การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำและวอเตอร์ฟุตพรินท์ของกระบวนการผลิตผักสลัดกรีนโอ๊ค

รัฐพงษ์ เชาว์เลขา

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
สิงหาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำและวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกระบวนการผลิตผักสลัดกรีนโอ๊ค

รัฐพงษ์ เชาว์เลขา

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
สิงหาคม 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

THE WATER USE EFFICIENCY EVALUATION AND WATER FOOTPRINT OF GREEN OAK LETTUCE PRODUCTION

RATTAPONG CHAOLEAKA

A Thesis Submitted to University of Phayao

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Master of Science Degree in Environmental Science

August 2023

Copyright 2023 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำและวอเตอร์ฟุตพรินท์ของกระบวน

การผลิตผักสลัดกรีนโอ๊ค

ของ รัฐพงษ์ เชาว์เลขา

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระชัย บงการณ์)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. สุมล นิลรัตน์นิศากร)

..... คณบดีคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม

(รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กรีธาชาติ)

เรื่อง: การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำและวอเตอร์ฟุตพรินท์ของกระบวนการผลิตผักสลัดกรีนโอ๊ค

ผู้วิจัย: รัฐพงษ์ เชาว์เลขา, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2566

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.สุมล นิลรัตน์นิศากร

คำสำคัญ: การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำ, วอเตอร์ฟุตพรินท์, หัวให้น้ำเซรามิก

บทคัดย่อ

งานวิจัย การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำ และวอเตอร์ฟุตพรินท์ของกระบวนการผลิตสลัดกรีนโอ๊ค มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิก และผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช เพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพรินท์ในกระบวนการผลิตพืชกรีนโอ๊ค โดยการเปรียบกับผลิตภัณฑ์การให้น้ำแบบปกติด้วยหัวให้น้ำที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด มาเปรียบเทียบการให้น้ำบนดินกับใต้ดินกับการให้ น้ำปกติรวมทั้งหมด 3 แบบ โดยเปรียบเทียบแบบ ชุดควบคุมการปลูกโดยการให้น้ำแบบปกติ GO-CON ให้น้ำโดยหัวน้ำหยด GO-MWDให้น้ำโดยหัวเซรามิกทรงกรวย GO-CB และ ให้น้ำโดยหัวน้ำหยด GO-MWD พบว่า หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตต่อไร่มากที่สุด คือ การให้น้ำแบบเซรามิกใต้ผิวดิน(GO-CB) เท่ากับ 0.0146 กิโลกรัม และ หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ มากที่สุดคือ การให้น้ำแบบปกติ (GO-CON) เท่ากับ 0.57 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม

Title: THE WATER USE EFFICIENCY EVALUATION AND WATER FOOTPRINT OF GREEN OAK LETTUCE PRODUCTION

Author: RATTAPONG CHAOLEAKA, Thesis: M.S. (Environmental Science), University of Phayao, 2023

Advisor: Assistant Professor Dr. Sukthai Pongpattanasiri Co-advisor Dr.Sumol Nilratnisakon

Keywords: water use efficiency, water footprint, Ceramic Watering Spikes

ABSTRACT

Research, evaluation of water use efficiency and the water footprint of the green oak salad production process. intended for Study the watering efficiency of ceramic watering heads. and market products with plants to assess the water footprint in the production process of the Green Oak plant. By comparing it with conventional irrigation products with commercially available irrigation heads. Let's compare the water supply on the ground and underground with giving. normal water in total of 3 types by comparing the Normal Irrigation Plant Controller GO-CON Irrigation by drip irrigation GO-MWD was administered by ceramic head GO-CB and was administered by drip irrigation head GO-MWD. It was found that the experimental unit with the highest average yield per rai was subsurface ceramic irrigation (GO-CB) was 0.0146 kg and the experimental unit with the highest average water footprint was normal watering (GO-CON) was 0.57 cubic meters/kg.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้อุตส่าห์สละเวลาอันมีค่ามาเป็น ที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการวิทยานิพนธ์อันประกอบไปด้วย ดร.สุมล นิลรัตน์นิศากร กรรมการที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.ธีระชัย บงการณ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ ลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่าเหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัย ที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึง จะมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่าง ยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการผู้ที่สนใจศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรา มิกวอเตอร์ฟุตพรินท์เป็นอย่างยิ่ง

รัฐพงษ์ เชาว์เลขา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 3

สมมุติฐานของการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

นิยามศัพท์เฉพาะ 4

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

การใช้น้ำของพืช 5

ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture) 6

การดูดน้ำจากดินของพืช 7

เทคโนโลยีการชลประทานและการให้น้ำแก่พืช 8

กรีนโอ๊ค (Green Oak Lettuce) 9

การทดสอบและการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก 9

การทดสอบและการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ 11

Water footprint 16
ประโยชน์ของ Water Footprint 16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 26
วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 26
การทดลองศึกษาปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิก และผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช.....28
การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค 31
ศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของกรีนโอ๊ค.....33
ประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค 34
วิเคราะห์ผลการวิจัยโดยค่าทางสถิติ.....35
บทที่ 4 ผลการวิจัย 36
การทดลองศึกษาปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิก และผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช.....36
การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำของระบบการผลิตกรีนโอค 41
การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค 46
การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น.....47
บทที่ 5 บทสรุป.....50
สรุปผลการวิจัย 50
อภิปรายผล.....52
ข้อเสนอแนะงานวิจัย 54
บรรณานุกรม 55
ประวัติผู้วิจัย 58

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 คุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของส่วนผสมเซรามิกรูพรุน..... 13

ตาราง 2 สัดส่วนน้ำหนักแห้งของผลผลิตต่อปริมาณการให้น้ำแกพืช 24

ตาราง 3 แสดงการคัดเลือกรูปแบบหัวให้น้ำเบื้องต้นเพื่อนำมาออกแบบการทดลอง.....27

ตาราง 4 แสดงหน่วยการทดลองและจำนวนตัวอย่าง 29

ตาราง 5 คุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิก 36

ตาราง 6 แสดงปริมาณการให้น้ำของแต่ละรูปแบบและหน่วยการทดลอง 40

ตาราง 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิกและผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช 41

ตาราง 8 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชผักสลัดกรีนโอ๊ค 46

ตาราง 9 การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค.....47

ตาราง 10 แสดงราคาวัสดุราคาต่อหน่วยในการทำสวนแนวตั้งแบบตั้งพื้นและติดผนังขนาด 120*120 ซม. 48

สารบัญภาพ

หน้า

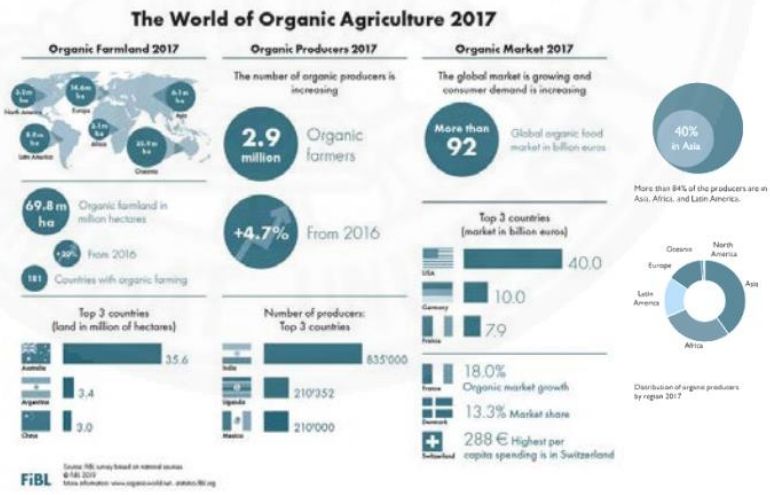
ภาพ 1 ตลาดเกษตรอินทรีย์โลกปี 2559 1
ภาพ 2 การใช้น้ำของพืช (Consumptive Use of Water)..... 6
ภาพ 3 การทดลองการศึกษาปริมาณเซรามิกรูพรุนการให้น้ำแก่พืชกับผลิตภัณฑ์ที่มี 30
ภาพ 4 ภาพตัดขวางตัวอย่างกระถางปลูกและระบบการให้น้ำที่ใช้ในการ.....30
ภาพ 5 ผังการทดสอบและการศึกษาทดลองกาประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช 31
ภาพ 6 ภาพตัดขวางกระถางปลูกและระบบการให้น้ำที่ใช้ในการทดลองการให้น้ำแก่พืช 32
ภาพ 7 ขอบเขตการประเมินวอเตอร์ฟุตพรินท์ (แบบไม่คลอบคลุม) ในงานวิจัยนี้ 35
ภาพ 8 ภาพตัดขวางแท่งทดลองเซรามิกรูพรุน.....37
ภาพ 9 ตัวอย่างแท่งทดสอบเซรามิก ขนาดรูพรุนของเซรามิก ถ่ายภาพที่กำลังขยาย 37
ภาพ 10 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของอากาศ.....38
ภาพ 11 ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำ ของหน่วยทดลองแบบไม่ปลูกพืช 38
ภาพ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำ ของหน่วยทดลองแบบปลูกพืช 39
ภาพ 13 ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำ ของหน่วยทดลองลูกพืชแบบลดการระเหย 39
ภาพ 14 ข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอุณหภูมิอากาศ.....42
ภาพ 15 ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำ 43
ภาพ 16 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค.....44
ภาพ 17 ค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตต่อต้น.....45
ภาพ 18 ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WFblue) ผักสลัดกรีนโอ๊ค 47
ภาพ 19 ตัวอย่างแบบจำลองสวนแนวตั้งขนาด 120*120 ซม. 30 กระถาง.....48
ภาพ 20 ตัวอย่างการเพิ่มพูนค่าของผลิตภัณฑ์โดยการประยุกต์ใช้เซรามิก 49

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แนวโน้มธุรกิจเกี่ยวกับสุขภาพนั้นเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะด้านการบริโภคอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพโดยในบรรดาสินค้าเกษตรเพื่อสุขภาพสินค้าเกษตรอินทรีย์, ผักปลอดสารพิษ ผักสลัด และสมุนไพรจัดเป็นสินค้าที่ผู้คนสนใจมากเป็นอันดับต้น ๆ โดยความนิยมของการหันมาบริโภคสินค้าเกษตรเหล่านี้สะท้อนได้จาจากมูลค่าตลาดเกษตรอินทรีย์โลกที่ขยายตัว จากรายงาน The yearbook The World of Organic Agriculture–Statistics and Emerging Trends uwlau Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) uaz International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) QUU 2560 พบว่าในปี 2558 มูลค่าตลาดเกษตรอินทรีย์โลกเท่ากับ 2.85 ล้านล้านบาทมากกว่า 80 พันล้านยูโร หากพิจารณาในแง่ของจำนวนเกษตรกรอินทรีย์พบว่ามีเพิ่มมากขึ้นเป็น 2.7 ล้านคน เพิ่มจากปี 2557 ร้อยละ 12.8% และ ร้อยละ 40% ของจำนวนเกษตรนั้นมาจากทวีปเอเชีย



ภาพ 1 ตลาดเกษตรอินทรีย์โลกปี 2559

ปัจจุบันในประเทศไทยธุรกิจอาหารเพื่อสุขภาพเติบโตขึ้นมากอันเนื่องมาจากกระแสรักสุขภาพที่กำลังมาแรงส่งผลให้ผู้บริโภคกลุ่มนี้ขยายเพิ่มมากขึ้นตามไปแต่ด้วยการทำเกษตรนั้นต้องอาศัยต้นทุนจากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (Natural Resource and Environment Accounting) และกลไกสิ่งแวดล้อม (Environmental Mechanism) โดยมีทรัพยากรมนุษย์เป็นกลไกสำคัญที่ควบคุมกระบวนการผลิต (Productive Processes) และทรัพยากรน้ำ (Water Resource) เป็นปัจจัยหลักที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งของการผลิตทางการเกษตรที่ผ่านมาประเทศไทยมีปัญหาเรื่องการขาดแคลนน้ำคือปริมาณน้ำไม่เพียงพอตลอดทั้งและขาดการบริหารการจัดการทรัพยากรน้ำเพราะขาดการควบคุมการใช้น้ำและการอนุรักษ์อย่างถูกวิธี ประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งหมด 320.696 ล้านไร่ ใช้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมรวม 149.25 ล้านไร่ คิดเป็น 46 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมดในประเทศ และมีการใช้น้ำปริมาณมากในภาคการเกษตรทุก ๆ ปีซึงไม่สามารถระบุได้ว่าปริมาณน้ำที่ใช้ไป มีประสิทธิภาพและความคุ้มค่า ต่อผลผลิตที่ได้หรือไม่อีกทั้งเกิดการสูญเสียน้ำจากการระเหย เกิดปัญหาน้ำเสียจากเกษตรกรรมจากกิจกรรมต่าง ๆ ทางการเพาะปลูก ในฤดูฝนที่มีฝนทิ้งช่วงเป็น เวลานานนั้น ทำให้มีปริมาณน้ำฝนลดลงก่อให้เกิดภัยแล้งขึ้นเป็นประจำทุกปี ภัยแล้งที่เกิดขึ้นในประเทศไทยมีผลกระทบโดยตรงกับการเกษตรและแหล่งน้ำ ส่งผลกระทบเสียหายต่อ กิจกรรมทางการเกษตร เช่น พื้นดินขาดความชุ่มชื้น พืชขาดน้ำ พืชชะงักการเจริญเติบโต ผลผลิตที่ได้มี คุณภาพต่ำ รวมถึงปริมาณลดลงซึ่งอาจส่งผลกระทบรุ่นแรงต่อระบบการผลิตการเกษตรของประเทศไทยได้

จากปัญหาดังกล่าวความสำคัญของพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทยและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นปัญหาการจัดการระบบชลประทาน เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตพืช ลดปริมาณการใช้น้ำ การสูญเสียน้ำจากการระเหย และปัญหาน้ำเสียจากเกษตรกรรม โดยการการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำ ของพืช และวอเตอร์ฟุต พริ้นท์วัตถุประสงค์การทดลองเพื่อ ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้น้ำและการใช้น้ำของพืชรวมถึงการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์เพื่อเป็นทางการลดปริมาณน้ำที่ใช้ใน กระบวนการผลิต ในการวิจัยครั้งนี้จึงประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำแก่พืชใต้ผิวดิน โดยใช้เซรามิก (CM) ดินเผาที่มีความพรุนตัวสูงที่สามารถควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยแบบช้า ๆ โดยตรงบริเวณรากพืช เปรียบเทียบประสิทธิภาพ กับหัวน้ำหยด (WD) และการรดน้ำปกติ (CON) แบบคลุมหน้าดิน (ET) และแบบปกติไม่คลุมหน้าดิน(EV) บันทึกข้อมูลอัตราการให้น้ำ,ความชื้นในดิน และการเจริญเติบโตของพืช วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ประเมินวอเตอร์ฟุตพรินท์ เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณน้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการผลิตพืชกรีนโอ๊ค

วัตถุประสงค์การวิจัย

ประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในกระบวนการผลิตพืชกรีนโอ๊ค

สมมุติฐานของการวิจัย

1. อุณหภูมิระหว่างวันมีผลต่อการเปลี่ยนแหล่งความชื้นในดิน

2. ระดับความชื้นดินมีผลต่อ (แรงดึงความชื้นของดิน) และอัตราการให้น้ำของหัวเซรามิก

3. การปลูกพืชแบบคลุมหน้าดินช่วยป้องกันและลดการสูญเสียความชื้นในดินจากการระเหยได้ (สร้างสภาพแวดล้องที่เหมาะสมต่อรากพืช)

ความสำคัญของการวิจัย

เป็นแนวทางในการลดปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตแก้ไขปัญหาภัยแล้งและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตพื้นที่

ศึกษาการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำ ของพืชและ วอเตอร์ฟุตพรินท์ ทดลองในโรงเรือนปลูกพืชทางการเกษตร สถานที่ตั้ง สมาคมเศรฐกิจสีเขียวแห่งอาเซียน 304 หมู่ที่ 1 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา วิจัยโดยใช้แบบจำลองการปลูกพืชในโรงเรือน

ขอบเขตของเนื้อหา

ศึกษาปริมาณการใช้น้ำในการปลูกพืช (กรีนโอ๊ค) ด้วยระบบน้ำแบบต่างๆร่วมถึงการให้น้ำแบบปกติ วิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการให้น้ำเปรียบเทียบความสัมพันธ์ ของอัตราการให้น้ำ, เปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน, ปริมาณผลผลิต และประเมิณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (Green water footprint)ที่ใช้ในการผลิตต้นพืช เพื่อเป็นแนวทางในการใช้น้ำในกระบวนการผลิตกรีนโอ๊คได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอบเขตของเวลา

การศึกษาเรื่องการประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำ ของพืช และวอเตอร์ฟุตพรินท์ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของระยะเวลาในการศึกษาค้นคว้าและดำเนินงานวิจัย ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2564 – มีนาคม 2565 เป็นระยะเวลารวม 5 เดือน

ขอบเขตพื้นที่ของการวิจัย

สมาคมเศรฐกิจสีเขียวแห่งอาเซียน 304 ม.1 ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา วิจัยโดยใช้แบบจำลองการปลูกพืชในโรงเรือน

นิยามศัพท์เฉพาะ

ระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน หมายถึง ระบบชลประทานทางการเกษตรที่มีการลำเลี้ยงโดยผ่านท่อหรือสายยางฝังไว้ใต้ผิวดินเพื่อให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินเซรามิก หมายถึง วัสดุดินเผารูพรุนหรือเซรามิกรูพรุน (Porous Ceramic) เป็นวัสดุที่สามารถอุ้มน้ำซึมซาบน้ำดูดซับน้ำและมีความสามารถในการปลดปล่อยน้ำให้แก่พืชซึ่งผลิตจากวัสดุธรรมชาติหรือพื้นที่ใกล้เคียงมีความแข็งแรงสามารถใช้ในพื้นที่การเกษตรหรือในกระถางปลูกได้มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ประหยัดเวลาและทรัพยากรน้ำตลอดจนสามารถให้น้ำเพียงพอต่อความต้องการของพืชบางชนิดเป็นต้นโดยใช้ควบคู่กับระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน

ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิก หมายถึง ระบบชลประทานใต้ผิวดินโดยการใช้เซรามิกหรือวัสดุอุ้มน้ำให้น้ำแก่พืชซึ่งใช้ในด้านการเกษตร

การประหยัดน้ำ หมายถึง การให้น้ำที่มีอยู่นั้นถูกพืชนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด แต่ในกรณีที่มีน้ำเหลือเพื่อการให้น้ำอาจเป็นแบบของการประหยัดพลังงานและแรงงานเช่นรดน้ำด้วยเรือรดน้ำเป็นต้นการเลือกใช้แบบใดแบบหนึ่งจึงขึ้นกับชนิดดินน้ำพืชสภาพพื้นที่วัตถุประสงค์ของการใช้และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

การให้น้ำแก่พืช หมายถึง การให้น้ำแก่พืชตามความต้องการและจำเป็นของพืชเพื่อพืชจะได้นำไปใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่าง ๆ ด้านการเจริญเติบโตเช่นการสังเคราะห์แสงและสร้างอวัยวะสืบพันธุ์เช่นผลผลิตเป็นต้นการให้น้ำแก่พืชมีอยู่หลายแบบหลายวิธีและมีการพัฒนามาโดยตลอดตัวอย่างเช่นการสูบน้ำรดพืชการปล่อยน้ำไหลตามร่องน้ำการให้น้ำแบบสปริงเกอร์การให้น้ำแบบมินิสเปรย์ให้น้ำแบบน้ำหยดการให้น้ำแบบเหวี่ยงจากไส้ไก่การให้น้ำโดยใช้เครื่องให้น้ำขนาดใหญ่และการให้น้ำโดยเครื่องพ่นหมอกเป็นต้น

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

เป็นแนวทางในการลดปริมาณน้ำที่ใช้ใน กระบวนการผลิตพืช (กรีนโอ๊ค) การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นส่วนหนึ่งพัฒนาเทคโนโลยีในการจัดการทรัพยากรน้ำให้ก่อเกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อเสนอแนวทางการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้น้ำของพืช

น้ำในดิน (Soil Water) นั้นมีความสำคัญต่อพืชมากพืชใช้น้ำในดินและน้ำที่ไหลซึมจากผิวดินในกระบวนการเจริญเติบโตและในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงการให้น้ำแก่พืชจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องค้นคว้าถึงการใช้น้ำของพืชหรือเรื่องที่เกี่ยวข้องและเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

วิบูลย์ บุญ ธ โรกุล (2526) ได้กล่าวถึง ปริมาณการใช้น้ำของพืชหรือ(Evapotranspiration) คือปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำปริมาณดังกล่าวนี้ประกอบขึ้นด้วยส่วนใหญ่ ๆ สองส่วนคือ

1. ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินนำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อแล้วคายออกทางใบบรรยากาศคือการคายน้ำ (Transpiration)

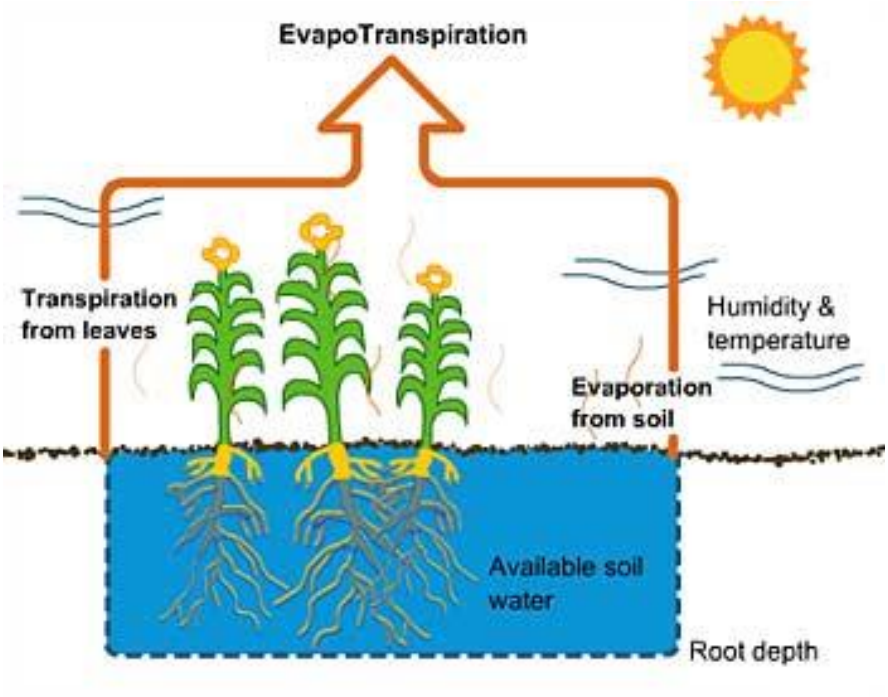
2. ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบ ๆ ต้นพืชจากผิวน้ำในขณะให้น้ำหรือขณะที่มีน้ำขังอยู่และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำคือการระเหย (Evaporation)

