DOI: 10.14456/jem.2023.9

บทความวิจัย / Research

02

ผลการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าในแปลงปลูกพืชใช้น้ำน้อยตามแนวทาง HUGELKULTUR และ เศรษฐกิจหมุนเวียน ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี

EFFECTS OF WATERING ON GROWTH AND YIELD OF KALE IN LOW WATER USE PLOTS ACCORDING TO HUGELKULTUR METHOD AND CIRCULAR ECONOMY IN UBON RATCHATHANI PROVINCE

วัฒนาชัย มาลัย [a,✉]
[a]คณะบริหารการพัฒนาสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

Wattanachai malai [a,✉]

[a]Graduate School of Environment Development Administration
National Institute of Development Administration

✉wattmalai@gmail.com

วันที่รับ (received) 17 ก.ค.2566 วันที่แก้ไขเสร็จ (revised) 9 พ.ย 2566 วันที่ตอบรับ (accepted) 23 พ.ย.2566

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า ประเมินค่าวอเตอร์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแปลงปลูกพืชใช้น้ำน้อยและแนวทางในการใช้ประโยชน์ในจังหวัดอุบลราชธานี ด้วยแปลง Hugelkultur โดยเรียงวัสดุปลูก คือ ท่อนไม้ กิ่งไม้ และใบไม้สับ เป็นชั้น ๆ ปิดทับด้วยดินผสมปุ๋ยคอก ในบ่อซีเมนต์ วางแผนการทดลองแบบ CRD ให้น้ำต่างกัน 5 วิธี คือ วิธีที่ 1- 3 ให้น้ำเท่ากัน 2 ครั้ง(เช้า - เย็น) รวม 2 2.5 และ 3 ล./วัน วิธีที่ 4 และ 5 ให้น้ำ 1 ครั้ง 3 ล.(เช้า) และ ให้น้ำ 3 ล.(เย็น) เปรียบเทียบกับแปลงควบคุมให้น้ำ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) รวม 3 ล./วัน พบว่า แปลง Hugelkultur วิธีที่ 1 ให้ผลผลิตน้อยกว่าแปลงควบคุมที่ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ 352.59 ลบ.ม./ตัน ให้ผลผลิต 3.76 ตัน/ไร่ แต่เป็นแปลงที่มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้อยที่สุด ที่ 229.88 ลบ.ม./ตัน ให้ผลผลิตสูง 2.44 ตัน/ไร่ แต่ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำที่สุด 112.34 กก.คาร์บอนเทียบเท่า/กก.ผักคะน้า ใช้วัสดุปลูกเป็นวัสดุหมุนเวียนจำนวน 640 ลบ.ม/ไร่ แปลง Hugelkultur สามารถนำไปใช้ในชนบทและเขตเมือง เพื่อลดการนำวัสดุไปกำจัด โดยการฝั่งกลบหรือเผา ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามแนวทางของเศรษฐกิจหมุนเวียน

คำสำคัญ : แปลงปลูกพืชใช้น้ำน้อย ฮูเกิลคัลเจอร์ อุบลราชธานี วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ คาร์บอนฟุตพริ้นท์

Abstract

Study of the effects of irrigation on the growth and yield of kale. Assessment of water footprint and carbon footprint of low water use crop plots and guidelines for utilization in Ubon Ratchathani Province. Kale was planted in Hugelkultur plots in cement ponds by arranging planting materials, namely logs, branches, and chopped leaves, in layers and covering them with soil mixed with manure. Plan a CRD experiment by giving water in five different ways: Methods 1- 3, giving the same amount of water two times (morning-evening), totaling 2, 2.5, and 3 liters/day (morning-evening); methods 4 and 5, giving water one time 3 liters (morning) and 3 liters (evening). Compared with the control plot, watering two times (morning-evening) for a total of 3 liters/day, it was found that The Hugelkultur plot, method 1, yielded less than the control plot at 352.59 m3/ton yield of 3.76 tons/rai, but the plot with the lowest water footprint was 3.76 tons/rai. 229.88 cubic meters/ton yielding 2.44 tons/rai, similar to the control plot with a water footprint of 352.59 cubic meters/ton yielding 3.76 tons/rai, the lowest carbon footprint of 112.34 kg.CO2eq./kg. Kale. The planting material was used as a renewable material in 640 m3/rai. Hugelkultur plots can be used in rural and urban areas. To reduce material disposal by burying or burning. Reduce carbon dioxide emissions and make the most of it according to the circular economy approach.

Keywords : Low water use plot, Hugelkultur, Ubon Ratchathani, Water footprint, Carbon footprint.

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกเป็นประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญระดับโลกและภูมิภาค โดยเกิดจากการสะสมตัวของกลุ่มก๊าซเรือนกระจก จากพฤติกรรม และกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ที่เน้นการบริโภค และการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจจนเกินพอดี ส่งผลให้ในรอบศตวรรษที่ผ่านมา อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกเพิ่มสูงขึ้น ประมาณ 0.85 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการละลายตัวของน้ำแข็งขั้วโลก ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น เกิดภัยพิบัติและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทวีความรุนแรงในหลายพื้นที่ ซึ่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นภูมิภาคหนึ่งที่มีความเสี่ยงในการได้รับผลกระทบดังกล่าว (Sungkharak, Rattanaphan, Petchrak & Kittipongwiset, 2020)

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน โดยเฉพาะภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 354,357.61 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (KtCO2eq) ในขณะที่ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกดูดซับอยู่ที่ 91,134.15 KtCO2eq โดยภาคพลังงานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ร้อยละ 71.65 ภาคอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ร้อยละ 8.89 ภาคเกษตรร้อยละ 14.72 และภาคของเสียร้อยละ 4.73 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (MNRE, 2020) ทำให้การทำการเกษตรโดยเฉพาะการปลูกพืชไม่ได้ผล นอกจากนี้ยังต้องใช้ทรัพยากรน้ำมากขึ้น ในขณะที่น้ำต้นทุนลดลง โดยระดับน้ำในเขื่อน ณ วันที่ 30 มิถุนายน 2563 ที่มีปริมาตรน้ำใช้การได้ในเขื่อนทั้งประเทศ 8,432 ล้านลูกบาศก์เมตร น้อยกว่าปีพ.ศ. 2562 จำนวน 5,451 ล้านลูกบาศก์เมตร ทำให้สถานการณ์ภัยแล้งในปีพ.ศ. 2563 มีความรุนแรงมากกว่าปีพ.ศ. 2562 จนกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรที่จะเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูแล้ง (NABC, 2020)

