วารสาร

เทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร

(Journal of Technology and Agricultural Innovation)

ISSN 2822-1303 (ONLINE)

ปีที่ 2 ฉบับที่ 1

มกราคม-มิถุนายน 2567

Thaksin University

วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร

(Journal of Technology and Agricultural Innovation)

1. ที่ปรึกษา

1.1 อธิการบดีมหาวิทยาลัยทักษิณ

1.2 รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและนวัตกรรม (มหาวิทยาลัยทักษิณ)

1.3 ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและนวัตกรรม (มหาวิทยาลัยทักษิณ)

1.4 คณบดีคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน (มหาวิทยาลัยทักษิณ)

1.5 คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ (มหาวิทยาทักษิณ)

2. บรรณาธิการ

2.1 รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงค์ เบญจศรี (มหาวิทยาลัยทักษิณ)

3. รองบรรณาธิการ

3.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภฎา คีรีรัฐนิคม (มหาวิทยาลัยทักษิณ)

4. กองบรรณาธิการ

4.1 รองศาสตราจารย์ ดร.การุณ ทองประจุแก้ว (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

4.2 รองศาสตราจารย์ ดร.ซุกรี หะยีสาแม (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)

4.3 รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ยวงสร้อย (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

4.4 รองศาสตราจารย์ ดร.สมัคร แก้วสุกแสง (มหาวิทยาลัยทักษิณ)

4.5 รองศาสตราจารย์ ดร.สรรพสิทธิ์ กล่อมเกล้า (มหาวิทยาลัยทักษิณ)

4.6 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชัย หาระโคตร (มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์)

4.7 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

4.8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาภาพงศ์ ชั่งจันทร์ (สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน)

4.9 อาจารย์สัตวแพทย์หญิงสุภาพร สมรูป (มหาวิทยาลัยทักษิณ)

5. กองจัดการ

5.1 หัวหน้าสำนักงานสถาบันวิจัยและนวัตกรรม (มหาวิทยาลัยทักษิณ)

5.2 นางสาวกัญญณัชช์ เลียดรักษ์ (มหาวิทยาลัยทักษิณ)

5.3 นายจรัญ ปัจฉิมเพ็ชร (มหาวิทยาลัยทักษิณ)

บทบรรณาธิการ

วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร (Journal of Technology and Agricultural Innovation) ฉบับนี้เป็นวารสารปีที่ 2 ฉบับที่ 1 ซึ่งเป็นวารสารที่รวบรวมและเผยแพร่ตีพิมพ์บทความวิชาการ บทความวิจัยที่ผ่านการกลั่นกรองจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางด้านเกษตร ของนักวิชาการ นักวิจัยในมหาวิทยาลัยและหน่วยงานต่างๆ ทั้งภายในและภายนอก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) รวบรวมและเผยแพร่องค์ความรู้ 2) เป็นสื่อในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และ 3) ส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินการวิจัย หรือประชาสัมพันธ์ข่าวสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางด้านเกษตร

วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร เป็นวารสารที่รวบรวมและเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางด้านเกษตรต่างๆ มีกำหนดการตีพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 (มกราคม-มิถุนายน) ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม) ของทุกปี

สำหรับเนื้อหาในวารสารฉบับนี้ มีบทความที่เผยแพร่ตีพิมพ์จำนวน 6 บทความ ที่เกี่ยวข้องกับผลของประสิทธิภาพของพรรณไม้น้ำสวยงามต่อการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มกบ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า *Thalassia hemprichii* ผลของตำแหน่งทรงพุ่มต่อการติดผลและคุณภาพผลผลิตส้มโอพันธุ์มณีอีสาน การควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* โดยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต การใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ร่วมกับชีวมวลในการผลิตกระเจี๊ยบเขียวตาม GAP ในดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งล้วนเป็นบทความที่มีองค์ความรู้ที่น่าสนใจในบริบทที่หลากหลายกัน

ท้ายสุดนี้ ในนามของบรรณาธิการและตัวแทนกองบรรณาธิการวารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร ใคร่ขอขอบพระคุณผู้ส่งบทความ และเจ้าของบทความที่เป็นส่วนหนึ่งในการสร้างและพัฒนาวารสารฯ และขอเรียนเชิญผู้สนใจส่งบทความเพื่อเผยแพร่ในวารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยทักษิณในฉบับถัดไป

บรรณาธิการวาสาร

สารบัญ

บทความวิจัย

ประสิทธิภาพของพรรณไม้น้ำสวยงามต่อการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มกบ 1
Efficiency of Various Ornamental Aquatic Plants for Frog Farming Effluent Treatment
อานุช คีรีรัฐนิคม, สุภฎา คีรีรัฐนิคม และแสงมณี หวานเสนาะ
Anut Kiritatnikom, Suphada Kiritatnikom and Saengmanee Wansanoh

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*) (Ehrenberg) Ascheron 10
Tissue culture of *Thalassia hemprichii* (Ehrenberg) Ascheron
สุรินทร บุญรอด, สมภพ ยี่สุ่น, และสุภาวดี กลับใหม่
Surinthon Bonrod, Sompop Yeesun and Supawadee Klabmai

ผลของตำแหน่งทรงพุ่มต่อการติดผลและคุณภาพผลผลิตส้มโอพันธุ์มณีอีสาน 18
Effect of canopy position on fruit set and fruit quality of Citrus grandis (L.) Osbeck cv. Manee-Esan
สมยศ มีทา สุภัทร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา ศุภัชญา นามพิลา และสังคม เตชะวงค์เสถียร
Somyot Meetha, Supat Issarangkool Na Ayutthaya Supatchaya nampila and Sungcom Techawongstein

การควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม Meloidogyne incognita โดยสปอร์แขวนลอย 25
ของเชื้อรา *Trichoderma* spp.
Biological Control of root-knot Nematode Meloidogyne incognita by Spore suspension of Trichoderma spp.
วิไลวรรณ สารพงษ์, อมรศรี ขุนอินทร์, สิรินภา ช่วงโอภาส และ วรรณวิไล อินทนู
Wilaiwan Saraphong, Amonsri Khun–In, Sirinapa Chungopast, Wanwilai In-tanoo

ผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต 35
Influence of Dietary Fiber Supplement From Mango Peel on The Characteristics of Yogurt
ครองจิต วรรณวงศ์ และ ธัญนันท์ ฤทธิ์มณี
Krongjit Wannawong and Thanyanun Rithmanee

การใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ร่วมกับชีวมวลในการผลิตกระเจี๊ยบเขียวตาม GAP 45
ในดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดสุพรรณบุรี
Use of Bio-products and Biomass on Okra Production in Good Agricultural Practices on Clay - Clay Loam Soils, Suphanburi Province
ทิพวรรณ แก้วหนู ศุภกาญจน์ ล้วนมณี วนิดา โนบรรเทา พีรพงษ์ เชาวนพงษ์ สุปรานี มั่นหมาย
นิศารัตน์ ทวีนุต ศรีสุดา รื่นเจริญ และ ปฏิมาภรณ์ จินจาคาม

ประสิทธิภาพของพรรณไม้น้ำสวยงามต่อการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มกบ

Efficiency of Various Ornamental Aquatic Plants for Frog Farming Effluent Treatment

อานุช คีรีรัฐนิคม[1]*, สุภฎา คีรีรัฐนิคม[1] และแสงมณี หวานเสนาะ[2]

Anut Kiritatnikom[1]*, Suphada Kiritatnikom[1] and Saengmanee Wansanoh[2]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[2] บริษัท ทีเอ็นพี เอ็นไวรอนเม้นท์ จำกัด นนทบุรี 11110

[1] Department of Biological Science and Environment, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthaung, Thailand 93210

[2] TNP Environment co.,LTD, Nonthaburi Thailand 11110

* Corresponding author; e-mail address: anut59@hotmail.com

Received: October 20, 2022;

Revised: July 28, 2023;

Accepted: February 14, 2024

DOI: https://doi.org/10.55164/jtai.v2i1.176

บทคัดย่อ

ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงกบด้วยพรรณไม้น้ำสวยงาม ได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก สาหร่าย คาบอมบา สันตะวาใบข้าว และสาหร่ายดาวกระจาย เป็นเวลา 15 วัน ซึ่งนอกจากเป็นการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงสัตว์น้ำแล้วยังเกิดการใช้ประโยชน์น้ำเสียเพื่อเพาะปลูกพรรณไม้น้ำที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ น้ำเสียเริ่มต้นมีปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต 23.06, 0.01, 11.76 และ 1.05 mg/L ตามลำดับ พบว่า สาหร่ายคาบอมบา ลดปริมาณแอมโมเนีย และไนเตรทได้ 100.00±0.00% และ 54.79±13.57% ในเวลา 6 วัน ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ($p<0.05$) ขณะที่สันตะวาใบข้าวลดปริมาณไนไตรท์ได้มากที่สุดในเวลา 6 วัน (26.95±5.01%) สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายคาบอมบา และสาหร่ายดาวกระจายมีประสิทธิภาพในการลดออร์โธฟอสเฟตในเวลา 9 วัน โดยมีค่า 66.12±10.33%, 53.51±4.77% และ 42.05±6.16% ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 15 วัน พบว่า สันตะวาใบข้าวไม่สามารถเจริญได้ โดยที่มวลชีวภาพของสาหร่ายคาบอมบา และสาหร่ายดาวกระจายลดลงกว่ามวลชีวภาพเริ่มต้น แต่สาหร่ายหางกระรอกมีมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น การทดลองสรุปว่าสาหร่ายคาบอมบามีศักยภาพเป็นพรรณไม้น้ำสวยงามสำหรับบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกบได้ในระยะเวลา 6-9 วัน แต่ในระยะเวลาที่นานกว่านี้ทำให้พืชมีการเจริญลดลง

คำสำคัญ : การบำบัดน้ำทิ้ง, น้ำทิ้งจากฟาร์มกบ, พรรณไม้น้ำสวยงาม

Abstract

Studied on wastes removal from frog-farm wastewater by using various ornamental aquatic plants i.e. Hydrilla (Hydrilla verticillata), Green Cabomba (Cabomba caroliniana), Blyxa (Blyxa echinosperma) and Wisteria (Hygrophila difformis) for 15 days, a part of aquatic animal waste water treatment, the aim of study was also focus on the utilize waste water for the cultivation of economically ornamental aquatic plants. Initial concentration of ammonia, nitrite, nitrate and orthophosphate were 23.06, 0.01, 11.76 and 1.05 mg/L respectively. Ammonia and nitrate removal efficiency in Green Cabomba were 100.00±0.00%and 54.79±13.57% within 6 days and showed a higher removal efficiency than other treatments ($p<0.05$). Whereas, the highest nitrite removal efficiency (26.95±5.01%) was found in Blyxa on day-6. Orthophosphate removal efficiency of Hydrilla, Green Cabomba and Wisteria on day-9 were 66.12±10.33 %, 53.51±4.77 % and 42.05±6.16 % respectively. At the end of the experiment, Blyxa cannot survive within 15 days of the experimental period, the final biomass of Green Cabomba and Wisteria lower than the initial value, but Hydrilla increased biomass during all experimental period. In conclusion, Green Cabomba had a high potential for application as plant phytoremediation in frog farm effluent treatment systems. But, reductions of plant growth are observed over a longer period of the experiment.

Keywords: Wastewater treatment, Frog-farm effluent, Ornamental aquatic plants

คำนำ

กบเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีปริมาณการผลิตในอุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากผลผลิตจากธรรมชาติลดน้อยลงและความต้องการของตลาดเพิ่มสูงขึ้น (เหล็กไหล จันทะบุตร และคณะ, 2564) การเลี้ยงกบในภาคใต้เป็นระบบการเลี้ยงแบบพัฒนาในบ่อคอนกรีต เลี้ยงกบด้วยความหนาแน่นสูง ใช้อาหารเม็ดสำเร็จรูป โดยมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำหมดทั้งบ่อวันละ 2 ครั้ง โดยมุ่งเลี้ยงกบเนื้อที่มีขนาดใหญ่สำหรับส่งออกไปยังประเทศมาเลเซีย ระบบการเลี้ยงดังกล่าวก่อให้เกิดของเสียสะสมในน้ำที่ระบายทิ้งในปริมาณมาก ซึ่งเกิดขึ้นจากการย่อยสลายอาหารที่กบได้รับ ทั้งของเสียไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยสารประกอบไนโตรเจนที่พบในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจะพบมากรูปแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท โดยเฉพาะปริมาณแอมโมเนียในน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกบซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานและจำเป็นต้องกำจัดก่อนปล่อยออกจากฟาร์ม (สุรเสน ศรีริกานนท์, 2552; สุภาวดี โกยดุลย์, 2557)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบพืชบำบัดเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติซึ่งกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว แต่ต้องการลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสก่อนระบายออกสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2561) ทั้งนี้ได้มีผลการศึกษาว่าพืชหลายชนิดสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดี เช่น แหนเป็ดมีประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนีย ไนเตรท และฟอสเฟตรวมในน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาตะเพียนทอง ได้มากถึง 50-70% (มณีรัตน์ หวังวิบูลย์ และคณะ, 2553) สาหร่ายหางกระรอกสามารถกำจัดฟอสเฟตจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ได้ถึง 86 % (กิตติมา วานิชกูล และคณะ, 2558) นอกจากนี้ยังพบว่าหญ้าแฝก และกกรังกามีประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียจากการเลี้ยงปลาดุก 67 % ผักตบชวามีประสิทธิภาพในการบำบัดฟอสฟอรัส 90 % (Raharjo et al., 2018) กกรังกาบำบัดแอมโมเนียจากน้ำที่เลี้ยงปลาดุกได้ 89 % (วิภาดา วงค์เรือนแก้ว และโสมนัส สมประเสริฐ, 2559) และพบว่าบ่อเลี้ยงปลานิลที่มีผักตบชวาจะมีค่าไนโตรเจนรวมและออร์โธฟอสฟอรัสต่ำกว่าบ่อที่ไม่มีพืช (Osti et al, 2020)

ปัจจุบันมีการพัฒนาและขยายการปลูกและขยายพันธุ์พรรณไม้น้ำสวยงามสำหรับใช้ในการเลี้ยงปลาสวยงามมากขึ้นในอุตสาหกรรมสินค้าส่งออกของไทย พรรณไม้น้ำสวยงามส่วนใหญ่ คือพืชชั้นสูงที่เติบโตในน้ำ ซึ่งพบว่าสามารถดูดซับธาตุอาหารจากน้ำได้ดี เช่นเดียวกับพืชอื่นๆ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้เป็นพืชบำบัดน้ำเสียในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำซึ่งจะช่วยให้สามารถลดปริมาณของเสียในน้ำ และยังเป็นการผลิตพันธุ์ไม้น้ำสวยงามในเชิงอุตสาหกรรมได้ด้วย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะทดสอบประสิทธิภาพของสาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายคาบอมบา สันตะวาใบข้าว และสาหร่ายดาวกระจายในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มกบ

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกบจากฟาร์มกบเอกชนในตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ซึ่งเลี้ยงกบลูกผสมอายุประมาณ 90 วัน ในบ่อคอนกรีตขนาด 20 ตารางเมตร ความหนาแน่นประมาณ 100-150 ตัวต่อตารางเมตร โดยใช้อาหารสำเร็จรูปสำหรับเลี้ยงกบที่มีโปรตีน 38% ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งบริเวณจุดปลายท่อระบายน้ำทิ้งของบ่อเลี้ยงก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ มาทำการเจือจางจนมีความเข้มข้น 40% ด้วยน้ำประปาที่พักจนปราศจากคลอรีนแล้ว ในอัตราส่วนน้ำประปา 60 ลิตร ต่อน้ำทิ้งจากฟาร์มกบ 40 ลิตร โดยใช้น้ำทิ้งที่เจือจางแล้วในการทดลองจำนวน 10 ลิตรต่อหน่วยทดลอง

การออกแบบระบบบำบัด

การออกแบบระบบการทดลอง ใช้ถังพลาสติกโปร่งแสงที่มีขนาดปริมาตร 10 ลิตร (ภาชนะทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 เซนติเมตร ความลึกน้ำ 11 เซนติเมตร) จำนวน 15 ใบ โดยแต่ละถังปลูกพรรณไม้น้ำสวยงามแต่ละชนิด ได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) สาหร่ายคาบอมบา (*Cabomba caroliniana*) สันตะวาใบข้าว (*Blyxa echinosperma*) และสาหร่ายดาวกระจาย (*Hygrophila difformis*) โดยพรรณไม้แต่ละกอปลูกในกระถางพลาสติกโดยมีน้ำหนักสดกอละ 50 กรัม เพื่อให้มีความหนาแน่นของพรรณไม้น้ำสวยงามในการทดลอง 450-900 กรัมน้ำหนักสดต่อตารางเมตร

(Nakphet et al., 2017; Handajani et al., 2021) ปลูกพืชโดยใช้กระถางพลาสติกและกรวดหยาบเป็นวัสดุปลูก จัดเตรียมพืชให้ปรับตัวกับระบบการทดลองโดยแช่พืชในน้ำประปาที่พักจนปราศจากคลอรีนแล้วเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนการทดลอง ส่วนชุดควบคุมเป็นถังพลาสติกมีเฉพาะกระถางพลาสติกและกรวดหยาบ เริ่มการทดลองโดยเติมน้ำเสียจากฟาร์มกบที่เจือจางแล้วปริมาตร 10 ลิตรในถังแต่ละใบ วางถังในบริเวณที่มีแสงส่องตลอดวัน

การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์ข้อมูล

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งเริ่มต้นทดลอง และเก็บน้ำทิ้งทุกๆ 3 วันโดยใช้ขวดพลาสติกขนาด 200 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร 1 ตัวอย่างต่อ 1 ถังทดลอง โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากผิวน้ำเพื่อไม่ให้มีตะกอนปนมา นำตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์แอมโมเนีย โดยใช้วิธี Phenol-hypochlorite ไนไตรท์ โดยใช้วิธี Diazotization (กรมประมง, 2562) ไนเตรทโดยใช้วิธี Diphenol sulfonic acid (Kuchnicki and Webster, 1986) และออร์โธฟอสเฟตในน้ำ โดย Ascorbic acid method (อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, 2545) ในกรณีที่ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทันทีจะนำน้ำตัวอย่างไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -14 องศาเซลเซียส

การหาประสิทธิภาพในการบำบัด

นำปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต จากการวิเคราะห์มาคำนวณประสิทธิภาพการบำบัดของเสียตามวิธีการของ Nakphet et al. (2017) ตามสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพการบำบัด (\%)} = \frac{(\text{ปริมาณของเสียในชุดควบคุม} - \text{ปริมาณของเสียในชุดทดลอง}) \times 100}{\text{ปริมาณของเสียในชุดควบคุม}}$$

การหามวลชีวภาพ

วัดมวลชีวภาพของพรรณไม้น้ำสวยงามจากแต่ละหน่วยทดลองตามวิธีการของ Nhan and Tuong (2020) โดยเก็บตัวอย่างพืชทั้งต้น ล้างด้วยน้ำประปาจนไม่มีตะกอนปนเปื้อน จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีน้ำหนักคงที่

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟต ของแต่ละชุดการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One Way Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละชุดด้วย Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม Statistics Data Editor (SPSS) Version 25 (Thaksin university Ref ID: TH-03-1118) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียจากน้ำทิ้งฟาร์มเลี้ยงกบ พบว่าสาหร่ายคาบอมบา สามารถลดปริมาณแอมโมเนียในน้ำได้สูง และมีประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียสูงสุดในเวลา 6 วันหลังการทดลอง (ตารางที่ 1, 2) โดยประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียของสาหร่ายคาบอมบาในการทดลองนี้มีค่ามากกว่าประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนียที่เคยมีรายงานในการทดลองใช้จอก แหนแดง และแหนเป็ดเป็นพืชบำบัดน้ำทิ้งในการเลี้ยงปลาตะเพียนทอง ที่พบว่าแหนเป็ดเป็นพรรณไม้น้ำลอยน้ำที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดแอมโมเนียได้ดีที่สุดโดยมีประสิทธิภาพ 51.56±13.39% (มณีรัตน์ หวังวิบูลย์ และคณะ, 2553) และมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้กกรังกาบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก (วิภาดา วงค์เรือนแก้ว และโสมนัส สมประเสริฐ, 2559) และการใช้ผักตบชวา แฝก และกกรังกาบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาดุก (Raharjo et al., 2018) ซึ่งสามารถกำจัดแอมโมเนียได้ 89.00 15.80 66.70 และ 67.0% ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าแอมโมเนียที่ลดลง อาจเกิดขึ้นจากพืชดูดซับแอมโมเนียจากน้ำทิ้งมาใช้ในการเจริญเติบโต (Nakphet et al., 2017) และเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประเภท ข จะพบว่าสาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายคาบอมบา และสาหร่ายดาวกระจาย สามารถลดแอมโมเนียให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนระบายทิ้งได้ โดยมีค่าไม่เกิน 1.1 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) อย่างไรก็ตามพบว่าแอมโมเนียในชุดควบคุมก็มีปริมาณลดลงเช่นกัน ซึ่งอาจเกิดจากการทำงานของแบคทีเรีย และจุลสาหร่ายที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งตามธรรมชาติ

ตารางที่ 1 ปริมาณแอมโมเนีย (mg/L) ของน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกบที่ใช้พรรณไม้น้ำสวยงามแต่ละชนิดบำบัดในระยะเวลา 15 วัน

