

การวิเคราะห์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของมันสำปะหลังในแปลงเกษตรกร

Assessment of Cassava Water Footprint in Farmers' Fields

วัลย์พร ศะศิประภา^{1/} กุสุมา รอดแผ้วพาล^{2/} โสภิตา สมคิด^{3/} รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์^{4/}
ดร.ณิ เพ็งฤกษ์^{5/} ปฐมพงษ์ วงศ์สุวรรณ^{1/} เบญมาศ คำสืบ^{6/} อานนท์ มลิพันธุ์^{2/}
Walaiporn Sasiprapa^{1/} Kusuma Rodpawpan^{2/} Sopita Somkid^{3/} Raweewan Chuekittisak^{4/}
Darunee Pangluak^{5/} Prathompong Wongsuwan^{1/} Benjamas Kumsueb^{6/} Anon Malipan^{2/}

Received 8 Mar. 2022/Revised 24 Jun. 2022/Accepted 13 Jul. 2022

ABSTRACT

Water footprint is used as a tool to measure both direct and indirect water uses by crops or products. Cassava fresh root yield has a wide range of uses in many local downstream industries. Water footprint (WF) of cassava had mostly been reported from secondary data-due to limited availability of field-based publication. WF of cassava fresh root yield in farmer's fields was investigated from 4 consecutive growing seasons from 2017/18 to 2020/21 in 26 provinces. Results showed that WF varies for each region due to differences in soils, weather and management. Most cassava were grown under rainfed conditions and KU50, R5 R72 and R11 were the major cultivars. The growing season started from March to May, earlier in eastern region and later in the northern region, thus varied from 10.4 to 19 months long. The average fertilizer application rate was 7.2 kg.N/rai. The average yield was 4.1 ton/rai. Average yield from Udon Thani province was the highest at 6.5 ton/rai and Pitsanulok was the lowest at 2.9 ton/rai. The WF assessment showed that water uses per 1 ton of fresh root product was 268 m³ whereas 226 m³ is WF_{green} and 42 m³ is WP_{grey}. Uthai Thani province was the highest at 402 m³ and Udon Thani was the lowest at 138 m³. The water footprint was found to be positively correlated with the amount of fertilizer used but was the opposite for cassava fresh root yield. The month of the year at harvest, number of months after planting and planting year tend to increase water footprint, whereas cultivar was not found to be related to water footprint.

Keywords: water footprint, cassava, yield

^{1/} ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร 50 ถนนพหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

^{1/} Information and Communication Technology Center, Department of Agriculture, 50 Phaholyothin Rd. Chatuchak Bangkok. 10900

^{2/} ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ต.ห้วยโป่ง อ. เมือง จ. ระยอง 21150

^{2/} Rayong Field Crop Research Center, Mueang, Rayong 21150

^{3/} สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 อ. สว่างวีระวงศ์ จ. อุบลราชธานี 34190

^{3/} Office of Agricultural Research and Development Region 4. Sawang Wirawong, Ubon Ratchathani 34190

^{4/} ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

^{4/} Khonkaen Field Crop Research Center. Mueang, Khon Kaen 40000

^{5/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร อ. เมือง จ.พิจิตร 66000

^{5/} Phichit Agricultural Research and Development Center. Mueang, Phichit 66000

*Corresponding author : swalaiporn@hotmail.com

บทคัดย่อ

การบริหารจัดการน้ำโดยใช้แนวคิดวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เข้ามามีบทบาทมากขึ้น เป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม มั่นสำปะหลังเป็นต้นน้ำของอุตสาหกรรมหลายประเภท มีการเผยแพร่ผลการศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์จากข้อมูลมือสองเป็นหลัก การศึกษาในระดับแปลงเกษตรกรยังมีจำกัด จึงดำเนินการศึกษาเพื่อวิเคราะห์ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของมั่นสำปะหลัง 1 ต้นหัวสด จากการรวบรวมข้อมูลในแปลงเกษตรกรระหว่างฤดูกาลผลิต 2560/61 - 2563/64 ใน 26 จังหวัดหลักที่ปลูกมั่นสำปะหลัง พบว่าค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากสภาพดินฟ้าอากาศ และการจัดการ การปลูกมั่นสำปะหลังของเกษตรกรส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝน พื้นที่ที่นิยมปลูกได้แก่ เกษตรศาสตร์ 50 ไร่ของ 5 ไร่ของ 72 ไร่ของ 11 ส่วนใหญ่ปลูกช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ภาคตะวันออกปลูกได้เร็วกว่า ขณะที่ภาคเหนือปลูกล่าช้ากว่า ระยะเวลาปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 10.4 เดือน สูงสุด 19 เดือน เกษตรกรใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเฉลี่ย 7.2 กก./ไร่ ผลผลิตมั่นสำปะหลังหัวสดเฉลี่ย 4.1 ตัน/ไร่ จ. อุตรดิตถ์ ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 6.5 ตัน/ไร่ และ จ. พิษณุโลก ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 2.9 ตัน/ไร่ สามารถประมาณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของมั่นสำปะหลังหัวสดเฉลี่ย 268 ลบ.ม./ตันหัวสด แยกเป็นค่ากรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 226 ลบ.ม./ตัน และค่าเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 42 ลบ.ม./ตัน สูงสุดที่ จ. อุทัยธานี 402 ลบ.ม./ตัน ต่ำสุดที่ จ. อุตรดิตถ์ 138 ลบ.ม./ตัน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณการใช้น้ำ แต่ตรงข้ามกับผลผลิต ส่วนช่วงเดือนเก็บเกี่ยวอายุเก็บเกี่ยวและปีการเพาะปลูก มีแนวโน้มให้วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สูงขึ้น ส่วนพื้นที่ไม่พบความสัมพันธ์กับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

คำสำคัญ: วอเตอร์ฟุตพริ้นท์, มั่นสำปะหลัง, ผลผลิต

บทนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยมีส่วนแบ่งในตลาดส่งออกแบ่งมันสำปะหลังดิบ 80% มันเส้น 57% และแบ่งมันสำปะหลังดัดแปร 30% จากวัตถุดิบในประเทศ 88.6% ใช้ผลิตเพื่อบริโภคภายในประเทศ 36% ที่เหลือส่งออก (ชัยวัฒน์, 2563) ในปี พ.ศ. 2563 มีเกษตรกรผู้ปลูกมั่นสำปะหลังประมาณ 5.2 แสนครัวเรือน พื้นที่เพาะปลูก 9.4 ล้านไร่ ผลผลิต 28.9 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตร ทำให้ผลผลิตมั่นสำปะหลังลดลง เนื่องจากการปลูกล่าช้า อายุปลูกสั้นลง ดังนั้น การบริหารจัดการน้ำเพื่อให้การปลูกพืชได้ใช้น้ำที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงนำวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (water footprint: WF) มาเป็นเครื่องมือในการวัดการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณปริมาณน้ำจากผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดโซ่ของการผลิต ซึ่งในหลายประเทศได้นำค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในการผลิตพืชและผลิตภัณฑ์มาเป็นเครื่องมือกีดกันทางการค้า ประกอบกับผลผลิตมั่นสำปะหลังของไทยเป็นต้นน้ำของอุตสาหกรรมหลายประเภท ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลต้นน้ำสำหรับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องต่อไป

การศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในการผลิตมั่นสำปะหลังส่วนใหญ่จะใช้ข้อมูลมือสอง เช่น มั่นสำปะหลังของโลก จะคำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แยกเป็นกรีน บลู และเกรย์ 550, 0 และ 13 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ (Mekonnen and Hoekstra, 2011) Namchanchaoen et al. (2015) ประมาณค่าจากการปลูกวันที่ 1 พ.ค. แบบอาศัยน้ำฝนมี WF 256 ลบ.ม./ตัน แยกเป็นกรีน บลู และเกรย์ 178, 0 และ 78 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ ขณะที่ อนันตยา และคณะ (2557) รายงานค่า WF ของมั่นสำปะหลัง จ. ลพบุรี มีค่า 430 ลบ.ม./ตัน แยกเป็นกรีนและเกรย์ 333 และ 97 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ นอกจากนี้ ชินาธิปกรณ์ และธำรงรัตน์ (2554)

รายงานว่ามีน้ำมันสำปะหลังมี WF 599.4 ลบ.ม./ตัน Babel *et al.* (2011) รายงาน WF ของมันสำปะหลังในเขตลุ่มน้ำคลองโพธิ์ จ.ระยอง มีค่า 435 ลบ.ม./ตัน จากผลผลิตเฉลี่ย 3.78 ตัน/ไร่ ในขณะที่ Kongboon and Sampattagul (2012) ได้วิเคราะห์ในเขตภาคเหนือของไทย พบว่า WF มีค่า 509 ลบ.ม./ตัน สูงสุดและต่ำสุด ที่ จ. อุทัยธานี และกำแพงเพชร มีค่า 547 ลบ.ม./ตัน และ 451 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ สานิตย์ดา และคณะ (2555) รายงานการศึกษาของภาคตะวันออก ได้แก่ จ. จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ปราจีนบุรี ระยอง และสระแก้ว พบว่า มี WF อยู่ระหว่าง 395-468 ลบ.ม./ตัน หรือเฉลี่ย 448 ลบ.ม./ตัน เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ผลิตมันสำปะหลังรายใหญ่ในต่างประเทศ พบว่า ไนจีเรีย บราซิล คองโก และ อินโดนีเซีย มีค่า WF 578, 610, 769 และ 502 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ ขณะที่ประเทศไทยมี WF 409-455 ลบ.ม./ตัน (Kaenchan and Gheewala, 2013) อย่างไรก็ตาม การประเมินมีความแตกต่างในเรื่องที่มาและช่วงเวลาของข้อมูล ถึงแม้ค่า WF จะเป็นมาตรฐานภาคสมัครใจ แต่การศึกษาข้อมูลในระดับแปลงคงมีความจำเป็น ที่ต้องให้ได้มาซึ่งข้อมูลจากสภาพจริงในการผลิตมันสำปะหลังของประเทศ ทำให้เกิดความเข้าใจและนำข้อมูลมาประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการน้ำที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิตสินค้าและผลิตภัณฑ์อย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

การสำรวจและรวบรวมข้อมูล

ทำการสำรวจพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง ตามสัดส่วนของพื้นที่เพาะปลูกปี พ.ศ. 2559 ในจังหวัดที่ปลูกมันสำปะหลังมากกว่า 100,000 ไร่ขึ้นไป จำนวน 26 จังหวัด ได้แก่ จ. นครราชสีมา อุบลราชธานี บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ มหาสารคาม สุรินทร์ เลย ชัยภูมิ อุดรธานี กาฬสินธุ์ ขอนแก่น สกลนคร มุกดาหาร กาญจนบุรี นครสวรรค์ ลพบุรี

อุทัยธานี สระแก้ว ชลบุรี ฉะเชิงเทรา จันทบุรี ปราจีนบุรี กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ ตาก และ พิษณุโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) และเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ ประกอบด้วย การใช้พื้นที่มันสำปะหลัง เนื้อดิน การเตรียมดิน การปลูก การใช้จ่ายการผลิตทาง เกษตร การดูแลรักษา การให้น้ำ การเก็บเกี่ยว และผลผลิตหัวสด/ไร่ รวมทั้งวันที่เกี่ยวของของปีเพาะปลูก 2560/61 - 2563/46 รวม 4 ฤดูกาลผลิต รวบรวมข้อมูลภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยา ในพื้นที่หรือใกล้เคียงของปี พ.ศ. 2560-2564

การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของมันสำปะหลัง

คำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของมันสำปะหลังต่อผลผลิตหัวสด 1 ตัน รายแปลง ตามแนวทางของ Hoekstra *et al.* (2011) แยกเป็นส่วน green water footprint (WF_{green}) หรือปริมาณความต้องการน้ำในส่วนของปริมาณน้ำฝน ที่อยู่ในรูปของความชื้นในดิน blue water footprint (WF_{blue}) หรือปริมาณน้ำชลประทาน และ grey water footprint (WF_{grey}) หรือปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการชะละลายมลพิษให้อยู่ในมาตรฐานตามธรรมชาติ จากสูตร

$$WF = WF_{green} + WF_{blue} + WF_{grey}$$

$$\text{โดยที่ } WF_{green} = CWU_{green} / Y$$

$$WF_{blue} = CWU_{blue} / Y$$

$$WF_{grey} = ((\alpha \times AR) / (C_{max} - C_{nat})) / Y$$

โดยที่

α คือ สัดส่วนของปุ๋ยไนโตรเจนจากการชะละลาย (ประมาณ 10%)

AR ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ (กก./ไร่) สำหรับ ปุ๋ยมูลสัตว์ และปุ๋ยอินทรีย์คิดปริมาณไนโตรเจนตามประกาศรี และคณะ (2548)

C_{max} ความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมรับได้ (กก./ลบ.ม.)