จังหวัดอุบลราชธานี มีพื้นที่ทั้งหมด 10.07 ล้านไร่ แบ่งการปกครองออกเป็น 25 อำเภอ 216 ตำบล 2,704 หมู่บ้าน มีประชากรทั้งสิ้น จำนวน 1,868,519 คน (OPSMOAC, 2022) เป็นจังหวัดหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์ดังกล่าว โดยในปีพ.ศ. 2563 มีพื้นที่ประสบภัยแล้งซ้ำซาก มากกว่า 3 ครั้ง ในรอบ 10 ปี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งจังหวัด 215 ตำบล ใน 25 อำเภอ (LDD, 2020) และในปี พ.ศ. 2564 มีพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งทั้งหมด 325,837 ไร่ จำแนกเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยน้อย เท่ากับ 79,842 ไร่ เสี่ยงภัยปานกลาง เท่ากับ 73,270 ไร่ และเสี่ยงภัยสูงเท่ากับ 172,725 ไร่ (LDD, 2021) จังหวัดอุบลราชธานี เป็นพื้นที่เพื่อการเกษตรจำนวน 5.89 ล้านไร่ แบ่งเป็นพื้นที่เพื่อการทำนา 4.21 ล้านไร่ พื้นที่ทำไร่ 0.68 ล้านไร่ พื้นที่ไม้ผลไม้ยืนต้น 0.50 ล้านไร่ ซึ่งในการจัดการพื้นที่หรือแปลงปลูกจะต้องมีการตัดแต่งกิ่ง ตลอดจนการโค่นเพื่อปลูกใหม่เมื่อหมดอายุหรือให้ผลผลิตน้อยทำให้มีกิ่งไม้ซึ่งจัดเป็นขยะอินทรีย์เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ที่ต้องถูกกำจัดทิ้งโดยการเผาการฝังกลบตลอดจนทิ้งไว้ในแปลงให้ย่อยสลายไปตามธรรมชาติ กลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์โรคที่อยู่อาศัยของพาหะนำโรคและศัตรูพืชต่าง ๆ รวมถึงเป็นเชื้อไฟในฤดูแล้งจนทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ในการทำเกษตรยังมีวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่เป็นขยะอินทรีย์เกิดขึ้นมากมาย

การศึกษาของ Tangon (2018) เกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาชุมชน เพื่อเตรียมรับภาวะโลกร้อน โดยแนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงในจังหวัดสระบุรี พบว่า การดำเนินโครงการของชุมชนตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสามารถปฏิบัติได้จริง ซึ่งหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงเป็นหลักในการดำเนินชีวิตที่เน้นปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการดำรงชีวิตโดยยึดหลักทางสายกลาง บริโภคและใช้ทรัพยากรแต่เพียงที่จำเป็นและใช้อย่างคุ้มค่า ทำให้เกิดการบริโภคที่ลดลง นำไปสู่การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงด้วยเช่นกัน

นอกจากแนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงแล้ว ปัจจุบันได้มีแนวคิดที่ถูกนำมาใช้ในการส่งเสริมให้มีการดำเนินการเพื่อลดการใช้ทรัพยากรของโลกให้มีประสิทธิภาพอีกแนวทาง คือ แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน หรือ Circular Economy เป็นรูปแบบของการผลิตและการบริโภคที่เน้นการนำกลับวัสดุและผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่มา

ใช้ใหม่ การซ่อมแซมและรีไซเคิลวัสดุผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้งานได้นานที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ รูปแบบเศรษฐกิจหมุนเวียนสามารถขยายวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ได้อย่างยาวนาน ซึ่งจะช่วยลดปริมาณของขยะและของเสียที่เกิดขึ้นให้เหลือน้อยที่สุด โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการเกษตร เราสามารถนำหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียนมาใช้ในระบบการทำการเกษตรได้เป็นอย่างดี

การนำแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนมาใช้ในอุตสาหกรรมการเกษตรเน้นการทำให้แร่ธาตุหรือสารอาหารที่สำคัญถูกส่งกลับสู่ดินผ่านกระบวนการหมักหรือการทำปุ๋ยธรรมชาติ โดยทำเช่นนี้จะช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นในการทำการเกษตรบนพื้นที่ดินและระบบนิเวศธรรมชาติ การนำหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียนมาใช้ในการเกษตรทำให้ดินมีสุขภาพดีขึ้นและส่งผลให้เกิดสมดุลที่ดีในระบบนิเวศที่อยู่รอบข้าง (Phromla, 2021) การนำแปลงปลูกพืชแบบคันดิน หรือ Hugelkultur ที่สร้างโดยใช้ซุง ท่อนไม้ กิ่งไม้ ใบไม้ รวมถึงวัสดุอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ เรียงเป็นชั้นๆ แล้วทับด้วยปุ๋ยหมักหรือดินก่อนที่จะทำการปลูกพืชบนแปลงปลูกคันดิน การสร้างแปลง Hugelkultur ครั้งเดียวสามารถใช้งานได้มากกว่า 10 ปี และเมื่อแปลงเกิดการย่อยสลายที่ดีแล้วจะไม่ต้องรดน้ำหรือรดน้ำน้อยมากตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (OPSMOAC, 2018). การนำรูปแบบแปลงปลูกพืชแบบคันดินมาใช้ในการปลูกพืชสามารถช่วยให้พื้นที่ที่มีภาวะแห้งแล้งสามารถปลูกพืชได้ โดยเฉพาะในการปลูกพืชผักสวนครัวที่สามารถสร้างความมั่นคงทางอาหารให้กับครัวเรือน ไม่จำเป็นต้องมีการเตรียมการกักเก็บน้ำหรือมีแหล่งน้ำในการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้ยังสามารถใช้วัสดุอินทรีย์ที่มีอยู่ในสวนหรือบริเวณบ้านเพื่อเพิ่มประโยชน์ ลดการเผาหรือนำไปฝังกลบทำให้ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกไปสู่ชั้นบรรยากาศลดลง หรือใช้เวลาในการปลดปล่อยมากขึ้น และยังเป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าตามแนวคิดของเศรษฐกิจหมุนเวียน เพื่อสร้างรูปแบบการทำแปลงปลูกที่ใช้น้ำน้อยที่สุดและเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชผักสวนครัว ผู้วิจัยได้ศึกษาและพัฒนารูปแบบแปลงปลูกพืชผักที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในจังหวัดอุบลราชธานี และประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นและคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สะสมของแปลงปลูกที่พัฒนาขึ้นเปรียบเทียบกับแปลงปลูกแบบปกติทั่วไป โดยใช้ผักคะน้าเป็นพืชทดลอง ทั้งนี้ ผักคะน้า (Brassica alboglabra L.H. Bailey) เป็นผักสวนครัวมีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย โดยปลูกกันมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ จีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซีย และประเทศไทย นิยมปลูกและบริโภคกันมากทั่วทุกภาคของไทย ส่วนที่ใช้บริโภค คือ ใบและลำต้น สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน ใช้เวลาเก็บเกี่ยวประมาณ 45 – 55 วัน โดยเก็บเกี่ยวที่อายุ 50 – 55 วันจะได้น้ำหนักมากกว่า โดยให้น้ำวันละ 2 ครั้ง เวลาเช้าและเย็น ใช้น้ำตลอดฤดูกาล 300 ลบ.ม./ไร่ (DOAE, 2018) ในช่วงระยะเมล็ดเริ่มงอกห้ามขาดน้ำเด็ดขาด จากการทดลองหาปริมาณน้ำที่เหมาะสมของคะน้าในเดือน ม.ค. - มี.ค. 2558 และ ม.ค. - ก.พ. 2559 ที่อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ของ (Kaewsasaen, Kaewlumyai, Wongsupaluk, Sinturat & Kongkaew, 2015) (Kaewsasaen, Sucharit, Sinturat & Kongkaew, 2016)