3. องค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช

3.1 สภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อม

3.2 ชนิดและอายุของพืช

3.3 ดิน ความชื้น เนื้อดิน และความสามารถในการอุ้มน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช



ภาพ 2 การใช้น้ำของพืช (Consumptive Use of Water)

ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

น้ำในรูปของความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโตก็คือความชื้นในดินที่อยู่ระหว่างความชื้นที่ Field Capacity กับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) ก็คือความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ซึ่งความชื้นในดินนั้นมีความสัมพันธ์กับขนาดของอนุภาคดินหรือเนื้อดินซึ่งจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้มากกล่าวคือในดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินที่มีเนื้อหยาบอย่างไรก็ตามดินทรายบางชนิดอาจมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินเหนียวเนื่องจากดินเหนียวที่มีเนื้อละเอียดมาก ๆ จะมีน้ำที่ยึดอยู่รอบ ๆ อนุภาคดินซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้เป็นจำนวนมากและดินทรายที่มีการระบายน้ำได้ดีมักจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้น้อยทั้งนี้เพราะว่าที่ Field Capacity น้ำที่บรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างอนุภาคดินซึ่งส่วนมากมีขนาดใหญ่จะถูกระบายออกไปจนหมดจึงมีความชื้นที่เก็บไว้ได้น้อยดินที่มีความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้มากมักจะเป็นดินที่มีอนุภาคขนาดปานกลางหรือค่อนข้างละเอียด เช่น ดินที่ประกอบขึ้นด้วนดินทรายแป้ง (silt) เป็นส่วนใหญ่ (วิบูลย์ บุญธโรกุล, 2526, หน้า 21–22)

การดูดน้ำจากดินของพืช

พืชทั่ว ๆ ไปจะมีรากที่ทำหน้าที่ดูดน้ำจากดินเป็นจำนวนมากในบริเวณใกล้ ๆ กับราก คือประมาณ 4 ถึง 5 เซนติเมตรนับจากปลายรากขึ้นมาจะมีรากเส้นเล็กละเอียดเกิดขึ้นทั่ว ๆ 1 ไปรากเหล่านี้เรียกว่ารากขน (Root Hair) ซึ่งทำหน้าที่ดูดน้ำอาหารและยึดลำต้นให้ติดแน่น รากขนเหล่านี้จะแทรกไปตามช่องว่างระหว่างอนุภาคดินและดูดน้ำที่เกาะอยู่รอบ ๆ อนุภาคดิน หรือในช่องว่างระหว่างอนุภาคดินด้วยแรง Osmotic และลักษณะที่พืชได้รับน้ำจากดินอาจจะแบ่งออกได้เป็นสองแบบด้วยกันคือ

1. น้ำไหลจากดินบริเวณที่มีความชื้นมากกว่าไปสู่บริเวณแห้งกว่ารอบ ๆ รากขนด้วยแรงดูดซับ (Capillary Force)

2. รากเจริญเติบโตออกไปสู่บริเวณที่มีความชื้นมากกว่าในขณะที่รากพืชดูดน้ำจากดินไปใช้นั้นดินในบริเวณรอบ ๆ รากพืชจะแห้งและมีแรงดึงความชื้นเพิ่มขึ้นจากบริเวณถัดไปก็จะไหลเข้ามาแทนที่ปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามาหารากพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าในบริเวณดังกล่าวนั้นมีความชื้นอยู่มากน้อยเพียงใดและไหลซึมเข้ามาด้วยอัตราเร็วเท่าไรการงอกของรากออกไปสู่ในบริเวณที่มีความชื้นมากกว่าอาจจะช่วยให้พืชมีน้ำใช้ได้มากในกรณีที่ดินอ่อนนุ่มอยู่หรือมีความชื้นอยู่มาก แต่ในขณะที่พืชดูดน้ำจากดินมากขึ้นดินบริเวณดังกล่าวก็จะแห้งและแข็งมากขึ้นจนรากไม่สามารถงอกออกไปเพื่อดูดน้ำได้หรือไม่ก็ต้องไหลซึมไปหารากพืชและความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้เมื่อดินไม่อิ่มตัว (Capillary Conductivity) ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อความชื้นในดินลดลง ดังนั้นเมื่อปริมาณน้ำที่ไหลซึมไปสู่รากพืชทั้งหมดยังน้อยกว่าปริมาณที่พืชคายออกทางใบพืชก็จะแสดงอาการเหี่ยวเฉาบางครั้งอาจจะพบว่าดินยังมีความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้อยู่อีกเป็นปริมาณมาก แต่เนื่องจากรากของพืชไม่หนาแน่นและไม่แผ่กระจายไปทั่วจึงได้น้ำไม่พอใช้และเกิดอาการเหี่ยวเฉาได้และช่วงระยะเวลาที่พืชกำลังเจริญเติบโตอย่างเต็มที่รากจะมีการเจริญเติบโตและงอกออกอย่างรวดเร็วพืชจะมีน้ำใช้พอกับความต้องการโดยไม่ต้องอาศัยแรงดูดซับมากนักและถ้าหากสภาพแวดล้อมของรากดีกล่าวคือดินในเขตรากค่อนข้างโปร่งมีระดับน้ำใต้ดินรากพืชก็จะแผ่กระจายออกไปได้กว้างและลึกดังนั้นถึงแม้ว่าดินตอนใกล้กับผิวดินมีความชื้นลดลงจนต่ำกว่าจุดเหี่ยวเฉาถาวรพืชก็อาจจะดูดน้ำจากดินในระดับต่ำกว่าไปใช้ได้พอและไม่แสดงอาการเหี่ยวเฉาเลยก็ได้ (วิบูลย์บุญ ธ โรกุล, 2526, หน้า 49-50)

ลักษณะการแผ่กระจายของราก

การแผ่กระจายของรากพืชแต่ละชนิดนั้นไม่เหมือนกันพืชบางชนิดมีรากแผ่กระจายออกเป็นบริเวณกว้างในระดับที่ไม่ลึกนักพืชบางชนิดมีรากหยั่งลงไปลึกและมีการแผ่กระจายไป

ในแนวราบน้อยอย่างไรก็ตามสำหรับพืชชนิดเดียวกันลักษณะการแผ่กระจายของรากจะขึ้นอยู่กับชนิดและความลึกของดินระดับน้ำใต้ดินฤดูการเพาะปลูกตลอดจนปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชในแต่ละครั้งโดยปกติแล้วรากพืชจะไม่สามารถงอกออกในดินที่มีความชื้นต่ำกว่าจุดเที่ยวเขาถาวรดังนั้นถ้าหากมีชั้นดินที่แห้งมากอยู่ใต้ดินก็จะทำให้รากพืชไม่สามารถงอกผ่านไปได้เหมือนกันเพราะว่าในระดับนี้จะมีออกซิเจนและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่น้อยมากระดับน้ำใต้ดินจึงเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการแผ่กระจายของรากอีกอย่างหนึ่ง 1 ความลึกของรากอาจจะถูกจำกัด โดยปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชแต่ละครั้งกล่าวคือให้น้ำแก่พืชครั้งละน้อย ๆ ความลึกของดินที่เก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ก็จะตื้นดังนั้นรากก็จะแผ่กระจายอยู่ แต่ในบริเวณที่มันสามารถดูดน้ำจากดินไปใช้ได้ซึ่งทำให้พืชต้องดูดเอาอาหารและแร่ธาตุจากดินชั้นบนและทำให้ดินจืดอย่างรวดเร็วจนต้องใช้ปุ๋ยมากขึ้นโดยปกติแล้วเราต้องการให้พืชมีรากลึกและแผ่กระจายไปทั่วเพราะว่านอกจากจะทำให้ไม่ต้องให้น้ำแก่พืชบ่อยครั้งขึ้นแล้วพืชยังสามารถดูดน้ำและอาหารได้มากกว่าอีกด้วยความลึกของรากพืชชนิดต่าง ๆ และปริมาณน้ำที่ใช้ตลอดฤดูการเพาะปลูกดังแสดงในตาราง 1 (วิบูลย์บุญ ธ โรกุล, 2526: 50–51)

การดูดน้ำจากดินในชั้นต่าง ๆ

รากพืชจะแผ่กระจายอยู่อย่างหนาแน่นในเขตรากตอนบนและในบริเวณโคนต้นดังนั้นพืชจะดูดน้ำจากดินในชั้นดังกล่าวไปใช้ได้อย่างรวดเร็วนอกจากความชื้นในดินที่พืชดูดไปใช้แล้วดินยังสูญเสียไปโดยการระเหยจากผิวดินด้วยขณะที่ความชื้นของดินค่อย ๆ ลดลงแรงดึงความชื้นของดินก็จะเพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นในที่สุดพืชก็จะไม่สามารถดูดน้ำจากดินในชั้นนี้ไปใช้ได้อย่างเพียงพอความชื้นที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตจึงต้องมาจากดินในระดับต่ำลงถ้าแบ่งความลึกของเขตรากออกเป็นสี่ส่วนเท่า ๆ กันประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่พืชใช้ทั้งหมดมาจากดินในขั้นแรกนับจากผิวดินลงมา 30 เปอร์เซ็นต์จากดินในชั้นที่สอง 20 เปอร์เซ็นต์จากดินในชั้นที่ 3 และ 10 เปอร์เซ็นต์จากดินในชั้นที่สี่ตามลำดับ (วิบูลย์บุญ ธ โรกุล, 2526, หน้า 52)

เทคโนโลยีการชลประทานและการให้น้ำแก่พืช

การให้น้ำในสภาพปกติการให้น้ำในสภาพปกติ (Conventional Irrigation: CI)

คือการให้น้ำซึ่งพืชได้รับสภาพน้ำตั้งแต่ท่วมขังในช่วงแรกและขาดน้ำในช่วงท้ายของการให้น้ำแต่ละครั้งยิ่งในช่วงแสงแดดจัดอุณหภูมิสูงสถานะของน้ำภายใต้ต้นพืชอาจลดลงต่ำกว่าจุดวิกฤตแม้เพียงเล็กน้อยก็จะมีผลต่อการลดประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงซึ่งมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตอย่างเห็นเด่นชัด (เจริญท้วม ม.ป.ป., หน้า 57 อ้างอิงใน Boyer et.al., 1980; Nathanson et.al., 1984)

น้ำในสภาพปกติ (Conventional Irrigation: CI) เช่นให้น้ำทางผิวดิน (Surface irrigation) แบบ Flooding และ Furrow เหล่านี้จะทำให้พืชเกิดสภาพน้ำท่วมขังในระยะแรกและขาดน้ำในช่วงที่จะให้นครั้งต่อไปเป็นช่วง ๆ มีความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available Moisture) ต่อพืชเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและตลอดเวลา (Restore Moisture Content in Soil Profile) โดยสามารถปลูกพืชได้หลายชนิด (Multiple Cropping)

กรีนโอ๊ค (Green Oak Lettuce)

เป็นผักตระกูลผักสลัด มีลักษณะเป็นผักใบหยักสีเขียวอ่อน รูปทรงสวยเป็นพุ่ม รสชาติหวานกรอบคล้ายผักกาดหอม ซึ่งจะตรงกันข้ามกับเรดโอ๊ค (Red Oak Lettuce) ที่มีใบเป็นสีแดง ช่วงอายุที่เหมาะสำหรับนำมารับประทาน 40–45 วัน นิยมทานสดเพราะมีคุณค่าทางสารอาหาร ช่วยในการสร้างเม็ดเลือด บำรุงสายตา บำรุงเส้นผม บำรุงประสาทและกล้ามเนื้อ โดยปกติจะนิยมนำมาทำเป็นอาหารคู่กับ เรดโอ๊ค หรือ ผักสลัดชนิดอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความสวยงามน่ารับประทานมากยิ่งขึ้นราคาจำหน่ายของ กรีนโอ๊ค (Green Oak Lettuce) ราคาขายปลีกจะอยู่ที่ประมาณ 100 บาท/กิโลกรัม (อาจสูงหรือต่ำกว่านี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาล) หรือถ้าขายเป็นต้นประมาณ 20–25 บาท/ต้น

การทดสอบและการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก

วัตถุดิบ (Raw materials) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่จัดว่าเป็นปัจจัยสำคัญ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ดิน หิน และแร่ธาตุต่าง ๆ แต่การที่จะคัดเลือกวัตถุดิบเหล่านั้น นับว่าเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะผู้ผลิตต้องมีความเข้าใจและรู้คุณสมบัติส่วนประกอบต่าง ๆ ทางเคมี (Chemical composition) ความเหนียวของดิน (Plasticity) การหดตัวของดินตลอดจนสีของดินที่เผาแล้ว ทั้งนี้เพื่อเป็นพื้นฐานอันสำคัญในการนำไปใช้ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของผู้ผลิต

การหดตัวของดิน (Shrinkage) เนื้อดินปั้นที่มีการหดตัวมากย่อมเป็นสาเหตุอันหนึ่งทำให้เกิดการแตก การงอ และการบิดเบี้ยวได้มาก การหดตัวจะเกิดขึ้นได้จากผลิตภัณฑ์ที่แห้งจากการเผาดิบ การเผาเคลือบ โดยเฉพาะดินที่มีความเหนียวมาก มีการหดตัวมากที่สุด การหดตัวของดินที่เป็นมาตรฐาน คือ ดินที่ตากแห้งจะหดตัวในระหว่าง 5–12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปเผาไฟจะหดตัวประมาณ 8–12 เปอร์เซ็นต์ หรืออาจถึง 13–24 เปอร์เซ็นต์ ถ้านำไปเผาเคลือบอยู่ในระหว่างประมาณ 15–20 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ย่อมมีการหดตัวมาก

สิ่งที่จะช่วยให้การหดตัวของดินน้อยลงโดยเติมดินเชื้อ (Grog) ประมาณ 20–30 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยในการลดการแตกเสียหายลงได้มาก

ความพรุนตัว (Porosity) ความพรุนตัวของดินเป็นคุณสมบัติที่จะช่วยให้ทราบถึงการเผาถึงจุดสุกตัวหรือไม่ อันหมายถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทดสอบได้ด้วยวิธี นำดินที่เผาไฟแล้วที่ยังไม่ได้เคลือบชั่งน้ำหนักและแช่ทิ้งไว้ในน้ำประมาณ 1 คืนแล้วนำขึ้นมาชั่งใหม่ ถ้ามีความพรุนตัวมากน้ำหนักก็จะเพิ่มขึ้นมาก เนื้อดินปั้นที่ถือเป็นมาตรฐานโดยทั่วไป คือ เนื้อดินชนิด Earthen ware ให้มีความพรุนตัวได้ประมาณ 4–10 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดินชนิดโตนแวร์ (Stone ware) ให้มีความพรุนตัวได้ 1–6 เปอร์เซ็นต์ เนื้อดินชนิดปอร์สเลน (Porcelain) ให้มีความพรุนตัวได้ 0–3 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์ดินเผาที่มีรูพรุนนี้ ผู้ประดิษฐ์ได้ออกแบบดินเผาที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำและมีรูปทรงที่สอดคล้องกับการแพร่กระจายของรากพืช ซึ่งได้แบบดินเผาทั้งหมด 2 แบบ ได้แก่ 1) แบบทรงกลม (porous ball: PB) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.50 cm และพื้นที่ผิว 132.67 cm^2 แบบทรงวงแหวน (porous ring: PR) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางวงนอก 11.00 cm และเส้นผ่านศูนย์กลางวงใน 4.00 cm ซึ่งพื้นที่ผิว 230.79 cm^2 โดยดินเผาที่มีรูพรุนทั้งสองแบบจะมีช่องส่งน้ำภายในผ่านตลอดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.75 cm และมีข้อต่อสองด้านตรงข้ามกัน สำหรับต่อกับท่อรับ–ส่งน้ำจากถังเก็บน้ำและปุ๋ยน้ำ ซึ่งสามารถที่จะถอดท่อรับ–ส่งน้ำออกได้เพื่อง่ายต่อการติดตั้งและเคลื่อนย้ายเป็นต้น ด้วยลักษณะรูปทรงของดินเผาทั้งสอง แบบที่มีความสมมาตรจึงทำให้มีความคงทน กล่าวคือดินเผาแบบ PB และ แบบ PR มีขนาดที่สัมพันธ์กับรูปทรง มีความหนาที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ภายในได้ในระยะหนึ่ง และรัศมีการแพร่กระจายเพื่อรักษาระดับความชื้นในดินที่ประโยชน์ต่อพืชมีความคงทนและแข็งแรงที่จะใช้ในกระถางปลูกและใช้ในพื้นที่การเกษตรได้ การผลิตดินเผาที่มีรูพรุนเพื่อการให้น้ำใต้ผิวดินแก่พืชตามการประดิษฐ์นี้ ได้คัดเลือกดินเหนียวทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ดินเหนียวจากบ้านทุ่งหลวงสุโขทัย ตำบลทุ่งหลวง อำเภอคีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย, ดินเหนียวจากบึงกะโล่ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ และดินเหนียวบ้านเวียงกาหลง อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ซึ่งดินทั้งสามชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาอยู่แล้ว จากนั้นผู้ประดิษฐ์จึงนำดินเหนียวแต่ละชนิดมาใช้เป็นส่วนผสมหลัก และใช้ดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมเพื่อลดการแตกจากการเผา และใช้ผงถ่านละเอียดเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มรูพรุนให้กับดินเผา ซึ่งหลังจากได้ดินเหนียวแต่ละส่วนผสมที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยวิธีการผสมแบบเปียก จึงนำส่วนผสมที่เป็นน้ำดินไปกรองด้วยตะแกรง (ขนาดระหว่าง 35 ถึง 120 mesh) และนำไปเกรอะบนแผ่นปูนปลาสเตอร์เพื่อให้น้ำดินแห้งพอหมาด ๆ แล้วนวดเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกันและลดช่องว่างในเนื้อดิน จากนั้นชั่ง

น้ำหนักดินส่วนผสมให้เท่ากับปริมาตรของแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ครึ่งเสี้ยวที่เตรียมไว้ แล้วปั้นดินส่วนผสมให้มีลักษณะคล้ายแบบพิมพ์ครึ่งเสี้ยววางลงในแบบพิมพ์แล้วกดอัดด้วยแบบพิมพ์อีกชิ้น จากนั้นรอจนให้ดินแห้งพอสมควร แล้วจึงแกะดินออกจากแบบพิมพ์ครึ่งเสี้ยวซึ่งจะได้ดินตามแบบพิมพ์ จากนั้นทำการกดอัดแบบพิมพ์อีกครั้งเพื่อให้ได้ดินจากแบบพิมพ์ครึ่งเสี้ยวอีกส่วน แล้วนำดินที่ได้จากการกดอัดแบบพิมพ์ทั้งสองส่วนมาประกบกันโดยใช้น้ำดินเป็นตัวเชื่อมต่อ แล้วนำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หลังจากดินแห้งจึงนำไปเผาตามขบวนการเผาดินเผาแบบออกซิเดชั่น จนถึงที่อุณหภูมิ 800°C เป็นระยะเวลา 8 hr. ถึง 10 hr. สำหรับวิธีการหนึ่งในการประกบดินเผาจากแบบพิมพ์ครึ่งเสี้ยว คือการนำดินจากการกดอัดด้วยแบบพิมพ์ครึ่งเสี้ยวส่วนเดียวที่ผึ่งในร่มจนแห้งจำนวนสองชิ้น แล้วนำไปเผาจากนั้นจึงนำดินเผาทั้งสองชิ้นมาประกบกันด้วยกาวยาแนวที่สามารถซึมน้ำ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้สามารถใช้ในการซ่อมแซมดินเผาที่มีรูพรุนที่เกิดรอยรั่วหรือรอยร้าวให้กลับมาใช้ใหม่ได้

การทดสอบและการเตรียมวัสดุอุปกรณ์

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ พบว่า มีค่าการหดตัวหลังการเผาอยู่ระหว่าง 5.00 เปอร์เซ็นต์ ถึง 8.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนาแน่นมีค่าระหว่าง 1.05 กรัมต่อลูกบาศก์ ถึง 1.45 กรัมต่อลูกบาศก์ ค่าความแข็งแรงมีค่าระหว่าง 13.35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ถึง 51.89 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความสามารถในการอุ้มน้ำอยู่ระหว่าง 20.00 เปอร์เซ็นต์ ถึง 40.00 เปอร์เซ็นต์ และมีขนาดรูพรุน Ø 1.26 μm – 2.48 μm ส่วนการเคลื่อนที่ตามแรงดันบรรยากาศที่ระดับเดียวกันกับดินเผาที่รูพรุนมีอัตราการไหล 1.55 มิลลิเมตรต่อวินาที และสามารถปลดปล่อยน้ำได้ 2.50 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และในระดับที่มีแรงดันบรรยากาศที่สูงกว่า 1 เมตร จะ มีอัตราการไหล 5.79 มิลลิเมตรต่อวินาที และสามารถปลดปล่อยน้ำได้ประมาณ 15.00 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ค่าต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นขึ้นอยู่กับแต่ละส่วนผสมที่ได้ผลิตขึ้น

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และคณะ (2552) จากการทดลองการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผามีอัตราการให้น้ำตลอดอายุการเจริญเติบโตของคะน้าน้อยกว่าการให้น้ำแบบการปลูกปกติ และผลผลิตการเจริญเติบโตของคะน้ามีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง ขนาดเส้นรอบวงลำต้น และจำนวนใบที่ดีกว่า และจากการปลูกคะน้าในกระถางที่มีการติดตั้งดินเผาแบบปลูกในทรายนั้น มีอัตราการให้น้ำใกล้เคียงกับกระถางที่มีการติดตั้งดินเผาแบบปลูกในดิน และมีการเจริญเติบโต และผลผลิตของคะน้าดีที่สุด อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำแบบปกติ (สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และวิรัตน์ สารางทอง, 2550) และ

