com/index.php/2015-10-20-14-51-11/144-2016-02-18-03-42-02>

เชษฐชุกดา เชื้อสุวรรณ. (2560). แนวโน้มธุรกิจอุตสาหกรรม ปี 2560-62: อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง. สืบค้นเมื่อ 22 มิถุนายน 2562, จาก https://www.krungsri.com/bank/getmedia/75f6e671-b289-4db7-9b2c-2c6a7e83a828/IO_Cassava_2017_TH.aspx

ณัฐพล ชัยวรรณการ, นิพนธ์ ตั้งธรรม, และ เรื่องไร โตกฤษณะ. (2560). การประเมินผลกระทบการบริหารจัดการการใช้ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองโดยประยุกต์หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต. *วารสารวิจัย มสท สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 10(2), 133-152.

ณัฐชา สมด้ว, ฐิตนนท์ หงโฑติธนาวิ, และ ณัฐพัชร์ วงษ์สกุลักษณ์ (2560). การศึกษาวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำและปริมาณฝนใช้การรายเดือนในการปลูกมันสำปะหลังของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 จังหวัดนครราชสีมา. สืบค้นเมื่อ 22 มิถุนายน 2562, จาก <http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/iwmd/omdirrw/paper/paper020.pdf>

บุญมี พันธุ์ไทย. (2554). *ระเบียบวิธีการวิจัยการศึกษาเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง

พงศ์เทพ สุวรรณวาริ, ขนิษฐา มีวาสนา, กัลยาณี กุลชัย, และ มนัสวี พานิชนอก. (2557). *วอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการผลิตน้ำตาลทรายขาวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างของประเทศไทย กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ และสุรินทร์*. (รายงานวิจัย). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พงศ์เทพ สุวรรณวาริ, ธัญชัย วรรณสุข, และ เนตรนภา พงเพ็ชร. (2555). *การประเมินแหล่งกำเนิดมลพิษจากพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา กรณีศึกษาลุ่มน้ำย่อยตาลอง ห้วยหินลับ ห้วยลำเสา และคลองท่าบาง* (รายงานวิจัย). นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

โพสซิชั่นนิง. (2548). *ภาวะขาดแคลนน้: ภัยร้ายที่กำลังมาเยือน*. สืบค้นเมื่อ 22 มิถุนายน 2562, จาก <https://positioningmag.com/19563>

วัลย์พร ศะศิประภา, จินณจาร์ หาญเศรษฐ์สุข, กุสุมา รอดแผ้วพาล, ปฐมพงษ์ วงศ์สุวรรณ, ดรุณี เพ็งฤกษ์, เสาวรี บำรุง, วารีย์ เวรวรรณ, สายน้ำ อุดพิ้ว, และ อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์. (2560). การวิเคราะห์หีวอเตอร์พุตพรีนซ์ของ มันสำปะหลังที่มีการจัดการน้ำที่แตกต่างกัน. *Thai Agricultural Research Journal*, 36(2), 173-185.

วัลลีย์ อมรพล, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ศรีสุดา ทิพย์รักษ์, ศุภกาอุจน์ ล้วนมณี, จินณจาร์ หาญเศรษฐ์สุข, ประพิศ ว่องเทียน, และ สมพงษ์ ทองช่วย. (2560). การศึกษาอัตรา ปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังที่ ปลูกในกลุ่มดินร่วนปนทรายชุดดินห้วยโป่ง. *Thai Agricultural Research Journal*, 35(2), 151-163.

สุจรีต คุณธนกุลวงศ์, เปี่ยมจันทร์ ดวงมณี, และ ปิยธิดา ห้อยสังวาล. (2556). *แนวความคิดมั่นคงด้านทรัพยากรน้ำประเทศไทย กับนานาชาติ* (รายงานวิจัย). กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).