พบว่า ที่ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดระเหย (Kp) เท่ากับ 0.9 ให้ผลผลิตสูงสุด ในปีพ.ศ. 2558 ตลอดฤดูปลูกคะน้าได้รับน้ำทั้งสิ้น 200.65 มิลลิเมตร หรือ 321.04 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ น้ำหนักผลผลิต 5.83 ตันต่อไร่ ความสูงของต้น 30.96 เซนติเมตร จำนวนใบต่อต้น 5.95 ใบ ความยาวของราก 12.16 เซนติเมตร น้ำหนักผลผลิตต่อต้น 45.88 กรัม ประสิทธิภาพการใช้น้ำ 18.17 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในปีพ.ศ. 2559 ตลอดฤดูปลูกคะน้าได้รับน้ำทั้งสิ้น 195.04 มิลลิเมตรหรือ 312.06 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ น้ำหนักผลผลิตสูงที่สุด 6.48 ตันต่อไร่ โดยมีความสูงของต้น 34.13 เซนติเมตร จำนวนใบต่อต้น 6.44 ใบ ความยาวของราก 9.51 เซนติเมตร น้ำหนักผลผลิตต่อต้น 92.58 กรัม ประสิทธิภาพการใช้น้ำ 20.76 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ในการศึกษานี้ได้ศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นคะน้า เนื่องจาก คะน้า เป็นผักอีกชนิดหนึ่งที่นิยมปลูกในประเทศไทย เนื่องจากเป็นผักที่นิยมรับประทานและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือ มีวิตามินเอและวิตามินซี สูงกว่าผักชนิดอื่น ๆ และพลังงานถึง 53 กิโลแคลอรีต่อคะน้า (100 กรัม) (Salukukhe & Kadam, 1998) ส่วนใช้บริโภค คือ ใบและลำต้น คะน้ามีคุณประโยชน์ช่วยในการระบายท้อง เพราะคะน้ามีเส้นใยมาก ช่วยในเรื่องการขับถ่าย ทั้งยังมีคุณสมบัติลดคลอเรสเตอรอล บำรุงผิวพรรณ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบัน

ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้เลือกคะน้าเป็นพืชในการทดลองรูปแบบแปลงปลูกพืชและการใช้น้ำที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ผลของการศึกษาจะได้รูปแบบแปลงปลูกพืชใช้น้ำน้อยที่เหมาะสมในการส่งเสริมและขยายผลให้มีการนำแปลงปลูกพืชใช้น้ำน้อยไปใช้ในพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในพื้นที่ต่าง ๆ รวมถึงการส่งเสริมให้มีการนำกิ่งไม้ ใบไม้ หรือวัสดุทางการเกษตรที่ต้องกำจัดทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้ง ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการผลิต และใช้ประโยชน์วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าตามแนวทางของเศรษฐกิจหมุนเวียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาผลของการให้น้ำต่อการการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชในแปลงปลูกใช้น้ำน้อย โดยใช้แนวทาง hugelkultur เป็นองค์ประกอบ
2. เพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแปลงต้นแบบการปลูกพืชใช้น้ำน้อย
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางการประยุกต์ใช้ต้นแบบการปลูกพืชใช้น้ำน้อยและการขยายผลสู่พื้นที่ที่เสี่ยงภัยแล้ง ในจังหวัดอุบลราชธานี ตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจพอเพียง

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experiment research) โดยมีแปลงทดลองเพื่อศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) และ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint) ของคะน้าในแต่ละแปลงทดลอง รายละเอียดประกอบด้วย การเตรียมแปลงปลูก การเตรียมพืชทดลอง การทดสอบแปลงปลูกพืชผักใช้น้ำน้อย การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint) การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint) รายละเอียด ดังนี้

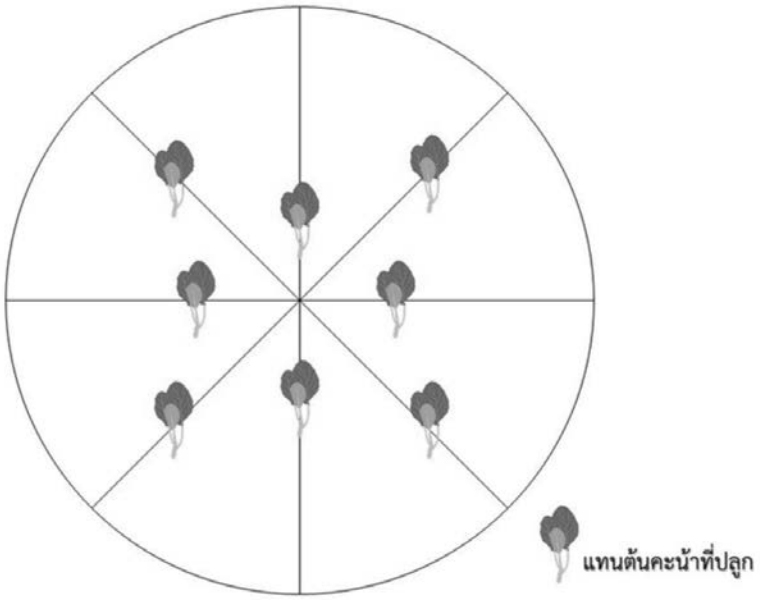
1. การเตรียมแปลงปลูก

เตรียมแปลงปลูกผักคะน้า ภายใต้โรงเรือนที่มีหลังคาคลุมด้วยพลาสติกใส ที่บ้านทุ่งเดิ่น ตำบลธาตุ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ในเดือน ก.พ. - พ.ค. 2563 โดยใช้บ่อซีเมนต์วงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซม. สูง 50 ซม. คิดเป็นพื้นที่ปลูก 0.5 ตร.ม. รองพื้นด้วยแผ่นไวนิล เรียงท่อนไม้ขนาดใหญ่ (เส้นผ่านศูนย์กลาง มากกว่า 10 ซม.ยาวประมาณ 15 ซม.) วางในแนวตั้ง หนา 15 ซม. เป็นชั้นแรก เรียงไม้ขนาดกลาง (เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 - 10 ซม. ยาว 10 ซม.) ไว้ชั้นที่สอง กิ่งไม้ขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 5 ซม.) และใบไม้สับให้มีขนาดประมาณ 1 ซม. เป็นชั้นที่ 3 ปิดทับด้วยดินผสมปุ๋ยคอก ในอัตราส่วน 4:1 คลุกเคล้าให้เข้ากัน หนา 10 ซม.แล้วคลุมด้วยฟางข้าวหนา 5 ซม. เปรียบเทียบกับแปลงควบคุมที่เตรียมโดยใช้ดินผสมปุ๋ยคอก อัตราส่วน 4 : 1 เตรียมแปลงทดลองชุดทดลองละ 3 ซ้ำ

2. การเตรียมพืชทดลอง (ต้นกล้าคะน้าและคัดเลือกต้นกล้า)

นำเมล็ดคะน้ามาแช่น้ำ 1 ชม. แล้วห่อด้วยผ้า เก็บไว้ในภาชนะปิด 24 ชม.ให้เห็นตุ่มรากแล้วนำไปเพาะในถาดเพาะ ขนาด 48 หลุม ที่เตรียมดินร่วนผสมปุ๋ยคอก ในอัตราส่วน 4:1 หลุมละ 2 - 3 เมล็ดวางไว้ในที่ร่ม รดน้ำให้ชุ่มเช้าเย็น เมื่อผักงอก คัดต้นที่ไม่สมบูรณ์ทิ้งให้เหลือไว้หลุมละ 1 ต้น นำมาผึ่งแดดตอนเช้าวัน

ละ ประมาณ 2 ซม. เป็นเวลา 21 วัน คัดต้นกล้าที่มีขนาดเท่ากันลงปลูกในแปลงปลูกที่ระยะห่างระหว่างต้น 20 ซม. โดยปลูกสลับกัน จำนวน 8 ต้น/แปลง (ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งในการปลูกต้นคะน้า)



ภาพที่ 1: ตำแหน่งการปลูกคะน้าในแต่ละแปลง

3. การทดสอบแปลงปลูกพืชผักใช้น้ำน้อย

3.1 การเตรียมแปลงการทดลอง

เตรียมแปลงปลูกโดยใช้เทคนิคการสร้างแปลงคันดิน (Hügelkultur) ดังนี้ ขนาดแปลงปลูกพืชใช้วงบ่อซีเมนต์เส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร จำนวน 15 แปลง และแปลงควบคุม (TC) ขนาดเดียวกัน จำนวน 6 แปลง รวม 21 แปลง รายละเอียดของแต่ละชุดการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: แสดงรายละเอียดของแต่ละชุดการทดลอง