จากการเก็บข้อมูลทางกายภาพของดินในแปลงปลูกดาวเรือง (สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และคณะ, 2551) พบว่าค่าความซึมน้ำของดิน (soil permeability) ทั้งแปลงที่มีการให้น้ำแก่พืชแบบปกติ และแปลงที่มีการให้น้ำแก่พืช แบบใต้ผิวดินนั้นไม่แตกต่างกัน คือมีช่วงค่าความซึมน้ำของดินระดับ 10^{-4} เซนติเมตรต่อวินาที แต่จากการตรวจสอบค่าความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density; ρd) และค่าความแข็งของดิน (soil hardness) ของแปลงทดลองแบบให้น้ำปกติ (ρd 1.37 กรัมต่อลูกบาศก์ และ 89.07 กิโลปาสกาล ตามลำดับ) จะมีค่ามากกว่าแปลงทดลองที่มีการให้น้ำแก่พืชแบบใต้ผิวดิน (ρd 1.12 กรัมต่อลูกบาศก์ และ 20.18 กิโลปาสกาล ตามลำดับ) และจากการทดสอบปลูกพริก พบว่าการเจริญเติบโตเมื่ออายุ 60 วัน จากการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผา เฉลี่ยสูงกว่าการให้น้ำแบบปกติ และปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวันของระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผามีปริมาณเฉลี่ยน้อยกว่า 3.5 เท่า ส่วนการทดสอบปลูกฟักทอง เมื่อคิดเป็นสัดส่วนการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผานั้นน้อยกว่าการให้น้ำแบบปกติ คือ 1:2.15 เท่า สำหรับการเจริญเติบโต (อายุ 60 วัน) พบว่าการให้น้ำแบบปกติมีการออกผลของฟักทองเฉลี่ยน้อยกว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผา คือ 1.00 ถึง 2.50 ผลต่อต้น ตามลำดับ จากการสังเกตลักษณะการเจริญเติบโตและการดูดใช้น้ำของพืช พบว่า รากของต้นพืชที่ปลูกโดยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผา จะมีการรวมตัวอยู่บริเวณรอบ ๆ ดินเผาหรืออีกนัยหนึ่ง คือรากพืชจะเจริญเติบโตและแพร่กระจายรอบ ๆ ดินเผา เพื่อดูดน้ำจากดินเผาที่ปลดปล่อยออกมา และปริมาณรากจะมีปริมาณมากกว่าต้นพืชที่ปลูกโดยการให้น้ำแบบปกติ ซึ่งมีการแพร่กระจายของรากตามความชื้นในดิน จึงสามารถสันนิฐานได้ว่า การใช้ดินเผาเป็นวัสดุในการให้แก่พืชในบริเวณเขตรากพืชโดยตรง และจากการเก็บข้อมูลปริมาณการระเหยของน้ำจากผิวดิน (evaporation) พบว่าการให้น้ำแบบปกติมีปริมาณการระเหยของน้ำจากผิวดินมากกว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผาในสัดส่วน 1:1.44 เท่า ส่วนการยุบตัวของหน้าดิน พบว่าการให้น้ำแบบปกติมีการยุบตัวของหน้าดินสูงกว่าระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผา สอดคล้องกับค่าความแข็งของหน้าดินของการให้น้ำแบบปกติที่มีความแข็งเฉลี่ยมากกว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผา คือ 571.85 กิโลปาสกาล และ 136.20 กิโลปาสกาล ตามลำดับ หรือมีความแข็งมากกว่า 4.20 เท่า นอกจากนี้ได้ทดลองใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผาแบบ PB ในการปลูกสาวน้อยประแป้งที่เป็นไม้ใบใช้ประดับได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร พบว่าพืชเจริญเติบโตได้ดีมีปริมาณการใช้น้ำในช่วงหนึ่งเดือนประมาณเพียง 1,446 mL/plant หรือ 57.87 mL/plant/day ส่วนการทดลองใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผาในการทดสอบปลูกพืชในแบบรางพลาสติก 1 กระถางต่อ 3 ต้น ซึ่งพืชที่ใช้ทดสอบ คือ เฟิร์นข้าหลวงที่ต้องการความชื้นสูง พบว่าปริมาณการใช้น้ำในช่วงหนึ่งเดือน คือ ประมาณ 5,030 mL/pot

(193.46 mL/pot/day) หรือ 1,676 mL/plant (96.73 mL/plant/day) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าถึงแม้เฟิร์นข้าหลวงจะมีปริมาณการใช้น้ำต่อต้นต่อวันนั้นจะสูงกว่าสาวน้อยประแป้ง แต่ก็ถือว่ายังใช้ในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับพฤติกรรมของการให้น้ำที่ไม่แน่นอน เช่น การให้น้ำในกระถางจนกว่าน้ำจะไหลออกจากก้นกระถางซึ่งเป็นการสูญเสียน้ำอย่างเปล่าประโยชน์ ซึ่งในความเป็นจริงพืชผักบางชนิดจะต้องมีปริมาณการใช้น้ำของพืชตลอดฤดูกาลเพาะปลูกอยู่ระหว่าง 300 – 650 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ (ดิเรก ทองอร่าม, 2545) โดยน้ำส่วนใหญ่นั้นจะสูญเสียจากการระเหย ไหลลงสู่ใต้ดินและวิธีการให้น้ำ

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และคณะ (2552) ได้ศึกษาการปลูกพืชด้วยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกรูพรุนจากการคัดเลือกเซรามิกรูพรุนจำนวน 2 สูตร (F1 และ F2) ที่มีคุณสมบัติต่างกัน มาใช้ในระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน (subsoil irrigation system: SIS) เปรียบเทียบกับระบบการให้น้ำแบบปกติ (conventional irrigation system: CIS) โดยใช้บัวรดน้ำ (รูป 1) โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ทำการทดลองกลุ่มละ 3 ซ้ำ โดยใช้พริก (*Capsicum frutescens* Linn.) เป็นพืชทดสอบ จากศึกษาของสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และคณะ (2552) พบว่าสมบัติทางกายภาพของแท่งทดสอบค่าการหดตัวหลังการเผา ความหนาแน่น และค่าความแข็งแรงน้อยกว่า F2 แต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่มากกว่า

ตาราง 1 คุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของส่วนผสมเซรามิกรูพรุน

สูตร	คุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา (800องศาเซลเซียส)			
	การหดตัว (เปอร์เซ็น)	ความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์)	ความแข็งแรง กิโลกรัมต่อตาราง เซนติเมตร	การอุ้มน้ำ (เปอร์เซ็นต์)
F1	6.91	0.93	33.54	35.55
F2	7.06	0.95	35.76	34.98
ดินกว๊าน	6.62	1.30	48.89	20.15

หลังจากการทดสอบอัตราการซึมน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลาของแท่งทดสอบทั้งสองสูตร พบว่า F2 มีอัตราการซึมน้ำมากกว่า F1 คือ 1.28×10^{-2} และ 1.13×10^{-2} ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที ซึ่งมีอัตราซึมผ่านของน้ำที่ดีสำหรับการผลิตเป็นเซรามิกรูพรุน (D.J.Green, 1994)

ส่วนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตหัวจ่ายน้ำดินเผารูพรุนทั้งสองแบบ คือดินเหนียวจากนาข้าวกว๊านพะเยามาใช้เป็นวัตถุดิบหลักร้อยละ 70–90 โดยน้ำหนัก ผสมกับวัสดุเพิ่มรูพรุนเติมร้อยละ 10–30 โดยน้ำหนัก ซึ่งวัสดุเพิ่มรูพรุนจะใช้ขี้เลื่อยละเอียดหรือวัสดุอินทรีย์สารประเภทต่าง ๆ ที่สามารถสลายตัวได้หลังการเผา เพื่อให้เกิดรูพรุนต่อเนื่องขนาดต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำและปลดปล่อยน้ำอย่างช้า ๆ โดยก่อนใช้จะผ่านการร่อนคัดขนาดด้วยตะแกรงขนาด 35–100 เมตร จากนั้นนำขี้เลื่อยหรือวัสดุอินทรีย์สารที่ผ่านการร่อนนำมาผสมกับดินเหนียวแล้วขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบ เพื่อใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินเผารูพรุนตามส่วนผสมต่าง ๆ

ในการผลิตดินเผารูพรุน ให้เตรียมส่วนผสมและชั่งน้ำหนักส่วนผสมทั้ง 2 ชนิด ตามสัดส่วนข้างต้นมาผสมแบบเปียยกให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง ball mill โดยเติมน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม เป็นระยะเวลาระหว่าง 2–6 ชั่วโมง จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปเกรอะบนปูนปลาสเตอร์เพื่อให้ส่วนผสมนั้นแห้งพอหมาด ๆ หรือมีความชื้นอยู่ประมาณร้อยละ 35–45 จากนั้นนวดบนปูนปลาสเตอร์เพื่อให้ส่วนผสมคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกันและเป็นการลดช่องว่างที่อยู่ภายในเนื้อดิน จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักให้เท่ากับปริมาตรของแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ครึ่งเสี้ยวที่เตรียมไว้ เพื่อทำการขึ้นรูปดินเผารูพรุนทรงกรวยด้วยวิธีการกดพิมพ์ โดยให้เช็ดทำความสะอาดภายในแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ให้เรียบร้อย แล้วนำดินที่นวดและชั่งน้ำหนักไว้มาปั้นเป็นรูปร่างตามแบบแม่พิมพ์วางดินไว้ในแบบแล้วกดอัดด้วยแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ครึ่งเสี้ยวอีกชิ้นหนึ่งที่เตรียมไว้ ทิ้งไว้ให้แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ดูดน้ำทางดินจนดินเริ่มหลุดออกจากแม่พิมพ์ จากนั้นเอาแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ครึ่งเสี้ยวที่ใช่กดอัดดินออก แล้วใช้ค้อนยางเคาะเบา ๆ ที่แม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ครึ่งเสี้ยวที่มีดินติดอยู่ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ทรงกรวยครึ่งเสี้ยวหลุดออกมา แล้วใช้มีดตัดตกแต่งดินส่วนเกินออก ให้ทำการกดพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ตามขั้นตอนที่กล่าวมาอีกครั้ง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ทรงกรวยครึ่งเสี้ยวอีกส่วน เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ครบทั้งสองส่วนแล้ว ทำการเชื่อมให้ติดกันโดยใช้น้ำดินแล้วตกแต่งให้เรียบร้อยอีกครั้ง จากนั้นนำไปพึ่งในที่ร่มให้แห้ง แล้วนำไปเผาแบบออกซิเดชั่นอีกครั้งจนถึงที่อุณหภูมิ 700–1,200 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6–8 ชั่วโมง โดยค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อได้ผลิตภัณฑ์หลังเผาแล้ว เมื่อได้ผลิตภัณฑ์หลังเผาแล้ว ทำการเชื่อมฝาขวดน้ำดื่มพลาสติกโดยใช้กาวที่กันน้ำ ทิ้งไว้ให้กาวแห้งสนิท จึงสามารถนำผลิตภัณฑ์ดินเผารูพรุนทรงกรวยไปใช้ในการให้น้ำแก่พืชได้

สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของหัวจ่ายน้ำดินเผารูพรุนทั้งสองแบบหลังการเผาที่ได้จากการทดสอบพบว่า มีค่าการหดตัวระหว่าง 6.62–7.06 เปอร์เซ็นต์ มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.93–1.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความแข็งแรงอยู่ในช่วง 33.54–48.89

กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีความสามารถในการอุ้มน้ำระหว่าง 20.15 – 35.55 เปอร์เซ็นต์ และใช้ระยะเวลาในการอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ระหว่าง 10 – 12 นาที

จากนั้นทำการศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำ ซึ่งเป็นการศึกษาลักษณะหรือรูปแบบทิศทางและระยะเวลาการเคลื่อนที่ของน้ำที่ปลดปล่อยจากเซรามิกรูพรุนทรงกรวยทั้งสองแบบที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Pongpattanasiri S, 2006) โดยทดสอบในทรายละเอียดที่มีความหนาแน่น 1.66 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร พบว่า PH–I ของ F1 และ F2 มีปริมาณการปลดปล่อยน้ำ คือ 15.21 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และ 6.67 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ การออกแบบและการประดิษฐ์หัวจ่ายน้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินที่เป็นเซรามิกรูพรุนนี้ ผู้วิจัยได้ผลิตภัณฑ์หัวจ่ายน้ำเซรามิกรูพรุนมีลักษณะเป็นทรงกรวยสองแบบ คือ Porous ceramics head–I (PH–I) โดยมีขอบข้างที่ครอบฝาขวดน้ำที่เจาะรูไว้ภายในเซรามิกรูพรุน ภายในเซรามิกรูพรุนมีช่องทรงกรวยตามรูปทรงสำหรับเก็บกักน้ำที่ส่งมาจากขวดน้ำ และ Porous ceramics head–II (PH–II) ไม่มีขอบข้างที่ครอบฝาขวดน้ำแต่จะเชื่อมต่อเข้าไปในฝาขวดน้ำที่เจาะรูไว้ ซึ่งภายใน เซรามิกรูพรุนมีช่องสำหรับเก็บกักน้ำ โดยทั้งสองแบบได้ใช้ดินเหนียวนาข้าวรอบกว๊านพะเยาเป็นส่วนผสมหลัก และเติมขี้เลื่อยที่ไม่ได้ผ่านร่อนเป็นส่วนผสมในสูตรที่ 1 (F1) และขี้เลื่อยที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงร่อน 60 เมช เป็นส่วนผสมในสูตรที่ 2 (F1) จากนั้นทำการผสมดินเหนียวโดยเติมขี้เลื่อยร้อยละ 10 ของแต่ละสูตร แล้วทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นหลังการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส พบว่า F1 และ F2 มีค่าการหดเท่ากับ 6.91 เปอร์เซ็นต์ และ 7.06 เปอร์เซ็นต์ ความหนาแน่นเท่ากับ 0.93 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ 0.95 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความแข็งแรงเท่ากับ 33.54 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 35.76 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 35.55 เปอร์เซ็นต์ และ 34.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีขนาดรูพรุนประมาณ Ø 2.80 ไมโครเมตร และ Ø 1.38 ไมโครเมตร ตามลำดับ และหลังจากการทดสอบอัตราการซึมน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลาของแท่งทดสอบทั้งสองสูตร พบว่า F2 มีอัตราการซึมน้ำมากกว่า F1 คือ $1.28x10^{-2}$ และ $1.13x10^{-2}$ ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที หลังจากการขึ้นรูปเซรามิกรูพรุนทรงกรวยทั้งสองแบบของแต่ละสูตรส่วนผสมแล้ว ได้ทำการทดสอบระยะเวลาในการอิ่มตัวด้วยน้ำของเซรามิกรูพรุน พบว่าเซรามิกรูพรุนทั้งสองแบบของแต่ละสูตรส่วนผสมนั้นใช้ระยะเวลาในการอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ระหว่าง 10–12 นาที และพบว่า PH–I ของ F1 และ F2 มีปริมาณการปลดปล่อยน้ำ คือ 15.21 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และ 6.67 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ และ PH–II ของ F1 และ F2 มีปริมาณการปลดปล่อยน้ำ คือ 0.38 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และ 0.30มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ ดังนั้นหัวจ่ายน้ำเซรามิกรูพรุนจึงเป็น

อุปกรณ์ให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินแบบประหยัดน้ำที่ให้น้ำแบบน้ำซับ ซึ่งค่อย ๆ ซึบซาบสู่ดินแบบต่อเนื่องและอัตโนมัติ และจะให้น้ำโดยตรงบริเวณรากพืช ซึ่งรากพืชสามารถเกาะและดูดน้ำจากหัวจ่ายเซรามิกรูพรุนได้ และยังสามารถช่วยลดการระเหยของน้ำ การแน่นทึบของดินและวัชพืช สามารถใช้ได้ในการปลูกพืชแบบกระถาง สวนหย่อมหรือพื้นที่การเกษตรได้

Water footprint

เป็นตัวชี้วัดปริมาณการใช้น้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนกระทั่งสินค้าถึงมือผู้บริโภค (supply chain) สินค้าที่มี water footprint น้อยย่อมได้รับความสนใจมากกว่าสินค้าที่มี water footprint มากเพราะมีการใช้น้ำ (consumption) และทำให้น้ำสกปรก (pollution) น้อยกว่า แนวความคิดเรื่อง water footprint เริ่มขึ้นในปี ค.ศ.2002 โดยศาสตราจารย์ Arjen Y.Hoekstra แห่งประเทศเนเธอร์แลนด์ เป็นแนวคิดที่กำลังได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากการคำนวณ water footprint นอกจากทำให้เห็นภาพปริมาณการใช้น้ำที่ซ่อนเร้นอยู่ในการผลิตสินค้าได้อย่างชัดเจนมากขึ้นแล้ว ยังสามารถนำมาประเมินผลกระทบที่เกิดจากการผลิตและการค้าต่อการใช้ทรัพยากรน้ำได้อีกด้วย ซึ่งจะทำให้เข้าใจปัญหาการขาดแคลนน้ำและมลภาวะทางน้ำได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งนำไปสู่วิธีแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับกระบวนการผลิตสินค้าและsupply chain ทั้งระบบ

ประโยชน์ของ Water Footprint

การมีข้อมูล water footprint ที่ถูกต้องจะช่วยให้ผู้บริโภคและภาคธุรกิจเข้าใจว่าจะต้องทำอย่างไรเพื่อให้การใช้น้ำเป็นไปอย่างยั่งยืนและเป็นธรรมมากขึ้นสำหรับผู้ผลิต การนำกลยุทธ์ลด water footprint มาใช้จะช่วยสร้างภาพลักษณ์ที่ดีและสร้างจุดแข็งให้กับบริษัทหรือผลิตภัณฑ์ เพราะแสดงว่าคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีความรับผิดชอบต่อสังคม การลด water footprint ในการผลิตสินค้ายังช่วยลดความเสี่ยงของปัญหาขาดแคลนน้ำซึ่งจะมีผลกระทบต่อภาคธุรกิจโดยตรง และยังเป็นการเตรียมความพร้อมในกรณีที่ภาครัฐออกกฎหมายบังคับเกี่ยวกับ water footprint ในอนาคตสำหรับผู้บริโภค การระบุข้อมูล water footprint บนฉลากสินค้าจะช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคตระหนักถึงความสำคัญของการใช้น้ำในการผลิตสินค้าแต่ละชนิด โดยผู้บริโภคอาจหันไป

เลือกซื้อสินค้าที่มี water footprint น้อยแทนสินค้าที่มี water footprint มาก (เช่น กินเนื้อสัตว์ลดลงแล้วหันมาทานผักเพิ่มขึ้น ดื่มน้ำหรือน้ำชาแทนกาแฟ เป็นต้น) หรือ ผู้บริโภคอาจ

เลือกสินค้าแบบเดิมแต่เลือกจากแหล่งผลิตหรือวิธีการผลิตที่มี water footprint ต่ำกว่าแทน การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคไปในสู่ทางเลือกของสินค้าที่มี water footprint ต่ำจะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำของโลกและนำไปสู่แนวทางการบริโภคที่ยั่งยืนมากขึ้น

water foot print ถูกคิดขึ้นโดยศาสตราจารย์ Hoekstra และคณะ ชาวเนเธอร์แลนด์ ในปี ค.ศ. 2002 วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ หมายถึง ปริมาณ น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสินค้าและบริการทั้ง ทางตรงและทางอ้อม โดยคำนวณปริมาณน้ำจาก ผลรวมของทุกขั้นตอนตลอดห่วงโซ่ของการผลิต สินค้าและบริการ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อปีหรือลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี [6] ซึ่งวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (Blue Water Footprint, wblue) หมายถึง ปริมาณน้ำบนผิวดิน และน้ำใต้ดิน เช่น น้ำบาดาล น้ำชลประทาน ที่ถูกนำไปใช้

2. วอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีเขียว (Green Water Footprint, Wgreen) หมายถึง ปริมาณน้ำฝนที่ถูกนำไปใช้

3. วอเตอร์ฟุตริ้นท์สีเทา (Grey Water Footprint, Wgrey) หมายถึง ปริมาณน้ำสะอาดที่นำไปชะล้างน้ำเสียหรือบำบัดน้ำเสียให้เป็นน้ำดีตามค่ามาตรฐาน

ตัวอย่างค่าเฉลี่ยระดับโลกสำหรับการใช้น้ำในการผลิตสินค้าต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตสมาร์ทโฟน 1 เครื่องใช้น้ำ 910 ลิตร ผลิตเสื้อยืด คอตต้อน 1 ตัวใช้น้ำ 2,500 ลิตร ผลิตยางรถยนต์ใหม่ 4 เส้น ใช้น้ำ 7,850 ลิตร ผลิตน้ำโคล่า 1 ขวด (500 มิลลิลิตร ใช้น้ำ 175 ลิตร และผลิตชอสมะเขือเทศ 1 กิโลกรัม ใช้น้ำ 530 ลิตร การประเมินคำวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ในภาคเกษตรกรรมของ Mekonnen และ Hoekstra อ้างถึงใน สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ได้แสดงวิธีการหาคำาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทั้งหมดที่เกิดจาก การเพาะปลูกพืชหรือต้นไม้ (Total water footprint of process of growing crop or tree, WFproc, crop)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิจพร นราพงษ์ (2543) ได้ศึกษาถึงผลการให้น้ำระบบน้ำหยดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของคะน้ายอดจากการทดลองพบว่าอัตราการไหลของหัวหยดในระบบน้ำหยดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของคะน้าที่ดีที่สุดคือหัวหยดที่มีอัตราการไหลของน้ำ 4 ลิตรต่อวันต่อต้นโดยให้ผลตอบสนองคิดเป็นค่าเฉลี่ยในด้านความสูงของต้นเท่ากับ 14.20 เซนติเมตรจำนวนใบเท่ากับ 7.23 ใบน้ำหนักสดเท่ากับ 154,95 กรัมและน้ำหนักแห้งเท่ากับ 13.65 กรัมดังนั้นอัตราการไหลของหัวหยดที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของคะน้าคือ 4 ลิตรต่อวันต่อต้น