C_{nat} ความเข้มข้นของไนโตรเจนในธรรมชาติ

Y ผลผลิต

สำหรับความต้องการใช้น้ำตลอดช่วงปลูก (crop water requirement; CWU) คำนวณได้จากสูตร $\sum ET_c$

$$\text{ซึ่ง } ET_c = K_s \times K_c \times ET_0$$

CWU = $\sum ET_c$ หรือผลรวมการคายน้ำของพืชตลอดช่วงปลูก

K_s คือ ผลกระทบที่เกิดจากการขาดน้ำต่อกระบวนการคายน้ำของพืช มีค่า 1

K_c หรือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมันสำปะหลังของบัญชา และคณะ (2553)

ET_0 หรือ ศักยภาพการคายระเหยของพืช (potential evapotranspiration) คำนวณด้วยวิธี A-pan method ปรับด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของสภาพการระเหย (Richard *et.al*, 1998) จากสถานีอุตุนิยมวิทยาในจังหวัดนั้นหรือที่อยู่ใกล้เคียง

สำหรับฝนใช้การ (effective rainfall; P_{eff}) ใช้สูตร USDA soil conservation service :

$$P_{eff} = \begin{cases} P * (125 - 0.2 * P)/125 & \text{โดยที่ ฝนรายเดือน (P) } \leq 250 \text{ มม.} \\ 0.1 * P_y + 125 & P > 250 \text{ มม.} \end{cases}$$

$ET_{c \text{ green}} = \min (ET_c, P_{eff})$ กรณีปลูกแบบอาศัยน้ำฝน มีค่า ET_c (Hoekstra *et al*. 2011)

$ET_{c \text{ blue}} = \max (0, ET_c - P_{eff})$ กรณีปลูกแบบอาศัยน้ำฝน มีค่า 0 (Hoekstra *et al*. 2011)

ผลการทดลองและวิจารณ์

พันธุ์มันสำปะหลัง

พันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ในแต่ละแหล่งปลูกมีความหลากหลาย พบว่า เกษตรกรใช้พันธุ์มันสำปะหลังทั้งพันธุ์ที่ผ่านการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร และไม่ได้ผ่านการรับรองพันธุ์ เช่น สายพันธุ์ CMR33-38-48 CMR36-55-166 และ CMR43-08-89 เป็นต้น เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนพื้นที่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 รองลงมา ได้แก่ ระยะเวลา 72 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างนิยมปลูกพันธุ์ระยะเวลา 72 ภาคกลางนิยมปลูกพันธุ์ระยะเวลา 5 รองลงมา ได้แก่ เกษตรศาสตร์ 50 ขณะที่ภาคตะวันออกเกษตรกรนิยมปลูกเกษตรศาสตร์ 50 รองลงมา ได้แก่ ระยะเวลา 9 (Table 1) ส่วนภาคเหนือนิยมปลูกพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 รองมาเป็นระยะเวลา 11 แต่หลายพื้นที่ไม่ทราบชื่อพันธุ์ที่แน่ชัด เนื่องจากเกษตรกรตั้งชื่อพันธุ์กันเอง การใช้พันธุ์ในช่วงปี 2560/61-2563/64 ไม่แตกต่างกันมากนัก ทั้งนี้ ช่วงปี 2563/64 ของการศึกษามีการระบาดของโรคใบด่างมันสำปะหลัง จึงทำให้มีการเคลื่อนย้ายท่อนพันธุ์จำกัด และระมัดระวังเรื่องแหล่งที่มา

ของท่อนพันธุ์ การใช้ท่อนพันธุ์ของเกษตรกรจึงไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมาก แต่พบว่า เกษตรกรมักจะหาพันธุ์ใหม่ๆ มาปลูกกันเอง

Huaybong 60, HB80: Huaybong 80

ช่วงปลูกและเก็บเกี่ยว

การปลูกในสภาพอาศัยน้ำฝนขึ้นอยู่กับช่วงเวลาฝนตกในแต่ละแหล่ง พบว่า ส่วนใหญ่เกษตรกรปลูกมันสำปะหลังในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม โดยภาคตะวันออกปลูกได้เร็วกว่าพื้นที่อื่น ๆ ประมาณเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม (Table 2) เกษตรกรจะรอให้มีปริมาณฝนเพียงพอก่อนจึงจะทำการปลูก ภาคเหนือจะปลูกล่าช้ากว่าภาคอื่น ๆ เนื่องจากฝนมาล่าช้า และการปลูกหลังเก็บเกี่ยวสามารถปลูกได้บางพื้นที่ที่มีฝนปลายปีกระจายดีเท่านั้น การตกของฝนมีผลต่อช่วงเวลาการเริ่มต้นฤดูปลูกในทุกพื้นที่ จากการสำรวจพบว่า ร้อยละ 1 ในปีแรกของการผลิตจะต้องให้น้ำแบบน้ำหยดหรือสปริงเกอร์ และประสบปัญหาการแย่งน้ำที่มีจำกัด ขณะที่บางพื้นที่มีน้ำมากจนเกิดปัญหาหัวมันเน่า ทำให้ผลผลิตลดลง จากการเพิ่มขึ้นของผลผลิตและต้นทุนที่ใช้ในการให้น้ำของเกษตรกรไม่สอดคล้องกัน ทำให้การให้น้ำหยดที่เคยได้รับ

Table 1 Percentage of cassava varieties used for planting in each province during 2017/18-2020/21 growing season

Province	Cassava variety*								
	R5	R72	R9	R11	R13	KU50	HB60	HB80	others
Nakhon Ratchasima		35				15.7	0.25	0.18	49.3
Ubon Ratchathani		96							4.36
Buri Ram		34							65.8
Si Sa Ket		100							
Maha Sarakham		11				31.7			57.2
Surin	31	42	1.6					13.2	12.9
Chaiyaphum	3	31		1		42.2	1.13	0.69	21.2
Loei	6	4.1		1		23.1			66.3
Udon Thani		1	3.6	27		13.7	13.5	29.6	11.3
Kalasin		19				8.08	12.5	22.9	37.8
Khon Kaen		57	2	16	9.1	13			3.64
Sakon Nakhon						100			
Mukdahan				88					12.5
Kanchanaburi	8	8.5		11	3.1	25.9	26	3.64	13.7
Nakhon Sawan	5	3	10	49	5.1	7.45		1.06	18.8
Lop Buri	0.1	33		1			4.14	1.61	59.6
Uthai Thani	29	11	3.7	5	2.8	3.31	3.91	2.25	39.7
Sa Kaeo	1	22	4.2	2	0.6	27.4	1.17	8.01	34
Chon Buri	8	1.3	38	3	0.1	15.6	2.53	15.3	16.4
Chachoengsao	19	6.5	9.2	2		31.9	0.62	1.03	29.6
Chanthaburi	10	41							48.6
Prachin Buri	1	40	15			35.6			7.45
Kamphaeng Phet	9	0.8	1.1	17	1.1	0.05	2.11	5.11	64
Phetchabun	5	45							50.2
Tak	60	9.2	7.9	3	0.9	6.11	3.13	6.65	2.98
Phitsanulok	2	4.3	0.6			91.1			1.99