ชุดทดลอง	ลักษณะแปลง	เวลารดน้ำ	ปริมาณน้ำ
TC	แปลงควบคุม(ปกติ)	เช้า – เย็น	1.50 ลิตร/ครั้ง (3 ลิตร/วัน)
WT1	คันดิน(Hügelkultur)	เช้า – เย็น	1.00 ลิตร/ครั้ง (2 ลิตร/วัน)
WT2	คันดิน(Hügelkultur)	เช้า – เย็น	1.25 ลิตร/ครั้ง (2.5 ลิตร/วัน)
WT3	คันดิน(Hügelkultur)	เช้า – เย็น	1.50 ลิตร/ครั้ง (3 ลิตร/วัน)
WT4	คันดิน(Hügelkultur)	เช้า	3.00 ลิตร/ครั้ง (3 ลิตร/วัน)
WT5	คันดิน(Hügelkultur)	เย็น	3.00 ลิตร/ครั้ง (3 ลิตร/วัน)

3.2 การดูแลรักษา

ดูแลรักษาโดยการรดน้ำ วันละ 1 ถึง 2 ครั้ง/วัน 5 แบบ ดังนี้ ชุดทดลองที่ 1-3 ให้น้ำ 2 ครั้ง ๆ ละ 1 1.25 และ 1.5 ลิตร เช้า-เย็น ชุดทดลองที่ 4 ให้น้ำ 3 ลิตรตอนเช้า และชุดทดลองที่ 5 ให้น้ำ 3 ลิตรตอนเย็น ตลอดระยะการปลูกไม่มีการให้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง ควบคุมวัชพืชและศัตรูพืชด้วยวิธีกลและกำจัดวัชพืชด้วยการถอนวันละครั้ง

3.3 การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักคะน้า ได้แก่ ความสูงลำต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ในวันที่ 14 21 28 35 และ 42 หลังการปลูกและบันทึกข้อมูลผลผลิตน้ำหนักสดเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตในตอนเช้าของวันถัดจากการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตครั้งสุดท้าย โดยข้อมูลที่จดบันทึก ได้แก่ ความสูง ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักต่อต้นของต้นคะน้า

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้วิธีการทางสถิติ รวมถึง ANOVA (Analysis of Variance) วิธี Duncan's Multiple Range test (DRMT) และวิธี Pearson Correlation ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

3. การคำนวณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Water footprint)

คำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกคะน้า ประเภทวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ จากผลรวมของกรีนวอเตอร์ บลูวอเตอร์และเกรย์วอเตอร์ ด้วยสมการที่ (1) (Hoekstra et al., 2011quoted in Kongkasem. 2021)

$$WF\ total = WF\ green + WF\ blue + WF\ grey \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ WF total หมายถึง ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมด

WF green หมายถึง ค่ากรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืช คำนวณ ดังสมการ (2)

$$WFgreen = \frac{CWUgreen}{Y} \quad \text{.....(2)}$$

โดยที่ WFgreen คือ กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

CWUgreen คือ ปริมาณฝนใช้การของพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่)

WF blue หมายถึง ค่าบลูวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืช คำนวณ ดังสมการ (3)

$$WF\ blue = \frac{CWUblue}{Y} \quad \text{.....(3)}$$

โดยที่ WFblue คือ กรีนวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

CWUblue คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตพืชจากแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำชลประทาน (ลูกบาศก์เมตรต่อไร่)

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่)

WF grey หมายถึง เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืช คำนวณ ดังสมการ (4)

$$WF\ grey = \frac{(\alpha XAR)/(cmax - c\ nat)}{Y} \quad \ldots\ldots(4)$$

โดยที่ WFgray คือ เกรย์วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการผลิตพืช (ลูกบาศก์เมตรต่อตัน)

α คือ สัดส่วนการชะล้าง หรือ Leaching-Runoff Fraction

AR คือ อัตราการใช้สารเคมีในพื้นที่เพาะปลูก (กิโลกรัมต่อไร่)

cmax คือ ความเข้มข้นมากที่สุดที่ยอมรับได้ (กิโลกรัมต่อมิลลิเมตร)

cnat คือ ความเข้มข้นของมลพิษตามธรรมชาติ (กิโลกรัมมิลลิเมตร)

Y คือ ปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก (ตันต่อไร่)

4. การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint)

การศึกษานี้ใช้วิธีการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้หลักการประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตตลอดช่วงชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) Institute for Economic, Energy and Environment Development, Chiang Rai Rajabhat University (2015). โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังสมการที่ (5)

$$CFP = \sum Ai \times EFi \quad \ldots\ldots(5)$$

โดย CFP คือ ค่าคาร์บอนฟุตปริ้นท์หรือปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/หน่วยผลิตภัณฑ์)

Ai คือ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน หรือ สารเคมีที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรม (หน่วย/หน่วยผลิตภัณฑ์)

EFi คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) ในแต่ละกิจกรรม (กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/หน่วย)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาแปลงปลูกพืชผักใช้น้ำน้อยที่เหมาะสมสำหรับจังหวัดอุบลราชธานี ผลการทดลอง เป็นดังนี้

1.ผลของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า

1.1 ความสูงของต้นคะน้าหลังย้ายปลูก 14 วันไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีความสูงเฉลี่ยที่ 7.01 -7.82 ซม. โดยต้นคะน้าจะมีความสูงที่แตกต่างกันเป็น 2 กลุ่มในวันที่ 21 หลังย้ายปลูก โดยในแปลง WT2 มีค่ามากที่สุดใกล้เคียงกับแปลง TC WT3 และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ กับแปลง WT1 WT4 และ WT5 ในวันที่ 28 หลังการปลูก แปลง TC มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากที่สุด ที่ 20.57 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแปลงอื่น ๆ และในวันที่ 35 หลังการปลูกแปลง TC ยังคงมีค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแปลง WT1 และ WT3 แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 กับแปลง WT2 WT4 และWT5 และในวันที่ 42 หลังการปลูก ค่าเฉลี่ยความสูงของคะน้าในแปลง TC และ

WT1 ยังคงมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า 34.16 และ 31.38 ซม. ตามลำดับ คะน้าในแปลง WT1และ WT3 มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 กับแปลง WT2 WT4 และ WT5 โดยคะน้าในแปลง WT4 มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด ที่ 23.27 ซม. (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 : ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นคะน้า วันที่ 14 21 28 35 และ 42 หลังการปลูก ในฤดูร้อน (เม.ย. 2563)

ชุดทดลอง	การน้ำ (ลิตร)		ความสูงต้น (ซ.ม.) [1]				
	เช้า	เย็น	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
TC	1.50	1.50	7.78	13.24 a	20.57a	26.07a	34.16a
WT1	1.00	1.00	7.82	11.35 b	15.04bc	25.18a	31.38ab
WT2	1.25	1.25	7.63	13.58 a	16.71bc	21.64bc	26.14cd
WT3	1.50	1.50	7.49	12.13 ab	17.52b	24.26ab	28.88bc
WT4	3.00	0.00	7.01	10.63 b	14.56c	19.95c	23.27c
WT5	0.00	3.00	7.55	10.65b	14.76bc	19.29c	24.29c
F-test			ns	**	**	**	**
C.V. %			11.78	20.49	21.83	17.73	18.31