ชุดการทดลอง	0 วัน	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
T1 ชุดควบคุม	23.06±0.63^{a}	9.95±0.41^{a}	1.43±0.66^{b}	0.02±0.02^{a}	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{a}
T2 สาหร่ายหางกระรอก	23.06±0.633^{a}	9.23±1.39^{a}	0.95±0.31^{b}	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{a}
T3 สาหร่ายคาบอมบา	23.06±0.63^{a}	9.72±0.67^{a}	0.00±0.00^{a}	0.02±0.02^{a}	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{a}
T4 สันตะวาใบข้าว	23.06±0.63^{a}	8.83±1.52^{a}	5.17±0.41^{c}	0.00±0.00^{a}	0.02±0.01^{b}	0.00±0.00^{a}
T5 สาหร่ายดาวกระจาย	23.06±0.63^{a}	9.37±0.90^{a}	0.13±0.05^{a}	0.13±0.23^{a}	0.01±0.01^{ab}	0.01±0.01^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดแอมโมเนีย (%) ของพรรณไม้น้ำสวยงามแต่ละชนิดในการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกบที่ระยะเวลา 6 และ 9 วันของการทดลอง

ชุดการทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัด 6 วัน	ประสิทธิภาพการบำบัด 9 วัน
T1 ชุดควบคุม	-0.13±46.65^{b}	-24.26±104.88^{a}
T2 สาหร่ายหางกระรอก	31.19±21.66^{b}	100.00±0.00^{a}
T3 สาหร่ายคาบอมบา	100.00±0.00^{c}	3.03±84.10^{a}
T4 สันตะวาใบข้าว	-261.00±29.06^{a}	100.00±0.00^{a}
T5 สาหร่ายดาวกระจาย	90.85±3.85^{c}	-548.42±1123.09^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
ค่าที่ติดลบแสดงว่าไม่สามารถบำบัดน้ำทิ้งได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

สำหรับการบำบัดไนไตรท์ พบว่าสันตะวาใบข้าวสามารถลดปริมาณไนไตรท์ได้มากที่สุดในเวลา 6 วัน ส่วนสาหร่ายคาบอมบามีประสิทธิภาพในการบำบัดไนไตรท์สูงสุด 41.32±9.82% ในระยะเวลา 9 วัน (ตารางที่ 3, 4) ทั้งนี้สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายคาบอมบา และสาหร่ายดาวกระจายมีประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรทไม่แตกต่างกัน และมีประสิทธิภาพสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ ในระยะเวลา 6 วัน (ตารางที่ 5, 6) ผลการทดลองนี้พบว่ามีประสิทธิภาพการบำบัดน้อยกว่าการใช้แหนเป็ดบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงปลาตะเพียนทองซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัด 70.04+6.70% (มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และคณะ, 2553) ทั้งนี้ในชุดควบคุมที่ไม่มีพืช พบว่าเมื่อค่าแอมโมเนียลดลง จะมีแนวโน้มค่าไนไตรท์และไนเตรทเพิ่มขึ้นเนื่องจากแบคทีเรียไนตริไฟอิง ออกซิไดซ์แอมโมเนียเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ และแบคทีเรียสกุล Nitrobactor จะย่อยไนไตรท์แล้วเปลี่ยนเป็นไนเตรท (สุภาวดี โกยดุลย์, 2549) แต่ในกรณีที่มีพืชร่วมในการบำบัดจะพบว่าทั้งแอมโมเนียไนไตรท์และไนเตรทมีแนวโน้มลดลงทั้งหมดเนื่องจากพืชดูดซึมมลสารดังกล่าวจากน้ำทิ้งมาใช้ในการเจริญเติบโต

ตารางที่ 3 ปริมาณไนไตรท์ (mg/L) ในน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกบที่ใช้พรรณไม้น้ำสวยงามแต่ละชนิดบำบัดในระยะเวลา 15 วัน

ชุดการทดลอง	0 วัน	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
T1 ชุดควบคุม	0.01±0.01^{a}	0.02±0.00^{b}	0.03±0.01^{a}	0.02±0.00^{ab}	0.01±0.00^{a}	0.01±0.0^{a}
T2 สาหร่ายหางกระรอก	0.01±0.01^{a}	0.02±0.01^{a}	0.470±0.21^{b}	0.02±0.01^{ab}	0.02±0.00^{ab}	0.04±0.01^{b}
T3 สาหร่ายคาบอมบา	0.01±0.01^{a}	0.02±0.00^{ab}	1.84±0.04^{d}	0.01±0.01^{a}	0.02±0.00^{ab}	0.04±0.00^{ab}
T4 สันตะวาใบข้าว	0.01±0.01^{a}	0.03±0.01^{c}	0.020±0.01^{a}	0.04±0.01^{c}	0.02±0.01^{b}	0.05±0.02^{b}
T5 สาหร่ายดาวกระจาย	0.01±0.01^{a}	0.01±0.01^{a}	1.36±0.09^{c}	0.03±0.01^{bc}	0.03±0.01^{b}	0.06±0.03^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดไนไตรท์ (%) ของพรรณไม้น้ำสวยงามแต่ละชนิดในการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกบที่ระยะเวลา 6 และ 9 วันของการทดลอง

ชุดการทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัด 6 วัน	ประสิทธิภาพการบำบัด 9 วัน
T1 ชุดควบคุม	12.95±23.92^{d}	8.60±22.02^{bc}
T2 สาหร่ายหางกระรอก	-1477.87±686.67^{c}	17.25±29.67^{bc}
T3 สาหร่ายคาบอมบา	-6027±142.77^{a}	41.32±9.82^{a}
T4 สันตะวาใบข้าว	26.95±5.01^{d}	-73.49±48.30^{a}
T5 สาหร่ายดาวกระจาย	-4434.98±284.50^{b}	-51.00±57.44^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ค่าที่ติดลบแสดงว่าไม่สามารถบำบัดน้ำทิ้งได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ตารางที่ 5 ปริมาณไนเตรท (mg/L) ในน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกบที่ใช้พรรณไม้น้ำสวยงามแต่ละชนิดบำบัดในระยะเวลา 15วัน

ชุดการทดลอง	0 วัน	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
T1 ชุดควบคุม	11.76±2.33^{a}	14.22±1.39^{b}	21.68±2.68^{b}	12.07±1.34^{ab}	6.73±3.62^{a}	8.21±0.66^{a}
T2 สาหร่ายหางกระรอก	11.76±2.33^{a}	12.73±2.06^{ab}	10.17±2.14^{a}	12.58±1.32^{b}	13.40±2.89^{bc}	26.53±9.54^{b}
T3 สาหร่ายคาบอมบา	11.76±2.33^{a}	10.14±2.39^{a}	9.80±2.94^{a}	8.81±1.98^{a}	10.20±0.96^{ab}	19.91±3.22^{bc}
T4 สันตะวาใบข้าว	11.76±2.33^{a}	15.90±1.08^{b}	20.94±3.63^{b}	16.89±1.80^{c}	16.84±3.57^{c}	38.78±9.82^{c}
T5 สาหร่ายดาวกระจาย	11.76±2.33^{a}	10.38±1.98^{a}	11.69±1.74^{a}	15.47±2.56^{bc}	17.66±2.34^{c}	23.28±4.87^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการบำบัดไนเตรท (%) ของพรรณไม้น้ำสวยงามแต่ละชนิดในการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกบที่ระยะเวลา 6 และ 9 วันของการทดลอง

ชุดการทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัด 6 วัน	ประสิทธิภาพการบำบัด 9 วัน
T1 ชุดควบคุม	0.01±12.16^{a}	-91.06±11.11^{bc}
T2 สาหร่ายหางกระรอก	53.11±9.87^{b}	-95.32±10.91^{b}
T3 สาหร่ายคาบอมบา	54.79±13.57^{b}	-64.08±16.37^{c}
T4 สันตะวาใบข้าว	3.42±16.73^{a}	-131.05±14.95^{a}
T5 สาหร่ายดาวกระจาย	46.09±8.01^{b}	-119.23±21.18^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
ค่าที่ติดลบแสดงว่าไม่สามารถบำบัดน้ำทิ้งได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดออร์โธฟอสเฟตจากน้ำทิ้งฟาร์มกบ พบว่าสาหร่ายหางกระรอกมีประสิทธิภาพในการลดออร์โธฟอสเฟตได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับพรรณไม้น้ำอื่นๆ ($p<0.05$) ในเวลา 6 วัน แต่ในระยะเวลา 9 วัน พบว่าสาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายคาบอมบา และสาหร่ายดาวกระจายมีประสิทธิภาพในการลดออโธฟอสเฟตได้ไม่แตกต่างกัน และมีประสิทธิภาพสูงกว่าชุดการทดลองอื่นๆ (ตารางที่ 7, 8) โดยมีค่า 66.12±10.33 %, 53.51±4.77% และ 42.05±6.16% ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประเภท ข จะพบว่าสาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายคาบอมบา และสาหร่ายดาวกระจาย สามารถลดปริมาณฟอสฟอรัสให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานก่อนระบายทิ้งได้ โดยมีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) ผลการทดลองนี้พบว่ามีประสิทธิภาพ

การบำบัดน้อยกว่าการใช้สาหร่ายหางกระรอกในการปรับปรุงคุณภาพน้ำจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่พบว่าสาหร่ายหางกระรอกกำจัดฟอสเฟตได้ดีที่สุด 86.00 % (กิตติมา วานิชกูล และคณะ, 2558) และมีประสิทธิภาพน้อยกว่าการใช้กกรังกา แฝก และผักตบชวา บำบัดนำเสียจากการเลี้ยงปลาดุกซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพ 71.2 75.4 และ 89.7% ตามลำดับ (Raharjo et al., 2018) ทั้งนี้ค่าออร์โธฟอสเฟตในน้ำทิ้งจากฟาร์มกบลดลงเนื่องจากพืชที่มีการดูดซับ เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพืชที่นำฟอสฟอรัสใช้ในการเสริมการเจริญเติบโตของรากแก้ว รากแขนง และรากฝอย ช่วยให้รากดูดซึมน้ำและแร่ธาตุๆ ได้ดีขึ้น

เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ระยะเวลา 15 วัน พบว่ามวลชีวภาพของพืชมีค่าสูงสุดในชุดการทดลองที่ใช้สาหร่ายหางกระรอก โดยมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.81±0.23 กรัม และในชุดการทดลองที่ใช้สาหร่ายคาบอมบา และสาหร่ายดาวกระจาย มีมวลชีวภาพลดลงโดยมีมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ -0.84±0.35 และ-1.27±0.55 กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ จริยาวดี สุริยพันธุ์ และคณะ (2563) รายงานว่าปริมาณธาตุอาหาร วัสดุยึดเกาะ และปริมาณสารอินทรีย์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อมวลชีวภาพของหญ้าทะเล การลดลงของมวลชีวภาพของสาหร่ายคาบอมบา และสาหร่ายดาวกระจาย อาจเกิดขึ้นได้จากทั้งปัจจัยของธาตุอาหารที่พืชได้รับที่มีปริมาณสูงเกินไป หรือมีสัดส่วนธาตุอาหารไม่เหมาะสม ตลอดจนวัสดุยึดเกาะที่ใช้ในการทดลองอาจจะไม่เหมาะต่อการเจริญของพืชดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบว่าสันตะวาใบข้าวตายลงหมดใน 3 วันแรกของการทดลอง (ตารางที่ 9) ซึ่งเป็นไปได้ว่าพืชดังกล่าวไม่สามารถดำรงชีวิตได้ในน้ำทิ้งที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูง

ตารางที่ 7 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (mg/L) ในน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกบที่ใช้พรรณไม้น้ำสวยงามแต่ละชนิดบำบัดในระยะเวลา 15 วัน

ชุดการทดลอง	0 วัน	3 วัน	6 วัน	9 วัน	12 วัน	15 วัน
T1 ควบคุม	1.05±0.020^{a}	1.11±0.037^{b}	0.71±0.113^{b}	0.37±0.056^{b}	0.24±0.082^{ab}	0.41±0.097^{b}
T2 สาหร่ายหางกระรอก	1.05±0.020^{a}	0.91±0.032^{a}	0.51±0.064^{a}	0.13±0.038^{a}	0.15±0.064^{a}	0.25±0.051^{a}
T3 สาหร่ายคาบอมบา	1.05±0.020^{a}	1.13±0.059^{bc}	0.69±0.019^{b}	0.17±0.018^{a}	0.33±0.069^{bc}	0.55±0.054^{b}
T4 สันตะวาใบข้าว	1.05±0.020^{a}	1.25±0.118^{c}	1.13±0.117^{c}	0.54±0.097^{c}	0.38±0.024^{c}	0.42±0.037^{b}
T5 สาหร่ายดาวกระจาย	1.05±0.020^{a}	1.07±0.053^{b}	0.58±0.072^{ab}	0.21±0.023^{a}	0.37±0.029^{c}	0.42±0.099^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดประเภท ข มีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2563)

ตารางที่ 8 ประสิทธิภาพการบำบัดออร์โธฟอสเฟต (%) ของพรรณไม้น้ำสวยงามแต่ละชนิดในการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกบที่ระยะเวลา 6 และ 9 วันของการทดลอง

ชุดการทดลอง	ประสิทธิภาพการบำบัดที่ระยะเวลา 6 วัน	ประสิทธิภาพการบำบัดที่ระยะเวลา 9 วัน
T1 ควบคุม	-0.58±15.87^{b}	0.51±15.13^{b}
T2 สาหร่ายหางกระรอก	27.83±9.03^{c}	66.12±10.33^{c}
T3 สาหร่ายคาบอมบา	3.35±2.74^{b}	53.51±4.77^{c}
T4 สันตะวาใบข้าว	-58.53±16.42^{a}	-47.07±26.18^{a}
T5 สาหร่ายดาวกระจาย	18.87±10.12^{bc}	42.05±6.16^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %
ค่าที่ติดลบแสดงว่าไม่สามารถบำบัดน้ำทิ้งได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ตารางที่ 9 มวลชีวภาพของพรรณไม้น้ำสวยงามแต่ละชนิดก่อนและหลังการทดลอง (g)

ชุดการทดลอง	มวลชีวภาพก่อนการทดลอง	มวลชีวภาพหลังการทดลอง	มวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้น
T1 ควบคุม	-	-	-
T2 สาหร่ายหางกระรอก	2.41	3.22 ± 0.23^{a}	0.81 ± 0.23^{a}
T3 สาหร่ายคาบอมบา	2.60	1.76 ± 0.35^{b}	-0.84 ± 0.35^{b}
T4 สันตะวาใบข้าว	3.35	-	-
T5 สาหร่ายดาวกระจาย	2.35	1.29 ± 0.55^{b}	-1.27 ± 0.55^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันกำกับไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %สรุป

จากการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มกบด้วยพรรณไม้น้ำสวยงาม 4 ชนิด ได้แก่ สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายคาบอมบา สันตะวาใบข้าว และสาหร่ายดาวกระจาย พบว่า สาหร่ายคาบอมบาสามารถใช้บำบัดแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ออร์โธฟอสเฟต ได้ดีที่สุด และมวลชีวภาพของพืชที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นในชุดการทดลองที่ใช้สาหร่ายหางกระรอก แสดงว่าพืชสามารถดูดกลืนธาตุอาหารในน้ำทิ้งฟาร์มกบมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ และในชุดการทดลองที่ใช้สาหร่ายคาบอมบา สาหร่ายดาวกระจายมีมวลชีวภาพรองลงมา ทั้งนี้สามารถนำสาหร่ายคาบอมบามาใช้เป็นพืชบำบัดในระบบบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกบได้ในระยะเวลา 6- 9 วัน

เอกสารอ้างอิง

กิตติมา วานิชกูล, สมิง จำปาศรี, จิราพร กุลคำ, พิรุณ จันทร์เทวี และยุพาวรรณ ประเสริฐโชค. (2558). ประสิทธิภาพของสาหร่ายหางกระรอกในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ. วารสารวิชาการวิจัย มทร. พระนคร. 9, 11-18.

กรมควบคุมมลพิษ. (2561, มกราคม). ระบบบำบัดน้ำเสีย. https://www.pcd.go.th/?s=waste+water

กรมควบคุมมลพิษ. (2563, มกราคม). มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด. https://www.pcd.go.th/laws/4500

กรมประมง. (2562). คู่มือการวิเคราะห์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและการตรวจรับรองมาตรฐานฟาร์ม. เชียงใหม่: หจก. วนิดาการพิมพ์.

จริยาวดี สุริยพันธุ์, อนุกูล บูรณประทีปรัตน์, วิชญา กันบัว, โสภาวดี เมืองฮาม และ ปราณี นนท์ชนะ. (2563). ปัจจัยของธาตุอาหารและซัลไฟด์ต่อมวลชีวภาพและการแพร่กระจายของหญ้าทะเลตามแนวชายฝั่ง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี. รายงานการวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

มณีรัตน์ หวังวิบูลย์, สมศรี งามวงศ์ชน และนงนุช เลาหะวิสุทธิ์. (2553). การบำบัดน้ำในการเลี้ยงปลาสวยงามโดยใช้พรรณไม้น้ำใต้น้ำ. วารสารการประมง. 63, 211-217.

วิภาดา วงค์เรือนแก้ว และโสมนัส สมประเสริฐ. (2559). ประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของระบบบึงประดิษฐ์แบบลอยน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงปลาดุก. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย. 30(3), 75-83.

เหล็กไหล จันทะบุตร, จุฑารัตน์ แก่นจันทร์, พุทธชาติ อิ่มใจ, บัณฑิตา สวัสดี, ชนวรรณ โทวรรณา, สำราญ พิมราช และ วุธเมธี วรเสริม. (2564). อัตราความหนาแน่นที่เหมาะสมในการเลี้ยงกบนาในกระชังในช่วงฤดูหนาว. วารสารเกษตรพระวรุณ. 18(1), 75-79.

สุรเสน ศรีริกานนท์. (2552). โรคกบนาจากฟาร์มเลี้ยงในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 1(3), 102-117.

สุภาวดี โกยดุลย์. (2549). เอกสารประกอบการสอน คุณภาพน้ำทางการประมง ภาคทฤษฎี. พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

สุภาวดี โกยดุลย์. (2557). การกำจัดไนโตรเจนในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำแบบไม่ทิ้งของเสียออกจากฟาร์ม. วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ. 2, 66-80.

อรทัย ชวาลภาฤทธิ์. (2545). คู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.

Handajani, H., Adhywirawan, G., Andriawan, S., Prasetyo, D. and Mavuso, B.R. (2021). Evaluation of efficiency of Echinodorus palaefolius (J.F. Macbr.) involved in the Clarias gariepinus (Burchell, 1822) culture for water quality recovery and fish growth support. Jordan Journal of Biological Sciences. 14(5), 959-964.

Kuchnicki, T.C. and Webter, G.R.B. (1986). A comparison of HPLC analysis of nitrate in soils with the phenoldisulfonic acid and hydrazine sulfate methods. Can. J. Soil Sci. 66, 151-157.

Nakphet, S., Ritchie,R.J. and Kiriratnikom, S. (2017). Aquatic plants for bioremediation in red hybrid tilapia recirculating aquaculture. Aquaculture International. 25, 619-633.

Nhan, N. T. T. and Tuong, L. Q. (2020). Potential of Echinodorus cordifolius and Vallisneria natans in constructed wetlands for the removal of water pollution from shrimp farm effluent. Materials Science and Engineering. 991, 012034.

Osti, J.A.A., Carmo, C.F., Cerqueira, M.A.S., Giamas, M.T.D., Peixoto, A.C., Vaz-dos-Santos, A.M. and Mercante, C.T.J. (2020). Nitrogen and phosphorus removal from fish farming effluents using artificial floating islands colonized by Eichhornia crassipes. Aquaculture Reports. 17, 100324.

Raharjo, S., Irmawati E.S.F. and Manaf, M. (2018). Constructed wetland with flow water surface type for elimination of aquaculture wastewater from catfish (Clarias gariepinus, Var). Ecological Engineering. 187, 012061.