*Note : R5: Rayong 5, R72: Rayong 72, R9 : Rayong 9, R11 : Rayong 11, R13: Rayong 64-13, KU50: Kasetsart 50 HB60:

ความนิยมลดลงอย่างมาก เกษตรกรจึงมีการปรับช่วงเวลาปลูก เช่น ปลูกให้ตรงกับฤดูฝน ปลูกช่วงที่มันสำปะหลังจะเจริญเติบโตได้ก่อนเข้าช่วงฤดูหนาว และมีใบพอปกคลุมดินก่อนถึงช่วงฤดูแล้ง พร้อมทั้งจะเติบโตและสะสมน้ำหนักในช่วงฤดูฝน ถัดไปช่วยทำให้ผลผลิตสูงขึ้น รวมทั้งเกษตรกรมีการเปลี่ยนมาปลูกพืชอื่นที่ให้ผลตอบแทนสูงกว่า

ส่วนการเก็บเกี่ยวผลผลิตหัวสด ส่วนใหญ่เก็บเกี่ยวในช่วงมกราคมถึงเมษายน เนื่องจากลานมันเปิด และช่วงเวลาการชำระหนี้ของเกษตรกร เช่น ธกส. ชำระในเดือนมีนาคม ผลผลิตกระจุกตัวในช่วง 3-4 เดือน ยกเว้น จ. ฉะเชิงเทรา และ

ปราจีนบุรี ที่ผลผลิตส่วนใหญ่ออกในช่วงปลายปี (Table 2) โดยเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งหลังการเก็บเกี่ยว เกษตรกรก็จะปลูกมันสำปะหลังต่อทันที เกษตรกรหลายพื้นที่ปลูกแบบเก็บเกี่ยวข้ามปีเพื่อให้มีท่อนพันธุ์แข็งแรงและเพียงพอสำหรับปลูกในฤดูถัดไป จากสภาวะแห้งแล้งฝนทิ้งช่วง และปลูกแล้วฝนไม่ตก กลุ่มนี้จะตัดต้นเพื่อใช้เป็นท่อนพันธุ์สำหรับปลูกในช่วงต้นปีหลังฝนตก แล้วปล่อยให้แตกกิ่งและเก็บเกี่ยวในช่วงปลายปีของปีถัดไป อย่างไรก็ตาม ทั้งช่วงปลูกและเก็บเกี่ยวเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก รวมระยะเวลาปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 10.4 เดือน ต่ำสุด 5 เดือน สูงสุด 19 เดือน

Table 2 Percentage of cassava growing area in each month of growing and harvesting

Province	Growing period (month of the year)												Harvesting period (month of the year)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nakhon Ratchasima	2	7	20	24	21	9	8		1	4	2	1	7	25	32	9	5	1	13	1	2	3	1	3
Ubon Ratchathani	2	2	11	26	48	5	1	1		2	2		6	43	26	11		1	1			3	6	4
Buri Ram	2	2	17	14	35	14			2	3	2	8	3	4	13	21	0	4	3	16	1	4	25	6
Si Sa Ket			10	34	49	7							30	19	29	15								6
Maha Sarakham		10		4	4	4		8	8	29	14	21	4		4	10		7	23	30	18			4
Surin			21	23	31	18				6			10	33	21	2	15				3	3		12
Chaiyaphum	0	12	14	14	12	11	7	0	3	14	5	6	14	25	17	7	6	1		3	5	13	4	6
Loei	1	4	14	29	30	17	6						12	28	23	22	12	1				1	1	1
Udon Thani	2	22	33	13	16	3	5	0		1	1	3	23	17	30	8	1	0	0	1	9	0	4	6
Kalasin	3	11	34	18		6		1		10	9	7	6	28	25	10		1				17	10	4
Khon Kaen	5	11	19	20	15	12	10			3	3	3	13	25	41	6		1			2		5	8
Sakon Nakhon		7	29	14	4	2	2	2	2	11	17	8	6	28	9	4	2	7			2	18	12	10
Mukdahan		1	36	33	5	11	8		2		4		6	2	51	7	16		2		5	7	4	
Kanchanaburi	19	8	19	18	13	8	0	3			4	7	19	19	30	16	1		2	0		4	4	4
Nakhon Sawan		3	34	21	17	9	14					2	5	12	23	2	2					21	35	
Lop Buri		11	10	29	32	14						4	16	34	24	5						5	16	
Uthai Thani	12	15	13	5	17					7	18	14	11	19	21	6	8	3	2			5	12	13
Sa Kaeo	3	17	27	23	17	4		2		1	1	5	3	35	7	15	2	2		1	5	5	0	26
Chon Buri	8	21	36	12	7	0					15	1	9	15	8	6	0	14		2	8	0	11	27
Chachoengsao		9	39	8	2	2	1	1		4	7	28	3	27	24	3	2	1		0	1	17	17	7
Chanthaburi		13	30	28	27		3						14	34	16	2	9	9						16
Prachin Buri	0	6		7	22	4	15	1	0	0	19	26	15	28	6			4	0		1		44	3
Kamphaeng Phet	0	1	15	14	19	37	5	4		1	2	2	2	18	35	14	3				2	2	17	8
Phetchabun		8	15	11	18	40	8						1	40	37	2							12	8
Tak	1				37	30	24		2	6			12	5	4	23	14	13				1	25	2
Phitsanulok	8	8	5	1	15	30	4			1	17	11	17	2	50	18	1							13

period at 26 cassava plantation provinces during 2017/18 - 2020/21

การใช้ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

การใช้ปุ๋ยของเกษตรกรทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ทำตามวิธีการของตนเองที่เคยปฏิบัติมา อาจมีการเปลี่ยนแปลงบ้างขึ้นอยู่กับต้นทุนและราคาผลผลิต การใช้ปุ๋ยจะเริ่มตั้งแต่การเตรียมดินโดยการใส่อินทรีย์วัตถุ เช่น กากตะกอนจากโรงงาน ชี้เถ้า ชี้ไก่เกลบ การใส่ปุ๋ยรองกันหลุมพร้อมปลูกด้วยเครื่องปลูก บางรายรอใส่ช่วง 1-3 เดือนหลังปลูก เพื่อให้แน่ใจว่ามันสำปะหลังตั้งตัวได้แล้ว และใส่อีกครั้งช่วง 4-6 เดือนหลังปลูก การใช้ปุ๋ยแต่ละรายมีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด เช่น ใช้เพียงวัสดุอินทรีย์ปรับปรุงดิน ใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ใช้วัสดุอินทรีย์ร่วมกับการใช้