มนตรี ครู (ม.ป.ป.) ได้ทำการศึกษาถึงการใช้ลำไม้ไผ่เป็นท่อสำหรับการชลประทานแบบหยดน้ำดังรายละเอียดคือการชลประทานแบบหยดน้ำไม่เป็นที่แพร่หลายหรือรู้จักกันดีในประเทศไทยวิธีการนี้เป็นการส่งน้ำให้แก่พืชที่ละน้อย ๆ และช้า ๆ เฉพาะบริเวณพื้นดินรอบ ๆ โคนต้นพืชแต่ละต้นหรือกำหนดให้จุดใดจุดหนึ่งหรือหลายจุดที่รากพืชสามารถแพร่กระจายไปดูดน้ำได้ตามปริมาณที่พืชต้องการวิธีนี้จึงประหยัดน้ำมากและสามารถผสมปุ๋ยรวมเข้าไปพร้อมกับการส่งน้ำได้ด้วยระบบนี้ถ้ามีการจัดการที่ดีและเหมาะสมจะมีประสิทธิภาพชลประทานสูงที่สุด แต่อย่างไรก็ตามระบบการชลประทานแบบหยดน้ำนี้จะต้องใช้ท่อส่งน้ำและหัวปล่อยน้ำเป็นจำนวนมากซึ่งโดยทั่วไปมักใช้ท่อที่ทำด้วย PVC และ Polyethylene เป็นส่วนมากส่วนหัวปล่อยน้ำที่ใช้กันโดยมากผลิตขึ้นด้วยเทคนิคชั้นสูงเพื่อที่จะให้แต่ละหัวปล่อยน้ำได้เองด้วยอัตราการไหลของน้ำที่ใกล้เคียงกันที่สุดจึงมีราคาค่อนข้างแพงฉะนั้นเพื่อเป็นการลดต้นทุนของการสร้างระบบชลประทานแบบหยดน้ำจึงพยายามนำท่อไม้ไผ่มาดัดแปลงเป็นท่อส่งน้ำซึ่งก็สามารถทำได้ไม่ยากนักโดยสร้างเครื่องเจาะทะลุปล้องให้ตลอดทั้งลำโดยใช้ลำไม้ส่วนอุปกรณ์หัวปล่อยน้ำที่ใช้บังคับน้ำให้ไหลทีละน้อย ๆ ตามปริมาณที่เราต้องการและให้ใกล้เคียงกันทุกหัวนั้นก็ดัดแปลงมาจากชุดให้น้ำเกลือคนไข้ที่ตามโรงพยาบาลไม่ใช้แล้วนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยใช้ท่อพลาสติกเล็ก ๆ เสียบต่อให้น้ำเกลือกับท่อไม้ไผ่ แต่เปลี่ยนสายจากพลาสติกใสมาเป็นพลาสติกสีดำเพื่อป้องกันการเกิดตะไคร่น้ำจับในห่อพลาสติกและมีการการจัดระบบท่อเครื่องกรองตะกอนการควบคุมระดับความดันของน้ำตลอดจนวิธีการนำท่อไม้ไผ่ไปใช้งานในแปลงปลูกพืชซึ่งจากการทดลองเป็นการทดสอบความคงทนอายุการให้งานและการสูญเสียแรงดันของน้ำภายในท่อเพื่อศึกษาว่าท่อไม้ไผ่จากการทดลองนำมาใช้งานจะสามารถดำเนินงานได้ดีพอสมควร

สมเกียรติ จนศิริวงศ์วุฒิ (พ.ศ.) ได้ทำการศึกษาถึงการชลประทานฉีดฝอยแบบท่อเจาะรูเป็นวิธีการให้น้ำแก่พืชแบบกระจายไปทั่วพื้นที่ด้วยอัตราการให้น้ำที่ไม่มากไปกว่าอัตราการดูดซับน้ำของดินวิธีนี้ใช้ความดันที่ระหว่าง 0.35 ถึง 0.41 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรซึ่งช่วยให้ประหยัดเชื้อเพลิงได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการชลประทานฉีดฝอยแบบอื่น แต่ยังไม่มีการศึกษาลักษณะการฉีดและแผ่กระจายน้ำออกมาอย่างมีรายละเอียดพอให้นำไปใช้งานได้การศึกษาเพื่อหาลักษณะของสายน้ำที่ฉีดออกจากรูเจาะทำโดยนำท่อ พี.วี.ซี. อย่างบางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3,256 และ 8.4 เซนติเมตร (ตามท้องตลาดเรียก 1, 2 และ 3 นิ้ว) มาเจาะรูให้เอียงจากแนวดิ่ง 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 40 องศาแล้วอัดน้ำเข้าท่อเข้าด้วยความดัน 0.3140.666 1.018 และ 1.369 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรโดยในท่อ 1 ขนาด 1 ความดันเปลี่ยนขนาดรูเจาะเป็น 3 ขนาดคือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.159 0.119 และ 0.0794

เซนติเมตร (1/16 3/64 และ 1/32 นิ้ว) แล้วทำการเก็บข้อมูลค่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ ทีละ 1 ตัวอย่างจนครบทุกขนาดท่อทุกขนาดความดันทุกขนาดรูเจาะและทุกตำแหน่งเจาะจากนั้นจึงนำข้อมูลค่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ มาวิเคราะห์หาตำแหน่งขนาดของรูเจาะที่เหมาะสมที่สุดผลการศึกษาพบว่า (1) ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลเฉลี่ยของทุกรูเจาะในท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.25 6.0 และ 8.4 เซนติเมตรมีค่า 0.67 0.74 และ 0.79 ตามลำดับ (2) ลักษณะพื้นที่เปียกน้ำของรูเจาะที่เอียงจากแนวดิ่ง 0 องศาจะมีลักษณะเป็นรูปวงกลมและจะเริ่มเป็นรูปวงรีเมื่อมีความเอียงมากขึ้นส่วนความลึกของน้ำสูงสุดในพื้นที่เปียกน้ำที่ได้จากรูเจาะเลี้ยง 0 องศาจะมีค่ามากสุดและมีค่าน้อยลงเมื่อรูเจาะเลี้ยงมากขึ้นโดยทั่วไปความผิดในอากาศและการแตกกระจายของเม็ดน้ำมีอิทธิพลทำให้ความไกลแท้จริงลดลงเมื่อเทียบกับความไกลที่ได้จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (3) รูปแบบรูเจาะที่เหมาะสมควรนำไปศึกษาเพื่อใช้งานที่สุดคือรูเจาะแบบผสมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.119 และ 0.0794 เซนติเมตรที่ความดัน 1.018 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรการเจาะรูปจะเจาะที่ตำแหน่งหน้าตัดท่อห่างกันทุก 30 เซนติเมตรโดยในหน้าตัดที่หนึ่งเจาะรูขนาด 0.0794 เซนติเมตรให้เอียงจากแนวดิ่ง 10 และ 20 องศาและเจาะรูขนาด 0.119 เซนติเมตรเอียงจากแนวดิ่ง 25 องศาหน้าตัดที่สองเจาะรูขนาด 0.0794 เซนติเมตรเอียงจากแนวดิ่ง 15 และ 25 องศาและเจาะรูขนาด 0.119 เซนติเมตรเลี้ยงจากแนวดิ่ง 20 และ 40 องศาหน้าตัดที่สามเจาะเหมือนหน้าตัดที่หนึ่งและเจาะห่างจากหน้าตัดที่หนึ่ง 6 เซนติเมตรหน้าตัดที่สี่เจาะเหมือนหน้าตัดที่สองและเจาะห่างจากหน้าตัดที่สอง 60 เซนติเมตรเจาะทำนองเดียวกันนี้จนตลอดเส้นท่อรูปแบบของรูเจาะดังกล่าวจะสามารถใช้งานได้อย่างสมบูรณ์ต้องนำไปศึกษาเพิ่มเติมอีกคือศึกษาถึงผลกระทบอันเกิดจากลมการบิดเบี้ยวของสายน้ำการสูญเสียแรงดันของน้ำตามเส้นท่อและการอุดตัน

ธนาภา เกตุรัตนกุล (2561) การเปิดรับและการเลือกช่องทางจัดจำหน่ายผักอินทรีย์ (กรีนโอ๊ค) ของผู้บริโภคในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร การศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อหาคุณลักษณะสำคัญที่มีผลต่อการเลือกช่องทางจัดจำหน่ายผักอินทรีย์กรีนโอ๊ค) และประเมินความเต็มใจจ่ายของผู้บริโภคในจังหวัดกรุงเทพมหานครรวมถึงศึกษาปัจจัยการเปิดรับสื่อที่มีผลต่อการเลือกช่องทางจัดจำหน่ายผักอินทรีย์ (กรีนโอ๊ค)

วิธีการทดลองทางเลือก (Choice-Based Conjoint Analysis) ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ได้แก่ ด้านสินค้าสดใหม่และสะอาด (ด้านคุณภาพสินค้า) ด้านการระบุข้อมูลเกี่ยวกับผักอินทรีย์ (กรีนโอ๊ค) ที่ชัดเจนเข้าใจง่ายด้านความเหมาะสมของราคาเทียบกับคุณภาพของผักอินทรีย์ (กรีนโอ๊ค) (ด้านราคา) ด้านความสามารถแก้ไขปัญหาให้ลูกค้าของพนักงาน (ออนไลน์) ด้านความสามารถแก้ไขปัญหาให้ลูกค้าของพนักงานออฟไลน์) และด้าน

ภาพลักษณ์ของช่องทางจัดจำหน่ายถูกนำมาใช้ในการศึกษาและเก็บข้อมูลโดยแจกแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 454 คนเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลผ่านแบบจำลอง Alternative-specific conditional logit ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเลือกใช้ช่องทางจัดจำหน่ายผักอินทรีย์ (กรีนโอ๊ค) คือคุณลักษณะด้านสินค้าใหม่และสะอาดและคุณลักษณะด้านความเหมาะสมของราคาเทียบกับคุณภาพของผักอินทรีย์ (กรีนโอ๊ก) โดยคุณลักษณะด้านสินค้าสดใหม่และสะอาดนั้นทำให้มูลค่าความเต็มใจจ่ายสูงขึ้น 46.82 บาทต่อกิโลกรัม

ขจรยศ ศิรินิล และอรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์ (2563) การพัฒนาวัสดุดินผสมเพื่อการเพาะปลูกผักสลัดกรีนโอ๊ค การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุดินผสมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักสลัดกรีนโอ๊คจำนวน 3 รอบการเก็บเกี่ยววางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ประกอบด้วย 8 สิ่งทดลองจำนวน 5 ได้แก่ 1-13 คือดินผสมทางการค้า A-C, T4 ดินร่วนซุยมะพร้าวแกลบดิบมูลวัวมูลไก่อัตราส่วน 1: 1: 1: 1: 0.5 โดยปริมาตร, 75 ดินร่วนขุยมะพร้าวแกลบดิบมูลวัวมูลไก่อัตราส่วน 1: 1: 1: 1: 1 โดยปริมาตร 16 ดินร่วนขุยมะพร้าวแกลบดิบมูลไก่มูลไส้เดือนอัตราส่วน 1: 1: 1: 0.5: 0.5 โดยปริมาตร, 17 ดินร่วนซุยมะพร้าวแกลบดิบมูลไก่มูลไส้เดือนอัตราส่วน 1: 1: 1: 10.5 โดยปริมาตรและ 18 ดินร่วนซุยมะพร้าวแกลบเผามูลวัวมูลไก่อัตราส่วน 1: 1: 1: 1: 0.5 โดยปริมาตรจากผลการทดลองพบว่าวัสดุดินผสมที่ประกอบด้วยดินร่วนซุยมะพร้าวแกลบดิบมูลวัวมูลไก่อัตราส่วน 1: 1: 1: 10.5 (T4) ทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊ดมีน้ำหนักสุดส่วนเหนือดินรวมทั้ง 3 รอบการเก็บเกี่ยวมากที่สุดและมีต้นทุนของวัสดุดินผสมต่อผลผลิต 1 กิโลกรัมน้อยที่สุดคือ 7.62 บาททั้งนี้วัสดุดินผสมที่ผสมขึ้นเองทั้ง 5 สูตร (4-8) ทำให้ผักสลัดกรีนโอ๊คมีการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตง 3 รอบการเก็บเกี่ยวมากกว่าวัสดุดินผสมทางการค้าทั้ง 3 สูตร (1-3)

ศิรดา สมเทศน์ และทิพย์วรรณา งามศักดิ์ (2561) การวางแผนการตลาดเพื่อเพิ่มยอดรายได้ของฟาร์มผักไฮโดรโปนิกส์ 23 ไฮโดรฟาร์มชุมแพ ในเขตเทศบาลเมืองชุมแพ อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมและปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่มีอิทธิพลต่อการซื้อผักไฮโดรโปนิกส์ของผู้บริโภคในเขตเทศบาลเมืองชุมแพประเมินศักยภาพวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและวางแผนการตลาดเพื่อเพิ่มยอดรายได้ของ 23 ไฮโดรฟาร์มชุมแพจังหวัดขอนแก่นโดยใช้แบบสอบถามที่มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.917 กับการสุ่มตัวอย่างผู้บริโภคผักไฮโดรโปนิกส์แบบเจาะจงจำนวน 400 คนรวมทั้งข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS พบว่าพฤติกรรมการซื้อผักไฮโดรโปนิกส์ของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองชุมแพนิยมบริโภคผักพันธุ์กรีนโอ๊ค (66,5%)

และให้ความสำคัญกับส่วนประสมทางการตลาดด้านผลิตภัณฑ์มากที่สุดคือความสด (ค่าเฉลี่ย 4.75) ความสะอาด (ค่าเฉลี่ย 4.67) ปลอดสารพิษ (ค่าเฉลี่ย 4.65) และจากข้อมูลการสัมภาษณ์พบว่าการแข่งขันในอุตสาหกรรมยังไม่รุนแรงมากนักผู้ผลิตผักไฮโดรโปนิกส์ในเขตอำเภอชุมแพยังมีน้อยกำลังการผลิตจึงเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์สภาพแวดล้อมต่างๆ กำหนดกลยุทธ์โดย TOWS MATRIX นำมาสู่แผนการตลาดในการเพิ่มยอดขาย 1)โครงการเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ 2)โครงการสอนปลูกผักไร้ดิน 3)โครงการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่าย 4) โครงการกลุ่มเกษตรกรยุคใหม่

คงเอก ศิริงาม, ปราณีต จิระสุทัศน์ และวิภาภรณ์ แสวงมี (2558) ผลของวิธีการปลูกต่อการเจริญเติบโตและปริมาณรงควัตถุ ของผักกาดหอมใบพันธุ์กรีนโอ๊ค วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษา การเจริญเติบโตและปริมาณรงควัตถุของ ผักกาดหอมใบพันธุ์กรีนโอ๊คที่ตอบสนอง ต่อวิธีการปลูกที่แตกต่างกัน วางแผนการ ทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 สิ่งทดลอง ประกอบด้วย ดินชัยบาดาล ดินผสมทาง การค้าสูตรที่ 1 ดินผสมทางการค้าสูตรที่ 2 และสารละลายธาตุอาหารสูตรพระนคร 1 สิ่งทดลองละ 4 ซ้ำ ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกาดหอมใบพันธุ์กรีนโอ๊ค ได้แก่ จำนวนใบ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสดส่วนต้น น้ำหนักสดส่วนราก น้ำหนักแห้งส่วนต้น น้ำหนักแห้งส่วนราก และปริมาณรงควัตถุ ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ ทั้งหมด จากการศึกษาพบว่า วิธีการปลูก มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอมใบพันธุ์กรีนโอ๊ค โดยผักกาดหอมใบพันธุ์ กรีนโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารสูตร พระนคร 1 มีจำนวนใบ ความสูง ความกว้าง ทรงพุ่ม เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสด ส่วนต้น น้ำหนักสดส่วนราก น้ำหนักแห้ง ส่วนต้น และน้ำหนักแห้งส่วนรากมากที่สุด เท่ากับ 22 ใบ 14.62 เซนติเมตร 29.10 เซนติเมตร 16.90 มิลลิเมตร 86.33 มิลลิกรัม 11.39 มิลลิกรัม 3.60 มิลลิกรัม และ 0.46 มิลลิกรัม ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณ รงควัตถุภายในใบผักกาดหอมใบพันธุ์กรีนโอ๊ค มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยผักกาดหอมใบพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในดิน ชัยบาดาล มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี คลอโรฟิลล์ทั้งหมด และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 53.47 28.03 81.50 และ 19.44 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ

เพชรดา สัตยากูล (2557) การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินท์ของผลิตภัณฑ์จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม ดิบในประเทศไทย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินวอเตอร์ฟุตพรินท์ของผลิตภัณฑ์จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบเปียกในประเทศไทยด้วยวิธีแบบขั้นตอนสะสมซึ่งประกอบด้วยกรีนวอเตอร์บลูวอเตอร์และเกรย์วอเตอร์ที่เกิดจากการใช้น้ำทางตรงและทางอ้อม

การใช้น้ำทางตรง ได้แก่ น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตส่วนการใช้น้ำทางอ้อม ได้แก่ น้ำที่ใช้ในการปลูกปาล์มน้ำมันการผลิตสารเคมีไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลที่ใช้ภายในโรงงานรวมทั้งน้ำมันดีเซลที่ใช้เพื่อขนส่งวัตถุดิบและสารเคมีเข้าสู่โรงงานมีโรงงานเข้าร่วมโครงการ 7 โรงงานตั้งอยู่ในจังหวัดกระบี่สุราษฎร์ธานีชุมพรและชลบุรีกำลังการผลิตอยู่ระหว่าง 45– 90 ตันทะลายปาล์มสดต่อชั่วโมงขอบเขตการประเมินครอบคลุมการใช้น้ำตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงานงานวิจัยนี้เก็บข้อมูล 2 ประเภทประกอบด้วย 1) ข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ ปริมาณทะลายปาล์มสดน้ำมันปาล์มดิบเมล็ดในกะลาเส้นใยทะลายปาล์มเปล่ากากตะกอนดินแคนเตอร์น้ำดิบประปาน้ำเสียไฟฟ้าสารเคมีและน้ำมันดีเซลที่โรงงานใช้ในการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ 2) ข้อมูลทุติยภูมิประกอบด้วยควอเตอร์ฟุตพรินท์ของการได้มาซึ่งทะลายปาล์มสดและควอเตอร์ฟุตพรินท์ของการผลิตสารเคมีไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลการสกัดน้ำมันปาลมดิบในทางตรงเฉลี่ย 5.02 ลบ.ม. ต่อตันน้ำมันปาล์มดิบส่วนการใช้น้ำทางอ้อมไปรวมน้ำที่ใช้ในการปลูกปาล์มน้ำมันมีค่าเฉลี่ยเป็น 0.42 ลบ.ม. ต่อตันน้ำมันปาล์มดิบการใช้น้ำทางอ้อมส่วนใหญ่มาจากการขนส่งทะลายปาล์มสดเข้าสู่โรงงานการผลิตสารเคมีและการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาควอเตอร์ฟุตพรินท์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบซึ่งคิดรวมวอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกปาล์มน้ำมัน แต่ไม่คิดรวมเกรช่วยเตอร์จากการทิ้งน้ำที่ผ่านการบำบัดและในส่วนโดยใช้ค่าราคามีค่าเป็น 6,215 ลบ.ม. ต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ 3,919 ลบ.ม. ต่อตันเมล็ดในและ 550 ลบ.ม. ต่อตันกะลาโดยกรีนวอเตอร์บลูวอเตอร์และเกรย์วอเตอร์คิดเป็นร้อยละ 55.5, 28.4 และ 14.2 ต่อวอเตอร์ฟุตพรินท์ทั้งหมดตามลำดับควอเตอร์ฟุตพรินท์ของผลิตภัณฑ์คิดรวมวอเตอร์ฟุตพรินท์ของการปลูกปาล์มน้ำมันและค่าเกรย์วอเตอร์จากการทิ้งน้ำที่มีคำนิโอที่ผ่านมาตรฐานมีคำแตกต่างกับกรณีที่ไม่มีความคำเกรย์วอเตอร์จากการทิ้งน้ำเพียงเล็กน้อยการลดวอเตอร์ฟุตพรินท์จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบทำได้โดยปริมาณน้ำใช้สำหรับกระบวนการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งในหม้อไอน้ำลดปริมาณการใช้สารเคมีทั้งในกระบวนการผลิตระบบน้ำประปาและระบบทำน้ำบริสุทธิ์เลือกใช้สารเคมีที่มีข่าวอเตอร์ฟุตพรินท์เคการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าและเพิ่มอัตราการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ (2552) ได้ทำการศึกษาระบบการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนในพื้นที่ดินทับถมจากแผ่นดินถล่ม พบว่า จากการคัดเลือกส่วนผสมและทดลองประสิทธิภาพวัสดุ จึงได้ดินเผารูพรุนทรงวงแหวนและทรงกลม จำนวน 2 สูตรส่วนผสม คือ สูตรที่ 1 (F1) และสูตรที่ 2 (12) ที่มีค่าการหดตัวหลังการเผา 5.00เปอร์เซ็นต์ และ 8.00 เปอร์เซ็นต์ ของความยาวเริ่มต้น ค่าความแข็งแรง 51.00 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และ 45.00 กิโลกรัมต่อตารงเซนติเมตร ความสามารถในการอุ้มน้ำ 27.00 เปอร์เซ็นต์ และ 45.00

เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักเริ่มต้น และมีขนาดรูพรุนประมาณ 1.26 ไมโครเมตร และ 2.48 ไมโครเมตร ตามลำดับ หลังจากไปทดลองปลูกฟักทอง พบว่าปริมาณการให้น้ำของระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนในแต่ละวันคิดเป็นสัตส่วนทั้งสองสูตรนั้นเฉลี่ยน้อยกว่าการให้น้ำแบบปกติ คือ 1:2.1 5 เท่า (184.41 มิลลิลิตรต่อต้นต่อวัน และ 396.55 มิลลิลิตร ต่อต้นต่อวัน) และน้ำหนักต้นสดของระบบการให้น้ำใต้ผิวดินมีน้ำหนักต้นสดเฉลี่ยมากกว่าการให้น้ำแบบปกติ คือ 3.00 กิโลกรัม และ 2.35 กิโลกรัม ตามลำดับ จำนวนผลเฉลี่ยต่อต้นของการให้น้ำแบบปกติมีจำนวนที่น้อยกว่าระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน 1.18 เท่า และจากการทดลองปลูกพริก พบว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนนั้นมีการเจริญเติบโตด้านความสูงและความกว้างทรงพุ่มโดยเฉลี่ยสูงกว่าการให้น้ำแบบปกติ และปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวันของระบบการให้น้ำใต้ผิวดินมีปริมาณเฉลี่ยน้อยกว่า 3.5 เท่าจากการตรวจสอบการระเหยของน้ำจากผิวดินในกระถางทดสอบ พบว่าการให้น้ำแบบปกติมีปริมาณการระเหยของน้ำจากผิวดินเฉลี่ย 162.87 มิลลิลิตรต่อวัน ซึ่งมากกว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนทรงกลม F1 และ F2 ที่มีปริมาณการระเหยของน้ำจากผิวโดยดินเฉลี่ย 53.52 มิลลิลิตรต่อวัน และจากการเก็บข้อมูลทางกายภาพของดินด้านค่าความแข็งของหน้าดินในแปลงหลังปลูกพริก พบว่าในแปลงที่มีการให้น้ำแบบปกติมีค่าความแข็งเฉลี่ย (463.76 กิโลปาสคาล) สูงกว่าระบบการให้น้ำใต้ดิน (125.1 5 กิโลปาสคาล) และค่าความแข็งของหน้าดินหลังปลูกฟักทองพบว่าในแปลงที่มีการให้น้ำแบบปกติมีค่าความแข็งเฉลี่ย (140.95 กิโลปาสคาล) สูงกว่าระบบการให้น้ำใต้ผิวดิน (48.16 กิโลปาสคาล) ฉะนั้นระบบการให้น้ำใต้ผิวดินจึงเป็นการลดปัญหาการแน่นทึบของดินได้ นอกจากนี้การเพิ่มศักยภาพของดินเผารูพรุน โดยการเพิ่มความพรุนรวม ขนาดช่องว่างและพื้นที่ผิวให้เหมาะสมต่อความต้องการน้ำของพืชนั้น ๆ รวมถึงการพัฒนาระบบโดยใช้ปั๊มช่วยควบคุมแรงดันน้ำและการกรองน้ำเพื่อป้องกันการอุดตันเป็นต้น เพื่อให้เป็นวิธีการปลูกพืชที่พึ่งพาตัวเองได้ ในยุคปัจจุบัน