(1) ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี DMRT ด้วยอักษรเหมือนกันมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99,

ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของคะน้า มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับความสูงของต้น คือ ในวันที่ 14 หลังการปลูกยังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย ระหว่าง 0.63 – 0.73 มม. ในวันที่ 21 หลังย้ายปลูก ในแปลง TC มีขนาดต้นโตกว่าแปลงอื่น ๆ มีค่าเฉลี่ยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกแปลง โดยในแปลง TC ผักคะน้ามีการขยายขนาดของลำต้นอย่างรวดเร็ว ในทุกสัปดาห์และสูงสุด ในวันที่ 42 หลังการย้ายปลูกที่ 14.15 มม. ในแปลง WT1 มีการเจริญเติบของลำต้นช้าในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการวัด แต่มีการเจริญอย่างรวดเร็วในวันที่ 28 35 และ 42 หลังการปลูก โดยเมื่ออายุ 42 วันหลังการปลูกคะน้าค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางต้น TC มากที่สุดที่ 14.15 ม.ม. และแปลง TW1 มีขนาดรองลงมา ที่ 12.16 มม. ขนาดลำต้นของแปลง TC และ WT1 มีค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับแปลง WT2 WT3 และ WT5 โดยคะน้าในแปลง WT4 มีค่าเฉลี่ยของขนาดลำต้นน้อยที่สุด ที่ 7.75 มม. (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3: ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ม.ม.) ที่ 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน หลังการย้ายปลูก ในฤดูร้อน (เม.ย. 2563)

ชุดทดลอง	การน้ำ (ลิตร)		เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น(ม.ม.) [(1)]				
	เช้า	เย็น	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน
TC	1.50	1.50	0.66	2.44a	3.59a	8.9a	14.15a
WT1	1.00	1.00	0.68	2.22b	3.24b	9.42ab	12.16b
WT2	1.25	1.25	0.72	2.23b	2.63d	5.97c	8.38cd
WT3	1.50	1.50	0.73	2.19b	3.00bc	7.78b	9.81c
WT4	3.00	0.00	0.68	2.21b	2.79cd	6.01c	7.75d
WT5	0.00	3.00	0.63	2.18b	2.67cd	5.64c	8.68cd
F-test			ns	*	**	**	**
C.V. %			16.65	10.95	15.42	27.04	24.55

(1) ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี DMRT ด้วยอักษรเหมือนกันมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95,

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99,

ns = ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.ผลของการให้น้ำต่อผลผลิตของผักคะน้า

น้ำหนักต่อต้นของคะน้าหลังเก็บเกี่ยวที่ 42 วันหลังย้ายปลูก พบว่า น้ำหนักคะน้าในแปลง TC มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด 146.78 กรัมต่อต้น โดยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 กับแปลง WT1 WT3 WT5 และ WT2 ที่มีค่าเฉลี่ยในอันดับรองลงมา ที่ 95.45 82.33 67.00 และ 62.17 กรัมต่อต้น ตามลำดับ โดยแปลง WT4 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักน้อยที่สุด ที่ 49.65 กรัม แต่มีค่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแปลง WT2 WT3 และ WT5 สำหรับน้ำหนักต่อพื้นที่ มีค่ามากที่สุดในแปลง TC 2,348.40 กรัม/ตร.ม. หรือ 3.76 ตัน/ไร่ และน้อยที่สุดในแปลง WT4 ที่794.42 กรัม/ตร.ม.หรือ 1.27 ตัน/ไร่ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4: ผลผลิตของคะน้า หลังเก็บเกี่ยวที่ 42 วัน หลังย้ายปลูก ในเดือน เมษายน 2563

ชุดทดลอง	การให้น้ำ(ลิตร)		น้ำหนัก/ต้น(1)	น้ำหนัก/พื้นที่	ผลผลิต
	เช้า	เย็น	กรัม	กรัม/ตร.ม.	ตัน/ไร่
TC	1.50	1.50	146.78a	2,348.40	3.76
WT1	1.00	1.00	95.45b	1,527.22	2.44
WT2	1.25	1.25	62.17bc	994.74	1.59
WT3	1.50	1.50	82.33bc	1,317.20	2.11
WT4	3.00	0.00	49.65c	794.42	1.27
WT5	0.00	3.00	67.00bc	1,071.98	1.72
F-test			**		
C.V. %			57.81		

(1) ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี DMRT ด้วยอักษรเหมือนกันมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99,

3.ผลการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกคะน้าในแปลงปลูกพืชใช้น้ำน้อย ในแปลงปลูกแบบ Hugelkultur WT1, WT2 และ WT3 มีค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแปลงควบคุม TC มีค่าระหว่าง 118 – 318.90 ลบ.ม./ต้น โดยมีค่าต่ำสุดในแปลง WT1 และสูงสุดในแปลง WT4

ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของการปลูกคะน้าในแปลงปลูกพืชใช้น้ำน้อย แปลงปลูกแบบ Hugelkultur มีค่าต่ำกว่าแปลงควบคุม TC อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยแปลง WT1 มีค่าต่ำสุด ที่ 229.88 กก.คาร์บอนเทียบเท่า/กก.ผักคะน้า และแปลงควบคุม TC มีค่าสูงสุดที่ 352.59 กก.คาร์บอนเทียบเท่า/กก.ผักคะน้า (ตารางที่ 5) จากการมีการใช้น้ำที่น้อยกว่า และการมีผลผลิตที่มากกว่าแปลงอื่น ๆ

ตารางที่ 5: ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ และคาร์บอนฟุตพรินท์ของการปลูกคะน้าในแปลงปลูก

ชุดทดลอง	การให้น้ำ	วอเตอร์ฟุตพริ้นท์	คาร์บอนฟุตพริ้นท์
	ลบ.ม./ไร่	ลบ.ม./ตัน	Kg.CO_2eq/Kg.Kale
TC	403.2	112.34b	352.59a
WT1	268.8	118.92b	229.88d
WT2	336.0	224.48ab	263.67c
WT3	403.2	197.20ab	319.20b
WT4	403.2	318.90a	305.90b
WT5	403.2	276.03a	313.47b
F-test		*	**
C.V. %		28.58	3.04

(1) ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยใช้วิธี DMRT ด้วยอักษรเหมือนกันมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95,

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99,

ผลของการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร/การตัดแต่งกิ่ง กลับมาใช้เป็นวัสดุปลูกต่อการลดการกำจัดขยะ

การเตรียมแปลงปลูกตามแนวทางของ Hugelkultur ต้องใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรรวมถึงกิ่งไม้จากการตัดแต่งสวน จำนวน 0.2 ลบ.ม /แปลง วัสดุที่ ใช้มีน้ำหนักเฉลี่ย 93 กิโลกรัม โดยมีวัสดุ ดังนี้ ท่อนไม้ขนาดใหญ่ หนา 15 ซม. เป็นชั้นแรก ไม้ขนาดกลาง หนา 10 ซม.) ไว้ชั้นที่สอง กิ่งไม้ขนาดเล็ก หนา 10 ซม. และใบไม้ หนา 5 ซม. เป็นชั้นที่ 3 ปิดทับด้วยดินผสมปุ๋ยคอก ในอัตราส่วน 4:1 คลุกเคล้าให้เข้ากัน หนา 10 ซม.แล้วคลุมด้วยฟางข้าวหนา 5 ซม. แปลงปลูกพืชที่ใช้มีขนาดพื้นที่ 0.5 ตร.ม. ถ้าทำการเพาะปลูกในพื้นที่ 1 ไร่ จะใช้วัสดุ จำนวน 640 ลบ.ม/ไร่. หรือ 298 ตัน/ไร่