ปุ๋ยเคมี หรือผสมปุ๋ยเคมีใช้เอง มีการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบเสริม จากการคำนวณการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรเมื่อคิดเป็นเนื้อปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า ภาคตะวันออกใช้ปุ๋ยเฉลี่ยสูงสุด 10.7 กก.N/ไร่ รองมาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ใช้ปุ๋ยเฉลี่ย 7.2 กก.N/ไร่ ส่วนภาคอื่น ๆ การใช้ปุ๋ยใกล้เคียงกัน (Table 3) จ. ชลบุรี มีการใช้ปุ๋ยสูงสุด 13.6 กก.N/ไร่ ส่วนขณะที่ จ.ตาก มีการใช้ปุ๋ยมต่ำสุดเฉลี่ย 1.8 กก.N/ไร่ ตลอดช่วง 4 ปีการเพาะปลูก การใช้ปุ๋ยของเกษตรกรมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ อาจมีสาเหตุมาจากการตกของฝนที่น้อยลง รายได้และผลผลิตที่เกษตรกรได้รับลดลง

การสำรวจผลผลิตมันสำปะหลังในปีการผลิต 2560/61-2563/64 พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง มันสำปะหลังให้ผลผลิตเฉลี่ย

4.0 ตัน/ไร่ โดย จ. ศรีสะเกษ ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 4.6 ตัน/ไร่ ในขณะที่ จ. สุรินทร์ ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 3.2 ตัน/ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 5.0 ตัน/ไร่ โดย จ. อุตรดิตถ์ ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 6.5 ตัน/ไร่ ในขณะที่ จ. มุกดาหาร ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 4.2 ตัน/ไร่ ภาคกลาง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3.9 ตัน/ไร่ โดย จ. ลพบุรี ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 4.7 ตัน/ไร่ ในขณะที่ จ. อุทัยธานี ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 3.1 ตัน/ไร่ ภาคตะวันออก ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3.7 ตัน/ไร่ โดย จ. ปราจีนบุรี ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 4.5 ตัน/ไร่ ในขณะที่ จ. ฉะเชิงเทรา และสระแก้ว ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 3.5 ตัน/ไร่ ภาคเหนือ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3.5 ตัน/ไร่ โดย จ. ตาก ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด 4.0 ตัน/ไร่ ในขณะที่ จ. พิษณุโลก ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด 2.9 ตัน/ไร่ (Table 3) รวม 26 จังหวัด ผลผลิตเฉลี่ย 4.1 ตัน/ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด และภาคเหนือให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของมันสำปะหลัง

ในสภาพการปลูกมันสำปะหลังแบบอาศัยน้ำฝน วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของหัวสด 1 ตัน เมื่อแบ่งตามภูมิภาค พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง จ. สุรินทร์ มีค่า WF สูงสุด 346 ลบ.ม./ตัน ในขณะที่ จ. ศรีสะเกษ มีค่าต่ำสุด 222 ลบ.ม./ตัน โดยมีค่าเฉลี่ยของภาค 288 ลบ.ม./ตัน แยกเป็นกรีน และเกรย์ 245 และ 43 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ เนื่องจาก ปลูกแบบอาศัยน้ำฝน จึงไม่มีค่า WF_{blue} (Table 3) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน จ. ชัยภูมิ มีค่า WF สูงสุด 238 ลบ.ม./ตัน จ. อุตรดิตถ์ มีค่าต่ำสุดที่ 138 ลบ.ม./ตัน โดยมีค่าเฉลี่ยของภาค 196 ลบ.ม./ตัน แยกเป็นกรีน และเกรย์ 168 และ 28 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ ขณะที่การปลูกมันสำปะหลังของภาคกลาง พบว่า จ. อุทัยธานี มีค่า WF สูงสุด 402 ลบ.ม./ตัน จ. ลพบุรี มีค่าต่ำสุดที่ 193 ลบ.ม./ตัน โดยมีค่าเฉลี่ยของภาคกลาง 304 ลบ.ม./ตัน แยกเป็นกรีน และเกรย์ 262 และ 42 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ ภาคตะวันออก จ. ฉะเชิงเทรา

มีค่าสูงสุด 343 ลบ.ม./ตัน ขณะที่ จ. จันทบุรีมีค่าต่ำสุดที่ 220 ลบ.ม./ตัน โดยค่าเฉลี่ยของภาคตะวันออก 308 ลบ.ม./ตัน แยกเป็นกรีน และเกรย์ 236 และ 72 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ สำหรับภาคเหนือ จ. พิษณุโลก มีค่า WF สูงสุด 373 ลบ.ม./ตัน ขณะที่ จ. ตาก มีค่าต่ำสุดที่ 226 ลบ.ม./ตัน โดยค่าเฉลี่ยของภาคเหนือ 272 ลบ.ม./ตัน แยกเป็นกรีน และเกรย์ 230 และ 42 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ เมื่อคำนวณค่า WF ของการปลูกมันสำปะหลัง รวมทั้ง 26 จังหวัด มีค่าเฉลี่ย 268 ลบ.ม./ตัน หัวสด แยกเป็นกรีน และเกรย์ 226 และ 42 ลบ.ม./ตัน ตามลำดับ ค่า WF สูงสุดที่ จ. อุทัยธานี 402 ลบ.ม./ตัน หัวสด ต่ำสุดที่ จ. อุตรดิตถ์ 138 ลบ.ม./ตัน หัวสด (Table 3)

ส่วนการปลูกมันสำปะหลังแบบให้น้ำเสริมเมื่อแยกวิเคราะห์ พบว่า จ. อุบลราชธานี มีการให้น้ำเสริมผลผลิตไม่ได้สูงชันมากนัก บางแปลงเน่า เนื่องจากช่วงฝนที่มากเกินไปทำให้ผลผลิตต่ำ ส่งผลให้ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สูงมากถึง 707 ลบ.ม./ตัน และมีค่าบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 181 ลบ.ม./ตัน ขณะที่ จ. ชัยภูมิ มีการให้น้ำเสริมในช่วงแล้ง และได้ผลผลิตสูงชัน ทำให้มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 315 ลบ.ม./ตัน ซึ่งสูงกว่าการปลูกแบบอาศัยน้ำฝน และมีค่าบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 118 ลบ.ม./ตัน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่า วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางบวกกับปริมาณการใช้ปุ๋ย แต่ตรงข้ามกับผลผลิต ช่วงเดือนเก็บเกี่ยวที่ล่าช้าออกไป อายุเก็บเกี่ยวและปีการเพาะปลูก มีแนวโน้มทำให้วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สูงขึ้น และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่มันสำปะหลังกับวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เมื่อจัดกลุ่มข้อมูลตามอายุเก็บเกี่ยว พบว่า การเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนเมษายน ผลผลิตที่ได้มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ต่ำ (Figure 1) สอดคล้องกับการเก็บผลผลิตของเกษตรกรที่จะเก็บผลผลิตในช่วงแล้งก่อนที่ฝนจะตก หากฝนตกจะทำให้ผลผลิตลดลงเนื่องจากการสร้างใบใหม่