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*) (Ehrenberg) Ascheron

Tissue culture of *Thalassia hemprichii* (Ehrenberg) Ascheron

สุรินทร บุญรอด [1*] สมภพ ยี่สุ่น [2] และสุภาวดี กลับใหม่ [3]

Surinthon Bonrod [1*], Sompop Yeesun [2] and Supawadee Klabmai [3]

[1] สถาบันทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง, จังหวัดตรัง, 92150

[2] สถาบันทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง, จังหวัดตรัง, 92150

[3] สถาบันทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง, จังหวัดตรัง, 92150

[1] Natural Resources and Environment Institute Rajamangala University of Technology Srivijaya Trang Campus, Trang Province, 92150

[2] Natural Resources and Environment Institute Rajamangala University of Technology Srivijaya Trang Campus, Trang Province, 92150

[3] Natural Resources and Environment Institute Rajamangala University of Technology Srivijaya Trang Campus, Trang Province, 92150

* Corresponding author : Email : Surinthon12529@hotmail.com, Tel : 088-7544490

Received: October 24, 2022;

Revised: October 12, 2023;

Accepted: July 18, 2024;

DOI: https://doi.org/10.55164/jtai.v2i1.183

บทคัดย่อ

การศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า *Thalassia hemprichii* (Ehrenberg) Ascheron โดยศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนใบ โคนใบและลำต้นใต้ดินของหญ้าทะเล จากการศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อด้วย Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w ในสิ่งทดลองที่ 1-4 เป็นการฟอกฆ่าเชื้อด้วย Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที และสิ่งทดลองที่ 5-7 เป็นการฟอกฆ่าเชื้อด้วย Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w ครั้งที่ 1 ที่ระดับความเข้มข้น 8, 10 และ 12 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที และครั้งที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้น 4, 5 และ 6 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 15 นาที พบว่า วิธีการฟอกฆ่าเชื้อเหมาะสมที่สุดคือวิธีที่ 3 คือการฟอกฆ่าเชื้อด้วย Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที มีการรอดชีวิตชิ้นส่วนใบ 8.00±0.41 เปอร์เซ็นต์ ชิ้นส่วนโคนใบ 7.00±0.44 เปอร์เซ็นต์ และชิ้นส่วนลำต้นใต้ดิน 6.33±0.50 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการพัฒนาของเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่าบนสูตรอาหารอาหารกึ่งแข็งสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) เติม BA (6-Benzyl aminopurine) ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA (Naphthalene acetic acid) ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าเปอร์เซ็นต์ การรอดชีวิตชิ้นส่วนของใบ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ของ BA ระดับความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร 0.23±0.40 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตชิ้นส่วนของโคนใบที่ความเข้มข้นต่างๆของ BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร 0.24±0.31 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตชิ้นส่วนของลำต้นใต้ดิน ที่ความเข้มข้นต่างๆของ BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร 0.26±0.33 เปอร์เซ็นต์ และมีการเจริญเป็นต้นใหม่จำนวน 1 ต้น

คำสำคัญ : หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*), การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, การฟอกฆ่าเชื้อ, สารควบคุม การเจริญเติบโต

Abstarct

Study on tissue culture of turtle sesame *Thalassia hemprichii* (Ehrenberg) Ascheron. By the study of bleaching and sterilizing from leaf parts, leaf base parts and stem fragments with survival, In formulas 1-4, Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w washing at level 20, cost-effective 5,10,15 and 20 minutes, and formula 5-7, Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w washing at level 1, at level Intensive 8, 10 and 12 percent, peer 10 minutes, and Level 2 at levels 4, 5 and 6, peer 15 minutes. found that bleaching and sterilization the most suitable method was method 3, which was sterilized with 20 percent Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w for 15 min. Survival was from leaf parts 8.00±0.41 percent, leaf base parts with 7.00±0.44 percent and survival and stem fragments with survival 6.33±0.50 percent It was found that bleaching with Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w at 20 percent concentration for 15 minutes was the most effective method. is having the lowest microbial contamination and from the study of growth regulators that are suitable for tissue development of turtle leaches *(Thalassia hemprichii)* at various concentrations of BA (6-Benzyl aminopurine) at concentrations of 0, 0.5, 1.0, 2.0 and 3.0 mg/l and NAA (Naphthalene acetic acid) concentration levels 0 0.5 1.0 2.0 and 3.0 mg/l Within 2 months, the percentage of leaf fragment survival At various concentrations of BA at a concentration of 2.0 mg/l and NAA at a concentration of 2.0 mg/l, 0.23±0.40 percent percent survival of leaf base parts. at various concentrations of BA at a concentration of 2.0 mg/l. and NAA at concentrations of 2.0 mg/l, 0.24±0.31percent and percentage survival of underground stem fragments. at various concentrations of BA at a concentration of 2.0 mg/l and NAA at a concentration of 2.0 mg/l at 0.26±0.33 percent and a growth of 1 new plant.

Keyword : *Thalassia hemprichii* (Ehrenberg) Ascheron, Tissue Culture,Sterilization, Growth regulator

บทนำ

ประเทศไทยมีการแพร่กระจายของหญ้าทะเลตลอดแนวชายฝั่ง เนื่องจากหญ้าทะเลสามารถเติบโตได้ดีในบริเวณชายฝั่งน้ำตื้น เช่น แหล่งน้ำกร่อยบริเวณปากแม่น้ำ ชายฝั่งน้ำตื้นที่มีพื้นทรายหรือทรายปนโคลน หรือขึ้นปะปนกับแนวปะการัง โดยพื้นที่การแพร่กระจายของหญ้าทะเลสามารถเคลื่อนย้ายไปมาได้ตลอด เนื่องจากหญ้าทะเลสามารถแพร่พันธุ์ได้ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ ดังนั้นพื้นที่ที่เคยรายงานการพบหญ้าทะเล จึงถือเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพที่หญ้าทะเลสามารถเจริญเติบโตได้ หญ้าทะเลพบตามชายฝั่งทะเลในพื้นที่ 19 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตราด เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี นราธิวาส ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล ไม่พบหญ้าทะเลในบริเวณพื้นที่อ่าวไทย เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เอื้อต่อการเจริญเติบโต แหล่งหญ้าทะเลผืนใหญ่ที่สุดในประเทศไทย คือ บริเวณเกาะลิบง จังหวัดตรัง และมีแหล่งหญ้าทะเลที่สำคัญในฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันหลายพื้นที่ เช่น อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร อ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี เกาะลิบง จังหวัดตรัง เกาะศรีบอยา-เกาะปู จังหวัดกระบี่ เกาะพระทองและพื้นที่ใกล้เคียง จังหวัดพังงา และบ้านป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต ในพ.ศ. 2561 พบว่ามีพื้นที่แหล่งหญ้าทะเล รวมทั้งหมด 98,912 ไร่ ลดลงจาก พ.ศ. 2560 ที่มีอยู่รวม 100,236 ไร่ และพบแหล่งหญ้าทะเลในพื้นที่ใหม่บริเวณเกาะช้าง จังหวัดระนอง และเกาะรังใหญ่ จังหวัดภูเก็ต (กองการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ, 2566)

หญ้าทะเลถือเป็นทรัพยากรที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญมาก ในปัจจุบันแหล่งหญ้าทะเลเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหารอันอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ทะเลและสัตว์น้ำเศรษฐกิจ อันได้แก่ กุ้ง หอย ปู และปลา หญ้าทะเลยังเป็นอาหารสำคัญของพะยูนและเต่าทะเล เป็นแหล่งวางไข่ แหล่งอนุบาลตัวอ่อน และที่อยู่อาศัยของปลา กุ้งหมึก ปูม้า หอยชนิดต่างๆ ไส้เดือนทะเล ตลอดจนสัตว์เล็กๆ นานาชนิด และเป็นแหล่งอาหาร แหล่งทำมาหากินที่สำคัญของชุมชนชายฝั่งทะเล แหล่งหญ้าทะเลเป็นระบบนิเวศแรกที่รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงต่างๆ บนแผ่นดิน ทั้งที่เกิดจากมนุษย์และเกิดตามธรรมชาติ ชุมชนส่วนใหญ่จะตั้งบ้านเรือนอยู่ใกล้ชายฝั่งทะเล การพัฒนาด้านเกษตรกรรมต่างๆ ทั้งเพาะปลูก และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น กุ้งทะเล ล้วนมีผลกระทบต่อพื้นที่หญ้าทะเลทั้งสิ้น แหล่งหญ้าทะเลและป่าชายเลนจึงเสมือนเป็นประตูกั้นระหว่างกิจกรรมต่างๆ บนฝั่งกับทะเล ซึ่งรวมถึงแนวปะการังด้วย (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552) จึงทำให้ต้องมีการขยายพันธุ์ให้มากขึ้นโดยการเพาะขยายพันธุ์แบบการเพาะเมล็ด อีกทั้งยังมีวิธีในการเพิ่มปริมาณให้มากยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชภายใต้สภาพปลอดเชื้อ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เป็นวิธีการขยายพันธุ์พืชวิธีหนึ่ง ด้วยการนำชิ้นส่วนของพืชที่ยังมีชีวิต เช่น ลำต้น ยอด ตาข้าง ก้านช่อดอก ใบ ก้านใบ อับละอองเกสร เป็นต้น มาเพาะเลี้ยงบนอาหารสังเคราะห์ และชิ้นส่วนนั้นสามารถเจริญและพัฒนาเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ มีทั้งส่วนใบ ลำต้น และรากที่สามารถนำออกปลูกในสภาพธรรมชาติได้ สามารถผลิตต้นพันธุ์พืชปริมาณมากในระยะเวลาอันรวดเร็ว ต้นพืชที่ผลิตได้จะปลอดโรค ต้นพืชที่ผลิตได้จะมีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ คือ มีลักษณะตรงตามพันธุ์ ด้วยการใช้เทคนิคของการเลี้ยงชิ้นส่วนตายอด เพื่อพัฒนาเป็นพืชต้นใหม่โดยตรง ต้นพืชที่ผลิตได้จะมีขนาดสม่ำเสมอ และมีอัตราการเพิ่มปริมาณที่มากขึ้น จึงได้มีการศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า โดยศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพื่อนำชิ้นส่วนใบ โคนใบและลำต้นใต้ดิน มาศึกษาเทคนิคในการฟอกฆ่าเชื้อที่มีความเหมาะสมต่อชิ้นเนื้อเยื่อหญ้าทะเล และศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาเนื้อเยื่อหญ้าทะเล ทั้งนี้การวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาเชิงรุกที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเพิ่มจำนวนหญ้าทะเลให้มีปริมาณมาก เพิ่มศักยภาพในการใช้ประโยชน์และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเพิ่มปริมาณหญ้าทะเลที่พะยูนมีความต้องการมากที่สุด ได้แก่ หญ้าอำพันหรือหญ้าใบมะกรูดกุยช่ายทะเล หญ้าชะเงาใบมนและใบฟันเลื่อย ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาศักยภาพต่อไปในอนาคต (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเลและป่าชายเลน, 2562)

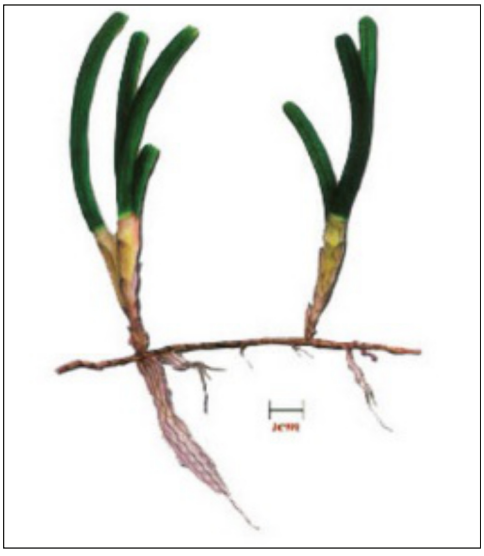
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงชิ้นส่วนใบ โคนใบ และลำต้นใต้ดินของ หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*)
2. เพื่อศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาของเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*)

ระเบียบวิธีวิจัย

1. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง สารเคมีที่ใช้เป็นองค์ประกอบสูตรอาหาร MS (Murashige and Skoog, 1962)
   1.1 สารอินทรีย์
      1.1.1 ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์
      1.1.2 ธาตุอาหารรอง ได้แก่ เหล็ก คลอรีน แมงกานิส ทองแดง สังกะสีโบรอนและโบลิดินัม เป็นต้น
   1.2 สารอินทรีย์ ได้แก่ แหล่งคาร์บอน น้ำตาล กรดอะมิโน ผงถ่าน วิตามินบี 1 และวิตามินบี 6 เป็นต้น
   1.3 สารเคมีที่ใช้ในการฟอกฆ่าเชื้อและทำความสะอาด ได้แก่ แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ทวีน 20
   1.4 ผงวุ้น น้ำตาลซูโครส ซอร์บิทอล แมนนิทอล และโพลีเอทธิลีนไกลคอล
   1.5 สารควบคุมการเจริญเติบโต ประกอบด้วย NAA และ BA
   1.6 น้ำยาฟอกขาวไฮเตอร์ประกอบด้วย Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6 % w/w
2. อุปกรณ์การทดลอง
   2.1 เครื่องแก้ว ประกอบด้วย ขวดแก้ว กระบอกตวง ปิเปต บิกเกอร์ จานเพาะเลี้ยง ขวดปรับปริมาตร ขวดเพาะเลี้ยง และขวดรูปชมพู่
   2.2 อุปกรณ์ในการเตรียมอาหาร ประกอบด้วย เครื่องชั่งทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง เครื่องวัด pH เครื่องคนสารละลาย แท่งแม่เหล็ก ตู้อบแห้ง ตู้อบฆ่าเชื้อ หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ตู้อบ ไมโครเวฟ และตู้เย็น
   2.3 อุปกรณ์ในการเตรียมวัสดุพืช ประกอบด้วย กรรไกร ถุงพลาสติกใส
   2.4 อุปกรณ์ในการย้ายเลี้ยง ประกอบด้วย ตู้ย้ายเลี้ยง ถังแก๊ส แอลกอฮอล์ ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ผ้าเช็ดตู้ ปากคีบ มีดผ่าตัดพร้อมใบมีด
   2.5 กล้องถ่ายรูปดิจิตอล
3. วิธีการทดลอง
   3.1 วิธีการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างและรวบรวมหญ้าชะเงาเต่า (Thalassia hemprichii) จากบริเวณหาดมดตะนอยตำบลเกาะลิบง อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ขณะน้ำลงโดยนำต้นหญ้าชะเงาเต่า นำมาล้างทำความสะอาดให้ปราศจากทรายและดินตะกอน แล้วนำมาห่อกระดาษบรรจุในถุงซิป และแช่เย็นเพื่อรักษาสภาพตัวอย่างก่อนนำมาใช้ในการศึกษา เตรียมตัวอย่างฟอกฆ่าเชื้อที่ผิว โดยนำชิ้นส่วนใบ โคนใบและลำต้นใต้ดินของหญ้าชะเงาเต่า ไปล้างผ่านน้ำประปา เป็นเวลา 1 นาทีใช้พู่กันปัดทำความสะอาด แล้วแช่ในเอธิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วินาที ล้างด้วยน้ำทะเลฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง น้ำทะเลฆ่าเชื้อที่ใช้ตลอดการทดลองมีความเค็ม 28 psu



รูปภาพที่ 1. หญ้าชะเงาเต่า *Thalassia hemprichii*
ที่มา : กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2565)

3.2 ศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนเนื้อเยื่อของหญ้าทะเลที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า (Thalassia hemprichii)

การเตรียมสารฟอกฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้น และระยะเวลาต่างๆ ด้วยสารฟอกฆ่าเชื้อ Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6 % w/w โดยใช้น้ำทะเลความเค็ม 28 psu ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วแทนน้ำกลั่น สำหรับชิ้นส่วนใบ โคนใบ และลำต้นใต้ดิน วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) มีทั้งหมด 7 สิ่งทดลองๆ ละ 10 ซ้ำ โดยในสิ่งทดลองที่ 1-4 เป็นการฟอกฆ่าเชื้อด้วย ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5,10,15 และ 20 นาที เพียงครั้งเดียว สิ่งทดลองที่ 5 เป็นการฟอกฆ่าเชื้อด้วย Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w ครั้งที่ 1 ความเข้มข้น 8 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที และครั้งที่ 2 ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที สิ่งทดลองที่ 6 ฟอกฆ่าเชื้อด้วยความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที และครั้งที่ 2 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที และสิ่งทดลองที่ 7 ฟอกฆ่าเชื้อด้วยความเข้มข้น 12 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที และครั้งที่ 2 ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นย้ายชิ้นเนื้อเยื่อในตู้ปลอดเชื้อ ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีต่างๆ ตัดแต่งชิ้นส่วนใบ โคนใบ และลำต้นใต้ดิน ย้ายลงอาหารกึ่งแข็งสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้แสงสว่างด้วยหลอดไฟเรืองแสงสีขาวความเข้มแสงประมาณ 40 µmol Photons m-2s-1 เป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน บันทึกผลการทดลองอัตราการรอดชีวิตและนับจำนวนชิ้นส่วนที่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ และการเจริญเป็นต้นใหม่ พร้อมบันทึกภาพ

3.3 ศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า (Thalassia hemprichii)

นำชิ้นส่วนหญ้าชะเงาเต่า (Thalassia hemprichii) ในสภาพปลอดเชื้อมาตัดแต่งชิ้นส่วนให้มีขนาด 1.5 เซนติเมตร เลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ที่เติม BA ระดับความเข้มข้น 0 0.5 1.0 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ระดับความเข้มข้น 0 0.5 1.0 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เลี้ยงในสภาพอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และให้แสงวันละ 16 ชั่วโมงต่อวัน ภายในระยะเวลา 2 เดือน เปลี่ยนถ่ายอาหารให้ต้นอ่อนทุกเดือนบันทึกอัตราการรอดและความสูงลักษณะการพัฒนาของชิ้นเนื้อเยื่อ

สรุปผล (Results)

1. ศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนเนื้อเยื่อของหญ้าทะเลที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า (Thalassia hemprichii)

จากการศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนใบของหญ้าชะเงาเต่า *(Thalassia hemphichii)* จำนวน 7 วิธี พบว่าชิ้นส่วนใบของหญ้าชะเงาเต่า สิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุดคือสิ่งทดลองที่ 3 คือฟอกฆ่าเชื้อด้วยSodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที มีการรอดชีวิต 8.00±0.41 เปอร์เซ็นต์สำหรับชิ้นส่วนใบ ชิ้นส่วนโคนใบของหญ้าชะเงาเต่า *(Thalassia hemphichii)* พบว่าสิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุดคือสิ่งทดลองที่ 3 ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที มีการรอดชีวิต 7.00±0.44 เปอร์เซ็นต์ และชิ้นส่วนลำต้นใต้ดินของหญ้าชะเงาเต่า พบว่าสิ่งทดลองที่เหมาะสมที่สุดคือสิ่งทดลองที่ 3 ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที มีการรอดชีวิต 6.33±0.50 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 1 พบว่าการฟอกฆ่าเชื้อด้วย Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

ตารางที่ 1 จำนวนชิ้นส่วนที่รอดชีวิตจากการฟอกฆ่าเชื้อด้วย Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w ในระดับความเข้มข้นต่างๆ จากชิ้นส่วนของหญ้าชะเงาเต่า *(Thalassia hemphichii)* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS วางเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ชุดทดลอง	การรอดชีวิต (%)		
	ใบ	โคนใบ	ลำต้นใต้ดิน
1	1.33 ± 0.35e	2.00 ± 0.41d	1.33 ± 0.35e
2	2.67 ± 0.46d	3.67 ± 0.50c	3.67 ± 0.49c
3	8.00 ± 0.41a	7.00 ± 0.44a	6.33 ± 0.50a
4	5.67 ± 0.52b	5.00 ± 0.50b	5.67 ± 0.49b
5	3.67 ± 0.50c	3.33 ± 0.49c	3.67 ± 0.50c
6	3.33 ± 0.48c	2.67 ± 0.45d	2.33 ± 0.44d
7	1.67 ± 0.39e	2.00 ± 0.41d	2.33 ± 0.44d
F-test	*	*	*
C.V. (%)	11.81	2.21	3.21

หมายเหตุ : * แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ร่วมกันในทุกหน่วยทดลองเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT

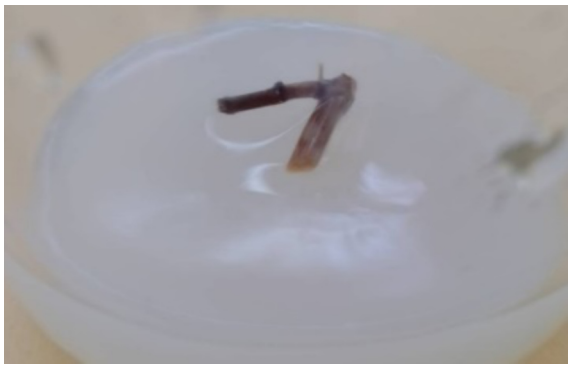
2. ศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า (Thalassia hemprichii)

การนำเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า (Thalassia hemprichii) ในสภาพปลอดเชื้อมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) เติม BA ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าจำนวนชิ้นส่วนที่รอดชีวิตชิ้นส่วนใบของหญ้าชะเงาเต่าที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่าที่เติม BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 0.23±0.40 เปอร์เซ็นต์ จำนวนชิ้นส่วนที่รอดชีวิตชิ้นส่วนโคนใบของหญ้าชะเงาเต่า ที่เติม BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 0.24±0.31 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนชิ้นส่วนที่รอดชีวิตชิ้นส่วนลำต้นใต้ดินของหญ้าชะเงาเต่า ที่เติม BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 0.26±0.33 เปอร์เซ็นต์ และมีการอัตราการเจริญเป็นต้นใหม่จำนวน 1 ต้น

ตารางที่ 2 จำนวนชิ้นส่วนที่รอดชีวิตสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีความเหมาะสมของหญ้าชะเงาเต่า *(Thalassia hemphichii)* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม BA ร่วมกับ NAA เป็นเวลา 2 เดือน

ความเข้มข้นและชนิดสารควบคุมการเจริญเติบโต		การรอดชีวิต (%)		
BA (mg/l)	NAA (mg/l)	ใบ	โคนใบ	ลำต้นใต้ดิน
0.5	0.5	0.18±0.38c	0.12±0.32b	0.11±0.34b
1.0	1.0	0.12±0.31c	0.16±0.41b	0.19±0.27b
2.0	2.0	0.23±0.40a	0.24±0.31a	0.26±0.33a
3.0	3.0	0.21±0.38b	0.18±0.32b	0.13±0.32b
F-test		*	*	*
C.V.(%)		82.31	93.81	46.05

หมายเหตุ : * แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ร่วมกันในทุกหน่วยทดลองเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเปรียบเทียบด้วยวิธี DMRT



รูปภาพที่ 2. การเจริญเติบโตเป็นพืชต้นใหม่จากชิ้นส่วนลำต้นใต้ดินของหญ้าชะเงาเต่า *(Thalassia hemphichii)* ที่เพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ NAA ความเข้มข้น 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 2 เดือน

การอภิปรายผล (Discussion)

การฟอกฆ่าเชื้อในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของชัชรี แก้วสุรลิขิต และจันทนา ไพรบูรณ์ (2555) ได้ศึกษาวิจัยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่าเพื่อการอนุรักษ์หญ้าทะเล พบว่า วิธีการที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขึ้นกับชนิดของเนื้อเยื่อที่นำมาใช้ในการศึกษา โดยเก็บส่วนข้อลำต้นใต้ดิน ปลายยอดลำต้นใต้ดินและเมล็ด จากธรรมชาติมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า วิธีการที่เหมาะสมในการฟอกฆ่าเชื้อส่วนข้อและปลายยอดของลำต้นใต้ดิน คือการใช้ยาปฏิชีวนะ Cefotaxin 1000 mg/l เป็นเวลา 120 นาที 70% เอทิลแอลกอฮอล์ เป็นเวลา 30 วินาที และตามด้วย 15 เปอร์เซ็นต์เป็นเวลา 15 นาที

สอดคล้องกับกฤติยา และคณะ(2557) มีการศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวของผลหญ้าชะเงาเต่า *(Thalassia hemphichii)* พบว่าการฟอกฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวชิ้นส่วนของผลหญ้าชะเงาเต่า *(Thalassia hemphichii)* ที่มีประสิทธิภาพ คือ การฟอกฆ่าเชื้อด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 วินาที และ Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที ตามลำดับโดยมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ 16 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า (Thalassia hemprichii) จากการศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อจากชิ้นส่วนใบ โคนใบและลำต้นใต้ดินของหญ้าชะเงาเต่า *(Thalassia hemphichii)* พบว่า การฟอกฆ่าเชื้อด้วย Sodium Hypochlorite as available Chlorine 6% w/w ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ต่ำที่สุด จากนั้นนำผลดังกล่าวมาศึกษาสารควบคุมการเจริญเติบโตที่มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า (Thalassia hemprichii) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ของ BA ระดับความเข้มข้น 0 0.5 1.0 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร และ NAA ระดับความเข้มข้น 0 0.5 1.0 2.0 และ 3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

References

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2552). *แนวทางการฟื้นฟูทรัพยากรแหล่งหญ้าทะเล*.http://www.mkh.in.th.

กองการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ. (2566, มกราคม). *ระบบแหล่งหญ้าทะเล*. https://chm-thai.onep.go.th/?page_id=427.

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2565). *คลังความรู้ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง หญ้าชะเงาเต่า* (Thalassia hemprichii). https://km.dmcr.go.th.

กฤติยา ธุระนนท์, จันทนา ไพรบูรณ์, ศุภพร เปรมปรีดิ์ และชัชรี แก้วสุรลิขิต. (2557). *การฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวของ หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*)*. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมงมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัชรี แก้วสุรลิขิต และจันทนา ไพรบูรณ์ . (2555). *การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าชะเงาเต่า เพื่อการอนุรักษ์แหล่งหญ้าทะเล.* กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเลและป่าชายเลน. (2562). *ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าทะเล.* https://km.dmcr.go.th/th/c_4/d_770.

Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tabacco tissue culture. *Plant Physiology* 15: 437-497. Orpurt, P.A. and L.L. Boral. 1964. The flowers, fruits and seeds of Thalassia testudinum Konig. *Bulletin Marine Science Gulf Caribbean* 14: 296-302.

ผลของตำแหน่งทรงพุ่มต่อการติดผลและคุณภาพผลผลิตส้มโอพันธุ์มณีอีสาน

Effect of canopy position on fruit set and fruit quality of Citrus grandis (L.) Osbeck cv. Manee-Esan

สมยศ มีทา[1*] สุภัทร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา[1] ศุภัชญา นามพิลา[1] และสังคม เตชะวงค์เสถียร[1]

Somyot Meetha[1*], Supat Issarangkool Na Ayutthaya[1] Supatchaya nampila[1] and Sungcom Techawongstein[1]

[1] สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002.

*Corresponding author: Email: sommee@kku.ac.th, Tel: 083-6758667

Received: October 22, 2022;

Revised: August 18, 2023;

Accepted: February 14, 2024

DOI: https://doi.org/10.55164/jtai.v2i1.184

บทคัดย่อ

การศึกษาตำแหน่งของทรงพุ่มที่มีผลต่อการติดผลและลักษณะคุณภาพผลของส้มโอ (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) พันธุ์มณีอีสาน ในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร ตำบลโนนทอง อำเภอเกษตรสมบูรณ์ จังหวัดชัยภูมิ วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อทราบถึงลักษณะของการติดผล การจัดชั้นคุณภาพของผลผลิต และคุณภาพของผลผลิตส้มโอในตำแหน่งทรงพุ่มที่ต่างกัน 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งของผลบนต้น ประกอบด้วย ส่วนบนของทรงพุ่ม ส่วนกลางของทรงพุ่ม และส่วนล่างของทรงพุ่ม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ตำแหน่งกึ่งกลางของทรงพุ่มมีจำนวนการติดผลมากที่สุด (43.7%) รวมทั้งมีผลผลิตที่มีเกรด A มากที่สุดด้วย ในขณะที่ตำแหน่งส่วนบนของทรงพุ่มมีจำนวนการติดผลน้อยที่สุด (20.8%) ผลที่ติดในตำแหน่งส่วนล่างของทรงพุ่ม และส่วนกลางของทรงพุ่ม มีน้ำหนักผลที่มากกว่าผลในตำแหน่งส่วนบนของทรงพุ่ม อย่างไรก็ตามตำแหน่งของทรงพุ่มที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อปริมาตรของผล ขนาดผล ความหนาเนื้อ ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

คำสำคัญ: ตำแหน่งผล, การจัดชั้นผลผลิต, ขนาดผล, ส้มโอเนื้อสีแดง

Abstract

The canopy position affecting on quality of pummelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) cv. Manee-Esan, the experiment was conducted in farmer's orchard at Kasetsombon, Chaiyaphum province. The objective was to know the pummelo fruit set, grade of fruit and fruit quality at 3 canopy positions. The fruit position canopy composed top, center and bottom. The results showed that the center canopy position had the highest fruit number (43.7%) and showed the highest-grade A fruit size while the top canopy position had the lowest fruit number (20.8%). Fruits at the bottom and the center showed greater effect on fruit weight than the top canopy position. However, the canopy positions had no effect on volume, fruit size, pulp thickness, firmness, total soluble solid and titratable acidity of fruits.

Keywords: fruit position, grading, fruit size, red flesh pummelo

บทนำ

ส้มโอพันธุ์มณีอีสาน เป็นส้มโอสายพันธุ์พื้นเมืองที่สำรวจพบในเขตพื้นที่อำเภอเกษตรสมบูรณ์ จังหวัดชัยภูมิ มีลักษณะเด่นคือ เปลือกมีสีเหลืองทองหรือสีเหลืองอมส้มเมื่อสุกแก่เต็มที่ เปลือกในมีสีอมชมพู เนื้อมีสีแดงเข้ม มีกลิ่นหอมอ่อนๆ คล้ายผลท้อ ซึ่งปกติแล้วส้มโอมีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบตลอดทั้งปี ทำให้มีทรงพุ่มแน่นทึบ ต้นสูง โดยเฉพาะส้มโอสายพันธุ์นี้จะมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงค่อนข้างรวดเร็วกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ มีการติดผลกระจายทั่วทรงพุ่ม ปัจจุบันเกษตรกรเริ่มหันมาปลูกเพื่อการอนุรักษ์สายพันธุ์ที่เป็นอัตลักษณ์ของพื้นที่และเพื่อการค้ากันมากขึ้น โดยมีการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการตอนกิ่งและการเปลี่ยนยอด อย่างไรก็ตาม เกษตรกรพบปัญหาเรื่องการตัดแต่งกิ่งและการจัดการทรงพุ่มจากการเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้นที่รวดเร็ว เนื่องจากกังวลว่าหากมีการตัดแต่งกิ่งออกมากเกินไปหรือการตัดแต่งแบบควบคุมความสูงอาจจะกระทบกับตำแหน่งในการให้ผลผลิตของส้มโอ ทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง โดยการพัฒนาการของผลระยะสุกแก่ และคุณภาพที่ต่างกันภายในต้น เป็นผลมาจากตำแหน่งในการติดผลบนต้น (Minas et al., 2018) ซึ่งตำแหน่งทรงพุ่ม เป็นความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการใช้แสง ระยะห่างระหว่างแหล่งสร้างและแหล่งใช้อาหาร (source/sink) ตำแหน่งของกิ่ง ระยะห่างจากแหล่งของธาตุอาหาร น้ำ และฮอร์โมน (Basile et al., 2007; Lewellen & Marini, 2003) ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการติดผล การจัดชั้นคุณภาพของผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตส้มโอพันธุ์มณีอีสานในตำแหน่งทรงพุ่มที่ต่างระดับกัน สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการจัดการทรงพุ่มที่เหมาะสมและการกำหนดตำแหน่งในการไว้ผล ที่จะส่งผลต่อการออกดอก ติดผล ปริมาณผลผลิตและคุณภาพผลผลิตที่ดี

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของตำแหน่งทรงพุ่มที่ต่างกัน 3 ส่วน คือ ส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างของทรงทรงพุ่ม ที่มีผลต่อจำนวนการติดผล การจัดชั้นคุณภาพของผลผลิต และคุณภาพของผลผลิต สำหรับใช้เป็นแนวทางในการในการออกแบบการตัดแต่งกิ่งและการไว้จำนวนผลของส้มโอพันธุ์มณีอีสาน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

คัดเลือกต้นส้มโอพันธุ์มณีอีสานในแปลงของเกษตรกร บ้านบุ่งสิบสี่ อำเภอเกษตรสมบูรณ์ จังหวัดชัยภูมิ โดยเลือกต้นส้มโอที่มีขนาดทรงพุ่มและความสมบูรณ์ใกล้เคียงกันจำนวน 3 ต้น อายุต้นส้มโอ 7 ปี ความสูงของต้นประมาณ 6 เมตร แบ่งตำแหน่งทรงพุ่มบนต้นออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนล่างของทรงพุ่ม ส่วนกลางของทรงพุ่ม และส่วนบนของทรงพุ่ม โดยกำหนดการวัดจากระดับความสูงจากพื้นดิน 1.5 เมตร (โคนต้น) ส่วนล่างของทรงพุ่มที่ระดับความสูง 1.5-3.0 เมตรจากพื้นดิน ส่วนกลางทรงพุ่มที่ระดับความสูง 3.0-4.5 เมตรจากพื้นดิน และส่วนบนทรงพุ่มที่ระดับความสูง 4.5-6.0 เมตรจากพื้นดิน (Figure 1) เก็บผลผลิตทั้งหมดภายในแต่ละต้นแยกตามส่วนต่าง ๆ ของทรงพุ่ม เพื่อนำมาคัดแยกเกรดของผลโดยการวัดขนาดเส้นรอบวงผล หลังจากนั้นทำการสุ่มผลผลิตเกรด A เพื่อศึกษาศึกษาคุณภาพผลผลิต วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) โดยให้ตำแหน่งทั้ง 3 ตำแหน่งบนต้นส้มโอเป็นกรรมวิธีการทดลอง เก็บบันทึกข้อมูล ลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางเคมีของผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผล, ปริมาตรของผลโดยการแทนที่น้ำ, ความสูงผล, ความกว้างผล, ความหนาเนื้อ, ความแน่นเนื้อ, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids: TSS), ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity: TA), วัดค่าสีผิวผลและเนื้อผลในระบบ L* a* b* เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

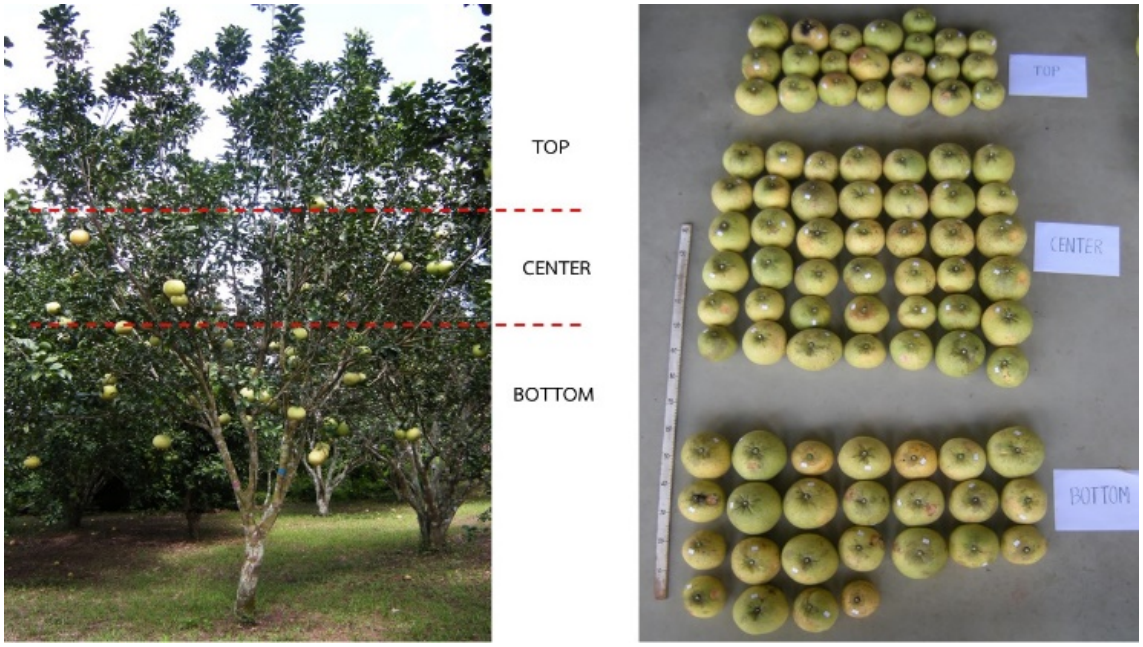


Figure 1 Sampling positions within the canopy of pummelo cv. Manee-Esan.

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลผลิตส้มโอพันธุ์มณีอีสาน อายุต้น 7 ปี ที่ดำเนินการทดลองในครั้งนี้ สามารถให้ผลผลิตเฉลี่ย 84.7 ผลต่อต้น จากการแบ่งตำแหน่งทรงพุ่มบนต้นออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนบนของทรงพุ่ม ส่วนกลางของทรงพุ่ม และส่วนล่างของทรงพุ่ม พบว่าการให้ผลผลิตส่วนใหญ่อยู่บริเวณส่วนกลางทรงพุ่ม โดยมีค่าเฉลี่ยการติดผลสูงถึง 37 ผลต่อต้น คิดเป็น 43.7 เปอร์เซ็นต์ของการติดผลทั้งต้น รองลงมาคือ บริเวณส่วนล่างของทรงพุ่ม มีการติดผลเฉลี่ย 30 ผลต่อต้น คิดเป็น 35.4 เปอร์เซ็นต์ของการติดผลทั้งต้น บริเวณที่มีการติดผลน้อยที่สุด คือ ส่วนบนของทรงพุ่ม มีการติดผลเฉลี่ย 17.7 ผลต่อต้น คิดเป็น 20.8 เปอร์เซ็นต์ของการติดผลทั้งต้น (Table 1) จะเห็นได้ว่าตำแหน่งการให้ผลผลิตของส้มโอสายพันธุ์มณีอีสานอยู่บริเวณส่วนกลางและส่วนล่างของทรงพุ่ม หรือที่ระดับความสูงต้นไม่เกิน 4.5 เมตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Moon และคณะ (2011) พบว่าตำแหน่งของการติดผลในส้มแมนดาริน ที่แบ่งเป็น 3 ชั้น คือ ด้านบน ตรงกลาง และด้านล่าง มีจำนวนของการติดผลคิดเป็น 20-25%, 45-46% และ 30-34% ของทั้งทรงพุ่ม ตามลำดับ ปริมาณของผลผลิตที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากการแตกตาดอกในแต่ละตำแหน่งแตกต่างกัน Khandaker และคณะ (2017) ศึกษาตำแหน่งการออกดอกของต้นชมพู่ พบว่า ส่วนบนของทรงพุ่มมีจำนวนดอกน้อยที่สุด ส่วนตำแหน่งด้านนอกของส่วนกลางทรงพุ่มมีการติดดอกและการบานของดอกมากที่สุด ทำให้ผลผลิตของชมพู่ส่วนอยู่บริเวณส่วนกลางทรงพุ่มโดยเฉพาะโซนด้านนอกที่ได้รับแสงแดดเต็มที่ เช่นเดียวกับ Wilkie และคณะ (2008) รายงานว่า ความเข้มแสงมีผลต่อการชักนำตาดอกและคุณภาพของตาดอกในไม้ยืนต้นหลายชนิด

การจัดชั้นคุณภาพของผลผลิตส้มโอในแต่ละตำแหน่งบนต้น พบว่า ตำแหน่งส่วนกลางของทรงพุ่มมีผลผลิตที่มีชั้นคุณภาพเกรด A สูงสุดเฉลี่ย 17.7 ผลต่อต้น รองลงมาคือส่วนล่างของทรงพุ่มเฉลี่ย 15.5 ผลต่อต้น และส่วนบนของทรงพุ่มเฉลี่ย 5 ผลต่อต้น ตามลำดับ อย่างไรก็ตามชั้นคุณภาพเกรด D พบว่า ตำแหน่งส่วนบนของทรงพุ่มจะมีจำนวนสูงกว่าตำแหน่งอื่น ๆ ในทรงพุ่ม และยังมีจำนวนผลขนาดเล็กที่มากกว่าผลผลิตเกรดอื่นในตำแหน่งเดียวกัน (Table 1) แสดงให้เห็นว่าการติดผลในตำแหน่งส่วนบนของทรงพุ่มในส้มโอสายพันธุ์นี้จะให้ผลผลิตที่มีขนาดเล็ก ความแปรปรวนของขนาดผลเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย เช่น การแข่งขันในการแย่งอาหาร น้ำ แสง และพื้นที่ภายในต้น (Cowan et al., 2001)

Table 1 Yield and grade of pummelo cv. Manee-Esan in different canopy positions.

Canopy position	Yield (fruit/tree)				Total (fruit/tree)	Fruit set (% of whole tree)
	Grade A	Grade B	Grade C	Grade D		
Top	5.0	2.7	1.0	9.0	17.7	20.8
Center	17.7	4.0	8.0	7.7	37.0	43.7
Bottom	15.0	5.0	5.7	4.3	30.0	35.4

Note: Grade A fruit width > 19 inch Grade C fruit width 17-18 inch
Grade B fruit width 18-19 inch Grade D fruit width 16-17 inch

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลส้มโอ พบว่า น้ำหนักของผลส้มโอที่เก็บเกี่ยวจากตำแหน่งต่างกันบนต้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ผลส้มโอที่ตำแหน่งส่วนล่างของทรงพุ่มและส่วนกลางทรงพุ่มมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลสูงกว่าผลที่ได้จากส่วนบนทรงพุ่ม สอดคล้องกับการทดลองของ Shu (2002) พบว่า ผลชมพู่ (wax apple) ที่บริเวณตำแหน่งด้านล่างของต้น จะมีน้ำหนักมากกว่าผลที่ได้จากด้านบน เนื่องจากผลด้านล่างได้รับสารอาหารจากทางรากก่อนผลในตำแหน่งอื่น ๆ ส่งผลทำให้พัฒนาการของผลได้ดีกว่า ส่วนผลที่มาจากผลที่ตำแหน่งด้านบนของทรงพุ่มได้รับความเข้มแสงที่มากกว่า อุณหภูมิที่เรือนยอดของต้นสูงกว่าส่วนอื่น ๆ ทำให้อัตราการหายใจของผลสูงขึ้น การสะสมคาร์โบไฮเดรตจึงน้อยกว่าผลในตำแหน่งด้านล่าง ส่งผลให้ขนาดผลเล็กกว่า อย่างไรก็ตามลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ ได้แก่ ปริมาตรของผล ความกว้างผล ความสูงผล และความหนาเนื้อผล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีแนวโน้มของค่าเฉลี่ยปริมาตรของผล ความกว้างผล และความหนาเนื้อของผลที่ตำแหน่งส่วนล่างของทรงพุ่มและส่วนกลางทรงพุ่มมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าผลที่ได้จากส่วนบนทรงพุ่มเล็กน้อย (Table 2)

Table 2 Effect of canopy positions on fruit characteristics of pummelo cv. Manee-Esan.

Canopy position	Weight (g)	Volume (ml)	Fruit width *(mm)*	*Fruit height (mm)*	*Pulp thickness (mm)*
Top	*1,023*.4±322.5 b	1,628.7±577.0	147.7±18.7	129.3±19.8	83.3±8.8
Center	1,260.8±296.2 ab	1,831.7±516.7	152.9±12.2	*124.3±12.2*	*85.1±8.6*
Bottom	1,326.6±335.3 a	1,871.0±721.7	156.9±15.5	128.3±15.5	88.9±6.2
F-test	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	3.04	6.38	2.85	6.26	3.83

Note: The values are the means ± standard deviations (n=15)
ns and ** = not significant, significant at P ≤ 0.01, respectively.
The different letters with in the same column are significantly different at P ≤ 0.01 by LSD

ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids : TSS) และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity :TA) ของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามที่ตำแหน่งทรงพุ่มที่ต่างกันในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของความแน่นเนื้อในช่วง 20.5-22.2 นิวตัน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำในช่วง 10.7-11.1 องศาบริกซ์ ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในช่วง 0.54-0.58 เปอร์เซ็นต์ (Table 3)

Table 3 Effect of canopy positions on firmness, total soluble solid and titratable acidity of pummelo cv. Manee-Esan.