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ (2554) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาการใช้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกเพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด พบว่าจากสัดส่วนน้ำหนักแห้งของผลผลิตต่อปริมาณการให้น้ำแก่พืช โดยการให้น้ำใต้ผิวดิน โดยใช้เจรามิกทรงกลมจะมีสัดส่วนน้ำหนักแห้งของผลผลิตต่อปริมาณการให้น้ำแก่พืช สูงกว่า ทั้งการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกทรงกระบอกและการให้น้ำแบบปกติ คือ 0.0025 กรัมต่อต้นต่อมิลลิเมตร การให้น้ำแก่พืชโดยใช้เซรามิกทรงกลมก็มีค่าสัดส่วนน้ำหนักแห้งของผลผลิตต่อปริมาณการให้น้ำแก่พืชสูงกว่ากับการให้น้ำแบบปกติเช่นกัน คือ 0.0013 กรัม/ต้นมิลลิเมตร

ตาราง 2 สัดส่วนน้ำหนักแห้งของผลผลิตต่อปริมาณการให้น้ำแกพืช

Detail of Treatment	Total Amount of Irrigation Water (ml)	Total Dry Weight (g)	Water Use Efficiency (g/ml)
Spherical	6916.67	17.24	0.0025
Column	4690.00	6.29	0.0013
Control	7875.00	1.80	0.0002

สุรสิทธิ์ ปัญญาวรรณศิริ (2559) ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวไรซ์เบอร์รี่จากเทคนิคการชลประทานแบบประหยัดน้ำ พบว่า จากการเก็บข้อมูลการใช้น้ำของแปลงนาทดลองในแต่ละวิธีการส่งน้ำชลประทานในปีการศึกษา พ.ศ. 2559 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำชลประทานไม่รวมค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงการเพาะปลูกข้าวของวิธีการ CF ซึ่งเป็นวิธีการขังน้ำในนาข้าวตลอดอายุการเพาะปลูกข้าว(แบบวิธีเกษตรกร) มีปริมาณการใช้น้ำชลประทานสูงที่สุด 1,530.24 ลบ.ม/ไร่ ส่วนวิธีการให้น้ำแบบประหยัดน้ำ AWD1 และ AWD2 ทั้ง 2 วิธีการมีอัตราการใช้น้ำชลประทาน 926.96. 968.00 ลบ.ม./ไร่ตามลำดับ และผลการศึกษาปี พ.ศ. 2560 พบว่าปริมาณการใช้น้ำชลประทานไม่รวมค่าปริมาณน้ำฝนของวิธีการ CF มีปริมาณการใช้น้ำชลประทานสูงที่สุด 1,380.73 ลบ.ม/ไร่ ส่วนวิธีแบบ AWD1 และAWD2 มีอัตราการใช้น้ำชลประทาน 756.87–867.64 ลบ.ม/ไร่ ตามลำดับ จากผลการทดลองทั้ง 2 ปีการศึกษา พบว่าการให้น้ำชลประทานแบบวิธี AWD1 ใช้ปริมาณน้ำชลประทานน้อยที่สุดเฉลี่ย 84192 ลบ.ม./ไร่ วิธี AWD2 ใช้ปริมาณน้ำชลประทานเฉลี่ย 917.82 ลบ.ม./ไร่ และวิธีการCF ใช้น้ำชลประทานมากที่สุดเฉลี่ย 1,455.49ลบ.ม/ไร่ ตามลำดับ (Table 5) ทั้งนี้ ผลการทดลองของวิธีการ AWD1 และ AWD2 มีการใช้ปริมาณน้ำชลประทานรวมปริมาณน้ำฝนที่ตกช่วงเพาะปลูกน้อยกว่าวิธีแบบ CF ประมาณ 34.06 –40.59% และ 31.75 – 33.38% ตามลำดับ

Michihiro Hara and others. (1998) ได้ทำการศึกษาระบบชลประทานบนพื้นที่ลาดชันและคุณสมบัติทางกายภาพต่อความสัมพันธ์ของการระล้างพังทลายของดินโดยพบว่าจากการสังเกตปริมาณการให้น้ำแก่พริก (เดือนมีนาคม 1999) แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำที่ค่อนข้างกว้างคือเฉลี่ย 1100 มิลลิลิตรต่อวันต่อต้นของการให้น้ำโดยเซรามิกทรงกระบอกในทางแนวนอน (Horizontal type Irrigation: H–Type) และเฉลี่ย 1500 มิลลิลิตรต่อวันต่อต้นของการให้น้ำโดยเซรามิกทรงกระบอกในทางแนวตั้ง (Vertical type Irrigation: V Type) และจากการให้ในช่วงแรกซึ่งดินค่อนข้างที่จะแห้ง แต่ในช่วงหลัง ๆ ปริมาณการให้น้ำน้อยลงคือระหว่าง 600–1200 มิลลิลิตรต่อวันต่อต้นของ

การให้น้ำโดยเซรามิกทรงกระบอกในทางแนวนอนและระหว่าง 700–1100 มิลลิลิตรต่อวันต่อต้นของการให้น้ำโดยเซรามิกทรงกระบอกในทางแนวตั้งความผันแปรของการปริมาณน้ำเฉลี่ยของการให้น้ำโดยเซรามิกทรงกระบอกในทางแนวนอนที่น้อยกว่าการให้น้ำโดยเซรามิกทรงกระบอกในทางแนวตั้งทำให้ต้นพริกสามารถเจริญเติบโตจากการให้น้ำโดยแท่งเซรามิกในฤดูแล้ง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาเรื่อง “การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชและวอเตอร์ฟุตพรินท์” ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาและออกแบบการทดลอง เพื่อใช้ในการวิจัยให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมาย และเพื่อการทดสอบสมุติฐานที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยดำเนินการตามลำดับดังนี้

วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 กระถางปลูกพืชแบบพลาสติก

1.2 กระบอกน้ำขนาด 750 มิลลิลิตร

1.3 สายยาง PE

1.4 วาล์วควบคุมน้ำ

1.5 แผ่นตาข่ายรองกระถาง

1.6 แผ่นผ้ารองกระถาง

1.7 ดินเพาะปลูกพืช

1.8 ถาดรองน้ำสี่เหลี่ยม

1.9 หัวน้ำหยด

1.10 หัวเซรามิก

2. เครื่องมือ

2.1 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

2.2 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิดิน

2.3 ถาดระเหย Evaporation Pan

2.4 ชุดวัดข้อมูลสภาพอากาศภายในโรงเรือนแบบติดผนัง DLG87799SD

3. การทดสอบเบื้องต้นก่อนการทดลอง

3.1 วางแผนการทดสอบ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) เพราะแต่ละบล็อกได้รับครบทุกทรีตเมนต์ ออกแบบการทดลองโดย คัดเลือก

ผลิตภัณฑ์ให้น้ำที่มีอยู่ทั่วไปในท้องตลาด มาศึกษาปริมาณการให้น้ำเปรียบเทียบกับหัวให้น้ำเซรามิกแบบต่างๆที่มีสูตรแตกต่างกัน โดยทำการทดสอบในกระถางปลูกขนาด 11*171*11 เซนติเมตร ดังภาพ 2 ทดสอบและคัดเลือกหัวให้น้ำแบบทั่วไปตามท้องตลาดจำนวน 2 รูปแบบ จาก 5 รูปแบบ หัวให้น้ำเซรามิก 2 รูปแบบ จาก 4 รูปแบบ และหน่วยควบคุมการดลดน้ำแบบปกติ มาทดสอบแยกเป็น 3 กลุ่มการทดสอบ คือ แบบไม่ปลูกพืช EV, ปลูกพืช ET และปลูกพืชแบบคลุมหน้าดิน T (ด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อลดปริมาณการระเหยของน้ำในดิน) นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำของหัวให้น้ำแต่ละรูปแบบแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกันเพื่อหาความแตกต่างของปริมาณการให้น้ำของระบบการให้น้ำแบบต่างๆว่าผันแปลแตกต่างกันตามวิธีการปลูกกลุ่มต่าง ๆ หรือไม่

3.2 ทดสอบและคัดเลือกผลิตภัณฑ์หัวให้น้ำเซรามิกกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

การทดสอบและคัดเลือกหัวให้น้ำในท้องตลาดโดยจะรวบรวมผลิตภัณฑ์การให้น้ำที่มีลักษณะเดียวกันกับการศึกษาในครั้งนี้ในท้องตลาดและคัดเลือกเพื่อนำมาทดลองโดยมีผลิตภัณฑ์ตลาด จำนวน 5 รูปแบบ คัดเลือกเพื่อนำมาทดสอบต่อ จำนวน 2 รูปแบบ และผลิตภัณฑ์เซรามิก 4 รูปแบบ คัดเลือกเพื่อนำมาทดสอบต่อ จำนวน 2 รูปแบบ เพื่อไปทดสอบปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิก และผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช โดยที่ผลิตภัณฑ์ตลาดที่ผู้วิจัยได้คัดเลือกไว้คือ แบบที่ 2 และ 5 เซรามิก คือแบบที่ 1 (เผา) และ 3 (ไม่เผา) เพื่อนำมาทดสอบต่อไปในการทดลองศึกษาปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิก และผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช ดังตาราง 2

ตาราง 3 แสดงการคัดเลือกรูปแบบหัวให้น้ำเบื้องต้นเพื่อนำมาออกแบบการทดลอง

ลำดับ	รูปแบบหัวให้น้ำ	อุณหภูมิน้ำ(องศาเซลเซียส)	แรงดัน (บาร์)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตรต่อชั่วโมง)	ปริมาณน้ำ (ลิตรต่อวัน)
		ผลิตภัณฑ์ตลาด			
1	แบบที่ 1	25	0.03	498.90	11.97
2	แบบที่ 2*	25	0.03	528.00	12.67
3	แบบที่ 3	25	0.03	76.60	1.84
4	แบบที่ 4	25	0.03	149.40	3.59
5	แบบที่ 5*	25	0.03	220.60	5.29

ตาราง 3 (ต่อ)

ลำดับ	รูปแบบหัวให้น้ำ	อุณหภูมิน้ำ(องศาเซลเซียส)	แรงดัน (บาร์)	ปริมาณน้ำ (มิลลิลิตรต่อชั่วโมง)	ปริมาณน้ำ (ลิตรต่อวัน)
		เซรามิก			
1	แบบที่ 1*	25	0.03	27.45	0.66
2	แบบที่ 2	25	0.03	6.15	0.15
3	แบบที่ 3*	25	0.03	230.20	5.52
4	แบบที่ 4	25	0.03	352.40	8.46

หมายเหตุ: ตาราง 2 แสดงการคัดเลือกรูปแบบหัวให้น้ำเบื้องต้นเพื่อนำมาออกแบบการทดลอง คัดเลือก หัวให้น้ำเซรามิก 2 รูปแบบ จาก 4 รูปแบบ รูปแบบที่คัดเลือกมาคือ แบบที่ 1* กับ 3* และผลิตภัณฑ์ตลาด คัดเลือก 2 รูปแบบ จาก 5 รูปแบบ รูปแบบที่คัดเลือกมาคือ แบบที่ 2* กับ 5*

การทดลองศึกษาปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิก และผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช

ทดลองการศึกษาปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิกและผลิตภัณฑ์ตลาด ทั้ง 3 กลุ่ม แบบไม่ปลูกพืช(EV), แบบปลูกพืช (ET) และปลูกพืชแบบลดการระเหย(T)(หน่วยการทดลอง 1–5, 6–10และ11–15 ตามลำดับ) ดังตาราง 2 ทำการทดลองในเดือน พฤษภาคม ถึง มิถุนายน เป็นระยะเวลา 49 วัน โดยให้น้ำ ผ่านหัวให้น้ำด้วย สายยาง PE ต่อเข้ากับกระบอกน้ำขนาด 750 ml ควบคุมและจัดการระบบน้ำโดยมีการเติมน้ำเข้าระบบใหม่เมื่อน้ำในกระบอกลดต่ำกว่า 300 ml ควบคุมการให้น้ำสำหรับหน่วยการทดสอบชุดควบคุมที่ 50 ml/day และใช้พืชผักสลัดกรีนโอ๊คเป็นตัวแทนในการทดสอบครั้งนี้ โดยคัดเลือกพืชจากที่เพาะไว้ อายุ 2 สัปดาห์ และมีจำนวนใบ ความสูงต้น และขนาดโดยรวมเท่ากัน ใช้วัสดุปลูกเป็นดินเพาะปลูกทั่วไป ที่ผสมขุยมะพร้าวและแกลบดิบมาแล้ว มีหน่วยการทดสอบ15 หน่วย ๆ ละ 5 ซ้ำ รวม 75 ตัวอย่างทดลอง การทดลองในครั้งนี้ไม่มีการวัดผลประสิทธิภาพการให้น้ำจากการเจริญเติบโตของต้นพืช

1. ข้อมูลสภาพแวดล้อม

ทำการทดลองในโรงเรือนเพาะปลูก บันทึกผลการทดลอง อุณหภูมิในอากาศ โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศแบบติดผนังรุ่น DLG87799SD

2. ข้อมูลน้ำ

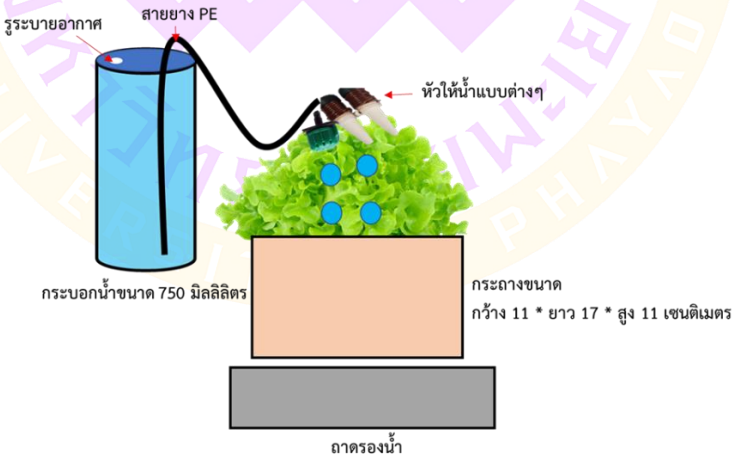
บันทึกผลการทดลองปริมาณการให้น้ำโดย จดปริมาณน้ำในกระบอกขนาด 750 มิลลิลิตร ทุก ๆ 24 ชั่วโมง และทำการเติมน้ำเมื่อ เมื่อน้ำลดลงต่ำกว่า 300 มิลลิลิตร และสามารถคำนวณปริมาณการให้น้ำต่อวันได้โดย ปริมาณน้ำ(Day-1) -ปริมาณน้ำ(Day)= ปริมาณการให้น้ำต่อวัน

ตาราง 4 แสดงหน่วยการทดลองและจำนวนตัวอย่าง

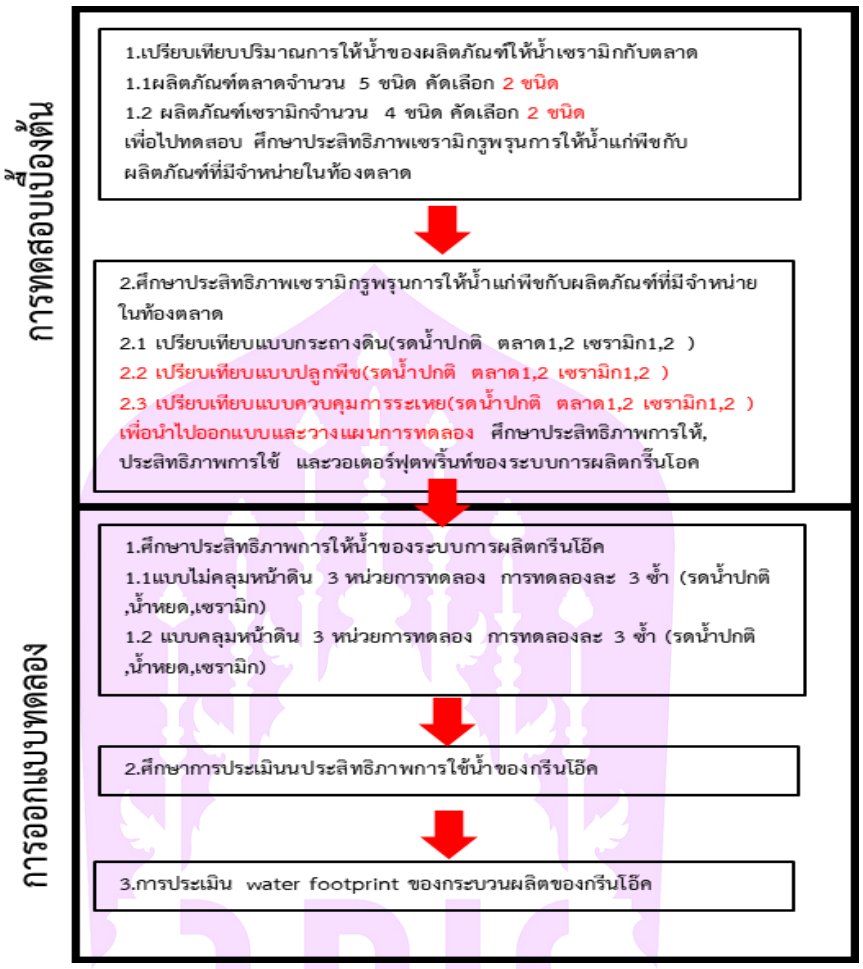
ลำดับ		หน่วยทดลอง	จำนวนตัวอย่างการทดลอง				
			1	2	3	4	5
ไม่ปลูกพืช	1	EV-Con	√	√	√	√	√
	2	EV-CB	√	√	√	√	√
	3	EV-CNB	√	√	√	√	√
	4	EV-MC	√	√	√	√	√
	5	EV-WMD	√	√	√	√	√
ปลูกพืช	6	ET-Con	√	√	√	√	√
	7	ET-CB	√	√	√	√	√
	8	ET-CNB	√	√	√	√	√
	9	ET-MC	√	√	√	√	√
	10	ET-WMD	√	√	√	√	√
ปลูกพืชแบบลดการระเหย	11	T-Con	√	√	√	√	√
	12	T-CB	√	√	√	√	√
	13	T-CNB	√	√	√	√	√
	14	T-MC	√	√	√	√	√
	15	T-WMD	√	√	√	√	√

หมายเหตุ: (EV=แบบไม่ปลูกพืช, ET=แบบปลูกพืช, T=ปลูกพืชแบบคลุมหน้าดิน, Con=การให้น้ำแบบปกติ, CB=การให้น้ำใต้ผิวดินด้วยเซรามิกแบบที่ 1, CNB=การให้น้ำใต้ผิวดินด้วยเซรามิกแบบที่ 2, MC=การให้น้ำด้วยผลิตภัณฑ์ตลาด แบบที่ 1 และ WMD=การให้น้ำด้วยผลิตภัณฑ์ตลาด แบบที่ 2)

ภาพ 3 การทดลองการศึกษาปริมาณเซรามิกรูพรุนการให้น้ำแก่พืชกับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด



ภาพ 4 ภาพตัดขวางตัวอย่างกระถางปลูกและระบบการให้น้ำที่ใช้ในการทดลองการให้น้ำแก่พืช



ภาพ 5 ผังการทดสอบและการศึกษาทดลองกาประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชและวอเตอร์ฟุตพรินท์

การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค

1. แผนการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ กรีนโอ๊คเป็นพืชทดสอบ ได้ออกแบบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design :CRD) เพราะหน่วยของการทดลองมีความสม่ำเสมอโดยมีการจัดสิ่งทดลอง (Treatment) ลงในหน่วยของการทดลองแบบสุ่ม (Random) ตลอดเพื่อไม่ให้เกิดความลำเอียง (Bias) ขึ้นในการทดลอง การกำหนดจำนวนซ้ำ (Number of Replication) การทดลองที่ผู้วิจัยสามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมโดยการทดลองในโรงเรือน

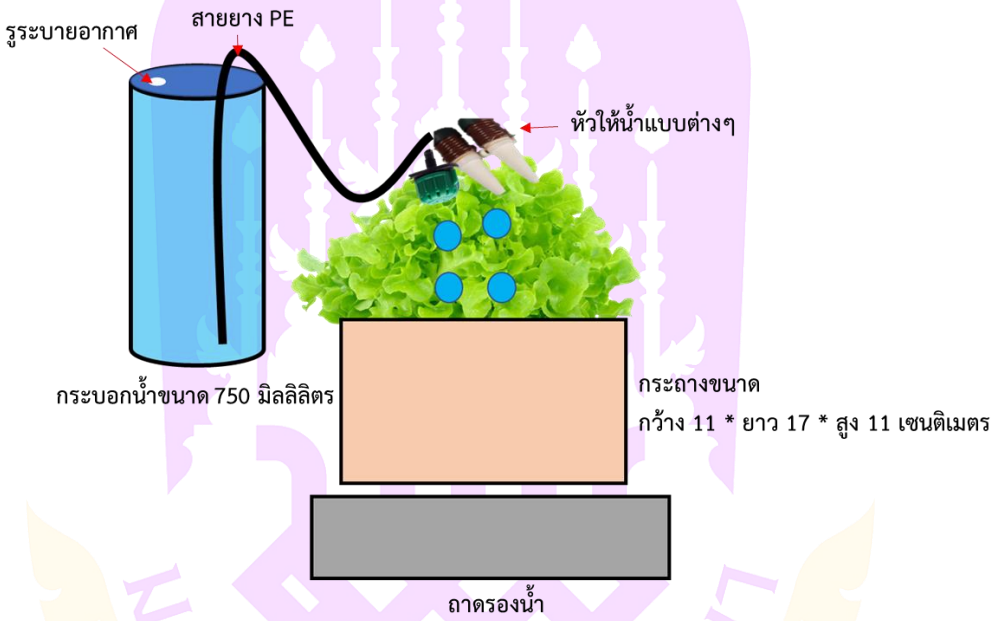
2. การออกแบบการทดลอง

แผนการทดลองแบบ (Completely Randomized Design :CRD) โดยมีทั้งหมด จำนวน 3 หน่วยการทดลอง และหน่วยการทดลองละ 5 ซ้ำ เพื่อทดสอบดังนี้