Table 3 Fresh root yield, nitrogen application, duration, WF_{green} , WF_{blue} , WF_{grey} and WF of cassava plantation in each province during 2017/18 - 2020/21 growing season

Province	area (rai)	Yield (ton/rai)	Nitrogen (kg.N/rai)	Duration (month)	WF_{green} (m ³ /ton)	WF_{blue} (m ³ /ton)	WF_{grey} (m ³ /ton)	WF (m ³ /ton)
Rainfed		4.1	7.2	10.5	226	0	42	268
Nakhon Ratchasima	1,477,367	4	6.3	11.1	274	0	36	310
Ubon Ratchathani	479,069	3.8	5.7	9.6	213	0	40	253
Buri Ram	255,686	4.1	8.9	9.1	189	0	55	245
Si Sa Ket	156,386	4.6	10.9	9.9	168	0	54	222
Maha Sarakham	139,302	3.5	9.6	9.3	222	0	60	282
Surin	115,881	3.2	12.6	9.8	261	0	85	346
<i>lower northeast region</i>		<i>4</i>	<i>7.2</i>	<i>10.4</i>	<i>245</i>	<i>0</i>	<i>43</i>	<i>288</i>
Chaiyaphum	632,590	4.6	5.4	10.5	212	0	25	238
Loei	318,354	4.7	8.1	10.5	151	0	39	189
Udon Thani	265,041	6.5	6.6	10.5	116	0	22	138
Kalasin	254,038	5	6.4	11.3	142	0	28	170
Khon Kaen	233,930	5.2	6.8	10.6	151	0	26	177
Sakon Nakhon	116,118	4.5	6.2	11.3	155	0	29	183
Mukdahan	140,109	4.2	6.1	9.9	190	0	34	224
<i>upper northeast region</i>		<i>5</i>	<i>6.4</i>	<i>10.6</i>	<i>168</i>	<i>0</i>	<i>28</i>	<i>196</i>
Kanchanaburi	481,424	4.1	4	11.2	268	0	27	295
Nakhon Sawan	373,356	3.3	8.6	9.6	304	0	59	364
Lop Buri	303,450	4.7	6.3	9.9	166	0	27	193
Uthai Thani	160,345	3.1	9.4	11.2	328	0	74	402
<i>central region</i>		<i>3.9</i>	<i>6.5</i>	<i>10.4</i>	<i>262</i>	<i>0</i>	<i>42</i>	<i>304</i>
Sa Kaeo	376,058	3.5	9.4	10.1	245	0	79	324
Chon Buri	150,932	3.8	13.6	11.2	222	0	72	294
Chachoengsao	220,555	3.5	12.5	10.8	258	0	85	343
Chanthaburi	54,612	4.3	3.7	10.1	190	0	30	220
Prachin Buri	119,275	4.5	11.1	9.5	202	0	47	249
<i>east region</i>		<i>3.7</i>	<i>10.7</i>	<i>10.4</i>	<i>236</i>	<i>0</i>	<i>72</i>	<i>308</i>
Kamphaeng Phet	684,357	3.7	6.3	11.0	205	0	37	242
Phetchabun	215,016	3.1	7.2	9.4	260	0	55	315
Tak	135,710	4	1.8	10.6	217	0	9	226
Phitsanulok	164,960	2.9	8.7	11.3	302	0	71	373
<i>north region</i>		<i>3.5</i>	<i>6.3</i>	<i>10.7</i>	<i>230</i>	<i>0</i>	<i>42</i>	<i>272</i>
Irrigation					267	135	19	420
Ubon Ratchathani		3	5.9	9.0	462	181	64	707
Chaiyaphum		4.5	0.5	11.0	195	118	2	315

การให้ผลผลิตของมันสำปะหลังเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับการตกของฝน กำหนดการเริ่มต้นฤดูปลูก ช่วงระยะเวลาที่มันสำปะหลังเติบโตที่สอดคล้องกับระยะเวลาการสะสมน้ำในหัว ปี พ.ศ. 2560 ปริมาณน้ำฝนรวมสูงในทุกภูมิภาค แล้วลด

ลงต่ำสุดในปี พ.ศ. 2562 และเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในปี พ.ศ. 2563 ยกเว้นภาคเหนือที่ปริมาณน้ำฝนรวมปี พ.ศ. 2563 ไม่แตกต่างจากปี พ.ศ. 2562 กระทั่งต่อการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรทำให้พื้นที่ปลูก ผลผลิต และการใช้พันธุ์

มันสำปะหลังของเกษตรกรเปลี่ยนแปลง บางพื้นที่ต้องปลูกหลายครั้ง ผลผลิตจึงมีความแตกต่างกัน โดยมีแนวโน้มลดลง จากช่วงแล้งที่ยาวนานขึ้น ทำให้มีผลต่อค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของมันสำปะหลังที่วิเคราะห์ได้ ผลการศึกษานี้แตกต่างจากรายงานของ ชินาธิปกรณ และธำรงรัตน์ (2554) สานิตย์ดา

และคณะ (2555) และ Kongboon and Sampattagul (2012) เนื่องจากความแตกต่างของข้อมูลที่ใช้จากการศึกษาการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรในพื้นที่ทำให้เห็นความแตกต่างทั้งเรื่องของเวลาปลูกอายุเก็บเกี่ยว การใช้ปุ๋ย ผลผลิต ซึ่งส่งผลต่อขนาดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์