Canopy position	Firmness (N)	TSS (° brix)	TA (%)
Top	*20.5 ± 6.6*	*10.9 ± 0.7*	*0.54 ± 0.10*
Center	21.9 ± 3.6	11.1 ± 0.5	0.59 ± 0.06
Bottom	22.2 ± 5.3	10.7 ± 0.4	0.58 ± 0.11
F-test	ns	ns	ns
CV (%)	14.39	2.19	9.2

Note: The values are the means ± standard deviations (n=15), ns = not significant

ด้านคุณภาพสีผิวผลและสีเนื้อในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต พิจารณาจากค่า L* a* b* โดยค่า L* แสดงความสว่าง ค่า a* แสดงสีเขียว-แดง ค่า b* แสดงสีน้ำเงิน-เหลือง ผลการศึกษา พบว่า ค่าสีผิวผล (a*) มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยผลส้มโอที่ตำแหน่งด้านบนของทรงพุ่ม มีค่าสีแดง (a*) ที่สูงกว่าผลจากตำแหน่งอื่น ๆ แสดงว่า ผลส้มโอที่ได้มีสีของผิวผลโทนเหลืองอมส้มมากกว่าผลจากตำแหน่งอื่น ๆ (Table 4) สอดคล้องกับงานทดลองของ Anthony และคณะ (2021) พบว่า ผลลูกพีช พันธุ์ Sierra Rich ที่ได้จากส่วนบนของต้นจะมีสีแดงเข้มมากกว่าส่วนล่างของทรงพุ่ม เนื่องจากผลด้านบนได้รับความเข้มของแสงในปริมาณที่สูงกว่า เช่นเดียวกับรายงานการศึกษาในผลชมพู่ (apple wax) ที่พบว่าผลด้านบนและรอบนอกทรงพุ่มจะมีสีเข้มกว่าผลด้านในและด้านล่างของต้น (Shu, 2002) การพัฒนาการด้านสีผิวของผลไม้เกิดจากความเข้มข้นและการกระจายตัวของแอนโทไซยานิน แคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ (Steyn, 2012) ตำแหน่งของผลภายนอกทรงพุ่มที่ได้รับแสงมากกว่า มีการการสังเคราะห์แอนโทไซยานินมากกว่า ทำให้เกิดผลสีแดงมากว่าผลที่อยู่ภายในทรงพุ่ม (Lewallen, 2000) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองศึกษาในครั้งนี้ ยังไม่พบความแตกต่างทางสถิติของสีเนื้อ โดยมีค่าเฉลี่ยของความสว่างของสีเนื้อในช่วง 35.6-36.4 ค่าสีแดงในช่วง 15.9-17.3 ค่าสีเหลืองในช่วง 6.9-7.8 (Table 4)

Table 4 Effect of canopy positions on color properties of pummelo cv. Manee-Esan.

Canopy position	peel			pulp		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Top	66.6±3.9	1.7±0.4 a	37.5±4.9	36.4±3.8	17.2±3.2	7.7±2.7
Center	67.9±6.1	0.7±0.5 b	37.0±5.9	35.6±3.6	17.3±2.8	7.8±2.4
Bottom	64.5±4.1	0.4±0.7 b	34.0±5.7	36.2±3.9	15.9±1.1	6.9±1.0
F-test	ns	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	2.59	7.62	5.76	4.17	6.99	13.30

Note: The values are the means ± standard deviations (n=15)
ns and ** = not significant, significant at P ≤ 0.01, respectively.
The different letters with in the same column are significantly different at P ≤ 0.01 by LSD

สรุปผลการวิจัย

การติดผลของส้มโอพันธุ์มณีอีสานในตำแหน่งกึ่งกลางและส่วนล่างของทรงพุ่ม พบมากกว่าส่วนบนของทรงพุ่ม โดยเมื่อนำผลผลิตส้มโอมาจัดชั้นคุณภาพ พบว่า ตำแหน่งกึ่งกลางของทรงพุ่มมีผลเกรด A มากที่สุด ส่วนตำแหน่งส่วนบนมีผลเกรด D มากที่สุด ผลที่ติดในตำแหน่งส่วนล่างของทรงพุ่ม และส่วนกลางของทรงพุ่ม มีน้ำหนักผลที่มากกว่าผลในตำแหน่งส่วนบนของทรงพุ่ม โดยไม่พบความแตกต่างของปริมาตรของผล ขนาดผล ความหนาเนื้อ ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ที่ตำแหน่งทรงพุ่มต่างกัน สีผิวของผลส้มโอที่ตำแหน่งส่วนบนทรงพุ่มมีสีเหลืองส้มมากกว่าตำแหน่งอื่น ๆ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของสีเนื้อส้มโอ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) และกลุ่มวิจัยไม้ผลสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในการให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณนายเสมียน นราพล เกษตรกรเจ้าของสวนส้มโอ และนายนันทวิทย์ ดวงมณี ผู้นำชุมชนบ้านบุ่งสิบสี่ ตำบลโนนทองอำเภอเกษตรสมบูรณ์ จังหวัดชัยภูมิ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่สำหรับงานวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง

References

Anthony, B.M., Chaparro, J.M., Sterle, D.G. & Prenni, J.E. (2021). Metabolic signatures of the true physiological impact of canopy light environment on peach fruit quality. *Environmental and Experimental Botany*. 191, 104630.

Basile, B., Solari, L.I., & Dejong, T.M. (2007). Intra-canopy variability of fruit growth rate in peach trees grafted on rootstocks with different vigor-control capacity. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 82(2): 243-256.

Cowan, A.K., Cripps, R.F., Richings, E.W., & Taylor, N.J. (2001). Fruit size: towards an understanding of the metabolic control of fruit growth using avocado as a model system. *Physiologia Plantarum*. 111, 127–136.

Khandaker, M.M., Amran, N.Q., & Ismail, S.Z. (2017). Effect of canopy position on growth, quality and quantity of Syzygium samarangense (wax apple var. jambu madu) fruits. *Australian Journal of Crop Science*. 11(7): 838-843.

Lewallen, K.A.S. (2000). Effects of light availability and canopy position on peach fruit quality. Thesis submitted to the faculty of the Virginia polytechnic institute and state univ. 47p.

Lewallen, K.S. & Marini, R.P. (2003). Relationship between flesh firmness and ground color in peach as influenced by light and canopy position. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 128(2): 163-170.

Minas, I.S., Tanou, G., & Molassiotis, A. (2018). Environment and orchard based of peach fruit quality. *Scientia Horticulturae*. 235, 307-322.

Moon, D.G., Joa, J.H., Moon, Y.E., Seong, K.C., Kim, C.H., & Ahn, Y.K. (2011). Plant growth and fruit quality as affected by canopy locations in ‘Shiranuhi’ mandarin. *Horticulture Environment and Biotechnology*. 52(5): 443-447.

Shu, Z.H. (2002). Fruit position on the tree affect development of anthocyanin and fruit quality in wax apple. *Acta Horticulturae*. 575:765-769.

Steyn, W.J. (2012). Physiology and functions of fruit pigments: An ecological and horticultural perspective. *Horticultural Reviews*. 239-271.

Wilkie, J.D., Margaret, S., & Trevor, O. (2008). Regulation of floral initiation in horticultural trees. *Journal of Experimental Botany*. 59(12): 3215-3228.

การควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* โดยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp.

Biological Control of root-knot Nematode *Meloidogyne incognita* by Spore suspension of *Trichoderma* spp.

วิไลวรรณ สารพงษ์, อมรศรี ขุนอินทร์[1]*, สิรินภา ช่วงโอภาส[2] และ วรรณวิไล อินทนู[1]

Wilaiwan Saraphong, Amonsri Khun–In[1]*, Sirinapa Chungopast[2], and Wanwilai In-tanoo[1]

[1] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[2] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[2] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

* Corresponding author, Email: agramsk@ku.ac.th

Received: October 24, 2022;

Revised: April 5, 2023;

Accepted: May 19, 2023

DOI: https://doi.org/10.55164/jtai.v2i1.188

บทคัดย่อ

โรครากปมจัดเป็นสาเหตุโรคที่สำคัญต่อการผลิตพืชอย่างมาก เนื่องจากไส้เดือนฝอยดังกล่าวมีพืชอาศัยที่กว้างและเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็วทำให้การควบคุมเป็นไปได้ยาก การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่แยกได้จากธรรมชาติจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะควบคุมโรครากปมเพราะเชื้อรานี้สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการเข้าทำลายไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne* sp.) ในระดับห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินจากแหล่งปลูกนาข้าวจังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดนครปฐมและจังหวัดพระนครศรีอยุธยา รวม 50 ไอโซเลท การทดสอบ พบว่ามีเชื้อรา *Trichoderma* spp. จำนวน 9 ไอโซเลท ได้แก่ Sp1, Sp4, Sp6.3/2, Ay10.1, DR 3.1/1, DR3.2, KU1.1/1, KU1.1/2 และ SPB04 ที่มีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายตัวอ่อนระยะที่ 2 และไข่ของไส้เดือนฝอยรากปมได้ เมื่อศึกษากลไกการเข้าทำลายพบว่าเชื้อราสามารถสร้างเส้นใยพัดรัดตัวอ่อนระยะที่ 2 และสร้างเส้นใยเจริญคลุมทับกลุ่มไข่ของไส้เดือนฝอยได้ สำหรับการทดสอบในเรือนทดลองพบว่าเชื้อราทั้ง 9 ไอโซเลท สามารถลดการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยในรากข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับชุดทดลองควบคุม

คำสำคัญ: การควบคุมโดยชีววิธี,เชื้อรา *Trichoderma* spp.,ไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*)

Abstract

Root-knot disease is a serious problem that effecting to plant production. The root-knot nematodes are among the most infected nematode with various hosts. Moreover, the behavior of root-knot nematodes live in soil which is difficult to manage. *Trichoderma* spp., present in natural areas as plant residues and effectively grow, are one of the biological methods used for control. The aim of this research was to evaluate spore suspension of *Trichoderma* spp. to control root-knot nematodes (*Meloidogyne* sp.) *in vitro* and in *vivo*. Fifty isolates of *Trichoderma* spp. were collected from rhizosphere soil of rice planting areas in Suphanburi, Phra Nakhon Si Ayutthaya and Nakhon Pathom Provinces. The finding indicated that 9 isolates; Sp1, Sp4, Sp6.3/2, Ay10.1, DR 3.1/1, DR3.2, KU1.1/1, KU1.1/2 and SPB04 could infect 2 nd stage juvenile (J2) and egg of root-knot nematodes. *Trichoderma* spp. mode of action was studied and found that fungal mycelium could wrap J2 of root-knot nematodes and developed mycelium cover egg masses. Under greenhouse condition, 9 isolates of *Trichoderma* spp. could absolutely reduce root-knot nematode infection when compared with control.

Keywords: Biological control, *Trichoderma* sp., root-knot nematode (*Meloidogyne incognita)*

บทนำ

ไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* เป็นสาเหตุที่สำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับพืชทั่วโลก สร้างความเสียหายทั้งทางตรงและทางอ้อม (อมรศรี ขุนอินทร์, 2548) สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทำให้แพร่กระจายได้ดีในสภาพภูมิอากาศที่หลากหลายโดยเฉพาะเขตร้อน Caillaud *et al*. (2008) มีการสืบพันธุ์แบบ parthenogenesis ทำให้สามารถขยายพันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว สำหรับประเทศไทยไส้เดือนฝอยชนิดนี้สามารถระบาด ได้ทุกภาค ในปี 2563 อมรศรี ขุนอินทร์ (2563) ได้รายงานการระบาดของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ในข้าวนา น้ำลึก ซึ่งข้าวที่ถูกไส้เดือนฝอยเข้าทำลายจะแสดงอาการแคระแกร็น รากเป็นปุ่มปม (root knot, gall) ระบบท่อลำเลียงอาหาร เกิดการอุดตัน ทำให้พืชดึงน้ำและธาตุอาหารไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ไม่เพียงพอ ทำให้ผลผลิตลดน้อยลง (อรพินท์ ทองอร่าม, 2556) การควบคุมไส้เดือนฝอยรากปมสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สารเคมี การควบคุมโดยเขตกรรม รวมไปถึงการใช้เชื้อจุลินทรีย์ ปฏิปักษ์ อังคณา โรจน์ประจักษ์ และอมรศรี ขุนอินทร์ (2564) พบว่ามีเชื้อรา *Trichoderma* spp. ไอโซเลท T35-CO4, M4 และ O3-T34 สามารถลดการฟักตัวของกลุ่มไข่และการสร้างกลุ่มไข่ได้อย่างมีประสิทธิภาพเชื้อราชนิดนี้สามารถ สร้างเส้นใยพันรัด และสร้างเอนไซม์ เช่น ไคติเนส, เซลลูเลส และกลูคาเนส ไปย่อยสลายผนังเซลล์ของไส้เดือนฝอยซึ่งมี ส่วนประกอบของไคติน จากนั้นสร้างเส้นใยแทงเข้าไปและเจริญอยู่ภายในลำตัวทำให้ไส้เดือนฝอยสูญเสียความมีชีวิต เชื้อรา *Trichoderma spp*. ยังสามารถเจริญได้อย่างรวดเร็ว สร้างสปอร์ได้ปริมาณมาก ช่วยให้สามารถแข่งขันกับ เชื้อโรคพืชได้ดี และมีรายงานว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. บางสายพันธุ์สามารถเป็นปรสิต(parasite) ของเชื้อ สาเหตุโรคพืชได้ (จิระเดช แจ่มสว่าง ,2549) Sharon *et al*. (2007) ในปัจจุบันได้มีการนำเชื้อรา *Trichoderma* spp. มาใช้ ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชทั้งเชื้อในดินและบนผิวพืชอย่างกว้างขวาง มะลิฉัตร พันธุมัย (2556) พบว่าสารแขวนลอย สปอร์ของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่ความเข้มข้น 1×107 สปอร์/มิลลิลิตร มีประสิทธิภาพต่อการลดความรุนแรงโรครากปมที่เกิดจากไส้เดือนฝอย *M. incognita* โดยการราดโคนต้นและการฉีดพ่นทางใบด้วยสารแขวนลอยสปอร์สามารถกระตุ้นให้ต้นแตงเกิดความต้านทานต่อโรครากปมได้ และ Ahmad Saad Al-Hazmi & Muhammad Tariq Javeed (2015) พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* และ *T. viride* ที่ความเข้มข้น 1010 สปอร์/กรัมของดิน มีประสิทธิภาพในการควบคุมและ ลดการเกิดโรครากปมในต้นมะเขือเทศได้ จากข้อมูลข้างต้นทำให้เราได้ข้อมูลพื้นฐานในการจัดการและควบคุมโรคพืชที่ เกิดจากไส้เดือนฝอยรากปม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการเข้าทำลายไส้เดือนฝอยรากปม (*M. incognita*) ในระดับห้องปฏิบัติการและในเรือนทดลอง เพื่อเป็นแนวทาง นำไปสู่การพัฒนาการผลิตชีวภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์เพื่อประโยชน์ทางโรคพืชในอนาคต

ระเบียบวิธีวิจัย

1.การสุ่มเก็บตัวอย่างเชื้อรา *Trichoderma* spp. และแยกเชื้อราให้บริสุทธิ์

สุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณใกล้รากปมข้าวจำนวน 500 กรัม จากแหล่งนาข้าวจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม และ พระนครศรีอยุธยา ที่มีการระบาดของไส้เดือนฝอยรากปมพร้อมระบุตำแหน่งของพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง โดยวิธีเดินแบบซิกแซ็ก จากนั้นนำตัวอย่างดินไปผึ่งลมให้แห้ง นำดินที่แห้งมาชั่งน้ำหนัก 1 กรัม มาเจือจางด้วยเทคนิค Dilution method ที่ ความเข้มข้น 1x104 CFU/กรัม ใช้ไมโครปิเปตดูดสารแขวนลอยที่ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร มา spread บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Martin's medium เมื่อครบ 3 วัน นำไปส่องตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ compound microscope ใช้เข็มเขี่ยที่ผ่าน การฆ่าเชื้อแล้วเขี่ยเส้นใย เชื้อรา *Trichoderma* spp. มาเลี้ยงให้บริสุทธิ์บนอาหาร PDA (potato dextrose ager) เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นนำเชื้อราไป ศึกษาลักษณะรูปร่างทางสัณฐานวิทยา และนำเชื้อราบริสุทธิ์ไปเพิ่มจำนวนบนอาหาร เลี้ยงเชื้อ PDA เพื่อเก็บเป็นเชื้อ สำหรับใช้ในการทดลอง

2.การเตรียมไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

ทำไส้เดือนฝอยให้บริสุทธิ์โดยวิธี single egg mass inoculation พร้อมจำแนกชนิดโดยเทคนิคการตรวจรอยย่น ส่วนก้น (perineal pattern) ตามวิธีของ Eisenback *et al*. (1981) จากนั้นนำกลุ่มไข่บริสุทธิ์ที่ได้มาล้างด้วย 1% sodium hypochlorite ตามวิธีการของ Ravichandra (2010) เพื่อนำไส้เดือนฝอยมาใช้ในการทดลอง ในส่วนของตัวอ่อนระยะที่ 2 (J2)

ของไส้เดือนฝอยรากปม ให้นำกลุ่มไข่ที่ผ่านการทำความสะอาดไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3-5 วัน จะได้ตัวอ่อนระยะที่ 2 แล้วตัวอ่อนที่ได้นำไปปรับปริมาตรสำหรับการทดลอง 4.2

3. ศึกษาการเจริญของเชื้อรา *Trichoderma* spp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

เชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่ผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี single spore isolation จำนวน 50 ไอโซเลท นำมาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิห้อง วัดการเจริญของเส้นใยเชื้อราทุกวัน จนครบ 7 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) แต่ละกรรมวิธีมี 5 ซ้ำ

4. การคัดเลือกและศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ในห้องปฏิบัติการ

4.1 ทดสอบประสิทธิภาพของสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการฟักตัวของกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

เตรียมสารแขวนลอยสปอร์ของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทั้ง 50 ไอโซเลท ที่ความเข้มข้น 1x108 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ด้วย Hemacytometer ตามวิธีการของ น้ำค้าง สวัสดิ์ประดิษฐ์. (2557) มาใส่ใน 24 well-plate ตามด้วยกลุ่มไข่ที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 1 กลุ่มไข่ บ่มที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผลกลุ่มไข่ที่ถูกเชื้อราเข้าทำลาย ตามวิธีการของ Khun-in *et al*. (2015) และจำนวนตัวอ่อนที่ฟักออกจากกลุ่มไข่ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงชนิด stereo microscope ที่เวลา 48,72,96 และ 120 ชั่วโมง เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ($P \leq 0.05$)

4.2 ทดสอบประสิทธิภาพของสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการตายของตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*

นำตัวอ่อนระยะที่ 2 ของ ไส้เดือนฝอยรากปมจำนวน 100 ตัว ใส่ในจาน 24 well- plate จากนั้นนำสปอร์-แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่ความเข้มข้น 1x108 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในหลุมที่มีไส้เดือนฝอยรากปม ทำการทดลอง 5 ซ้ำ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ บันทึกจำนวนไส้เดือนฝอยที่ตาย (ตัวเหยียดตรง) และจำนวนตัวอ่อนที่ถูกเชื้อรา *Trichoderma* spp. เข้าทำลาย (พันรัด) ที่เวลา 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ stereoscopic microscope โดยดัดแปลงวิธีการจาก Sun *et al*. (2006) และ Khun-in *et al*. (2015) แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

4.3 ทดสอบประสิทธิภาพของเส้นใยเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการเข้าทำลายกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* บนอาหารลี้ยงเชื้อ WA (water agar)

นำเชื้อรา *Trichoderma* spp. แต่ละไอโซเลท มาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ WA จากนั้นนำกลุ่มไข่ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ วางลงไป 1 กลุ่ม ห่างจากปลายเส้นใย 1 เซนติเมตร บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง วางแผนการทดลอง แบบ CRD กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ และบันทึกจำนวนตัวอ่อนที่ฟักออกมาจากกลุ่มไข่ ที่เวลา 48,72,96 และ 120 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ stereoscopic microscope และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ($P \leq 0.05$)

5.กลไกการเข้าทำลายไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ของเชื้อรา *Trichoderma* spp.

หลังการทดสอบประสิทธิภาพของสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการฟักตัวของกลุ่มไข่ การตายของไส้เดือนฝอยรากปมระยะที่ 2 และต่อการเข้าทำลายกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ในหัวข้อที่ 4.1,4.2 และหัวข้อที่ 4.3 ตามลำดับ นำมาศึกษาดูกลไกการเข้าทำลายภายใต้กล้องกล้องจุลทรรศน์แบบ Compound microscope ที่กำลังขยาย 40x โดยดูลักษณะการเข้าทำลายของเส้นใยโดยตรงหรือพันรัดกลุ่มไข่และตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม บันทึกภาพโดยชุด Dino Capture 2.0 version 1.5.29.B

6.ประสิทธิภาพของสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการเกิดโรครากปมข้าวในเรือนทดลอง

นำเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่มีประสิทธิภาพในการทำลายไส้เดือนฝอยรากปมในระดับห้องปฏิบัติการ รวม 9 ไอโซเลท ได้แก่ Sp1, Sp4, Sp6.3/2, Ay10.1, DR 3.1/1, DR3.2, KU1.1/1, KU1.1/2,และ SPB04 มาทดสอบการเกิดโรครากปม ข้าวโดยนำต้นข้าวสายพันธุ์ กข31 อายุ 15 วัน ปลูกลงแก้วพลาสติกใสขนาด 20 ออนซ์ ที่บรรจุดินที่ผ่านการ

อบฆ่าเชื้อแล้ว ใช้แท่งแก้วทำหลุมลึกประมาณ 1 นิ้ว ห่างจากต้น 1 นิ้ว ใช้ไมโครปิเปตดูดสปอร์แขวนลอยของแต่ละไอ-โซเลท ที่ความเข้มข้น 1x108 สปอร์/มิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในหลุมตามกรรมวิธีดังต่อไปนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่แช่เมล็ดข้าวด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ก่อนปลูก

- ใส่ J2 อย่างเดียว (ชุดควบคุม)
- ใส่ J2 ก่อน 1 วัน ตามด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp.
- ใส่ J2 ตามด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp.