ดังนั้นหากเกษตรกรนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ในการทำแปลงปลูกพืชแบบ Hugelkultur จะส่งผลให้เกษตรกรมีการหมุนเวียนแร่ธาตุกลับมาใช้ในการเพาะปลูก ลดการสุมเผาหรือการนำไปทิ้งในบ่อฝังกลบที่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ วัสดุอินทรีย์ที่ถูกนำมาใช้ในแปลงจะเกิดการย่อยสลายอย่างช้า ๆ ค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศอย่างช้า ๆ เช่นกัน

อภิปรายผล

จากผลของการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าที่ปลูกในแปลงปลูกพืชแบบปกติ (TC) กับแปลงปลูกพืชแบบคันดิน (WT) ที่มีวิธีการให้น้ำในเวลาและปริมาณ 3 ลิตร/วัน น้ำเช้าเย็น พบว่า แปลงปลูกพืชแบบปกติที่ใช้ดินผสมปุ๋ยคอกในอัตราส่วน 4:1 อย่างเดียว อัตราการเจริญเติบโตที่เร็วกว่า และให้ผลผลิตที่มากกว่าแปลงปลูกแบบคันดินที่ใช้ท่อนไม้ ใบไม้ และดินผสม ในการปลูกโดยคะน้าในแปลงปกติมีค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูงและขนาดของลำต้น แตกต่างกับแปลงคันดินในวัน

ที่ 21 หลังการย้ายปลูกและเจริญเติบโตที่มากกว่าอย่างต่อเนื่องจนถึงวันเก็บเกี่ยว ทำให้ผลผลิตของแปลงปกติมีค่าสูงกว่าแปลงแบบคันดิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา Luanmanee, Tancharoen, Likkananon & Munmai (2010). และ Nilawonk (2012) ที่พบว่า อัตราการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนจะสูงที่สุดในช่วง 2 สัปดาห์หลังการผสมมูลสัตว์ในดิน ทำผักคะน้าในทุกแปลงมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วภายหลังการปลูก 2 - 3 สัปดาห์ แต่ในแปลงคันดินมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าแปลงควบคุมอาจเนื่องมาจาก ในแปลงคันดินมีอินทรียวัตถุจำนวนมากซึ่งในระยะแรกของการย่อยสลายอินทรียวัตถุ จุลินทรีย์ต้องธาตุอาหารจำนวนมากในการเพิ่มจำนวนทำเกิดการแย่งสารอาหารกับผักที่ปลูกจึงทำให้มีการเจริญเติบโตช้าในระยะแรก และจะปลดปล่อยธาตุอาหารแก่ดินมากขึ้นเมื่อเศษวัสดุมีการย่อยสลายมากขึ้น ซึ่ง Mala (2007) ได้อธิบายไว้ว่า วัสดุ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย เป็นวัสดุที่ย่อยสลายช้า มีความคงทนอยู่ในดินได้นานทำการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศน้อย เป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อม และจากการศึกษาการย่อยสลายตัวของซากใบและทางปาล์มน้ำมันในพื้นที่ อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช ของ Seephueak, Preecha & Seephueak (2016) พบว่าซากใบปาล์มย่อยสลายได้หมดใน 7 เดือน ส่วนทางปาล์มจะใช้เวลา 10 เดือนในการย่อยสลาย

ผลการประเมินค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของการปลูกคะน้าในแปลงปลูก แบบ Hugelkultur มีค่าระหว่าง 119 -319 ลบ.ม/ตัน ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยโดยรวมของการปลูกผักบริโภคทั่วไป จากผลการศึกษาของ Mekonnen & Hoekstra (2010) ในช่วงปีพ.ศ. 2539 – 2548 มีค่ารวม 322 ลบ.ม./ตัน โดยแปลงแบบ Hugelkultur ที่น้ำวันละ 3 ลิตร เท่ากันกับแปลงควบคุมมีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแปลงปกติ ทั้งนี้เนื่องจากในแปลงปกติคะน้ามีการเจริญเติบโตและผลผลิตที่มากกว่า แต่อย่างไรก็ตามในแปลงแบบ Hugelkultur ที่น้ำน้อยที่สุด ครั้งละ 1 ลิตร เช้า – เย็น และ แปลง WT 3 ที่น้ำเช้า - เย็น ครั้งละ 1.5 ลิตร มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ใกล้เคียงกับแปลงควบคุม และจากประเมินค่าคารบอนฟุตพริ้นท์ แปลงแบบ Hugelkultur ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นที่น้อยกว่าแปลงปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยแปลง WT1 มีค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์น้อยที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับแปลงแบบ Hugelkultur แปลงอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องมากจาก แปลง WT1 ใช้น้ำน้อยที่สุด 268.8 ลบ.ม./ไร่ แต่ผลผลิตสูงที่สุด ทั้งนี้จากการทดลอง (Kaewsasaen *et al.,* 2015; Kaewsasaen *et al.,* 2016) พบว่า คะน้ามีปริมาณน้ำที่เหมาะสมเท่ากับ 321.04 ลบ.เมตร/ไร่ และ 312.06 ลบ.ม./ไร่

การใช้น้ำในการเพาะปลูกในปริมาณที่เหมาะสมจะส่งผลต่อการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่น้อยลงจากการให้น้ำที่มากเกินไปโดยปริมาณการใช้น้ำที่ลดลงจะทำให้การใช้เชื้อเพลิงในการนำน้ำไปสู่แปลงปลูกลดลง นอกจากนี้ปริมาณน้ำในดินที่มากเกินไปจะทำให้ดินมีออกซิเจนหรือขาดออกซิเจนได้ทำให้เกิดการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งจะทำให้เกิดก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายได้ซึ่งก๊าซมีเทนมีค่าการกักเก็บความร้อนได้มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การใช้น้ำในปริมาณที่เหมาะสมในการเพาะปลูกจะทำให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศที่น้อยกว่าซึ่งแปลงปลูกพืชแบบคันดินทำให้การใช้น้ำในการเพาะปลูกลดลงได้

การนำวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร/การตัดแต่งกิ่งในสวนมาใช้ในการทำแปลงปลูกพืชทำให้เกิดการใช้วัสดุในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ลดของเสียที่ต้องนำไปกำจัดที่หลุมฝังกลบ ช่วยเพิ่มเวลาในการปลดปล่อยคาร์บอนที่ถูกกักเก็บในเนื้อไม้ไม่ถูกปลดปล่อยทันที่จากการเผาของชาวสวน หรือการกำจัดวัสดุทางการเกษตร จากการนำวัสดุเหล่านั้นไปฝังดินแล้วค่อยเกิดการย่อยสลายปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชที่ปลูกเป็นการนำแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียนมาใช้ตั้งแต่ระดับครัวเรือนและสามารถขยายผลสู่ระดับชุมชน เมือง ทั้งยังเป็นการกักเก็บคาร์บอนจากการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาเป็นวัสดุ

ทำแปลงปลูกพืชให้ใช้เวลานานขึ้นตามอายุของแปลงปลูกแทนที่จะถูกปลดปล่อยอย่างรวดเร็วจากการสุมเผา หรือมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่มีค่าความร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหมักที่เกิดในบ่อฝังกลบ นอกจากนั้นแล้วยังเป็นการส่งเสริมเศรษฐกิจพอเพียงของชุมชน มีความพอดี (Moderation) ในการทำการเกษตรใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้และประหยัดน้ำอุปโภคของชุมชน ดำเนินการอย่างมีเหตุผล (Reasonableness) เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาพบภัยแล้งและพบเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร จึงถูกนำมาใช้ในการทำการเกษตร Huglekutur สุดท้ายแล้วการจัดทำแปลงแบบนี้ในการปลูกพืช ผักสวนครัว ยังส่งเสริมให้เกิดภูมิคุ้มกัน(Self-immunity)ในด้านอาหารของชุมชน เป็นการเตรียมตัวให้พร้อมรับผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ที่จะเกิดขึ้น โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ของสถานการณ์ต่างๆ ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต (ONESDB, 2017)