หน่วยการทดลองที่ 1 : ชุดควบคุมการปลูกโดยการให้น้ำแบบปกติ GO-CON

หน่วยการทดลองที่ 2 : ให้น้ำโดยหัวน้ำหยด GO-MWDให้น้ำโดยหัวเซรามิกทรงกรวย GO-CB

หน่วยการทดลองที่ 3 : ให้น้ำโดยหัวน้ำหยด GO-MWD



ภาพ 6 ภาพตัดขวางกระถางปลูกและระบบการให้น้ำที่ใช้ในการทดลองการให้น้ำแก่พืช

3. ข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือน

อุณหภูมิในอากาศ

บันทึกผลการทดลอง อุณหภูมิในกากาศ ภายในโรงเรือน โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศแบบติดผนังรุ่น DLG87799SD

4. ศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำของระบบการผลิตกรีนโอ๊ค

ปริมาณการให้น้ำ

บันทึกผลการทดลองปริมาณการให้น้ำโดย จดปริมาณน้ำในกระบอกขนาด 750 มิลลิลิตร ทุก ๆ 24 และทำการเติมน้ำเมื่อ เมื่อน้ำลดลงต่ำกว่า 300 มิลลิลิตร และสามารถคำนวณปริมาณการให้น้ำต่อวันได้โดย

ปริมาณน้ำ(Day−1) −ปริมาณน้ำ(Day)=ปริมาณการให้น้ำต่อวัน

ศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของกรีนโอ๊ค

1. ข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

จากการทดลองให้น้ำแก่พืช กรีนโอ๊ค โดยใช้หัวน้ำหยด และเซรามิกเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการให้น้ำ การเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช ได้ทำการศึกษาและเก็บผลการทดลองโดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การเจริญเติบโต

บันทึกผลการทดลองการเจริญเติบโตของพืชด้าน ความสูง จำนวนใบ ขนาดรอบลำต้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ ของพิชที่ปลูกทุก ๆ สัปดาห์ โดยวิธีการให้น้ำแบบ ปกติ, หัวน้ำหยด และหัวเซรามิกทั้งแบบคลุมและไม่คลุมหน้าดินด้วยแผ่นพลาสติกคลุมดิน

1.2 ปริมาณผลผลิต

บันทึกผลการทดลองปริมาณผลผลิตของพืช ด้านน้ำหนักสด (Fresh Weight) และน้ำหนักแห้ง (Dry weigh) จากส่วนของลำต้น(ใบและลำต้น) ส่วนของรากของพืชที่ปลูก โดยวิธีการให้น้ำแบบ ปกติ, หัวน้ำหยด และหัวเซรามิกทั้งแบบคลุมและไม่คลุมหน้าดินด้วยแผ่นพลาสติกคลุมดิน

2. ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (Water Use Efficiency:WUE)

บันทึกผลการทดลอง ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (Water Use Efficiency:WUE) โดยใช้การนำข้อมูลด้านน้ำหนักแห้งของผลผลิตและการให้น้ำแก่พืชมาหาสัดส่วนกัน คือ น้ำหนักแห้งของผลผลิตต่อปริมาณการให้น้ำแก่พืชของพืชที่ปลูกโดย วิธีการให้น้ำแบบปกติ, หัวน้ำหยดและหัวเซรามิกทั้งแบบคลุมและไม่คลุมหน้าดินด้วยแผ่นพลาสติกคลุมดิน

สูตรคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (Water Use Efficiency:WUE)

$$\frac{\text{Dry Weigh(Drystem + Dry Root)}}{\text{Total Amount of irrigation Water}} = \text{Warer Use Efficiency}$$

ประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค

บันทึกผลการทดลอง การประเมิณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ โดย คำนวณค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของผักสลัดกรีนโอ๊คในหน่วยของปริมาณน้ำที่ใช้ต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ (m^3/kg) ซึ่งค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ทางตรง (WFdirect) สามารถคำนวณได้ตามสมการ 1

$$WF_{direct} = WF_{green} + WF_{blue} + WF_{grey} \quad (1)$$

การคำนวณหาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นหสีเขียวและสีน้ำเงินนั้นจะคำนวณหาปริมาณน้ำฝนและน้ำชลประทานที่พืชต้องการใช้ (Crop water use, CWU m^3/ha) ดังสมการ 2 และ 3 ซึ่งสามารถคำนวณได้จากค่าการคายระเหยน้ำ (ET, mm/day) ซึ่งได้มาจาก โปรแกรม CROPWA T 8.0 โดยโปรแกรมนี้จะนำเอาข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลลักษณะเฉพาะของพืชมวลผล โดยงานวิจัยนี้จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc, Crop coefficient) ของ Aureo S. de Oliveira ต้น Lactuca sativa ซึ่งเป็นพืชวงศ์ Asteraceae เป็นวงศ์เดียวกับ Green oak lectuc สำหรับข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่นำมาใช้ในการคำนวณ นั้นเป็นค่าโดยเฉลี่ยในช่วงระยะเวลา ปี พ.ศ. 2564–2565 ซึ่งได้แก่ ค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตรเหนือพื้นดิน จำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดต่อวัน และปริมาณน้ำฝน ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งจากข้อมูลเหล่านี้จะ สามารถนำmkคำนวณหาคำวอเตอร์ฟุตพริ้นสีเขียวและค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงินได้ดังสมการ (2) และสมการ (5)

$$CWU_{green} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{green} \quad (2)$$

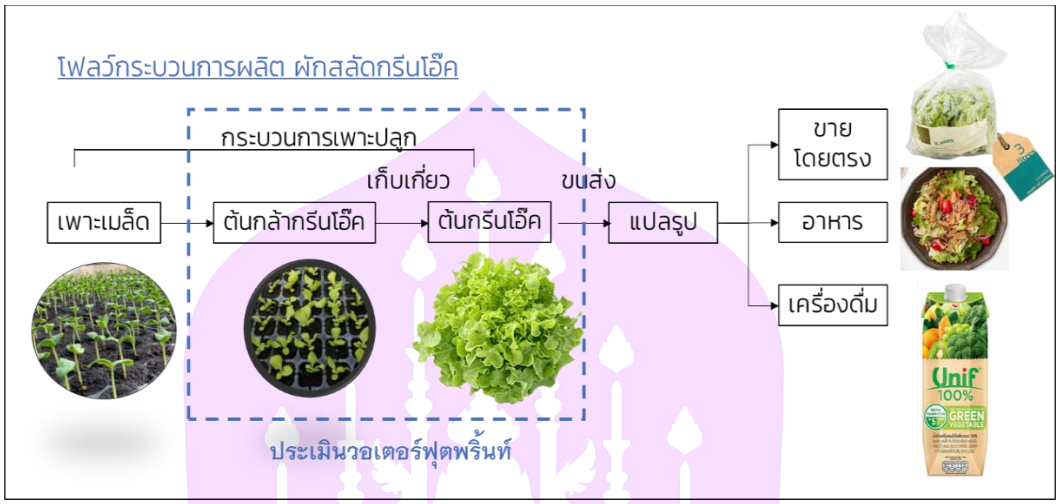
$$CWU_{blue} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{blue} \quad (3)$$

$$WF_{green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad (4)$$

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad (5)$$

โดย 10 คือ ค่าการเปลี่ยนหน่วยจาก mm เป็น m3/ha ค่า lgp คือ ระยะเวลาของช่วงการเติบโตของพืช มีหน่วยเป็นวันค่า ET_{green}และ ET_{blue} คือ ค่าที่ได้จากโปรแกรม CRUPWAT และ Y คือ ปริมาณผลผลิต (kg/ha) โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้นำเฉพาะค่า WF_{blue} มาคิด WF_{direc} เนื่องจากการทดลองเป็นการปลูกพืชในร่มโรงเรือนระบบปิดทำให้ไม่มีการใช้น้ำฝน WF_{green} และไม่เกิด WF_{grey}เพราะไม่มีการทดลองร่วมกับปุ๋ยและไม่เกิดน้ำเสียการปลดปล่อยน้ำเสียลงสู่

แหล่งน้ำธรรมชาติผลผลิตที่เกิดขึ้นทั้งหมดในการวิจัยครั้งนี้คิดมาจาก WF_{blue} เป็นน้ำที่เกิดจากการชลปทานเพียงอย่างเดียวในทั้ง 3 หน่วยการทดลอง



ภาพ 7 ขอบเขตการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ (แบบไม่คลอบคลุม) ในงานวิจัยนี้

วิเคราะห์ผลการวิจัยโดยค่าทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และคำนวณค่าสถิติเบื้องต้น (Descriptive Statistic) เช่น ค่าร้อยละ (percentage), ค่าเฉลี่ย (Means) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แบบทางเดียว (One–Way Classification) และค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of Variability : CV) โดยแสดงผลเป็นตาราง ANOVA และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (Inspection of Mean Differences) โดยการตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ LSD (Least Significant Differences Test) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ และ 91 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 4

ผลการวิจัย

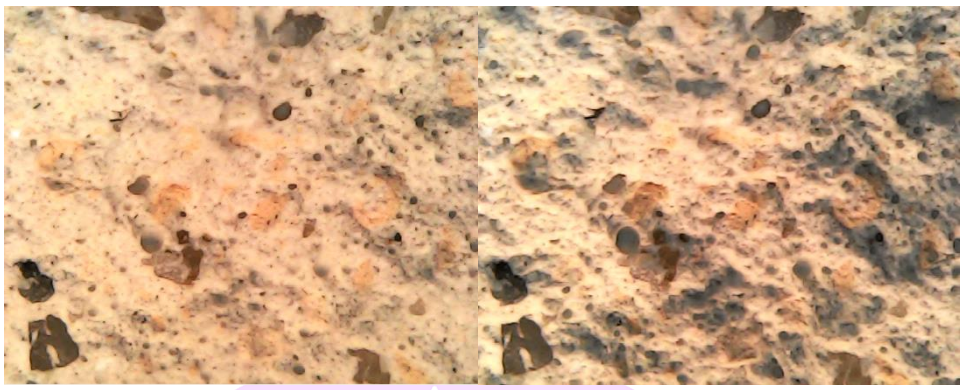
1. การทดลองศึกษาปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิก และผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช
   1.1 ข้อมูลพื้นฐานเซรามิก
   1.2 ข้อมูลสภาพแวดล้อม
   1.3 ปริมาณการให้น้ำ
2. การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำของระบบการผลิตกรีนโอค
   2.1 ข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือน
   2.2 ศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำของระบบการผลิตกรีนโอ๊ค
   2.3 ศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของกรีนโอ๊ค
3. การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค

การทดลองศึกษาปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิก และผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช

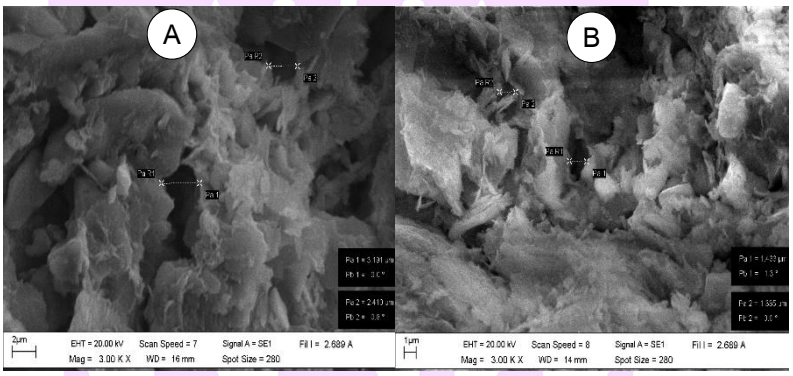
1. ข้อมูลพื้นฐานเซรามิก

ตาราง 5 คุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิก

คุณสมบัติทางกายภาพของเซรามิก			
ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง (g)	**ปริมาตร (mm^3)**	**ความอุ้มน้ำ (%)**	**ความพรุน (%)**
46.5	30547.95	19.15	32.53



ภาพ 8 ภาพตัดขวางแท่งทดลองเซรามิกรูพรุน



ภาพ 9 ตัวอย่างแท่งทดสอบเซรามิก ขนาดรูพรุนของเซรามิก ถ่ายภาพที่กำลังขยาย 3000 เท่า A คือ ส่วนผสมสูตรที่ 1 และ B คือ ส่วนผสมสูตรที่ 2

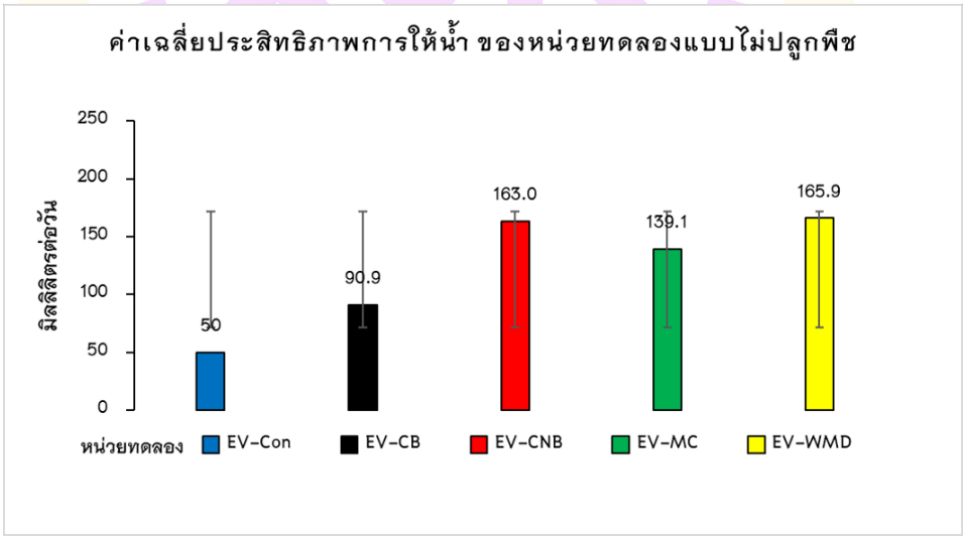
2. ข้อมูลสภาพแวดล้อม

จากผลการศึกษาข้อมูลด้านข้อมูลสภาพแวดล้อมของการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของอากาศอยู่ในช่วง 29 องศาเซลเซียส ถึง 40 องศาเซลเซียส โดยพบว่าช่วงที่มีอุณหภูมิของอากาศสูงที่สุดอยู่ในช่วงระหว่างวันที่ 17 ของการทดลอง และต่ำที่สุด ในช่วงระหว่างวันที่ 1, 25 และ 29 ของการทดลอง

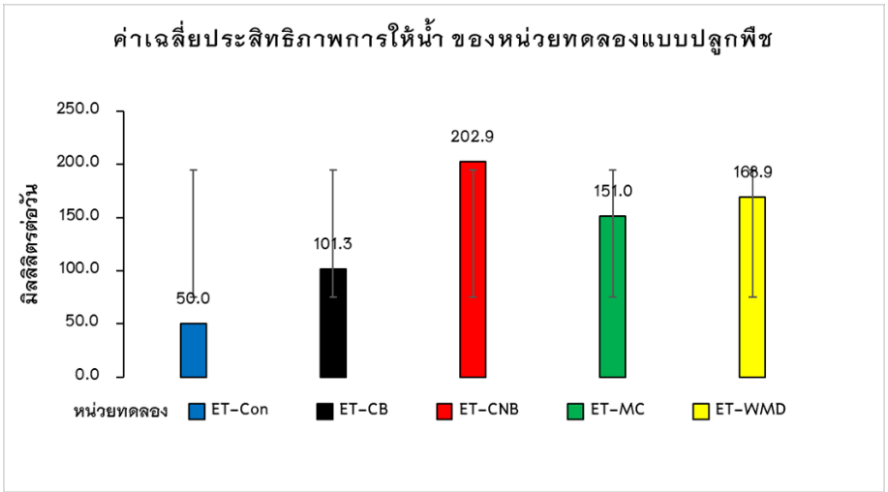
ภาพ 10 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของอากาศ

3. ปริมาณการให้น้ำ

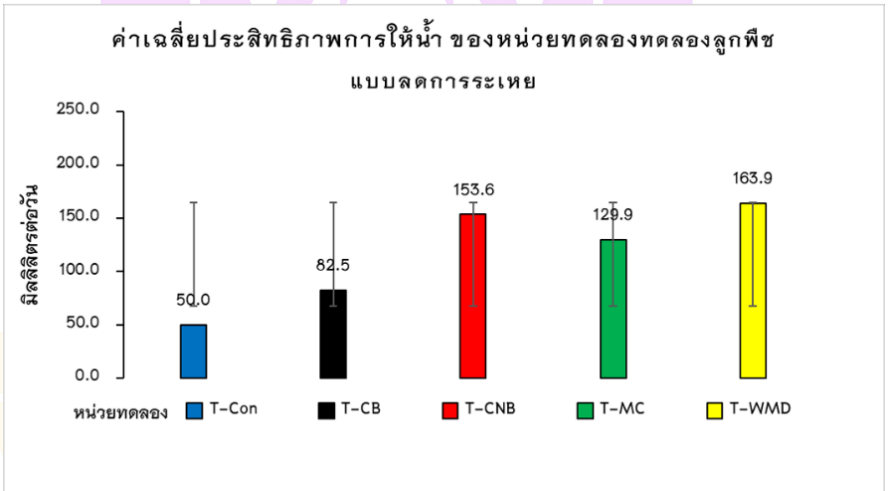
จากการทดลองผลการศึกษาค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำทั้ง 4 รูปแบบ CB, CNB, MC และWMD โดยกำหนดปริมาณน้ำของหน่วยทดลองควบคุมเท่ากันทุกกลุ่มที่ 50 มิลลิลิตรต่อวัน ทดลอง 3 กลุ่ม EV (ไม่ปลูกพืช), ET (ปลูกพืช) และ T (ปลูกพืชคลุมหน้าดิน) รวม 15 หน่วยการทดลอง พบว่า หน่วยการทดลอง T มีปริมาณการให้น้ำต่ำที่สุดรองลงมาคือ EV และ ET ตามลำดับ ดังตาราง 3



ภาพ 11 ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำ ของหน่วยทดลองแบบไม่ปลูกพืช



ภาพ 12 ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำ ของหน่วยทดลองแบบปลูกพืช



ภาพ 13 ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำ ของหน่วยทดลองลูกพืชแบบลดการระเหย

แบบปลูกพืช

ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำของหน่วยทดลองแบบปลูกพืช (ET) ทั้ง 4 รูปแบบ CB, CNB, MC และWMD พบว่า หน่วยการทด CNB มีค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำมากที่สุด รองลงมา WMD, MC และCB เท่ากับ 202.9, 168.9, 151.0 และ101.3 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ ดังภาพ 4

แบบไม่ปลูกพืช

ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำของหน่วยทดลองแบบไม่ปลูกพืช (EV) ทั้ง 4 รูปแบบ CB, CNB, MC และWMD พบว่า หน่วยการทดลอง WMD มีค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำมากที่สุด

รองลงมา CNB, MC และCB เท่ากับ 165.9, 163.0, 139.1 และ90.9 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ ดังภาพ 5

แบบคลุมหน้าดิน

ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำของหน่วยทดลองปลูกพืชแบบคลุมหน้าดิน (T) ทั้ง 4 รูปแบบ CB, CNB, MC และWMD พบว่า หน่วยการทด WMD มีค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำมากที่สุด รองลงมา CNB, MC และCB เท่ากับ 163.9, 153.6, 129.9 และ82.5 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับดังภาพ 6

ผลการศึกษา พบว่า การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำของทั้ง 15 หน่วยการทดลอง พบว่า ET–CNB มีค่ามากที่สุด รองลงมา ET–WMD, EV–WMD, T–WMD, EV–CNB, T–CNB, ET–MC, T–MC, ET–CB, EV–CB, T–CB และ EV, ET, T–Con เท่ากับ 202.9, 168.9, 165.9, 163.9, 163.0, 153.6, 151.0, 139.1, 129.9, 101.3, 90.9,82.5 และ50.0 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ ดังตาราง 3

ตาราง 6 แสดงปริมาณการให้น้ำของแต่ละรูปแบบและหน่วยการทดลอง

หน่วยการทดลอง	ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำ (มิลลิลิตรต่อวัน)		
	EV (ไม่ปลูกพืช)	ET (ปลูกพืช)	T (ลดการระเหย)
Con	50.00±0.00^{f}	50.00±0.00^{f}	50.00±0.00^{f}
CB	90.90±12.12^{e}	101.33±9.30^{e}	82.47±1.94^{e}
CNB	163.05±0.25^{b}	202.87±9.10^{a}	153.60±0.61^{bc}
MC	139.08±11.97^{cd}	151.00±5.14b^{cd}	129.90±6.78^{d}
WMD	165.88±6.67^{b}	168.87±5.85^{b}	163.87±9.33^{b}

หมายเหตุ: * ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กด้านหลังตัวเลข แสดงถึงผลที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** ค่าเฉลี่ย ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Mean±SD)

ปลูกพืชกับไม่ปลูกพืช

ผลเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำระหว่างการทดลองแบบปลูกพืช (ET) กับไม่ปลูกพืช (EV) พบว่า การทดลอง ไม่ปลูกพืช (EV) มีปริมาณการให้น้ำน้อยกว่าในทุก ๆ หน่วยทดลอง CB, CNB, MC และ WMD เท่ากับ 10.3, 19.6, 7.9 และ1.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ปลูกพืชกับปลูกพืชแบบคลุมหน้าดิน

ผลเปรียบเทียบปริมาณการให้น้ำระหว่างการทดลองแบบปลูกพืช(ET) กับปลูกพืชแบบคลุมหน้าดิน (T) พบว่า การทดลอง ปลูกพืชแบบคลุมหน้าดิน (T) มีปริมาณการให้น้ำน้อยกว่าในทุก ๆ หน่วยทดลอง CB, CNB, MC และ WMD เท่ากับ 18.6, 24.3, 14.0 และ3.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตาราง 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิกและผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช

หน่วยการทดลอง	ปริมาณการใช้น้ำ					
	ET (ปลูกพืช)		EV (ไม่ปลูกพืช)		T (ลดการระเหย)	
	มิลลิลิตรต่อวัน	เปอร์เซ็นต์	มิลลิลิตรต่อวัน	เปอร์เซ็นต์	มิลลิลิตรต่อวัน	เปอร์เซ็นต์
Con	50.0	100	50.0	0.0	50.0	0.0
CB	101.3	100	90.9	-10.3	82.5	-18.6
CNB	202.9	100	163.0	-19.6	153.6	-24.3
MC	151.0	100	139.1	-7.9	129.9	-14.0
WMD	168.9	100	165.9	-1.8	163.9	-3.0