กรรมวิธีที่ 2 แช่เมล็ดข้าวด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปปลูก

- ใส่ J2 อย่างเดียว (ชุดควบคุม)
- ใส่ J2 ก่อน 1 วัน ตามด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp.
- ใส่ J2 ตามด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp.

รดน้ำปกติ เมื่อครบ 20 วัน หลังจากปลูกเชื้อนำมาบันทึกผลการทดลองโดยนำรากมาย้อมสี acid fuchsin เพื่อตรวจนับจำนวนไส้เดือนฝอยรากปมที่เข้าทำลายต้นข้าวภายใต้กล้อง compound microscope

ผลการทดลอง

1. ศึกษาการเจริญของเชื้อรา *Trichoderma* spp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

จากการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทั้ง 50 ไอโซเลท พบว่าเชื้อรามีการเจริญเติบโตได้รวดเร็วบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยเจริญเต็มหน้าอาหารที่ 3 วัน และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร เชื้อรา *Trichoderma* spp. มีลักษณะโคโลนีคล้ายคลึงกัน คือเส้นใยเจริญลักษณะแผ่ราบไปกับผิวหน้าอาหาร ถึงฟูเล็กน้อย สร้างเส้นใยสีขาวบริเวณขอบโคโลนี บริเวณด้านในมีการสร้างสปอร์สีเขียว ถึงเขียวมะกอกกระจายทั่วโคโลนี ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน Aness *et al*. (2010); พราวมาส เจริญรักษ์. (2559); อังคณา โรจน์ประจักษ์ และอมรศรี ขุนอินทร์ (2564) เชื้อราในสกุล *Trichoderma* spp. สามารถเจริญและสร้างส่วนขยายพันธุ์ได้รวดเร็วทั้งในสภาพแปลง และห้องปฏิบัติการ

2.ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ในห้องปฏิบัติการ

2.1 ประสิทธิภาพของสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการฟักตัวของกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita*

จากการทดสอบเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทั้ง 50 ไอโซเลท ทุกไอโซเลทมีประสิทธิภาพในการเข้าทำลายกลุ่มไข่ แต่มี 5 ไอโซเลท ได้แก่ SPB04, Ay10.1, DR3.1/1, Sp6.3/2 และ Sp4 สามารถเข้าทำลายกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปมได้ดีที่สุด อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 1) โดยไอโซเลท SPB04 ทำให้กลุ่มไข่ฟักเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 ต่ำที่สุด เพียง 4.67 ตัว รองลงมาคือ Ay10.1 ฟัก 6.67 ตัว หลังจากทดสอบ 120 ชั่วโมง

2.2 ประสิทธิภาพของสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการตายของตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita*

จากการทดสอบเชื้อรา *Trichoderma* spp. พบว่ามี 6 ไอโซเลท ได้แก่ SPB04, Sp1, Sp6.3/2, Sp4, DR3.2 และ KU1.1/1 เส้นใยสามารถพันรัดตัวอ่อน และทำให้ตัวอ่อนไส้เดือนฝอยรากปมตายได้ดีที่สุด หลังจากทดสอบเป็นเวลา 120 ชั่วโมง (ตารางที่ 1) โดยไอโซเลท SPB04 มีค่าเฉลี่ยการพันรัดตัวอ่อนระยะที่ 2 มากที่สุด คือ 26.75 ตัว รองลงมาคือ Sp1 มีค่าเฉลี่ยการพันรัดตัวอ่อนระยะที่ 2 คือ 20.75 ตัว

2.3 ประสิทธิภาพของเส้นใยเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการเข้าทำลายกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* ในห้องปฏิบัติการ

จากการทดสอบเชื้อรา *Trichoderma* spp. พบว่ามี 4 ไอโซเลท ได้แก่ SPB04, Sp1, KU1.1/1 และ KU1.1/2 ที่สามารถสร้างเส้นใยเจริญคลุมทับกลุ่มไข่ ส่งผลให้การฟักตัวของกลุ่มไข่ไปเป็นตัวอ่อนระยะที่ 2 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญโดยไอโซเลท SPB04 ทำให้กลุ่มไข่ฟักเป็นตัวอ่อนไส้เดือนฝอยระยะที่ 2 ต่ำสุด เพียง 8.75 ตัว รองลงมาคือ Sp1 จำนวน 12.50 ตัว หลังจากทดสอบ 120 ชั่วโมง (ตารางที่ 1)

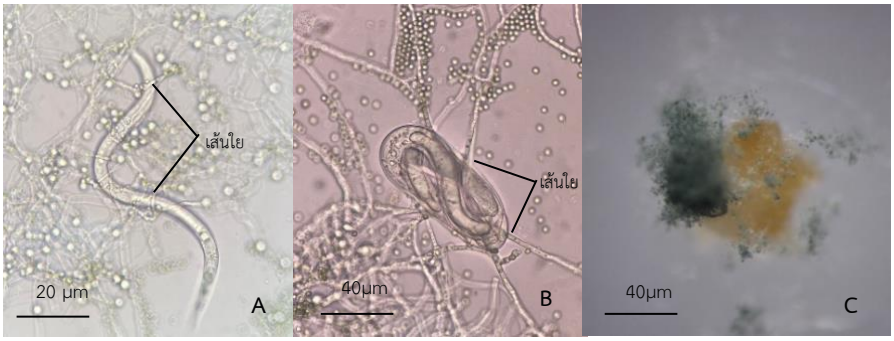
ตารางที่ 1. ประสิทธิภาพของสปอร์แขวนลอย และเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการฟักไข่และการตายของตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* หลังจากการทดสอบเป็นเวลา 120 ชั่วโมง

Isolate	Spore Suspension					Mycelium
	Egg mass*			J2*		Egg mass*
	Hatched J2	Dead of Hatched J2	Colonize	colonize	dead	Hatched J2
Control	289.00 a	0.00 k	0.00 o	0.00 u	0.00 i	168.50 a
Sp 1	42.33 rs	1.33 gh	4.33 gh	20.75 b	3.25 a	12.50 xy
Sp 3.2	76.67 fg	2.67 de	5.00 fg	8.75 ef	0.75 fg	64.00 jk
Sp 3.3	54.33 mn	0.00 k	0.00 o	7.00 hi	0.75 fg	29.00 st
Sp 4	18.33 xy	0.33 jk	4.67 fg	15.00 c	2.50 ab	52.00 mn
Sp 4.1	76.00 fg	3.67 cd	6.67 cd	6.75 hi	1.25 de	73.00 hi
Sp 5.3/2	75.00 fg	0.00 k	8.33 ab	4.00 op	0.50 gh	68.25 ij
Sp 6.3/2	16.67 yz	2.00 fg	4.33 gh	18.50 b	2.00 bc	39.75 pq
Sp 7.1	63.67 ij	0.67 ij	1.67 mn	3.75 pq	0.25 hi	56.75 lm
Sp 7.3	62.00 jk	0.33 jk	1.33 no	7.50 gh	0.50 gh	56.00 lm
Ay 1.1/2	46.67 qr	0.00 k	5.33 fg	6.75 hi	2.00 bc	38.75 qr
Ay 1.2/2	40.67 st	0.00 k	3.67 hi	5.50 kl	0.50 gh	20.25 vw
Ay 8.2	35.00 uv	0.33 jk	2.33 kl	3.50 qr	0.00 i	59.25 kl
Ay 8.3/1	73.67 gh	2.00 fg	3.33 hi	3.75 pq	0.25 hi	58.00 lm
Ay 10.1	6.67 z	0.33 jk	1.00 no	11.50de	2.00 bc	50.75 no
Ay 10.2/2	38.67 tu	1.00 hi	3.33 hi	4.75mn	0.25 hi	112.75 cd
Ay 10.3/1	59.33 kl	2.67 de	6.00 de	3.75 pq	0.75 fg	25.00 uv
Ay 12.3/2	46.67 qr	1.67 gh	3.67 hi	5.25 lm	0.50 gh	54.25 lm
Ay 13.1/2	69.67 hi	1.67 gh	5.67 ef	9.25 ef	2.00 bc	13.50 xy
Ay 13.1/3	54.67 mn	1.67 gh	6.67 cd	3.25 rs	0.25 hi	36.75 rs
SPB 02	30.00 vw	0.67 ij	1.33 no	6.50 hi	1.50 cd	66.00 ij
SPB 04	4.67 z	0.00 k	1.00 no	26.75 a	2.25 bc	8.75 y
KU 1.1/1	56.00 lm	1.67 gh	9.33 ab	11.25de	1.00 ef	17.00 wx
KU 1.1/2	48.33 qr	1.33 gh	3.33 hi	10.75de	0.25 hi	26.50 tu
KU 1.2/1	50.00 pq	2.00 fg	3.33 hi	8.25 fg	0.50 gh	19.25 vw
NPT 11	35.33 uv	0.67 ij	3.67 hi	6.50 hi	0.50 gh	54.25 lm
MR 2.1	142.67 cd	5.00 bc	8.67 ab	9.00 ef	1.25 de	24.50 uv
MR 2.2	135.67 d	4.00 bc	6.00 de	5.25 lm	2.00 bc	20.00 vw
MR 2.3	71.33 hi	2.00 fg	3.33 hi	8.00 fg	0.50 gh	19.25 vw
DR 1.2/1	157.33 c	3.67 cd	10.67 a	4.00 op	1.25 de	92.60 ef
DR 1.2/2	89.67 ef	2.00 fg	3.67 hi	5.00mn	0.25 hi	56.00 lm
DR 1.2/3	206.00 b	6.67 a	11.00 a	6.00 jk	2.00 bc	65.25 ij
DR 3.1/1	14.33 yz	1.00 hi	1.67 mn	7.00 hi	0.25 hi	102.75 cd
DR 3.1/2	135.67 d	5.33 ab	7.33 bc	5.00mn	1.50 cd	99.50 de
DR 3.1/3	192.33 b	4.00 bc	10.00 ab	10.25de	1.50 cd	113.00 cd
DR 3.2	43.67 rs	2.33 ef	5.33 fg	12.25cd	1.75 bc	53.50 mn
KU/P 1.1	74.67 fg	0.67 ij	2.00 lm	6.25 ij	0.50 gh	19.25 vw
KU/P 1.1/1	53.00 no	0.67 ij	3.33 hi	5.75 kl	1.25 de	32.75 st
KU/P 1.1/2	50.33 pq	1.33 gh	3.33 hi	4.50 no	2.50 ab	68.25 ij
KU/P 1.1/3	67.67 hi	0.33 jk	2.00 lm	5.25 lm	0.00 i	43.25 op
KU/P 1.2	27.67 wx	1.67 gh	1.67 mn	4.25 no	1.50 cd	90.25 ef
KU/P 1.2/1	53.67 no	1.33 gh	3.00 ij	4.00 op	1.25 de	77.75 gh
KU/P 1.3	105.00 e	0.67 ij	2.00 lm	5.00mn	0.25 hi	86.00 fg
KU/P 3.1/1	79.33 fg	1.33 gh	2.33 kl	4.75mn	0.50 gh	63.50 jk
KU/P 12.3	83.67 fg	1.33 gh	2.00 lm	4.50 no	1.00 ef	86.00 fg
KU/P 12.3/1	91.33 ef	2.00 fg	2.33 kl	3.75 pq	1.00 ef	76.75 gh

ตารางที่ 1. ประสิทธิภาพของสปอร์แขวนลอย และเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการฟักไข่และการตายของตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *M. incognita* หลังจากการทดสอบเป็นเวลา 120 ชั่วโมง (ต่อ)

Isolate	Spore Suspension					Mycelium
	Egg mass*			J2*		Egg mass*
	Hatched J2	Dead of Hatched J2	Colonize	colonize	dead	Hatched J2
KU/P 13.1	194.67 b	0.00 k	2.67 jk	5.25 lm	0.50 gh	78.75 gh
KU/P 13.2	102.00 e	3.33 de	8.33 ab	5.25 lm	0.50 gh	116.00 c
KU/P 15.1	67.00 hi	1.67 gh	5.33 fg	6.75 hi	0.75 fg	100.75 de
KU/P 17. 1	72.33 hi	1.33 gh	2.33 kl	3.00 st	0.50 gh	28.75 tu
KU/P 17.2	51.67 op	1.67 gh	3.00 ij	2.25 tu	0.25 hi	141.50 b

*ค่าเฉลี่ย(ตัว) ที่กำกับด้วยตัวอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบภายในคอลัมน์เดียวกัน



รูปภาพที่ 1. เส้นใยเชื้อรา *Trichoderma* spp. เข้าทำลายตัวอ่อนระยะที่ 2 (A) ไข่และกลุ่มไข่ของไส้เดือนฝอย-รากปม *Meloidogyne* sp. (B และ C) ลูกศรชี้หมายถึงเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma* spp.

3. ประสิทธิภาพของสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* sp. ในเรือนทดลอง

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. พบว่ามีเชื้อรา 4 ไอโซเลท คือ SPB04, Sp1, Sp4, Sp6.3/2, และ KU1.1/1 ยังถือเป็น *Trichoderma* spp. ไอโซเลตที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการควบคุมการเจริญและพัฒนาของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* sp. โดยที่หลังการตรวจสอบมีศักยภาพในการลดจำนวนประชากรที่เข้าทำลายรากข้าวเพียง 166.0 และ 139.14 ตัว ในกรรมวิธีไม่แช่เมล็ดด้วยเชื้อรา *Trichoderma* spp. ก่อนใส่ไส้เดือนฝอยรากปม และพบไส้เดือนฝอยรากปมในรากข้าว 155.71 และ 138.74 ตัวในกรรมวิธีแช่เมล็ดข้าวก่อนใส่ไส้เดือนฝอยรากปม เมื่อเทียบกับชุดทดลองควบคุมที่พบไส้เดือนฝอยรากปมในรากข้าว 321.14 และ 275.71 ตัว โดยกรรมวิธีการนำเมล็ดข้าวไปแช่ด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ก่อนปลูก 24 ชั่วโมงและกรรมวิธีที่ไม่ได้แช่สปอร์แขวนลอยก่อนปลูก มีจำนวนตัวอ่อนที่พบในรากข้าว ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ จากการทดลองแสดงให้ เห็นว่าเชื้อราในสกุล *Trichoderma* spp. มีความสามารถในการเป็นปฏิปักษ์กับไส้เดือนฝอยรากปม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bigirimana *et al*. (1997) พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* สามารถกระตุ้นให้พืชมีต้านทานต่อเชื้อราสาเหตุโรคและไส้เดือนฝอยได้โดยการเปลี่ยนแปลงกระบวนการ transcriptomic การสร้างสารทุติยะภูมิเพื่อให้พืชมีการตอบสนองต่อเชื้อสาเหตุได้รวดเร็ว

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อการเกิดโรครากปมหลังจากใส่ตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne* sp. เป็นเวลา 20 วัน ในสภาพเรือนทดลอง

Isolate	Number of infected nematodes in rice root			
	Do not soak seed in spore suspension before planting1		Soak seed in spore suspension before planting1	
	J2 before 1 day + T	J2 + T	J2 before 1 day + T	J2 + T
Control	321.14a	275.71a	308.43a	278.29a
Sp1	172.57c	154.29d	165.86d	127.57f
Sp4	179.14c	159.29cd	168.14d	144.86def
Sp6.3/2	184.86c	161.86cd	174.43d	151.29de
KU1.1/1	192.29c	180.14c	171.57d	161.86cd
KU1.1/2	228.14b	210.57b	212.71c	177.86c
DR3.2	252.86b	224.14b	239.00b	212.86b
DR3.1/1	229.29b	204.29b	211.86c	180.14c
Ay10.1	245.86b	220.00b	233.14bc	206.57b
SPB04	166.00c	139.14d	155.71d	136.14ef

[1]ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $P<0.05$ by DMRT.

สรุปผล

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทั้ง 50 ไอโซเลท พบว่า เชื้อราเจริญเติบโตได้รวดเร็วบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยเจริญเต็มหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ 3 วัน จากการทดสอบประสิทธิภาพการเข้าทำลายไส้เดือนฝอยพบชื้อรา *Trichoderma* spp. รวม 9 ไอโซเลท ที่มีศักยภาพในการเข้าทำลายกลุ่มไข่ ตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปม โดยเชื้อราไอโซเลท SPB04 มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายได้ดีที่สุดทั้งในห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง และจากการศึกษากลไกการเข้าทำลายเชื้อราสามารถสร้างเส้นใยแทงและสร้างเส้นใยพันรัดตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือยฝอยรากปมได้โดยตรง

อภิปรายผล

จากการทดลองพบว่า สปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. มีศักยภาพในการทำลายกลุ่มไข่ และตัวอ่อนระยะที่ 2 ของไส้เดือนฝอยรากปมในห้องปฏิบัติการได้ ได้ตั้งแต่ช่วงเวลา 48, 72, 96 และ 120 ชั่วโมงโดยเชื้อดังกล่าวสร้างเส้นใยไปแทงและพันรัดกลุ่มไข่และตัวอ่อนระยะที 2 ของไส้เดือนฝอยรากปมซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ Suarez *et al*. (2004) รายงานว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถเป็นปรสิตโดยตรงของไข่และตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัย ด้วยการผลิต chitinase และ protease ซึ่งสามารถเข้าทำลายไข่และตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยได้ เนื่องจาก Chitin เป็นสาร homopolymer ประกอบขึ้นจาก β-1,4-linked ของ N-acetylglucosamine เป็น polymer ที่พบในส่วนประกอบของโครงสร้างของเปลือกไข่ไส้เดือนฝอย เมื่อเชื้อราสร้างเอนไซม์ไคติเนส ออกมาทำให้สามารถย่อยผนังของได้เดือนฝอยได้ และเมื่อศึกษาระยะเวลาในการเข้าทำลายพบว่าเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพการเข้าทำลายตัวอ่อนระยะที่ 2 จะเพิ่มมากขึ้น และจากการนำเชื้อรามาทดลองการควบคุมโรครากปมในข้าวเชื้อราสามารถลดจำนวนประชากรในรากข้าวได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับแหล่งทุนสนับสนุนจาก สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.)

References

จิระเดช แจ่มสว่าง. (2549). การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี. นครปฐม. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน

น้ำค้าง สวัสดิ์ประดิษฐ์. (2557). การใช้ไคโตซานจากเชื้อรา *Mucor rouxii* เพื่อยับยั้งเชื้อราก่อโรคในลำไย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

พราวมาส เจริญรักษ์. 2559. ประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma asperellum* ในการลดโรคเมล็ดด่างส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตของข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม.

มะลิฉัตร พันธุมัย. (2556). การลดความรุนแรงของโรครากปมในแตงกวาเมื่อปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่รากหรือใบ. แก่นเกษตร, 41(1), 538-542.

อมรศรี ขุนอินทร์. (2548). อิทธิพลของเห็ดบางชนิดที่มีผลต่อไส้เดือนฝอยรากปม. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. บัณฑิต-วิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมรศรี ขุนอินทร์. (2563). การศึกษาประชากรไส้เดือนฝอยศัตรูข้าวและระดับรุนแรงของของโรคในพื้นที่ปลูกข้าวจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. แก่นเกษตร, 48(6), 1374-1383.

อรพินท์ ทองอร่าม.(2556). การแสดงออกของลักษณะทางกายภาพและความแปรปรวนของฝรั่งพันธุ์ทนทาน ‘‘KKUU-GGUU AARRDD N Noo.1.1’’ ต่อไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita*. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบัณฑิตวิยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อังคณา โรจน์ประจักษ์และอมรศรี ขุนอินทร์. 2564. ศักยภาพของสปอร์แขวนลอยเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการควบคุมการฟักและการพัฒนาของ กลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยสาเหตุรากปม (*Meloidogyne incognita* ในมะเขือเทศ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 39(3): 198-205.

Ahmad Saad Al-Hazmi, & Muhammad Tariq Javeed. (2015). **Effects of different inoculum densities of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* against *Meloidogyne javanica* on tomato.** Saudi Journal of Biological Sciences, 1319-1562.

Aness, M., Tronsmo, A., Edel-Hermann, V., Hjeljord, L.G., Heraud, C. and Steinberg, C. 2010. **Characterization of field isolates of *Trichoderma* antagonistic against *Rhizoctonia solani*. Fungal Biology** 114(9): 691-701.

Bigirimana, J., De Meyer, G., Poppe, J., Elad, Y. and Höfte, M. 1997. **Induction of systemic resistance on bean (*Phaseolus vulgaris*) by *Trichoderma harziamum*.** Ghent University; Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen 62: 1001–1007.

Caillaud, M. C., G. Dubreuil. M. Quentin, L.Perfus-Barbeoch, P. Lecomte, J. D. A. Engler, P. Abad,

M.N.Rosso and B.Favery. 2008. Root-Knot nematodes manipulate plant cell functions during a compatible interaction. **Journal of plant Physiology**.165: 104-113.

Eisenback, J. D., H. Hirschmann, J. N. Sasser and A. C. Triantaphyllou. 1981. **A guide to the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.)**, with a pictorial key. North Carolina State University, Releigh, North Carolina. 48 p.

Khun-in, A., S .Sukhakul, C.Chamswarng, P.Tangkijchote and A. Sasnarukkit. 2015. Culture filtrate of *Pleurotus ostreatus* isolate Poa3 effect on egg mass hatching and juvenile of *Meloidogyne incognita* and its potential for biological control. Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences.21(1): 46-54.