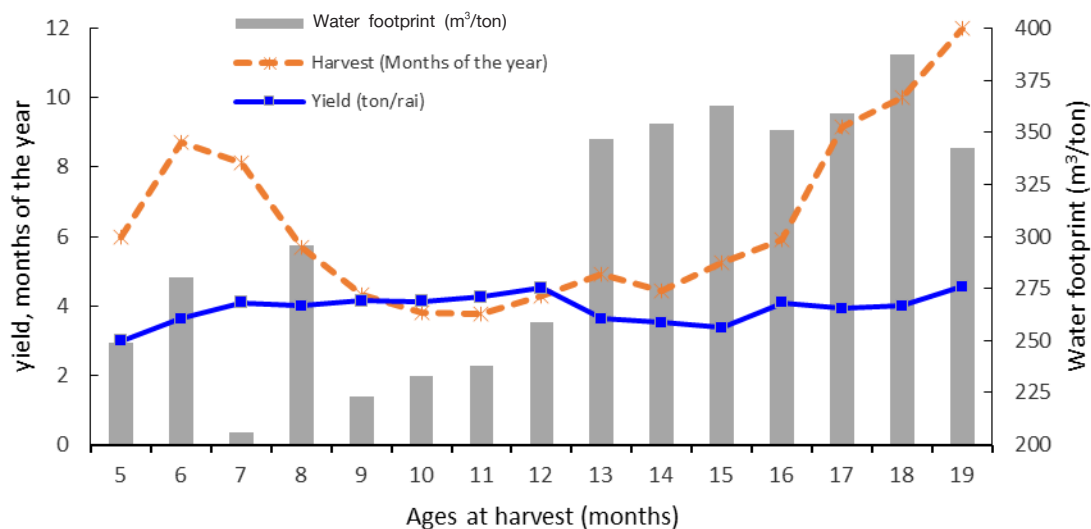


Figure 1 Water footprint and yield of cassava at various times of harvest

อย่างไรก็ตาม การประมาณผลการใช้มีหลายวิธี จากการศึกษาของ Pongpinyopap and Mungcharoen (2012) กล่าวถึงการประมาณด้วยวิธี USDA-SCS ว่า ทำให้ค่ากรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ที่ได้ต่ำกว่าการประมาณด้วยวิธี soil water balance ซึ่งจะมีผลกระทบทำให้ค่าบลูวอเตอร์สูงกว่าความเป็นจริงได้ และอาจเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ผลการศึกษาก่อนหน้าแตกต่างจากผลการศึกษารุ่นนี้ การปลูกมันสำปะหลังที่อาศัยน้ำฝนใช้การประมาณจากปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช ซึ่งใช้วิธี A-pan ซึ่งน่าจะให้ค่าการคายระเหยของพืชได้ใกล้เคียงในแต่ละพื้นที่ โดยปัจจุบันมีค่าการตรวจวัดนี้ในสถานีอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศ มันสำปะหลังที่ปลูกแบบอาศัยน้ำฝนจึงไม่มีค่าบลูวอเตอร์ ทำนองเดียวกับ อนาคตยา และคณะ (2557) และ ทิพย์ปภา และคณะ (2556)

ที่รายงานไว้ว่า ช่วงระยะเวลาการปลูกมันสำปะหลังก็มีส่วนสำคัญ ซึ่งการประมาณค่าจากข้อมูลมือสองมักใช้อายุเก็บเกี่ยวที่ 12 เดือนเป็นหลัก แต่ในความเป็นจริงเกษตรกรเก็บเกี่ยวที่อายุหลากหลายตั้งแต่ 5 - 19 เดือน โดยเฉลี่ย 10.4 เดือน ซึ่งต่ำกว่าการประมาณของผู้ที่เคยรายงานก่อนหน้านี้ การปลูกและเก็บเกี่ยวอายุน้อยส่วนใหญ่ใช้พันธุ์ที่สะสมน้ำหนักเร็ว ส่วนที่เก็บข้ามปีจะใช้ประโยชน์จากการมีท่อนพันธุ์ไว้ปลูกในฤดูฝนที่จะมาถึง และปล่อยให้ต้นแตกกิ่งใหม่สะสมน้ำหนักเพิ่มอีกประมาณเท่าตัว ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน เนื่องจากไม่ต้องปลูกหรือใส่ปุ๋ยเพิ่มอีก ทั้งอัตราการใส่ปุ๋ยของเกษตรกรต่ำกว่าคำแนะนำและค่า K ที่มักใช้ของ FAO ซึ่งมีเพียง 3 ระดับตามการเจริญเติบโต และน้ำซึ่งเคยเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มผลผลิต แต่เกษตรกรน้อยคนที่

ประสบความสำเร็จในการใช้น้ำเพิ่มผลผลิต เช่น ถ้าต้องการให้น้ำมันสำปะหลัง ควรให้ในช่วงแล้ง โดยให้น้ำ 45 มม./เดือน โดยแบ่งให้ 2 ครั้ง ทำให้ผลผลิตสูง ดัชนีเก็บเกี่ยวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (นพสุล และคณะ, 2550) ดังนั้น การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการปลูกมันสำปะหลัง ควรพิจารณาจากพื้นที่ปลูก พันธุ์ วิธีการปลูก ลักษณะสมบัติของดิน รวมถึงปริมาณปุ๋ยที่ใช้ โดยผลผลิตที่สูงขึ้นสามารถลดขนาดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ได้ ช่วงระยะเวลาปลูกมีผลให้ขนาดวอเตอร์ฟุตพริ้นท์แตกต่างกันแม้จะปลูกในพื้นที่เดียวกัน การปลูกในช่วงปลายฝนจะมีปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอต่อความต้องการของมันสำปะหลัง หลีกเลี่ยงการปลูกในช่วงมิถุนายนหรือเวลาที่จะทำให้ช่วงปลูกสั้นไม่เพียงพอต่อการสะสมน้ำหนักราก เพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำฝนที่ตกลงมา ลดความเสี่ยงจากการขาดน้ำ ในช่วงวิกฤติของการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่มีความต้องการน้ำมาก และรักษาความชื้นให้คงอยู่ในดินได้มากและยาวนาน การให้ปุ๋ยตามความต้องการของพืชในช่วงเวลาและปริมาณที่เหมาะสมช่วยลดปริมาณการให้ปุ๋ยได้ รวมทั้งการใช้ท่อนพันธุ์สะอาด ในการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ปริมาณน้ำส่วนใหญ่ของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์อยู่ในภาคเกษตร ดังนั้น การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำหรือการลดขนาดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จะต้องเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในภาคการเกษตรเป็นสำคัญ

สรุปผลการทดลอง

การปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกแบบอาศัยน้ำฝน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนนิยมปลูกพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 รองลงมาได้แก่ ระยะเวลา 72 แต่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างนิยมปลูก ระยะเวลา 72 มากกว่า ภาคกลางนิยมปลูกพันธุ์ระยะ 5 รองลงมาเป็นเกษตรศาสตร์ 50 ภาคตะวันออกนิยมปลูกเกษตรศาสตร์ 50 รองลงมาได้แก่ ระยะเวลา 9 ส่วนภาคเหนือตอนล่างปลูกพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 รองลงมา คือ ระยะเวลา 11