หมายเหตุ: * EV=แบบไม่ปลูกพืช, ET=แบบปลูกพืช, T=ปลูกพืชแบบคลุมหน้าดิน, Con=การให้น้ำแบบปกติ, CB=การให้น้ำด้วยเซรามิกแบบที่ 1, CNB=การให้น้ำด้วยเซรามิกแบบที่ 2, MC=การให้น้ำด้วยผลิตภัณฑ์ตลาด แบบที่ 1 และWMD=การให้น้ำด้วยผลิตภัณฑ์ตลาด แบบที่ 2

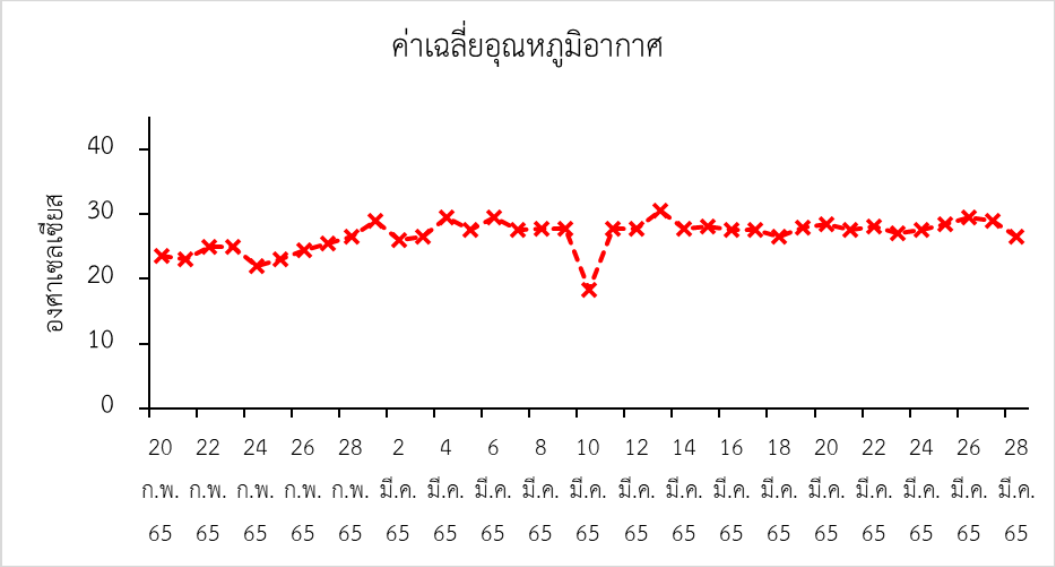
** (-) แสดงปริมาณการใช้ที่น้อยกว่า (+) แสดงปริมาณการใช้ที่มากกว่า

การประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำของระบบการผลิตกรีนโอค

1. ข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือน

1.1 อุณหภูมิอากาศ

จากผลการศึกษาข้อมูลด้านข้อมูลสภาพแวดล้อมของการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของอากาศอยู่ในช่วง 18.4 องศาเซลเซียส ถึง 30.5 องศาเซลเซียส โดยพบว่าช่วงที่มีอุณหภูมิของอากาศสูงที่สุดอยู่ในช่วงระหว่างวันที่ 32 ของการทดลอง และต่ำที่สุดในช่วงระหว่างวันที่ 35 ของการทดลอง

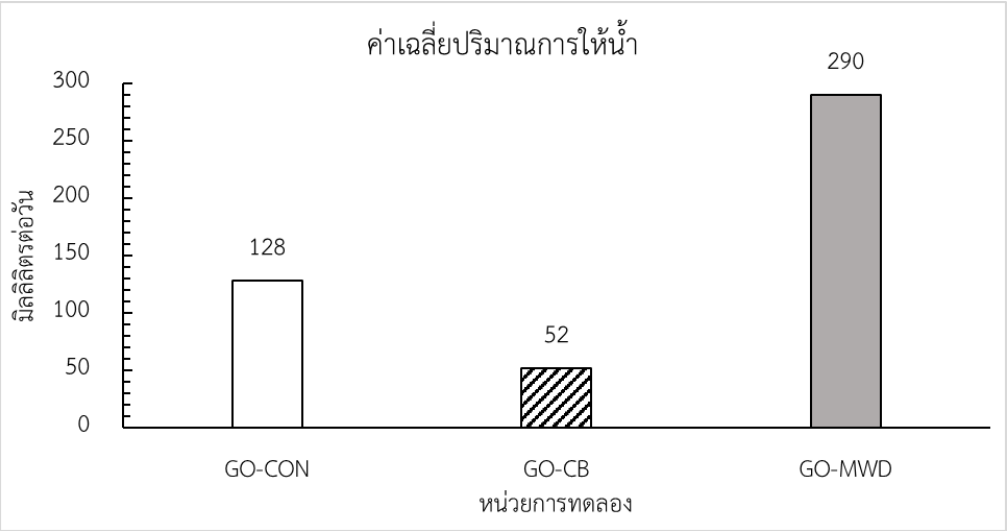


ภาพ 14 ข้อมูลสภาพแวดล้อมในโรงเรือนอุณหภูมิอากาศ

2. ศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำของระบบการผลิตกรีนโอ๊ค

2.1 ปริมาณการให้น้ำ

จากการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำของระบบการผลิตกรีนโอ๊ค การศึกษาค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำของหน่วยการทดลองทั้งหมด 3 รูปแบบ GO-con (ควบคุม), GO-CB (เซรามิก)และGO-WMD (น้ำหยด) โดยกำหนดปริมาณน้ำของหน่วยทดลองควบคุมเท่าที่ 128 มิลลิลิตรต่อวัน เนื่องความชื้นในดินที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ วัสดุปลูกที่ใช้ในการทดลองมีความชื้นในดินอยู่ที่ 19 เปอร์เซ็นต์ ขาดอีก 11 เปอร์เซ็นต์ จึงจะครบ 30 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับต้องเติมน้ำในดินเพิ่มเข้าไปอีก 128 ml จึงจะได้ความชื้นในดินดังที่กล่าว พบว่า หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำน้อยที่สุดคือ GO-CB ลองลงมา GO-CON และ GO-MWD เท่ากับ 52 มิลลิลิตรต่อวัน, 128 มิลลิลิตรต่อวัน และ 290 มิลลิลิตรต่อวัน ตามลำดับ



ภาพ 15 ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำ

3. ศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของกรีนโอ๊ค

3.1 ข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

จากการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำของระบบการผลิตกรีนโอ๊ค การศึกษาค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชของหน่วยการทดลองทั้งหมด 3 รูปแบบ GO-con(ควบคุม), GO-CB(เซรามิก)และGO-WMD(น้ำหยด)มีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 การเจริญเติบโต

จากการทดลองศึกษาค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค หน่วยการทดลองทั้งหมด 3 รูปแบบ GO-con(ควบคุม), GO-CB (เซรามิก) และGO-WMD (น้ำหยด) พบว่า หน่วยการทดลอง GO-CON มีค่าเฉลี่ยการเจริญเติมโตเมื่อพืชอายุ 14 วัน จำนวนใบเท่ากับ 5 ใบ ความสูงต้นพืชเท่ากับ 5 ซม. อายุ 21 วันเท่ากับ จำนวนใบ 6 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 7 อายุ 28 วันเท่ากับ จำนวนใบ 7 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 8 ซม. อายุ 35 วันเท่ากับ จำนวนใบ 8 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 9 ซม. อายุ 42 วันเท่ากับ จำนวนใบ 10 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 11 ซม. และอายุ 50 วันเท่ากับ จำนวนใบ 11 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 14 ซม. หน่วยการทดลอง GO-CB มีค่าเฉลี่ยการเจริญเติมโตเมื่อพืชอายุ 14 วัน จำนวนใบเท่ากับ 5 ใบ ความสูงต้นพืชเท่ากับ 5 ซม. อายุ 21 วันเท่ากับ จำนวนใบ 8 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 10 อายุ 28 วันเท่ากับ จำนวนใบ 9 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 11ซม. อายุ 35 วันเท่ากับ จำนวนใบ 13 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 12 ซม. อายุ 42 วันเท่ากับ จำนวนใบ 16 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 14 ซม. และอายุ 50 วันเท่ากับ จำนวนใบ 16 ใบ ความสูงของ

ต้นพืชเท่ากับ 17 ซม. หน่วยการ หน่วยการทดลอง GO-MWD มีค่าเฉลี่ยการเจริญเติมโตเมื่อพืชอายุ 14 วัน จำนวนใบเท่ากับ 5 ใบ ความสูงต้นพืชเท่ากับ 5 ซม. อายุ 21 วันเท่ากับ จำนวนใบ 7 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 9 ซม. อายุ 28 วันเท่ากับ จำนวนใบ 7 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 10 ซม. อายุ 35 วันเท่ากับ จำนวนใบ 9 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 10 ซม. อายุ 42 วันเท่ากับ จำนวนใบ 13 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 13 ซม. และอายุ 50 วันเท่ากับ จำนวนใบ 13 ใบ ความสูงของต้นพืชเท่ากับ 17 ซม.

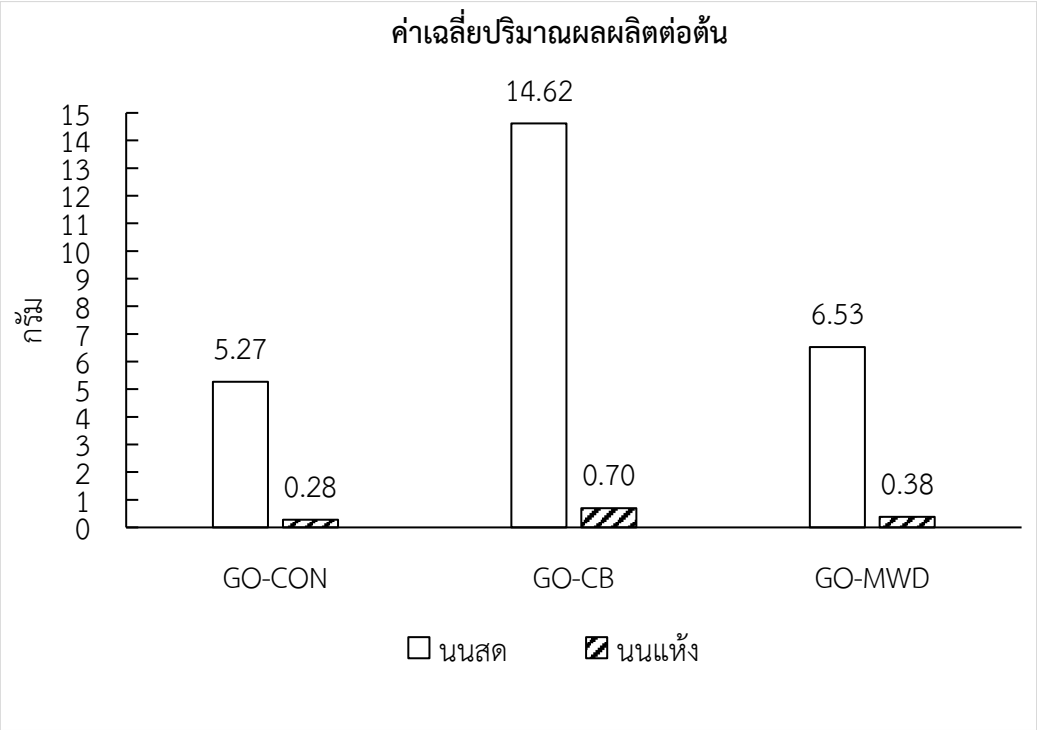
อายุต้นพืช	14 วัน		21 วัน		28 วัน	
ข้อมูลพืช	จำนวนใบ	ความสูงต้น (ซม.)	จำนวนใบ	ความสูงต้น (ซม.)	จำนวนใบ	ความสูงต้น (ซม.)
GO-CON	5	5	6	7	7	8
GO-CB	5	5	8	10	9	11
GO-MWD	5	5	7	9	7	10

อายุต้นพืช	35 วัน		42 วัน		50วัน	
ข้อมูลพืช	จำนวนใบ	ความสูงต้น(ซม.)	จำนวนใบ	ความสูงต้น(ซม.)	จำนวนใบ	ความสูงต้น(ซม.)
GO-CON	8	9	10	11	11	14
GO-CB	13	12	16	14	16	17
GO-MWD	9	10	13	13	13	17

ภาพ 16 การเจริญเติบโตของผักสลัดกรีนโอ๊ค

3.1.2 ปริมาณผลผลิต

จากการทดลองศึกษาค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตของผักสลัดกรีนโอ๊ค หน่วยการทดลองทั้งหมด 3 รูปแบบ GO-con (ควบคุม), GO-CB (เซรามิก) และ GO-WMD (น้ำหยด) พบว่า หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตด้านน้ำหนักสดมากที่สุดคือ GO-CB รองลงมา GO-MWD และGO-CON เท่ากับ 14.62 กัม, 6.53 กรัม และ5.27 กรัม ตามลำดับ หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตด้านน้ำหนักแห้งมากที่สุดคือ GO-CB รองลงมา GO-MWD และGO-CON เท่ากับ 0.70 กรัม, 0.38 กรัม และ0.28 กรัม ตามลำดับ



ภาพ 17 ค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตต่อต้น

3.1.2 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (Water Use Efficiency:WUE)

จากการทดลองศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช ผักสลัดกรีนโอ๊ค หน่วยการทดลองทั้งหมด 3 รูปแบบ GO-con (ควบคุม), GO-CB (เซรามิก) และGO-WMD (น้ำหยด) พบว่า หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมด มากที่สุดคือ GO-MWD รองลงมา GO-CON และGO-CB เท่ากับ 10734.48 มิลลิลิตร, 4864.00 มิลลิลิตร และ 1908.75 มิลลิลิตร ตามลำดับ

หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดทั้งหมดมากที่สุดคือ GO-CB รองลงมา GO-MWD และGO-CON เท่ากับ 14618.00 มิลลิกรัม, 6526.00 มิลลิกรัม และ 5270.00 มิลลิกรัม ตามลำดับ

หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งทั้งหมดมากที่สุดคือ GO-CB รองลงมา GO-MWD และGO-CON เท่ากับ 697.00 มิลลิกรัม, 378.33 มิลลิกรัม และ 279.00 มิลลิกรัม ตามลำดับ

หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้น้ำมากที่สุดคือ GO-CB รองลงมา GO-CON และGO-MWD เท่ากับ 0.37 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร, 0.06 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ0.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

ตาราง 8 ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชผักสลัดกรีนโอ๊ค

หน่วยการทดลอง	ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมด (ml)	น้ำหนักสดทั้งหมด (mg)	น้ำหนักแห้งทั้งหมด (mg)	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (mg/ml)
GO-CON	4864.00	5270.00	279.00	0.06
GO-CB	1908.75	14618.00	697.00	0.37
GO-MWD	10734.48	6526.00	378.33	0.04

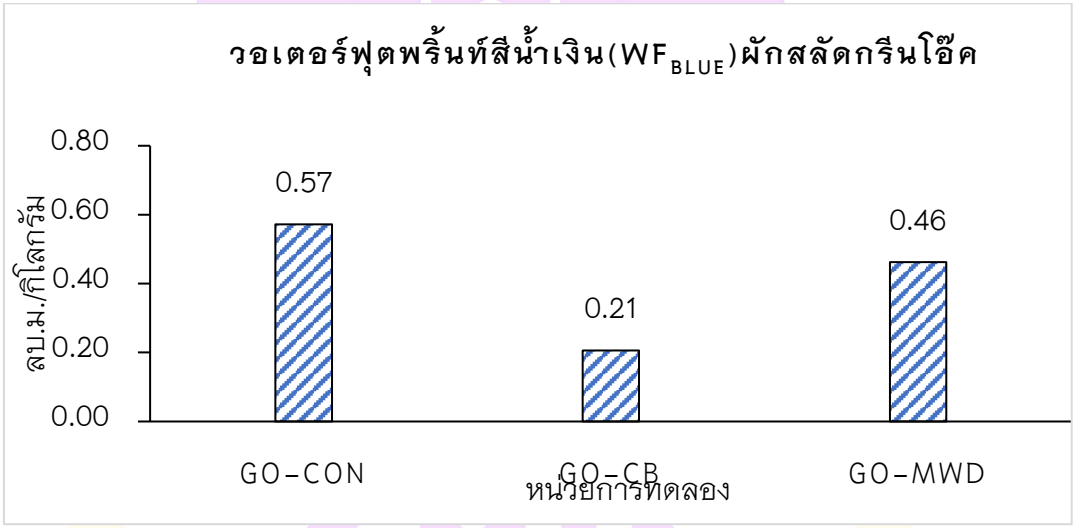
การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค

จากการทดลองศึกษาการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค หน่วยการทดลองทั้งหมด 3 รูปแบบ GO-con (ควบคุม), GO-CB (เซรามิก) และGO-WMD (น้ำหยด) จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบพบว่า หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตต่อไร่มากที่สุด คือGO-CB รองลงมา GO-MWD และGO-CON เท่ากับ 0.0146 กิโลกรัม, 0.0065 กิโลกรัม และ0.0053 กิโลกรัม ตามลำดับคิดเป็นกิโลกรัมต่อไร่เท่ากับ 186 กิโลกรัมต่อไร่, 83 กิโลกรัมต่อไร่ และ 67 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ CWU_{Blue} จากการคำนวณค่า ET_c เท่ากับ 38.41 ลบ.ม.ต่อไร่

หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์มากที่สุดคือ GO-CON รองลงมา GO-MWD และ GO-CB เท่ากับ 0.57 ลบ.ม.ต่อไร่, 0.46 ลบ.ม.ต่อไร่ และ 0.21 ลบ.ม.ต่อไร่ ตามลำดับ

ตาราง 9 การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค

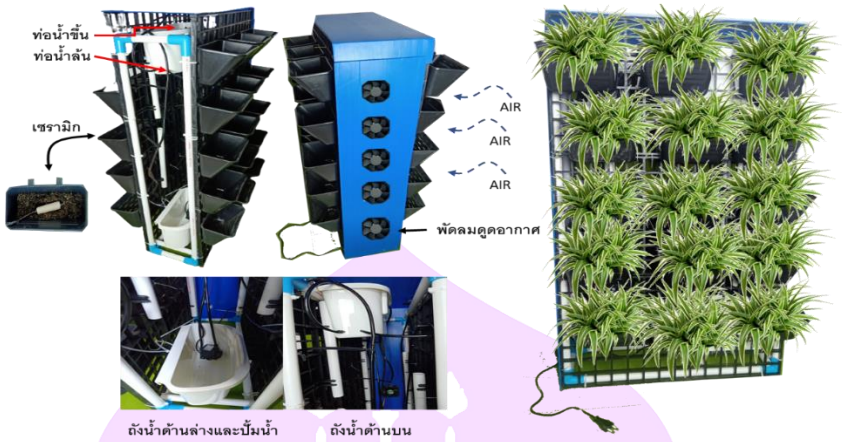
Treatment	Average yield (kg)	WF_{direct}	
		CWU_{blue} (m^3/rai)	WF_{blue} (m^3/kg)
GO-CON	0.0053	38.41	0.57
GO-CB	0.0146	38.41	0.21
GO-MWD	0.0065	38.41	0.46



ภาพ 18 ค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์สีน้ำเงิน (WFblue) ผักสลัดกรีนโอ๊ค

การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

จากแบบจำลองการปลูกพืชแบบสวนแนวตั้ง ขนาด 120*120 ซม. 30 กระถาง หากใช้ระบบให้น้ำแบบหัวน้ำหยด จะมีต้นทุนเฉพาะของระบบน้ำเท่ากับ 45 บาท ต่อสวนแนวตั้ง 1 ชุด และเซรามิก เท่ากับ 240 บาท ต่อสวนแนวตั้ง 1 ชุด แต่ระบบสวนแนวตั้งที่ใหน้ำด้วยเซรามิกจะประหยดน้ำมากกว่าแบบน้ำหยดถึง 82 เปอร์เซ็นต์ ต่อเดือน (คำนวณจากค่าปริมาณการให้น้ำ) และให้น้ำหนักผลผลิตสูงกว่าถึง 223 เปอร์เซ็นต์ (คำนวณจากค่าปริมาณผลผลิตต่อต้น)



ภาพ 19 ตัวอย่างแบบจำลองสวนแนวตั้งขนาด 120*120 ซม. 30 กระถาง

ตาราง 10 แสดงราคาวัสดุราคาต่อหน่วยในการทำสวนแนวตั้งแบบตั้งพื้นและติดผนัง ขนาด 120*120 ซม.