Ravichandra, N. G. 2010. Methods and techniques in plant nematology. Delhi, India: PHI Learning Pvt. Ltd. Sahebani, N., and Hadavi, N. 2008. Biological control of the root-knot nematode

Meloidogyne javanica by *Trichoderma harzianum*. Soil Biology and Biochemistry 40(8): 2016-2020.

Suarez, B., Rey, M., Castillo, P., Monte, E., and Llobell, A. 2004. Isolation and characterization of PRA1, a trypsin -like protease from the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* CECT 2413 displaying nematicidal activity. Applied Microbiology and Biotechnology 65(1): 46-55.

Sun, M. H., L. Gao, Y. X. Shi, B. J. Li and X. Z. Liu. 2006. **Fungi and actinomycetes associated with *Meloidogyne* spp. eggs and females in China and their biocontrol potential**. Journal of Invertebrate Pathology 93: 22-28.

ผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

Influence of Dietary Fiber Supplement From Mango Peel on The Characteristics of Yogurt

ครองจิต วรรณวงศ์[1]* และ ธัญนันท์ ฤทธิ์มณี[1]

Krongjit Wannawong[1]* and Thanyanun Rithmanee[1]

[1] ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50300

[1] Department of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

* Corresponding author, E-mail: krongjit_wan@cmru.ac.th, krongjit_wa@hotmail.com

Received: April 22, 2023;

Revised: January 17, 2024;

Accepted: February 14, 2024

DOI: https://doi.org/10.55164/jtai.v2i1.540

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยศึกษาการสกัดเส้นใยจากเปลือกมะม่วง 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์มหาชนกและพันธุ์มันศรีวิชัย (ผลดิบและผลสุก) พบว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบสกัดเส้นใยได้ปริมาณผลผลิตเส้นใยสูงที่สุด ($P \leq 0.05$) และมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ละลายน้ำได้ มากกว่าพันธุ์มหาชนก เมื่อนำไปบดผงแล้วร่อนผ่านตะแกรง 2 ขนาด พบว่าอนุภาคผงที่มีขนาดเล็ก จะมีค่าความสว่าง (L*) และมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันมากกว่าอนุภาคผงขนาดใหญ่ จึงนำใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบเสริมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (โดยใช้ความเข้มข้นต่างกัน 4 ระดับ คือ 0%, 1%, 2% และ 3%) พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณใยอาหารทำให้โยเกิร์ตมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง ($P \leq 0.05$) การเติมใยอาหารเพียง 1% พบเชื้อ *Lactobacillus spp.* (4.40 x 107 CFU/g) จำนวนสองเท่าของสูตรควบคุมที่ไม่เสริมใยอาหาร และทำให้โยเกิร์ตมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณใยอาหารมากกว่าร้อยละ 1.20 โปรตีนมากกว่าร้อยละ 3.63 คาร์โบไฮเดรตมากกว่าร้อยละ 14.64 แต่พบว่าปริมาณไขมันและความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง โดยมีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 3.64 และความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 76.30 ($P \leq 0.05$)

คำสำคัญ : เปลือกมะม่วง ใยอาหารผง โยเกิร์ต

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluated effect of dietary fiber supplement made from mango peel on the characters of yoghurt products. The fiber extraction was extracted from two mango cultivars as Mahachanok and Mansriwichai (raw and ripe). The result revealed the total of extracted fiber from raw mango peel of Mansriwichai cultivar was the significantly highest yield ($P \leq 0.05$). Furthermore, the total extracted fiber, soluble and insoluble fiber from raw mango peel of Mansriwichai cultivar were higher than the fiber from Mahachanok cultivar. Then, the fibers ground into powder and sifted through two sizes of sieves, the small powder particles exhibited higher lightness value (L*) and higher oil holding capacity compared to the large powder particles. Therefore, the dietary fiber extracted from Mansriwichai cultivar was selected to add in tested yoghurt products, using four different concentrations as 0%, 1%, 2% and 3% (w/w). The results were showed the yoghurt products with added dietary fibers had significantly lower lightness value (L*) ($P \leq 0.05$). The treatment of added at least 1 % of dietary fiber in yoghurt product had as many twice amount of Lactobacillus spp. (4.40 x 107 CFU/ml) as the 0% dietary fiber in yoghurt product. In addition, the nutrition value of yoghurt product adding dietary fiber were significant increase as more than 1.20% of total fiber, 3.63% of protein content and 14.64% of carbohydrate. However, the lipid and moisture contents of yoghurt products adding dietary fiber were significant decrease as less than 3.64% of lipid and 76.30% of moisture.

Keywords : Mango peel, Dietary fiber powder, Yogurt

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในการดูแลสุขภาพ ความต้องการในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ จึงมีแนวโน้มสูงขึ้น โยเกิร์ตเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยม มีประโยชน์ในการช่วยย่อยอาหาร การขับถ่าย ลดกรดในกระเพาะอาหาร ช่วยบำรุงผิวพรรณ และลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด จึงมีการผลิตโยเกิร์ตรูปแบบที่เน้นเพิ่มคุณประโยชน์ด้านโภชนาการ เช่น โยเกิร์ตไขมันต่ำ โยเกิร์ตโพรไบโอติก และโยเกิร์ตเสริมใยอาหาร เป็นต้น

เปลือกมะม่วงเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมแปรรูป ถือเป็นผลพลอยได้หลังจากการแปรรูป (Mango by-products) เนื่องจากมีผลการวิจัยพบว่า เปลือกมะม่วงอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ มีสารประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น สารพฤกษเคมี หรือ สารไฟโตเคมิคอล สารโพลีฟีนอล แคโรทีนอยด์ เอนไซม์ ใยอาหาร เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ไขมัน โปรตีน เพคติน (Ajila et al., 2007) วิตามินอี และวิตามินซี ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี ระยะการสุกของผลมะม่วงที่แต่งต่างกัน มีผลต่อสมบัติทางเคมีของเปลือกมะม่วง โดยพบว่าเปลือกมะม่วงผลดิบมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ บี และรวม สูงกว่าเปลือกมะม่วงผลสุก และเปลือกมะม่วงผลดิบมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีปริมาณฟินอลิกรวม มีปริมาณโปรตีน สูงกว่าเปลือกของมะม่วงผลสุก แต่เปลือกมะม่วงผลสุกจะมีปริมาณใยอาหารสูงกว่าเปลือกมะม่วงผลดิบ (วัลลี ภาคพจน์, 2562)

ใยอาหารเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่ได้รับความนิยม เนื่องจากการบริโภคใยอาหารมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคท้องผูก โรคริดสีดวง ภาวะไขมันในเลือดสูง และโรคมะเร็งลำไส้ เป็นต้น แหล่งใยอาหารจากผักผลไม้จัดเป็นแหล่งใยอาหารที่มีคุณภาพสูง เนื่องจากมีใยอาหารที่ละลายน้ำและใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำปริมาณมาก สามารถดูดซับน้ำและไขมันได้ดี ซึ่งเปลือกมะม่วง (Mango peel) มีสัดส่วนประมาณ 7-24% ของผลมะม่วง เป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีเส้นใยอาหารสูง (ใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ 16-28% และ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ 29-50%) (Ajila et al., 2007) และมีสารประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการ การนำเปลือกมะม่วงมาผลิตเป็นใยอาหาร เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้ของเหลือทิ้งและลดปัญหามลภาวะ จากการกล่าวถึงประโยชน์ของโยเกิร์ตและใยอาหารที่มีต่อร่างกายหลายประการ จึงสนใจศึกษาการผลิตโยเกิร์ตเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง โดยงานวิจัยนี้ศึกษาเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก และพันธุ์มันศรีวิชัย ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในท้องถิ่นทางภาคเหนือ เพื่อให้ได้โยเกิร์ตที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงขึ้น ช่วยเพิ่มมูลค่า และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วง และเพื่อศึกษาผลของการเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการผลิตใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้มะม่วง 2 สายพันธุ์ คือ มะม่วงพันธุ์มหาชนก และ มะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย โดยใช้มะม่วงที่เก็บในพื้นที่ ต.เหล่ายาว อ.บ้านโฮ่ง จ.ลำพูน ระยะการสุกของมะม่วง 2 ระดับ คือ มะม่วงผลดิบ โดยคัดเลือกจากสีเปลือกของผลมะม่วงดิบที่มีสีเขียวทั้งผล และมะม่วงผลสุก โดยคัดเลือกจากสีเปลือกของผลมะม่วงสุกที่มีสีเหลืองอย่างชัดเจน

ประยุกต์ใช้วิธีการสกัดใยอาหารจากเปลือกมะม่วงของ อรพรรณ นาสะอาด และคณะ (2558) โดยใช้วิธีการบดเปียกร่วมกับการแช่น้ำร้อน นำเปลือกมะม่วงบดหยาบ ล้างด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที (อัตราส่วนเปลือกมะม่วง : น้ำร้อน เท่ากับ 1:5) แช่ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง กรองแยกกาก จากนั้นอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิภายในตู้อบประมาณ 50±5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณความชื้น วิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) ด้วยเครื่อง Water activity meter วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด (Total dietary fiber) (AOAC, 2016) ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble dietary fiber) (AOAC, 2016) และใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (Soluble dietary fiber) (AOAC, 2016) วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) วัดด้วยเครื่อง pH meter และคำนวณปริมาณผลผลิตของใยอาหารที่สกัดได้ (%Yield)

2. ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วง

ลดขนาดใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงให้เป็นผงละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นของแห้ง ร่อนผงผ่านตะแกรง ASTM test sieves 2 ขนาด คือ 40 mesh และ 100 mesh ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วง โดยวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) ด้วยเครื่อง water activity meter วิเคราะห์ค่าสี ระบบ CIE (L* a* b*) ด้วยเครื่อง Colorimeter วิเคราะห์คุณสมบัติในการอุ้มน้ำมัน (Oil holding capacity, OHC) วิเคราะห์คุณสมบัติในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC) โดยประยุกต์ใช้วิธีของ ธัญนันท์ ฤทธิ์มณี (2560)

3. ศึกษาผลของการเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

การผลิตโยเกิร์ต : ให้ความร้อนนมไขมันเต็ม ที่อุณหภูมิ 55-60 องศาเซลเซียส เติมนมผงพร่องมันเนย 2% (w/w) น้ำตาลทราย 6% (w/w) เจลาติน 0.4% (w/w) (ปิยนุสร์ น้อยด้วง และปัทมา คล้ายจันทร์, 2548) เติมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง โดยศึกษาปริมาณการเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงผลดิบแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0% (w/w), 1% (w/w), 2% (w/w) และ 3% (w/w) จากนั้นให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (E. Sandra et al, 2010) แล้วลดอุณหภูมิลงเหลือ 45 องศาเซลเซียส เติมเชื้อทางการค้า 12% (w/w) (*Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus*) บ่มที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ปิยนุสร์ น้อยด้วง และปัทมา คล้ายจันทร์, 2548) เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น 12 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์ผล

ศึกษาคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง โดยการวัดค่าสีระบบ CIE (L* a* b*) ด้วยเครื่อง Colorimeter วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) (ค่า pH เริ่มต้นก่อนหมักอยู่ในช่วง 6.0–6.5) วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง ได้แก่ ปริมาณเชื้อ *Lactobacillus* spp. ปริมาณยีสต์และรา (Yeast&Mold) (COMP, 2015) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง ได้แก่ ใยอาหาร โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น คาร์โบไฮเดรต พลังงาน (AOAC, 2019) วิเคราะห์ทางสถิติโดยการหาค่าฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วง

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 พบว่าปริมาณเส้นใยของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย ได้ผลผลิตมากกว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก และเปลือกผลดิบมีปริมาณผลผลิตเส้นใยมากกว่าเปลือกผลสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณผลผลิตของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบได้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 16.81% ($P<0.05$) วิธีการบดเปียกและลวกด้วยน้ำร้อน 95 องศาเซลเซียสได้ผลผลิตเส้นใยน้อยกว่าวิธีการสกัดด้วยน้ำธรรมดา และสกัดด้วยเอทานอล 95% (อรพรรณ นาสะอาด และคณะ, 2558) แต่การลวกด้วยน้ำร้อนจะช่วยกำจัดองค์ประกอบที่ไม่ต้องการออกไปจากวัตถุดิบ เช่น น้ำตาล ไขมัน สารสี สารที่ก่อให้เกิดรสขม หรือเอนไซม์ที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เพื่อปรับปรุงคุณภาพของใยอาหารผงและช่วยกำจัดจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ (หยาดฝน ทนงการกิจ, 2557) นอกจากนี้งานวิจัยของ Bongkochrat et al. (2013) พบว่าสายพันธุ์ของผลไม้ส่งผลต่อปริมาณใยอาหารผงที่ผลิตได้แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยนี้ที่พบว่าผลผลิตเส้นใยที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงสองสายพันธุ์นั้นได้ปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกัน ($P\leq0.05$)

ตารางที่ 1 ปริมาณผลผลิตใยอาหารและปริมาณความชื้นของเปลือกมะม่วงผงแต่ละพันธุ์

สายพันธุ์มะม่วง	ผลผลิตที่ได้ (% Yield)	ความชื้นns (%Moisture content)
เปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลดิบ	14.68b ± 0.45	8.32 ± 0.45
เปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลสุก	9.43c ± 0.62	7.78 ± 0.14
เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ	16.81a ± 0.83	8.17 ± 0.24
เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก	10.42 c ± 1.37	7.69 ± 0.24

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และค่าที่มีตัวอักษร ns กำกับในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพและชนิดของเส้นใยอาหารจากเปลือกมะม่วงในตารางที่ 2 พบว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยมีปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ในปริมาณที่มากกว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก ปริมาณใยอาหารทั้งหมดของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยมีค่าอยู่ในช่วง 61.20-65.60 กรัม/100 กรัม และเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกอยู่ที่ 58.70-60.8กรัม/100 กรัม สายพันธุ์ของผลไม้มีผลทำให้ปริมาณใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมีปริมาณที่แตกต่างกัน (Bongkochrat et al., 2013)

ใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกและพันธุ์มันศรีวิชัย มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.67-5.23 โดยใยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนกผลดิบจะมีค่า pH ต่ำที่สุด ดังนั้นการนำใยอาหารจากเปลือกมะม่วงไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้น อาจจะส่งผลกระทบต่อระดับความเป็นกรด-เบส ของผลิตภัณฑ์อาหารที่เสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง (อรพรรณ นาสะอาด และคณะ, 2558)

จากผลการทดลองพบว่า เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยได้ปริมาณผลผลิต ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำได้ และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ สูงกว่าเปลือกมะม่วงพันธุ์มหาชนก จึงเลือกใช้เปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยสำหรับการทดลองในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

ผลิตภัณฑ์เปลือกมะม่วงผง	ผลการวิเคราะห์ใยอาหารจากผงเปลือกมะม่วง				
	Total dietary fiber (g/100 g)	Soluble dietary fiber (g/100 g)	Insoluble dietary fiber (g/100 g)	pH	Water activity (aw)ns
พันธุ์มหาชนกผลดิบ	58.70d±0.20	19.9c±0.03	38.8d±0.16	4.67b±0.08	0.45±0.03
พันธุ์มหาชนกผลสุก	60.80c±0.02	20.7b±0.09	40.1c±0.03	5.17a±0.25	0.44±0.01
พันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ	61.20b±0.10	20.8 b±0.06	40.4b±0.11	5.21a±0.25	0.44±0.03
พันธุ์มันศรีวิชัยผลสุก	65.60a±0.08	21.8a±0.13	43.8 a±0.05	5.23a±0.15	0.40±0.05

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และค่าที่มีตัวอักษร ns กำกับในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

2. ผลการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพของใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

คัดเลือกใยอาหารที่ได้จากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยทั้งผลดิบและผลสุก มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดของแห้งจะได้ใยอาหารผง นำผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่บดละเอียดแล้วมาร่อนผ่านตะแกรง ASTM Test Sieves 2 ขนาด คือ 40 mesh (ขนาดอนุภาค 400 ไมครอน) และ 100 mesh (ขนาดอนุภาค 150 ไมครอน) ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 3 พบว่าขนาดอนุภาคไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณน้ำอิสระ (aw) ของใยอาหารผง ($P > 0.05$) มีค่าอยู่ในช่วง 0.40-0.44 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.6 อยู่ในระดับที่สามารถลดหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเจริญของจุลินทรีย์ ในระหว่างการเก็บรักษาได้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่า aw และผลการวิเคราะห์ค่าสีของใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง

ผงเปลือกมะม่วง	ขนาดตะแกรง (mesh)	water activity (aw) ns	ผลการวิเคราะห์ค่าสี		
			L*	a*	b*
พันธุ์มันศรีวิชัย ผลดิบ	40	0.44 ± 0.02	60.87c ± 0.16	0.36b ± 0.01	16.26d ± 0.11
	100	0.44 ± 0.03	75.53a ± 0.11	-0.84d ± 0.04	20.11c ± 0.09
พันธุ์มันศรีวิชัย ผลสุก	40	0.40 ± 0.07	58.13d ± 0.04	0.99a ± 0.02	20.55b ± 0.03
	100	0.40 ± 0.04	68.45b ± 0.09	0.11c ± 0.04	26.30a ± 0.07

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และค่าที่มีตัวอักษร ns กำกับในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผงใยอาหารด้วยการวัดค่าสีด้วยระบบ CIE (L* a* b*) ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3 พบว่า ระยะการสุกของมะม่วงมีผลต่อค่าสีของผงใยอาหาร เปลือกผลดิบจะมีค่า L* สูงกว่าผลสุก แต่มีค่า b* น้อยกว่าผลสุก เนื่องจากมะม่วงผลสุกมีเปลือกสีเหลือง เมื่อโดนความร้อนจากการอบแห้งจะทำให้เป็นเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล สีของผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงผลสุกจะมีสีคล้ำเป็นสีเหลืองอมน้ำตาล จึงทำให้ค่า b* ของผลสุกมีค่ามากกว่าผลดิบ สำหรับเปลือกผลดิบมีสีเขียว การเปลี่ยนแปลงสีระหว่างการอบแห้งเกิดขึ้นน้อยกว่า ทำให้ค่า a* ของเปลือกมะม่วงผลดิบมีค่าน้อยกว่าผลสุก นอกจากนี้ขนาดของอนุภาคผงใยอาหารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่วัดได้ โดยพบว่า เมื่อลดขนาดอนุภาคใยอาหารผงเล็กลง ค่า a* จะลดลง ($P \leq 0.05$) ขนาดของอนุภาคผงมีผลต่อค่าสีของใยอาหาร โดยพบว่าผงที่มีขนาดอนุภาคเล็ก (ขนาดอนุภาค 150 ไมครอน) จะมีค่า L* และค่า b* มากกว่าผงใยอาหารที่มีขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า (ขนาดอนุภาค 400 ไมครอน) ($P \leq 0.05$) แต่มีค่า a* ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและน้ำมันของใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

ผงเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย	ขนาดตะแกรง (mesh)	ผลการวิเคราะห์	
		การอุ้มน้ำ (WHC) (g water/g sample)	การอุ้มน้ำมัน (OHC) (g oil/g sample)
ผลดิบ	40	5.70c±0.11	1.35b±0.05
	100	5.67c±0.21	1.64a±0.03
ผลสุก	40	6.46a±0.00	1.33b±0.09
	100	5.89b±0.00	1.34b±0.01

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมัน เป็นคุณสมบัติสำคัญอย่างหนึ่งของใยอาหาร ซึ่งผลการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำมัน (oil holding capacity) ของใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงแสดงผลในตารางที่ 4 พบว่า ใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงมันศรีวิชัยผลดิบ ที่ขนาดอนุภาคผงเล็กมีความสามารถในการอุ้มน้ำมันมากกว่าอนุภาคผงที่มีขนาดใหญ่กว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Figuerola et al. (2005) ที่อธิบายว่าขนาดของอนุภาคผง มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำมันของใยอาหาร ซึ่งคุณสมบัติในด้านความสามารถในการอุ้มน้ำมันของใยอาหาร จะส่งเสริมความสามารถในการดูดซับสารก่อกลายพันธุ์ (mutagen) และคอเลสเตอรอลของใยอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ธัญนันท์ ฤทธิ์มณี, 2560) จากผลการศึกษานี้พบว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบ มีค่า 1.64 กรัมน้ำมัน/กรัมตัวอย่าง ความสามารถในการอุ้มน้ำมันของนี้สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความคงตัวในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและผลิตภัณฑ์อาหารที่เป็นอิมัลชันได้

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัย แสดงผลในตารางที่ 4 พบว่า ใยอาหารที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงที่ใช้ผลสุกมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่าใยอาหารที่ได้จากเปลือกมะม่วงที่เป็นผลดิบ และเมื่อลดขนาดอนุภาคผงให้เล็กลง มีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการบดที่ใช้ความแรงและระยะเวลานาน มีผลต่อโครงสร้างของเส้นใย มีพื้นที่ผิวและปริมาณรูพรุนเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น แต่ถ้าขนาดเล็กเกินไป อาจเกิดความเสียหายกับโครงสร้างที่เป็น matrix ทำให้เกิดการยุบตัวของรูพรุน ส่งผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเส้นใยอาหารลดลงได้ (Bongkochrat et al., 2013) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Cadden (1987) ที่พบว่า การลดขนาดอนุภาคมีผลต่อโครงสร้างทางกายภาพของเส้นใยอาหารแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยการลดขนาดอนุภาคของ รำข้าวสาลี ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง แต่การลดขนาดอนุภาคของข้าวโอ๊ต มีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งความสามารถในการอุ้มน้ำของใยอาหารเป็นคุณสมบัติสำคัญที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำในโครงสร้างของใยอาหาร หากใยอาหารที่สกัดได้จับกับน้ำได้ดีจะส่งผลให้ความหนืดของอาหารเพิ่มขึ้นได้ (Figuerola et al., 2005)