บทสรุป

การให้น้ำที่ต่างกันส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตมีค่าต่างกัน โดยคะน้าที่ปลูกในแปลงปลูกพืชแบบทั่วไป หรือแปลงควบคุม จะมีอัตราการเจริญเติบโตที่เร็วกว่าและให้ผลผลิตที่มากกว่า แปลงแบบคันดินที่ให้น้ำ ในปริมาณและจำนวนครั้งที่เท่ากัน การให้น้ำผักวันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น ให้ผลผลิตที่มากกว่า การให้น้ำวันละ 1 ครั้ง และการให้น้ำวันละ 1 ครั้ง ตอนเย็น ให้ผลผลิตที่ดีกว่า การให้น้ำ 1 ครั้งตอนเช้า แปลงปลูกพืชแบบคันดิน ที่น้ำเช้า - เย็น ครั้งละ 1 ลิตร รวม 2 ลิตรต่อวัน มีการเจริญเติบโตและผลผลิตมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบแปลงคันดินที่มีการให้น้ำวิธีอื่น ๆ ที่ 2.44 ตัน/ไร่และมีค่าต่ำกว่าแปลงปลูกแบบปกติหรือแปลงควบคุมที่ให้ผลผลิต 3.76 ตัน/ไร่ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากในแปลงควบคุมที่ใช้ดินผสมปุ๋ยคอกมีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่ดีกว่าจากการย่อยสลายที่ง่ายกว่าในขณะที่แปลงแบบคันดินที่มีอินทรีย์วัตถุขนาดใหญ่ในแปลงปลูกต้องใช้เวลาในการย่อยสลายที่มากกว่าในปีแรกของการเพาะปลูกจึงทำให้ได้ผลผลิตที่น้อยกว่า

แปลงควบคุมมีปริมาณการใช้น้ำตลอดการเพาะปลูก เท่ากับ 403.2 ลบ.ม/ไร่/ฤดูกาล ให้ผลผลิต 3.76 ตัน/ไร่ คิดเป็นค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 112.34 ลบ.ม/ไร่ แต่ให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สูงที่สุด ที่ 352.59 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า/กิโลกรัมคะน้า สำหรับแปลงคันดินที่ให้ผลผลิตมากที่สุด คือ แปลง WT1 ที่ให้น้ำวันละ 2 ครั้ง เช้า - เย็น ครั้งละ 1 ลิตรคิดเป็นอัตราการใช้น้ำตลอดอายุการปลูกเท่ากับ 268.8 ลบ.ม./ไร่/ฤดูกาล ผลผลิต 2.44 ตัน/ไร่ ค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 118.92 ลบ.ม/ตัน และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เท่ากับ 229.88 กิโลกรัมคาร์บอนเทียบเท่า/กิโลกรัมคะน้า

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าแปลงปลูกพืชแบบปกติจะใช้น้ำในการเพาะปลูกมากกว่า ให้ผลผลิตที่มากกว่า แต่มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงกว่า ในขณะที่แปลงแบบคันดินจะใช้น้ำน้อยกว่าให้ผลผลิตค่อนข้างสูง มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่น้อยกว่า นอกจากนี้ยังสามารถนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ทำแปลงปลูก 640 ลบ.ม/ไร่ หรือประมาณ 298 ตัน/ไร่ ตามแนวทางเศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งที่อาจจะกลายเป็นขยะอินทรีย์ที่รกรุงรัง หรืออาจถูกเผาเพื่อทำความสะอาด ทำให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศโดยตรงอย่างรวดเร็ว การนำวัสดุเหล่านั้นมาเป็นวัสดุปลูกจะเป็นการชะลอการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศ ทั้งนี้เกษตรกรและประชาชนทั่วไปสามารถนำรูปแบบแปลงปลูกพืชไปใช้ได้ตั้งแต่ระดับครัวเรือน จนถึงระดับฟาร์มขนาดใหญ่ ทั้งในชนบทและในเขตเมือง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติการ

Hugelkultur เป็นรูปแบบการเกษตรที่ส่งเสริมการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ ลดปริมาณขยะทางการเกษตร เช่น มูลสัตว์ กิ่งไม้ เศษใบไม้ เป็นต้น ลดปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนจากการนำเศษวัสดุเหล่านี้ไปเผาเพื่อกำจัด อย่างไรก็ตามการสนับสนุนให้เกิดการนำเศษวัสดุทางการเกษตรไปกำจัดตามแนวทางของ Hugelkultur ในชุมชนนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องเข้าไปสนับสนุนหรือกระตุ้น (Facilitate) ให้เกิดกระบวนการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมขึ้น สร้างคุณค่าและความเชื่อมั่นว่าเกษตรกรเข้าใจในกระบวนการและประโยชน์ของ Hugelkultur สอดคล้องกับการวิจัย เพื่อการส่งเสริมการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ในบ้านหนองสวรรค์ อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู (Boonla, 2011) โดยการสร้างศักยภาพและกระบวนการเรียนรู้ของเกษตรกรหรือชุมชนนั้นสามารถสร้างได้จากความร่วมมือของหน่วยงานภาครัฐต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร กรมพัฒนาที่ดิน เป็นต้น รวมถึงการให้ความรู้อย่างต่อเนื่องพัฒนาศักยภาพของชุมชนอย่างต่อเนื่องจากสถาบันการศึกษาที่เข้ามาทำวิจัยในพื้นที่ ซึ่งจะเป็นช่องทางในการพัฒนาด้านวิชาการมาสนับสนุนการพัฒนาการเกษตรเฉพาะสำหรับพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

แปลงปลูกพืชแบบคันดิน หรือ Hugelkultur เป็นแปลงปลูกพืชที่สามารถนำไปขยายผลแก่ประชาชนทั้งในระดับครัวเรือน จนถึงระดับองค์กร หรือฟาร์มขนาดใหญ่ได้ เป็นการส่งเสริมให้มีการใช้วัสดุอินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากการเกษตรกลับมาหมุนเวียนใช้เป็นวัสดุปลูกที่มีเวลาในการย่อยสลายหรือปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชในแปลงได้นานตามคุณสมบัติของเนื้อไม้ที่ใช้ทำแปลง ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการใช้แปลงปลูกพืชแบบ Hugelkultur มีดังนี้

1. การประชาสัมพันธ์และสร้างความเข้าใจแก่เกษตรกร เกี่ยวกับประโยชน์ของแปลงปลูกพืชแบบ Hugelkultur ผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น สื่อมวลชน โครงการฝึกอบรมเกษตรกร และกิจกรรมรณรงค์ประชาสัมพันธ์

2. การส่งเสริมและพัฒนาพันธุ์พืชที่เหมาะสม กับการปลูกแบบ Hugelkultur เช่น พืชผักสวนครัว พืชสมุนไพร และไม้ประดับ

3. การให้การสนับสนุนทางการเงิน แก่เกษตรกรที่ปรับเปลี่ยนมาปลูกแบบ Hugelkultur เช่น การให้สินเชื่อดอกเบี้ยต่ำ การให้เงินอุดหนุน และการให้ความช่วยเหลือด้านเทคโนโลยี