วัสดุ	จำนวน	หน่วย	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ราคาอุปกรณ์ (บาท)
ท่อPVC1/2 นิ้ว สีขาว	1,120	cm	0.16	179.20
ท่อไมโครพีวีซี 3.4 / 6 มม. x 100 ม. MT/PVC ดำ	460	cm	0.04	19.92
ข้อต่อ3ทางมุม 4หุน	5	อัน	18.00	90.00
ข้อต่อ4ทางมุม 4หุน	6	อัน	20.00	120.00
ตะแกรง	3	อัน	50.00	150.00
เซรามิก	30	อัน	8.00	240.00
ราคารวม			**799.12**	

ภาพ 20 ตัวอย่างการเพิ่มพูนค่าของผลิตภัณฑ์โดยการประยุกต์ใช้เซรามิกร่วมกับเฟอร์นิเจอร์

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาประเมินประสิทธิภาพการใช้น้ำและวอเตอร์ฟุตพรินท์ ของกระบวนการผลิตผักสลัดกรีนโอ๊ค สามารถสรุปผลได้ดังนี้

การศึกษาปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิกและผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช ได้ทำการตรวจสอบค่าสภาพแวดล้อม อุณหภูมิเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำโดยการเปรียบกับผลิตภัณฑ์การให้น้ำแบบปกติด้วยหัวให้น้ำที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด โดยนำหัวจ่ายน้ำประเภทต่างๆมาเปรียบเทียบการให้น้ำบนดินกับใต้ดินกับการให้น้ำปกติรวมทั้งหมด 5 แบบ (Con, CB, CNB, MC และ WMD) โดยการเปรียบเทียบแบบไม่ใช้พืช เพื่อศึกษาการให้น้ำและการระเหยหน่วยทดลอง แบบที่ 1 EV, แบบที่ 2 ET การทดลองให้น้ำโดยการปลูกพืช เพื่อศึกษาการให้น้ำ การระเหยและคายน้ำของพืช และ แบบที่ 3 T การให้น้ำโดยการปลูกพืชและมีวัสดุคลุมหน้าดินเพื่อควบคุมการระเหยเพื่อศึกษาการให้น้ำ และคายน้ำของพืช พบว่า ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศอยู่ในช่วง 29 องศาเซลเซียส ถึง 40 องศาเซลเซียส

ปริมาณการให้น้ำของหน่วยทดลองแบบไม่ปลูกพืช พบว่าการให้น้ำด้วยเซรามิกรูพรุนทรงกระบอกแบบใต้ผิวดิน (CB) มีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 90.9 มิลลิลิตรต่อวัน รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์ให้น้ำเซรามิกตลาดแบบบนผิวดิน (MC) และ เซรามิกรูพรุนทรงกระบอกแบบใต้ผิวดิน (CNB) คือ 139.1 และ163.0 มิลลิลิตรต่อวัน และผลิตภัณฑ์ตลาดหัวน้ำหยด(WMD) มีปริมาณการให้น้ำเฉลี่ยมากที่สุด คือ 165.9 มิลลิลิตรต่อวัน

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำระหว่างหน่วยการทดลอง แบบที่ 1 (EV) และ 2 (ET) หน่วยทดลองแบบที่ 1 (EV) ไม่ปลูกพืชมีปริมาณการให้น้ำน้อยกว่า แบบที่ 2 (ET) ปลูกพืช โดยหัวให้น้ำแบบใต้ผิวดินด้วยเซรามิกCB และ CNB เท่ากับ 10.4 และ39.9 มิลลิลิตรต่อวัน คิดเป็น 10.3 และ 19.6 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์หัวให้น้ำทั่วไปแบบบนผิวดิน MC(เซรามิก) และ WMD (น้ำหยด) เท่ากับ 11.9 และ 3.0 คิดเป็น 7.9 และ 1.8เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการให้น้ำด้วยหัวแบบเซรามิก(CB, CNB, MC)มีการแปรผันตามรูปแบบการทดลองแบบปลูกพืชและไม่ปลูกพืช แต่ไม่มีความแตกต่างในหัวให้น้ำแบบน้ำหยด (WND)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำระหว่างหน่วยการทดลอง แบบที่ 2 (ET) และ 3 (T) หน่วยทดลองแบบที่ 3 (T) ปลูกพืชแบบคลุมหน้ากินเพื่อควบคุมการระเหยมีปริมาณการให้น้ำน้อยกว่า แบบที่ 2 (ET) ปลูกพืชโดยหัวให้น้ำแบบใต้ผิวดินด้วยเซรามิกCB และ CNB เท่ากับ 18.8 และ 49.3 มิลลิลิตรต่อวัน คิดเป็น 18.6 และ 24.3 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์หัวให้น้ำทั่วไปแบบบนผิวดิน MC(เซรามิก) และ WMD(น้ำหยด) เท่ากับ 21.1 และ 5.0 คิดเป็น 14.0 และ3.0 เปอร์เซ็นต์แสดงว่าการให้น้ำด้วยหัวแบบเซรามิก(CB, CNB, MC)มีการแปรผันตามรูปแบบการทดลองแบบปลูกพืชแบบคลุมหน้าดินเพื่อควบคุมการระเหยและแบบปลูกพืช แต่ไม่มีความแตกต่างในหัวให้น้ำแบบน้ำหยด (WND)

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของกรีนโอค (Water Use Efficency:WUE)

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของกรีนโอค ได้ทำการตรวจสอบค่า ปริมาณการให้น้ำ การเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช โดยการเปรียบเทียบการให้น้ำแบบปกติ(GO-CON)ให้น้ำ 128 มิลลิลิตร ทุกๆ 24 ชั่วโมง แบบให้น้ำด้วยหัวให้น้ำเซรามิก (GO-CB)และแบบหัวน้ำหยด (GO-WMD) รวม 3 รูปแบบกับพืช กรีนโอ๊ค พบว่า ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโต ที่ 50 วัน ในการให้น้ำแบบเซรามิกใต้ผิวดิน(GO-CB)มีค่ามากที่สุด คือ 16 ความสูงต้น 17 เซนติเมตร ลองลงมา แบบหัวน้ำหยด(GO-MWD) คือ 13 ความสูงต้น 17 เซนติเมตร และการให้น้ำแบบปกติ (GO-CON) มีค่าน้อยที่สุด คือ จำนวนใบ 11 ความสูงต้น 14 เซนติเมตร

ค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิต พบว่า หน่วยการทดลองที่มีน้ำหนัก สดและน้ำหนักแห้งมากที่สุดคือ การให้น้ำแบบเซรามิกใต้ผิวดิน(GO-CB) เท่ากับ น้ำหนักสด 14.62 กรัมต่อต้น น้ำหนักแห้ง 0.70 กรัมต่อต้น รองลงมาหน่วยการทดลองแบบหัวน้ำหยด(GO-MWD) คือ น้ำหนักสด 6.53 กรัมต่อต้น น้ำหนักแห้ง 0.38 กรัมต่อต้น และหน่วยทดลองการให้น้ำแบบปกติมีค่าน้อยที่สุด คือ น้ำหนักสด 5.27 กรัมต่อต้น น้ำหนักแห้ง 0.28 กรัมต่อต้น

การศึกษาค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช (Water Use Efficency:WUE) พบว่า หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้น้ำมากที่สุดคือ การให้น้ำแบบเซรามิกใต้ผิวดิน (GO-CB) เท่ากับ 0.37 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและมีปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมด น้อยที่สุด เท่ากับ 1908.75 มิลลิลิตร รองลงมา หน่วยการทดลองการให้น้ำแบบปกติ (GO-CON) เท่ากับ 0.06 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและมีปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมด เท่ากับ 4864 มิลลิลิตร และหน่วยการทดลอง แบบหัวน้ำหยด(GO-MWD) มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้น้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 0.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและมีปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 10734.48 มิลลิลิตร

การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค

การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค พบว่า หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณผลผลิตต่อไร่มากที่สุด คือ การให้น้ำแบบเซรามิกใต้ผิวดิน(GO-CB) เท่ากับ 0.0146 กิโลกรัม รองลงมา แบบหัวน้ำหยด(GO-MWD) เท่ากับ 0.0065 กิโลกรัมและน้อยที่สุด การให้น้ำแบบปกติ (GO-CON) เท่ากับ 0.0053 กิโลกรัม คิดเป็น 186 กิโลกรัมต่อไร่ 83 กิโลกรัมต่อไร่ และ 67 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอ๊ค พบว่า หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ มากที่สุดคือ การให้น้ำแบบปกติ (GO-CON) เท่ากับ 0.57 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม รองลงมา แบบหัวน้ำหยด(GO-MWD) เท่ากับ 0.46 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม และน้อยที่สุด การให้น้ำแบบเซรามิกใต้ผิวดิน(GO-CB) เท่ากับ 0.21 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม

อภิปรายผล

การศึกษาปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิก และผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช ปริมาณการให้น้ำของหน่วยทดลองแบบไม่ปลูกพืช พบการให้น้ำด้วยเซรามิกรูพรุนทรงกระบอกแบบใต้ผิวดิน(CB)มีปริมาณเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 90.9 มิลลิลิตรต่อวัน รองลงมาคือ ผลิตภัณฑ์ให้น้ำเซรามิกตลาดแบบบนผิวดิน (MC) และ เซรามิกรูพรุนทรงกระบอกแบบใต้ผิวดิน (CNB) คือ 139.1 และ163.0 มิลลิลิตรต่อวัน และผลิตภัณฑ์ตลาดหัวน้ำหยด(WMD) มีปริมาณการให้น้ำเฉลี่ยมากที่สุด คือ 165.9 มิลลิลิตรต่อวัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุขทัย พงพัฒนศิริ (2544) ที่ศึกษาปริมาณการให้น้ำในการปลูกพืชโดยการให้น้ำด้วยเซรามิกทรงกระบอกมีปริมาณน้อยที่สุดคือ เฉลี่ยร้อยละ 93.8 มิลลิลิตรต่อวัน และมากที่สุดคือการให้น้ำแบบปกติ เฉลี่ยร้อยละ 157.50 มิลลิลิตรต่อวัน กล่าวได้ว่าการปลดปล่อยน้ำแบบช้า ๆ โดยตรงบริเวณรากพืชด้วยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผาที่มีความพรุนตัวสูง จึงทำให้รากพืชสามารถดูดน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีตามความต้องการและมีความเหมาะสมต่อความต้องการน้ำของดินเป็นวิธีการที่ประหยัดน้ำได้ดี (สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, 2544) ซึ่งต่างจากการให้น้ำในสภาพปกติด้วยหัวให้น้ำแบบหัวน้ำหยดที่จะใช้น้ำในปริมาณมาก มีการสูญเสียน้ำจากการระเหย และการไหลซึมผ่านลงไปในชั้นดินอย่างรวดเร็ว ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สุขทัย พงศ์พัฒนศิริและคณะ (2551) ที่ทำการปลูกหม้อข้าวหม้อแกงลิงในกระถางพบว่าการให้น้ำแบบปกติมีการระเหยของน้ำจากผิวดินสูงกว่ากระถางที่มีระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยดินเผารูพรุนถึง 1.44 เท่าและมีอัตราการสูญเสียน้ำมากที่สุดเช่นเดียวกับการวิจัยในครั้งนี้ที่พบว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนทรงกลม F1 และ F2 มีปริมาณการระเหยของน้ำจากผิวดินโดยเฉลี่ย 53.52 มิลลิลิตร

ต่อวันซึ่งน้อยกว่าการให้น้ำแบบปกติมีปริมาณการระเหยของน้ำจากผิวดินเฉลี่ย 162.87 มิลลิลิตรต่อวัน

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำของกรีนโอค (Water Use Efficiency : WUE) พบการทดลองที่มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้น้ำมากที่สุดคือ การให้น้ำแบบเซรามิกใต้ผิวดิน (GO-CB) เท่ากับ 0.37 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและมีปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมด น้อยที่สุด เท่ากับ 1908.75 มิลลิลิตร รองลงมา หน่วยการทดลองการให้น้ำแบบปกติ (GO-CON) เท่ากับ 0.06 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและมีปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมด เท่ากับ 4864 มิลลิลิตร และหน่วยการทดลอง แบบหัวน้ำหยด(GO-MWD) มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการใช้น้ำน้อยที่สุด เท่ากับ 0.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรและมีปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดมากที่สุด เท่ากับ 10734.48 มิลลิลิตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุขทัย พงพัฒนศิริ (2544) การพัฒนาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้เซรามิกเพื่อการใช้น้ำแบบประหยัดน้ำศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำพืชคะน้าโดยเปรียบเทียบการให้น้ำแบบปกติกับหัวให้น้ำเซรามิกใต้ผิวดินแบบทรงกลมและกระบอก พบว่าการให้น้ำด้วยเซรามิกแบบใต้ผิวดินมีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมด น้อยที่สุดเท่ากับ 4690 มิลลิลิตร และมีค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ มากที่สุดเท่ากับ 0.0025 กรัมต่อ

การประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอค หน่วยการทดลองที่มีค่าเฉลี่ย วอเตอร์ฟุตพริ้นท์ มากที่สุดคือ การให้น้ำแบบปกติ (GO-CON) เท่ากับ 0.57 ลูกบาศก์เมตรต่อ กิโลกรัม ใกล้เคียงกับ วรณี แพ่งจันทึก (2558) ที่ศึกษาวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายในประเทศไทย พบ Blue water footprintจากโปรแกรม CROPWAT ของราชบุรี มีค่าเท่ากับ 0.573 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม รองลงมา แบบหัวน้ำหยด(GO-MWD) เท่ากับ 0.46 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม และน้อยที่สุด การให้น้ำแบบเซรามิกใต้ผิวดิน(GO-CB) เท่ากับ 0.21 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม แตกต่างกับ Betsie le Roux (2559) Estimating Water Footprints of Vegetable Crops: Influence of Growing Season, Solar Radiation Data and Functional Unit พบว่า ปริมาณวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ ของผักกาดหอม เท่ากับ 56 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน หรือประมาณ 0.051 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม ในฤดูร้อน ทั้งนี้เพราะ ใช้โมเดลในการคำนวณไม่เหมือนกัน และมีความแตกต่างในด้านของพื้นที่ศึกษา สภาพภูมิอากาศ ที่แตกต่างกันรวมไปถึง ผักสลัดที่ใช้ในการทดลองไม่ใช่ชนิดเดียวกัน ผลการวิจัยการประเมินวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของระบบการผลิตกรีนโอคสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะระบบให้น้ำใต้ผิวดินมีปริมาณการให้น้ำที่น้อยกว่าระบบให้น้ำแบบน้ำหยดและการรดน้ำปกติ และการให้น้ำแบบใต้ผิวดินอย่างช้า ๆ ด้วยเซรามิกไม่เกิดการสัมผัสกับความร้อนในอากาศบนผิวดินทั้งนี้อุณหภูมิใต้ผิวดินยังเย็นกว่า นอกจากนี้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินยังช่วยรักษาระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์แก่พืช

เช่นเดียวกับการทดลองของ สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และคณะ (2551) การอุ้มน้ำและกักเก็บความชื้นโดยทำการทดลองปลูกดาวเรือง บนพื้นที่ลาดชันซึ่งเป็นพื้นที่ลุ่มน้ำได้น้อยพบว่าดาวเรืองที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีความพรุนตัวนั้นมี การเจริญเติบโตสูงกว่าการปลูกลงดินแบบปกติเช่นเดียวกับการทดลองของสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และคณะ (2551) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบการปลูกมะเขือเทศในกระถางที่ใช้วัสดุปลูกที่มีสภาพแตกต่างกัน ได้แก่ ดินและทรายโดยให้น้ำด้วยระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุน 3 รูปทรง ได้แก่ ดินเผารูพรุนทรงวงแหวนทรงกลมและทรงกระบอกกับการให้น้ำด้วยระบบการให้น้ำแบบน้ำ หยดพบว่าการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนทั้งสามรูปทรงและการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดที่ปลูกในกระถางดินและทรายนั้นมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันและพบว่าระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนทั้งสามรูปทรงนั้นดินเผารูพรุนแบบทรงวงแหวนให้มากที่สุด (392 มิลลิลิตรต่อวัน) แต่น้อยกว่าการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด (800 มิลลิลิตรต่อวัน) ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพการให้น้ำของดินเผารูพรุนแก่พืชที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ไม่เหมาะสมเช่นทรายได้เป็นต้น

ข้อเสนอแนะงานวิจัย

การวิจัยดังกล่าวสามารถต่อยอดเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ควรเพิ่มการศึกษาการปลูกพืชในแปลงเกษตรขนาดใหญ่ เพื่อให้เห็นความเปลี่ยนแปลงของการใช้น้ำในแต่ละฤดู การและเพิ่มรูปแบบของระบบการปลูกพืชรวมถึงวิธีการให้น้ำที่หลากหลายมากยิ่งขึ้นตลอดจน วิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบกับสิ่งแวดล้อมและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อ

แนวทางการใช้เซรามิกในภาคการเกษตร เซรามิกรูพรุนเป็นระบบการให้น้ำที่ดีตอบสนองความต้องการน้ำของพืชได้อย่างเพียงพอ อีกทั้งยังต้องเป็นระบบที่เหมาะสมกับปัจจัยต่าง ๆ ช่วยปรับสภาพแวดล้อมของดิน เซรามิกรูพรุนอาจจะเข้ามามีบทบาทในการช่วยยกระดับ เกษตรกรได้ในเรื่องของผลิตภัณฑ์ที่ใช้น้ำน้อยใส่ใจสิ่งแวดล้อมหรือนำไปใช้ในอุสาหกรรมการ ปลูกพืชที่ต้องการสารโอสถสารที่จะต้องดูแลควบคุมในด้านของความสะอาดปลอดเชื้อในระบบการเพาะปลูกนอกจากนี้เซรามิกยังเหมาะสมกับการใช้ในพืชไม้ประดับมีราคาที่ต้องการระบบนิเวศในดินที่เหมาะสมไม่ชื้นและไม่แห้งจนเกินไปหรือใช้ในกระถางปลูกที่ใช้วัสดุปลูกแทนดินเช่น เมล็ดดินเผาเนื่องจากเซรามิกรูพรุนสามารถให้น้ำควบคู่ไปกับปุ๋ยน้ำได้

บรรณานุกรม

ขจรยศ ศิรินิล และอรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์. (2563). การพัฒนาวัสดุดินผสมเพื่อการเพาะปลูกผักสลัดกรีนโอ๊ค. **วารสารแก่นเกษตร**, 48(5), 990–1001.

คงเอก ศิริงาม ปราณีต จิระสุทัศน์ และวิภาภรณ์ แสวงมี. (2558). ผลของวิธีการปลูกต่อการเจริญเติบโตและปริมาณรงควัตถุของผักกาดหอมใบพันธุ์กรีนโอ๊ค. **วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร,** 10, 82–95

นิจพร นราพงษ์. (2543). **การศึกษาผลการให้น้ำระบบน้ำหยดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของคะน้ายอด.แ** สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2564, จาก http://www.kmit.ac.th/soilkmit/oroject/pro 19.htm.

นิชนันท์ ตราโชว์. (2556). การศึกษาค่าวอเตอร์ฟุตพริ้นท์ของกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายในประเทศไทย. **วารสารวิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา,** 26, 97–105.

ดิเรก ทองอร่าม. (2545). **การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ฐานการพิมพ์

ธนาภา เกตุรัตนกุล. (2561). **การเปิดรับและการเลือกช่องทางจัดจำหน่ายผักอินทรีย์ (กรีนโอ๊ค) ของผู้บริโภคในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เพชรดา สัตยากูล. (2557). **การประเมินวอเตอร์ฟุตพรินต์ของผลิตภัณฑ์จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

มนตรี ค้ำชู. (ม.ป.ป.). **การใช้ลำไม้ไผ่เป็นท่อสำหรับชลประทานแบบหยดน้ำ.** สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2564, จาก http://www.eng.ku.ac.th/ire/TABSTRAC.htm.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. (2526). **หลักการชลประทาน**. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมเกียรติ รัตนศิริวงศ์วุฒิ. (ม.ป.ป.). **การชลประทานฉีดฝอยแบบเจาะรู.** สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม 2564, จาก http://www.eng.ku.ac.thire/TABSTRAC.html.

สาธิต จีนะสอน, ชัยธำรง พงศ์พัฒนศิริ และสุขทัย พงศ์พัฒนศิริ. (2551). ประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชในพื้นที่หลังประสบอุทกภัย. **วารสารการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมนเรศวรพะเยา**, 4, 65–69.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และวิรัตน์ สารางทอง. (2550). ระบบให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุน. **วารสารการประชุมวิชาการเกษตรนเรศวร,** 6, 45–49.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, จิรวัฒน์เชื่อน ปัญญา และมานพ จันทร์วรรณ. (2551). ประยุกต์ใช้ระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนเพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด. **วารสารการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ,** 7, 50–55.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, วลัยพร อรกิจ และสิริวัฒน์ บุญชัยศรี. (2551). การเลี้ยงพืชป่าในกระถางร่วมกับระบบการให้น้ำใต้ผิวดินกรณีศึกษาของหมอข้าวหม้อแกงลิง. **วารสารการประชุมทางวิชาการระดับชาติการวิจัยพรรณพืชป่าไม้ของประเทศไทย**, 1, 91–96.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และวิมลรัตน์ บุตรดาซุย. (2551). การประยุกต์ใช้ ระ บ บ การให้น้ำใต้ผิวดินเพื่อปลูกผักสวนครัวในกระถางปลูกแบบประหยัดน้ำ. **วารสารบทความวิชาการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ,** 7, 50–54.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี, สุริยา อินอร และวิมลรัตน บุตรดาซุย. (2551). การศึกษาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ. **วารสารบทความวิชาการวันเกษตรแห่งชาติ 2551 เฉลิมพระเกียรติเนื่องในวโรกาสมหามงคลเฉลิมพระชนพรรษา 80 พรรษา,** 1, 80–84.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, ชัยธำรง พงศ์พัฒนศิริ, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และสาธิต จีนะสอน. (2552). ระบบการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินเผารูพรุนในพื้นที่ดินทับถมจากแผ่นดินถล่ม. **วารสารการประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย,** 4, 91–96.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ, ชัยธำรง พงศ์พัฒนศิริ, สิริวัฒน์ บุญชัยศรี และสาธิต จีนะสอน. (2552). ระบบการให้น้ำแก่พืชทางใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนในพื้นที่ดินทับถมจากแผ่นดินถล่ม. **วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** 1, 101–105.

สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ. (2544). **การพัฒนาระบบการให้น้ำใต้ผิวดินโดยใช้ดินเผารูพรุนเพื่อการใช้น้ำแบบประหยัด.** วิทยานิพนธ์ วท.บ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พะเยา.

สุรสิทธิ์ ปัญญวรรณศิริ. (2559). ผลผลิตและประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวไรซ์เบอร์รี่จากเทคนิคการชลประทานแบบประหยัดน้ำ. **วารสารวิชาการเกษตร,** 38(2), 128–138.

Betsie le Roux , Michael van der Laan , Teunis Vahrmeijer, John G. Annandale and Keith L. Bristow. (2016). Estimating Water Footprints of Vegetable Crops:Influence of Growing Season Solar Radiation Dataand Functional Unit. **Water Research Journals,** 8, 473–493.

Michihiro Hara. (1998). **Irrigation System for Cropping on Slope Lands and Physical Properties of Soils in Relation to Erosion". Development of Slopping and Barren for Sustainable in Agro–Foreatry and Food Crop Production in Lower Northern Part of Thailand.** Independent Study, Ph.D., Iwate University, Tokyo.

Pongpattanasiri S. (2006). Developments of subsurface irrigation system using porous ceramics for minimum irrigation. **Thai Journal of Science and Technology**, 6, 81–86.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	รัฐพงษ์ เชาว์เลขา
วัน เดือน ปี เกิด	16 พฤศจิกายน 2540
สถานที่เกิด	จังหวัดแม่ฮ่องสอน
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2563 วท.บ., (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.
ที่อยู่ปัจจุบัน	93 ม.16 ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000
ผลงานตีพิมพ์	รัฐพงษ์ เชาว์เลขา, สุขทัย พงศ์พัฒนศิริ และ ธนันญารัตน์ ปินไชย (ผู้บรรยาย). (25-28 มกราคม 2564). การศึกษาปริมาณการให้น้ำของหัวให้น้ำเซรามิก และผลิตภัณฑ์ตลาดกับพืช. ในการประชุมวิชาการพะเยาวิจัยครั้งที่ 11. (หน้า 1091-1101). พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา.
รางวัลที่ได้รับ	รางวัลนิสิตเกียรติยศด้านกิจกรรมเสริมหลักสูตร กิจกรรมบำเพ็ญประโยชน์และรักษาสิ่งแวดล้อม ปี 2561 และ ปี 2562