ส่วนใหญ่ปลูกช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ภาคตะวันออกปลูกได้เร็วกว่า ขณะที่ภาคเหนือการปลูกล่าช้ากว่า ระยะเวลาปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 10.4 เดือนต่ำสุด 5 เดือน สูงสุด 19 เดือน ภาคตะวันออกเกษตรกรใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเฉลี่ยสูงสุด 10.7 กก./ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 4.1 ตัน/ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนให้ผลผลิตมันสำปะหลังหัวสดเฉลี่ยสูงสุด และภาคเหนือ ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด เฉลี่ยทุกภาคมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 268 ลบ.ม./ตันหัวสด แยกเป็นค่ากรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 226 ลบ.ม./ตันหัวสด และค่าเกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เฉลี่ย 42 ลบ.ม./ตันหัวสด วอเตอร์ฟุตพริ้นท์เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในการผลิตสินค้า และผลิตภัณฑ์ ซึ่งปริมาณน้ำส่วนใหญ่ติดมากับภาคเกษตร ดังนั้น การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ หรือการลดขนาดของวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ จะต้องเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในภาคการเกษตร โดยการจัดช่วงเวลาปลูกและจัดการดินให้เหมาะสม เพื่อที่จะใช้ประโยชน์จากน้ำฝนได้มากและยาวนานตลอดจนการให้ปุ๋ยตามความต้องการของพืช ในช่วงเวลาและปริมาณที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- ชัยวัฒน์ ไชวเจริญสุข. 2563. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม 2563-2565 : มันสำปะหลัง. แหล่งข้อมูล : <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/agriculture/cassava/IO/io-cassava-20>. สืบค้น : 2 กุมภาพันธ์ 2565.
- ชินาธิปกรณ พงศ์ภิญโญภาพ และ อัครรัตน์ มุ่งเจริญ. 2554. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในประเทศไทย. *วิศวกรรมสาร มก.* 24(75): 41-52.
- ทิพย์ภา สุขุมลชาติ อติชัย พรพรหมินทร์ และสุรัช ลิขิตพัฒนาการ. 2556. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย. *วิศวกรรมสาร มช.* 40(1): 67-78

- นพคุณ สมุทรทอง เอ็จ สโรบล วิจารณ์ วิชชกิจ และ
สุเทพ ทองแพ. 2550. ผลของปริมาณและอัตรา
การให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต
ของมันสำปะหลัง. หน้า 75-82. ใน : เรื่องเติม
การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 สาขาพืช. กรุงเทพฯ.
- ปัญญา ขวัญยืน ปรีวัตร น้ำค้าง วิลลิก ภูทองสุข และ ศุภกิจ
ตันวิบูลย์ศักดิ์. 2553. การศึกษาหาสัมประสิทธิ์
การใช้น้ำของมันสำปะหลัง. มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
หน้า 274-281. ใน: การประชุมวิชาการนานาชาติ
สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11.
นครปฐม.
- ประกาศศรี จงประดิษฐ์นันท์ ประพิศ แสงทอง จิรพงษ์
ประสิทธิ์เชตร สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์ ศุภกาญจน์
ล้วนมณี ละแย้ม เกื้อหนูณ สรตนา เสนาะ วนิดา
โนบรเทศา ลาวัลย์ จันทรอัมพร พัชรินทร์ นามวงษ์
และอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์. 2548. *วัสดุอินทรีย์
และปุ๋ยคอกในพื้นที่ทำการเกษตร*. ชุมชนเกษตร
การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 216 หน้า.
- วลัยพร ศะศิประภา จิณณจารย์ หาญเศรษฐสุข กุสุมา
รอดแผ้วพาล ปฐมพงษ์ วงศ์สุวรรณ ตรีณี เพ็งฤกษ์
เสาวรี บำรุง วารีย์ เวรวรรณ สายน้ำ อุดพวย และ
อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์. 2561. การวิเคราะห์
วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของมันสำปะหลังที่มีการจัดการ
น้ำแตกต่างกัน. *วิชาการเกษตร*. 36(2): 173-185.
- सानิตย์ดา เตียวต้อย ชลิตา สุวรรณ และธณัฐยศ สมใจ.
2555. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของอ้อยและมันสำปะหลัง
สำหรับการผลิตเอทานอลในภาคตะวันออกเฉียง
ประเทศไทย. *ว. สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*. 18(1): 68-75.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. มันสำปะหลัง
โรงงาน. แหล่งข้อมูล : <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/les/production/eldcrop/casava/2-59.pdf>. สืบค้น : 4 กุมภาพันธ์ 2560.
- อนันตยา บุญฮวด นาฏสุดา ภูมิจำนงค์ และอัจฉรา
อัครจุฑิลชัย. 2557. การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์
ของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังพื้นที่
จังหวัดลพบุรี ประเทศไทย. หน้า 392-397. แหล่ง
ข้อมูล: <http://gsbooks.gs.kku.ac.th/57/grc15/les/pmo19.pdf>. สืบค้น : 12 กันยายน 2558.
- Babel, M.S. B. Shrestha and S.R Perret. 2011.
Hydrological impact of biofuel production:
A case study of the Khlong Phlo Watershed
in Thailand. *Agricultural Water Management*.
101(1): 8-26.
- Hoekstra, A.Y., A.K. Chapagain, M.M. Aldaya and
M.M. Mekonnen. 2011. *The Water Footprint
Assessment Manual*. Earthscan, UK. 203 p.
- Kaenchan, P. and S.H. Gheewala. 2013. A Review
of the Water Footprint of Biofuel Crop
Production in Thailand. *J. Sustainable Energy
and Environment*. 4: 45-52.
- Kongboon, R. and S. Sampattagul. 2012. The
water footprint of sugarcane and cassava
in northern Thailand. *Procedia Soc. Behav.
Sci*. 40: 451-460.
- Mekonnen, M.M. and A.Y. Hoekstra. 2011. The
green, blue and grey water footprint of
crops and derived crop products. *Hydrol.
Earth Syst. Sci*. 15: 1577-1600.
- Namchanchaoen, T., S. Papong, P. Malakul and
T. Mungcharoen. 2015. The carbon and
water footprint assessment of cassava-
based bioethanol production in Thailand.
page. 13-18. *In: International Conference
on Biological, Environment and Food
Engineering (BEFE-2015) May 15-16, 2015
Singapore*.
- Pongpinyopap S. and T. Mungcharoen. 2012.
Comparative study of green water footprint
estimation methods for Thailand: A case
study of cassava-based ethanol. *Environ.
Nat. Resour*. 10(2): 66-72.
- Richard, G.A., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith.
1998. *Crop evapotranspiration - Guidelines
for computing crop water requirements
FAO Irrigation and drainage*. paper 56. Food
and Agriculture Organization of the United
Nations, Rome. 300 p.