4. การสร้างความร่วมมือระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และกระทรวงมหาดไทย เพื่อขับเคลื่อนนโยบายการใช้แปลงปลูกพืชแบบ Hugelkultur อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ยังมีแนวทางอื่น ๆ ที่สามารถนำมาช่วยสนับสนุนการขยายผลเชิงนโยบายของการใช้แปลงปลูกพืชแบบ Hugelkultur เช่น การพัฒนาระบบข้อมูลและสารสนเทศเกี่ยวกับแปลงปลูกพืชแบบ Hugelkultur การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมด้านการเกษตร การส่งเสริมการค้าและการตลาดพืชที่ปลูกแบบ Hugelkultur และการสร้างเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกแบบ Hugelkultur

การขยายผลเชิงนโยบายของการใช้แปลงปลูกพืชแบบ Hugelkultur จะช่วยเพิ่มความมั่นคงด้านอาหารและเศรษฐกิจของประเทศ ลดความเปราะบางต่อภัยแล้ง และบรรลุเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ในด้านความมั่นคงทางอาหารและน้ำ โดยเสนอแนะตัวอย่างแนวทางในการขยายผลเชิงนโยบายของการใช้แปลงปลูกพืชแบบ Hugelkultur ดังนี้

1. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จัดทำโครงการส่งเสริมการปลูกแบบ Hugelkultur โดยให้การสนับสนุนด้านพันธุ์พืช เทคโนโลยี และการตลาดแก่เกษตรกร

2. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดำเนินโครงการอนุรักษ์ป่าไม้และแหล่งน้ำเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำต้นทุน

3. กระทรวงมหาดไทย สนับสนุนการสร้างแหล่งน้ำสำรองในชุมชน

เอกสารอ้างอิง

Boonla, M. (2011). Participation of farmers in the utilization of agricultural waste, a case study of Ban Nong Sawan, Muang, Nong Bua Lam Phu. *Environmental Health Journal, 13*(3), 3 – 12.

DOAE. (2018). *Kale*. Retrieved October 2, 2018, from https://esc.doae.go.th/ebooks/download-pdf/KaiLan.pdf.

Institute for Economic, Energy and Environment Development, Chiang Rai Rajabhat University. (2015). *Carbon Footprint Management Manual*, Chiang Rai.

Kaewsasaen, S. Kaewlumyai, S. Wongsupaluk, N. Sinturat, J., & Kongkaew, W. (2015). *A Trial on SuitableWater Requirement for Chinese Kale. (1st year)*. Irrigation Water Manegement Experiment Station 9 (Tha Muang). Office of Water Management and Hydrology, Royal Irrigation Department. Retrieved December 1, 2022 from http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/iwmd/rg/pdf/10.pdf.

Kaewsasaen, S. Sucharit, M. Sinturat, J., & Kongkaew, W. (2016). *A Trial on Suitable Requirement for Chinese Kale. (2nd year)*. [In Thai]. Irrigation Water Manegement Experiment Station 9 (Tha Muang). Office of Water Management and Hydrology, Royal Irrigation Department. Retrieved December 1, 2022 from http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/iwmd/omdirrw/paper/paper016.pdf.

Kongkasem, J. (2021). *The Study on water footprint of rice organic Baan Don Jian community enterprise*, *Mae Taeng District, Chiang Mai Province*. Master's thesis Mae Jo University.

Koranee, R., & Prangsurang, P. (2016). The study comparing the effectiveness of washing method to eliminate pesticide residues in fresh vegetables. *FDA journal, 23*(2), 34 – 42.

LDD. (2020). *Map of drought areas in the northeastern region for the fiscal year 2020 (drought period between 2010 and 2019).* [In Thai]. Retrieved December 1, 2022 from http://irw101.ldd.go.th/images/4_Warning/4_3_LandslideWarning1/4_3_2_ExpectedLandslideMap/2021/dr_ne_63.pdf.

LDD. (2021). *Agricultural areas outside the irrigated areas prone to drought, by sub-district, year 2021*. [In Thai]. Retrieved December 1, 2022 from http://irw101.ldd.go.th/index.php/2017-05-23-02-00-37.

Luanmanee, S., Tancharoen, S., Likkananon, P., & Munmai, S. (2010). *Study on decomposition and nutrient release behavior of organic fertilizers and organic-chemical compound fertilizers. Under field moisture conditions: A sub-experiment to study the decomposition and nutrient release behavior of compost*. performance Fiscal Year 2010, Volume 1, [In Thai]. Soil Research Group, Research and Development Bureau of Agricultural Production Factors, Department of Agriculture. https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=862

Mala, T. (2007). *Organic Fertilizers and Biological Fertilizers: Production Techniques and Utilization*. 2nd edition. Bangkok. Kasetsart University Press.

Mekonnen, M.M., & Hoekstra, A.Y. (2010). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products.* Value of Water Research Report Series No. 47. Volume 1 *: Main Report*. UNESCO-IHE: Delft, the Netherlands . [In Thai]. Retrieved Feburary 14, 2021 from https://www.waterfootprint.org/resources/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf.

MNRE. (2020). *Thailand Third Biennial Update Report*. Retrieved February 14, 2021 from https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR3_Thailand_ 251220%20.pdf.

NABC. (2020). *Effects of drought / intermittent rain and measures to help farmers*. [In Thai]. Retrieved June 1, 2021 from https://www.nabc.go.th/disaster/detail/61.

Nilawonk, W. (2012). Effects of vermicompost on plant-available nitrogen content in organic cropping soils in ChiangMai, Thailand. *5th Annual International Symposium on Agriculture*, 16-19 July 2012, Athens, Grecce. Retrieved Feburary 14, 2021 from https://www.researchgate.net/publication/
273755984_Effects_of_vermicompost_on_plantavailable_nitrogen_content_in_organic_cropping_soils_in_Chiangmai_Thailand.

ONESDB, 2017. Philosophy of sufficiency economy and its application.

OPSMOAC. (2022). *General information and important agricultural information of Ubon Ratchathani Province*. [In Thai]. Retrieved December 1, 2022 from https://www.opsmoac.go.th/ubon ratchathani-dwl-files-451991791103.

OPSMOAC. (2018). *Planting vegetables on the ridge Use less water for ten years*. [In Thai]. Pattani Province Agriculture and Cooperatives Office . Retrieved August 11, 2019 from https://www.opsmoac.go.th/pattani-article_prov-preview-402891791803.

Phromla, K. (2021). *Circular economy. for Economy, Society and Environment Circular Economy*. Trees Corporation Co., Ltd. [In Thai]. Retrieved November 2, 2021 from https://www.tris.co.th/wp-content/uploads/2021/11/2564_Article_Circular-Economy_161164.pdf.

Salukukhe, D.K., & Kadam, S.C. (1988). *Handbook of Vegetable Science and Tecnology*. Production, Composition,Storage and Processing. Marcel Deckher, New York, 721p.

Seephueak, P. Preecha, C., & Seephueak, W. (2016). Decomposition of oil palm *(Elaeis guineensis Jacq.)* leaf and rachis litter in Thung Yai District, Nakhon Si Thammarat Province. *KHON KAEN AGR.J. 44* (1), 1062-1066.

Sungkharak, S., Rattanaphan, P., Petchrak, A., & Kittipongwiset, S. (2020) Impacts of climate change on water resources and management. *Environmental journal*, *24* (1), 1-8.

Tangon, S. (2018). TonTan Community Development Model Prepared for Dealing with Global Warming in Accordance with Sufficiency Economy. [In Thai]. *Journal of Community Development and Life Quality*, *2*(1), 23-25.