सानิตย์ดา เตียวต้อย, ชลิตา สุวรรณ, และ ธนัญชัยศ สมใจ. (2555). วอเตอร์พุตพรีนซ์ของอ้อย และมันสำปะหลังสำหรับการผลิตเอทานอล ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย. *วารสาร สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*, 18(1), 69-75.

สำนักงานกรมทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2562). สภาพ ปัญหาในพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองและลุ่มน้ำป่าสัก. ใน *การประชุมปฐมนิเทศ เรื่อง โครงการ ศึกษาความเหมาะสมและวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนเขื่อนลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา*.

(น. 1). กรุงเทพฯ: สำนักงานกรมทรัพยากรน้ำแห่งชาติ.

สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา. (2559). *รายงานการผลิตพืชระหว่างปีการผลิต 2552/2553 ถึง 2558/2559*. นครราชสีมา: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุพรรณิกาน นพคุณ. (2560). *ผลของความแห้งแล้งต่อ ลักษณะทางสรีรวิทยา ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ* (ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี).

สุวลักษณ์ อมะวัลย์. (2561). สถานการณ์การผลิต และการตลาดมันสำปะหลัง. ใน *การประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การหาแนวทางในการป้องกันโรคระบาดและการขยายพื้นที่ของโรคใบด่างมันสำปะหลัง* (น.4). ระยอง: ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง.

อุทัย คันไธ, สุกัญญา จตุรพรพงษ์, วราพันธ์ จินตณวิชัย, มนูญ ปลงรัมย์, ศิริวัฒน์ กาญจนมงคลศิริ, อรพิน ทองพิสิษฐ์สมบัติ, และ วริศรา กำลังแพทย์. (2551). *การศึกษาวิจัยการตลาดการค้ามันสำปะหลังภายในประเทศ* (รายงานวิจัย). นครปฐม: ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์.

อนันตยา บุญฮวด, นาฏสุดา ภูมิจำนงค์, และ อัจฉรา อัครวิกุลชัย. (2557). การประเมินวอเตอร์พุตพรีนซ์ของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังพื้นที่จังหวัดลพบุรี ประเทศไทย. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15* (น.392-397). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัย ขอนแก่น.

โอภาส บุญเส็ง. (2550). การเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง
เพื่อรองรับโรงงานผลิตเอทานอล. สืบค้นเมื่อ
19 มิถุนายน 2562, จาก [http://web.sut.
ac.th/cassava/UserFiles/File/06.pdf](http://web.sut.ac.th/cassava/UserFiles/File/06.pdf)

อัศจรรย์ สุขจำรง, และ เรณู ขำเลิศ. (2550). เทคนิค
การเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังต่อไร่. สืบค้น
เมื่อ 19 มิถุนายน 2562, จาก [https://www.
tapiocathai.org/Articles/51_3.pdf](https://www.tapiocathai.org/Articles/51_3.pdf)

Chen, Y., Zhang, D., Sun, Y., Liu, X., Wang, N.,
& Savenije, H. H. G. (2005). Water
demand management: A case study
of the Heihe River Basin in China.
Physics and Chemistry of the Earth,
30, 408–419.

Franke, N. A., Boyacioglu, H., & Hoekstra, A. Y.
(2013). Value of water research report
series no.65. Retrieved September 25,
2019, from [https://waterfootprint.
org/media/downloads/Report65-
GreyWaterFootprint-Guidelines_1.pdf](https://waterfootprint.org/media/downloads/Report65-GreyWaterFootprint-Guidelines_1.pdf)

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya M.
M., & Mekonnen, M. M. (2011). The
water footprint assessment manual
setting the global standard. Retrieved
June 22, 2019, from [https://water
footprint.org/media/downloads/
TheWaterFootprintAssessment
Manual_2.pdf](https://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf)

Hoekstra, A. Y., & Hung, P. Q. (2002). Virtual
water trade: A quantification of virtual
water flows between nations in
relation to international crop trade.

Retrieved June 18, 2019, from [https://
waterfootprint.org/media/indown
loads/Report12.pdf](https://waterfootprint.org/media/downloads/Report12.pdf)