จากผลการทดลองพบว่าใยอาหารผงที่สกัดได้จากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยที่ใช้ผลดิบ และมีขนาดอนุภาคขนาดเล็กที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 mesh เมื่อพิจารณาค่าสีของใยอาหารผง จะพบว่าใยอาหารจากเปลือกมะม่วงผลดิบมีค่าความสว่าง (L*) มากที่สุด มีค่า a* ต่ำที่สุด ซึ่งค่าสีของใยอาหารผงมีผลต่อค่าสีและคุณลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ได้ จึงคัดเลือกผงใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงมันศรีวิชัยผลดิบ อนุภาคขนาดเล็กที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh เพื่อใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3. ผลของการเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงที่มีต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

การเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วงที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0% (control), 1%, 2% และ 3% (w/w) พบว่า ผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงมีผลทำให้ค่า L* ของโยเกิร์ตลดลง แต่ค่า a* และ b* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 การเพิ่มปริมาณใยอาหารมีผลทำให้โยเกิร์ตมีสีคล้ำเข้มขึ้น สอดคล้องกับการวิจัยของ B.N.P. Sah et al. (2016) ที่พบว่าเมื่อเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกสับปะรดลงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ค่า L* ลดลง ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้มีสีเข้มขึ้นและค่าสีเหลืองสูงกว่าโยเกิร์ตสูตรธรรมดา นอกจากนี้งานวิจัยของ มนฤทัย ศรีทองเกิด และคณะ (2557) ยังพบว่าการเพิ่มปริมาณผงเปลือกมะม่วงมากขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์เส้นบะหมี่มีค่าความสว่างลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้น

ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วง มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.57-4.69 ซึ่งปริมาณใยอาหารที่เติมลงไปไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต สอดคล้องกับงานวิจัยของ E.Sendra et al. (2010) ที่พบว่า การเพิ่มปริมาณใยอาหารจากเปลือกส้มในกระบวนการผลิตโยเกิร์ต ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการค่า pH ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0%, 1%, 2%, 3%

ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง (% w/w)	ผลการวิเคราะห์			
	L*	a*	b*	pHns
โยเกิร์ตสูตรควบคุม (0%)	89.68 a ± 0.03	-3.30 c ± 0.01	9.84 d ±0.01	4.57 ±0.04
โยเกิร์ตเสริมใยอาหาร 1%	80.70 b ± 0.17	-1.91 a ± 0.02	10.19 c ± 0.01	4.68 ± 0.11
โยเกิร์ตเสริมใยอาหาร 2%	74.67 c ± 0.44	-1.40 b ± 0.08	12.98 b ± 0.05	4.67 ± 0.11
โยเกิร์ตเสริมใยอาหาร 3%	73.03 d ± 0.03	-1.14 a ± 0.00	14.73 a ± 0.01	4.69 ± 0.06

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$) และค่าที่มีตัวอักษร ns กำกับในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง พบว่าปริมาณผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงมีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus* spp. ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ดังแสดงในตารางที่ 6 โดยเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus* spp. เพิ่มจำนวนขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณใยอาหารที่เสริมลงไปในผลิตภัณฑ์ แต่ไม่พบเชื้อยีสต์และราในผลิตภัณฑ์ การเติมใยอาหารผงจากเปลือกมะม่วงเพียง 1% พบจำนวนเชื้อ *Lactobacillus* spp. ประมาณ 4.40 x 107 CFU/g ซึ่งเพิ่มขึ้นกว่าสองเท่าของโยเกิร์ตสูตรควบคุมที่ไม่มีการเสริมใยอาหาร ซึ่งมี *Lactobacillus* spp. อยู่ที่ประมาณ 1.70 x 107 CFU/g ดังนั้นผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าใยอาหารจากเปลือกมะม่วงมีผลต่อการเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ana et al. (2012) ที่พบว่าการเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกผลไม้ (แอปเปิ้ล กล้วย และเสาวรส) ในการผลิตโยเกิร์ต สามารถช่วยเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในระหว่างการเก็บรักษาได้ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตที่มีสารอาหารมากเพียงพอจะสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่ม probiotic ได้ โดยสารอาหารเหล่านี้อยู่ในรูปของ prebiotic ที่จะช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของเชื้อกลุ่มนี้ ซึ่งการเพิ่มสารอาหารอาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (Gustaw et al., 2011)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง

ชนิดของจุลินทรีย์	โยเกิร์ตสูตรควบคุม ใยอาหาร 0%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 1%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 2%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 3%
Lactobacillus spp. (CFU/g)	1.70 x 107	4.40 x 107	4.50 x 107	1.20 x 108
Yeast & Mold (CFU/g)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

ผลการศึกษาองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วง แสดงในตารางที่ 7 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีผลทำให้ปริมาณใยอาหาร คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และเถ้าในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่มีผลทำให้ปริมาณไขมันลดลงเล็กน้อย เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ E. Sendra et al. (2010) ที่พบว่าการเสริมใยอาหารจากเปลือกส้ม ไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมด ไขมัน เถ้า และโปรตีน ที่เป็นองค์ประกอบของโยเกิร์ต

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารที่สกัดจากเปลือกมะม่วง

องค์ประกอบทางเคมี	โยเกิร์ตสูตรควบคุม ใยอาหาร 0%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 1%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 2%	โยเกิร์ตเสริม ใยอาหาร 3%
ใยอาหาร (%)	0.44c±0.02	1.20b±0.03	1.79a±0.11	1.91a±0.08
โปรตีน (%)	3.83b±0.04	3.63c±0.12	3.88b±0.03	4.11a±0.05
คาร์โบไฮเดรต (%)	14.31d±0.05	14.64c±0.08	16.54b±0.04	17.42a±0.09
ไขมัน (%)	4.12a±0.08	3.64b±0.04	3.55b±0.06	3.59 b±0.05
เถ้า (%)	0.84b±0.05	0.87b±0.03	0.89ab±0.01	0.95a±0.04
ความชื้น (%)	76.90a±0.10	76.30b±0.46	75.20c±0.08	73.60d±0.02

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a, b, c, ... กำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$)

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการที่ใช้ในการสกัดและกระบวนการผลิตเส้นใยอาหารที่แตกต่างกันอาจส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของใยอาหารผง รวมถึงชนิดของวัตถุดิบและสายพันธุ์ที่นำมาสกัดเส้นใย (E. Sendra et al., 2010) ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (fat) ที่เป็นองค์ประกอบในโยเกิร์ตของงานวิจัยนี้ พบว่าปริมาณไขมันในโยเกิร์ตเสริมใยอาหารลดลงเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ($P\leq0.05$) แต่การเสริมใยอาหาร 1, 2 และ 3% ไม่มีผลต่อเปลี่ยนแปลงของไขมันที่มีในโยเกิร์ต ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ E.Sendra et al. (2010) ที่ระบุว่าปริมาณใยอาหารที่เสริมลงไปในโยเกิร์ตไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์

ผลการทดลองพบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตลดลงเมื่อปริมาณใยอาหารจากเปลือกมะม่วงเพิ่มขึ้น ($P\leq0.05$) เนื่องมาจากใยอาหารมีคุณสมบัติที่สามารถในการอุ้มน้ำ ทำให้ใยอาหารเกิดการพองตัว โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจึงมีความข้นหนืดมากกว่าสูตรควบคุม ลักษณะเนื้อสัมผัส (firmness) เพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณใยอาหาร (E. Sendra et al., 2010; B.N.P. Sah et al., 2016)

สรุปผลการวิจัย

การเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ผงใยอาหารจากเปลือกมะม่วงพันธุ์มันศรีวิชัยผลดิบที่ได้ปริมาณผลผลิตสูง (%Yield) มีค่าความสว่าง (L*) สูงที่สุด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh เพื่อให้ได้ใยอาหารที่เป็นผงละเอียด ปริมาณใยอาหารที่เติมลงไปในระหว่างการผลิตโยเกิร์ต มีผลต่อการเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มโพรไบโอติกสูงกว่าสูตรควบคุม ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีประโยชน์ต่อร่างกาย แต่ปริมาณใยอาหารมีผลต่อสมบัติทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต หากเสริมปริมาณใยอาหารมากเกินไปจะทำให้โยเกิร์ตมีสีคล้ำ ไม่น่ารับประทาน ดังนั้นปริมาณการเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงที่แนะนำ ไม่ควรเกิน 1% (w/w) เพื่อให้โยเกิร์ตมีลักษณะปรากฏที่ดี และควร

ต่อยอดงานวิจัยด้วยการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมใยอาหารจากเปลือกมะม่วงเพิ่มเติม ซึ่งงานวิจัยนี้แสดงถึงความเป็นไปได้ในการผลิตใยอาหารจากเปลือกมะม่วง เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เป็นผลพลอยได้ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นและมีโพรไบโอติกที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย

คำขอบคุณ

กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 และภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

ธัญนันท์ ฤทธิ์มณี. (2560). *การสกัดและการใช้ประโยชน์จากหยวกกล้วยหอมทองเพื่อเสริมใยอาหารในไส้อั่ว.* รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

ปิยนุสร์ น้อยด้วง และปัทมา คล้ายจันทร์. (2548). การผลิตโยเกิร์ตกล้วยหอม. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม.* 1(1), 24–30.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2549). *เคมีอาหาร.* กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

มนฤทัย ศรีทองเกิด กัณณิกา ทิพประมวล และปวีณา ชานาญยงค์. (2557). *การใช้ประโยชน์จากผงเปลือกมะม่วงเพื่อเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระและใยอาหารในผลิตภัณฑ์บะหมี่และแผ่นเกี๊ยว.* รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

วัลลี ภาคพจน์. (2562). *องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้เบอร์ 4 และการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ บราวนี่.* วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หยาดฝน ทนงการกิจ. (2557). การใช้ประโยชน์จากเศษผักผลไม้เหลือทิ้งเพื่อผลิตเป็นใยอาหารผง. *วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม.* 9(1), 31–38.

อรพรรณ นาสะอาด สุชาดา ไชยสวัสดิ์ และ ภานุ พลายบัว. (2558). *การพัฒนากระบวนการสกัดใยอาหารจากมะม่วงระดับต้นแบบเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านอาหารเสริมสุขภาพ.* รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Ajila, C. M., Bhat, S. G., & Rao, U. J. S. (2007). Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry.* 102, 1006-1011.

Ana, P.E.S., Nathalie, S.C., Thaiane, F. S., Fabiana, A.S.M. S., Luiz, A. G., Patrizia, P., Attilio, C. & Maricê, N. O. (2012). Fibers from fruit by-products enhance probiotic viability and fatty acid profile and increase CLA content in yoghurts. *International Journal of Food Microbiology*. 154, 135–144

A.O.A.C. (2016). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemistry. 20th ed. AOAC INTERNATIONAL, USA.

A.O.A.C. (2019). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemistry. 21st ed. AOAC INTERNATIONAL, USA.B.N.P. Sah, T. Vasiljevic, S. McKechnie & O.N. Donkor. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology.* 65, 978-986.

Bongkochrat Naowakul, Tri Indrarini Wirjantoro and Aphirak Phianmongkhol. (2013). Effects of speed and time of wet milling on properties of dietary fiber powder from pomelo's albedo. *Food and Applied Bioscience Journal.* 1(1), 34-48.

Cadden, A.M. (1987). Comparative effect of particle size reduction on physical structure and water binding properties of several plant fibers. *Journal of Food Science*. 52(6): 1595-1599.

COMP. (2015). *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods (APHA)*, 5th Edition, Chapter 19.

E. Sandra, V. Kuri, J. Ferna´ndez-Lo´ pez, E. Sayas-Barbera´, C. Navarro a, & J.A. Pe´rez-Alvarez. (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose size and thermal treatment. *LWT - Food Science and Technology*. 43, 708-714.

Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estevez, A. M., Chiffelle, l. & Asenjo, F. (2005). Fibreconcentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*. 91, 395-401

B.N.P. Sah, W., Kordowska-Wiater, M., & Kozioł, J. (2011). The influence of selected prebiotics on the growth of lactic acid bacteria for bio-yoghurt production. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 10(4), 455-466.

การใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ร่วมกับชีวมวลในการผลิตกระเจี๊ยบเขียวตาม GAP ในดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดสุพรรณบุรี

Use of Bio-products and Biomass on Okra Production in Good Agricultural Practices on Clay - Clay Loam Soils, Suphanburi Province

ทิพวรรณ แก้วหนู[1*] ศุภกาญจน์ ล้วนมณี[1] วนิดา โนบรรเทา[1] พีรพงษ์ เชาวนพงษ์[1] สุปรานี มั่นหมาย[1] นิศารัตน์ ทวีนุต[1] ศรีสุดา รื่นเจริญ[1] และ ปฏิมาภรณ์ จินจาคาม[1]

Tipawan Kaewnoo[1*], Suphakarn Luanmanee[1], Wanida Nobuntou[1], Peerapong Chaovanapong [1], Supranee Munmai[1], Nisarat Thaweenut[1], Srisuda Reuncharoen[1] and Patimaporn Jinjakam[1]

[1] กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[1] Soil Science Research Group, Agricultural Production Sciences Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok, 10900

* Corresponding author: Email: gae13122533@hotmail.com, Tel: 0806517083

Received: February 20, 2024
Revised: March 27, 2024
Accepted: July 18, 2024

DOI: https://doi.org/10.55164/jtai.v2i1.773

บทคัดย่อ

การจัดการธาตุอาหารพืชมีความสำคัญต่อการผลิตกระเจี๊ยบเขียวในการด้านเจริญเติบโต ปริมาณและคุณภาพผลผลิต โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ร่วมกับชีวมวลในการผลิตกระเจี๊ยบเขียวตาม GAP ในดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดสุพรรณบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชสำหรับการผลิตกระเจี๊ยบเขียวตาม GAP ดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกร ตำบลสระยายโสม อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี การทดลองครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ 7 กรรมวิธี ประกอบด้วย 1) กรรมวิธีควบคุม 2) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ 3) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ 4) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น 5) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ 6) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น และ 7) ใส่มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่ 4 คือ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น ให้ค่าความสูงต้นกระเจี๊ยบเขียวที่อายุ 45 และ 60 วันสูงที่สุดเท่ากับ 54.98 และ 84.68 เซนติเมตร ตามลำดับ และให้น้ำหนักฝักกระเจี๊ยบเขียวทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 1,303 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีกำไรสุทธิ 6,706.00 บาทต่อไร่

คำสำคัญ: กระเจี๊ยบเขียว ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ ชีวมวล การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี

Abstract

The management of plant nutrients is crucial for the production of okra in terms of growth, quantity, and quality of the yield. Utilizing bio-products with biomass on okra production following Good Agricultural Practices (GAP) on clay-clay loam soils in Suphan Buri province is aimed to study plant nutrient management for okra production. The experiment was conducted in a farmer's field in Sa Yai Som sub-district, U Thong district, Suphan Buri province. The randomized complete block design with four replications consisting of 7 treatments. These were: 1) Control 2) Chemical fertilizer application of 18-4-6 kg/rai of N-P_2O_5-K_2O 3) Chemical fertilizer application of 18-4-6 kg/rai N-P_2O_5-K_2O + cow manure 1 ton/rai 4) Chemical fertilizer application of 18-4-6 kg/rai of N-P_2O_5-K_2O + cow manure 1 ton/rai + phosphate-solubilizing bacteria 3 g/plant + arbuscular mycorrhizal fungi 3 g/plant 5) Chemical fertilizer application of 13.5-3-4.5 kg/rai of N-P_2O_5-K_2O + cow manure 1 ton/rai 6) Chemical fertilizer application of 13.5-3-4.5 kg/rai of N-P_2O_5-K_2O + cow manure 1 ton/rai + phosphate-solubilizing bacteria 3 g/plant+ arbuscular mycorrhizal fungi 3 g/plant and 7) Cow manure 1 ton/rai+phosphate-solubilizing bacteria 3 g/plant+arbuscular mycorrhizal fungi 3 g/plant. The results of the experiment showed that the application of chemical fertilizer of 18-4-6 kg/rai of N-P_2O_5-K_2O + cow manure 1 ton/rai + phosphate-solubilizing bacteria 3 g/plant+arbuscular mycorrhizal fungi 3 g/plant resulted in the tallest okra plants at 45 and 60 days of age, reaching heights of 54.98 and 84.68 centimeters respectively, the maximum yield of okra is 1,303 kilograms per rai, with a net profit of 6,706.00 baht per rai.

Keywords: Okra, Bio-products, Biomass, Good Agricultural Practice (GAP)

บทนำ

กระเจี๊ยบเขียวเป็นพืชส่งออกสำคัญเป็นอันดับต้น ๆ ของไทย สถิติการส่งออกกระเจี๊ยบเขียวฝักสดหรือแช่เย็นในปี 2566 มีมูลค่าถึง 209 ล้านบาท และกระเจี๊ยบเขียวแช่แข็ง มูลค่า 113 ล้านบาท (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2566) เนื่องจากต่างประเทศนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เช่น ประเทศญี่ปุ่นมีการนำเข้ากระเจี๊ยบเขียวจากไทยมูลค่าสูงถึง 290 ล้านบาท เป็นกระเจี๊ยบเขียวฝักสดหรือแช่เย็นมูลค่า 171 ล้านบาท และกระเจี๊ยบเขียวแช่แข็งมูลค่า 112 ล้านบาท (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2566) โดยในปี 2566 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียว จำนวน 4,061 ไร่ ผลผลิตจำนวน 5,377 ตัน มีปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 1,347 กิโลกรัมต่อไร่ แหล่งปลูกกระเจี๊ยบเขียวที่สำคัญส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคกลาง คือ จังหวัดสุพรรณบุรี ราชบุรี กาญจนบุรี และนครปฐม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) ขณะที่เกษตรกรผู้ปลูกกระเจี๊ยบเขียวที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP มีจำนวน 742 ราย 749 แปลง รวมพื้นที่ทั้งหมด 1,474.66 ไร่ คิดเป็น 36 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ปลูกกระเจี๊ยบเขียวทั้งหมด (กรมวิชาการเกษตร, 2567) กระเจี๊ยบเขียวสามารถปลูกได้ในดินเกือบทุกชนิด โดยเฉพาะดินร่วนปนทราย หน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร ควรปลูกในพื้นที่ราบ ดินระบายน้ำดี น้ำไม่ท่วมขัง เนื่องจากกระเจี๊ยบเขียวไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) 6.5-7.5 ปริมาณอินทรียวัตถุเหมาะสมคือ 1-3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งดินที่ใช้ปลูกกระเจี๊ยบเขียวไประยะหนึ่งจะสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวไปในแต่ละปี จึงทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงตามไปด้วย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2551)

แนวทางในการทำการเกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกระเจี๊ยบเขียวให้ได้ผลผลิตสูงและผลผลิตมีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด จำเป็นต้องมีการจัดการปุ๋ยที่ถูกต้องและเหมาะสม โดยการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพเพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารตรงตามความต้องการสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชสำหรับการผลิตกระเจี๊ยบเขียวตาม GAP ที่ปลูกในดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดสุพรรณบุรี

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี ดังนี้ 1) กรรมวิธีควบคุม (control) 2) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (RDF) 3) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ (RDF+CM) 4) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น (RDF+CM+PSB+AMF) 5) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ (75% of RDF+CM) 6) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น (75% of RDF+CM+PSB+AMF) และ 7) ใส่มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น (CM+PSB+AMF)

2. วิธีปฏิบัติในแปลงทดลอง

โดยดำเนินการทดลองในแปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP ในตำบลสระยายโสม อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี พิกัดแปลง 47P 0595056N 1576786E จากนั้นไถเตรียมดินและแบ่งแปลงย่อยขนาด 6x6 เมตร ใส่มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ตามกรรมวิธี สับกลบลงดินทิ้งไว้อย่างน้อย 1 เดือน ปลูกกระเจี๊ยบเขียวพันธุ์ลูกผสม HVOK 068 ระยะปลูก 50x100 เซนติเมตร โดยหยอดเมล็ด 3 เมล็ดต่อหลุม พร้อมใส่ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตและราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซารองก้นหลุมอัตรา 3 กรัมต่อต้นตามกรรมวิธี ถอนแยกกระเจี๊ยบเขียวให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม

เมื่ออายุ 15 วันหลังปลูกพร้อมใส่ปุ๋ยครั้งแรก 1/2N+P+K และครั้งที่สองใส่ 1/2N หลังจากถอนแยก 30 วันตามกรรมวิธี โดยใส่สองข้างแถวแล้วพรวนดินกลบ และให้น้ำ ดูแลรักษาตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกรผู้ปลูกกระเจี๊ยบเขียว GAP จากนั้นเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของกระเจี๊ยบเขียว เช่น ความสูงต้น ที่อายุ 15 30 45 และ 60 วัน และเก็บเกี่ยวกระเจี๊ยบเขียวที่อายุ 45 วันหลังปลูก ในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 4x4 เมตร มาประเมินผลของการจัดการปุ๋ยในแต่ละกรรมวิธี

3. การวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนปลูก

วิเคราะห์สมบัติของดินก่อนปลูก ได้แก่ เนื้อดิน (soil texture) โดยวิธี Automatic pipette method (จักรพงษ์, 2546) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 เขย่าเป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้ตกตะกอน แล้วนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินด้วยเครื่อง electrical conductivity ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยวิธี Wet oxidation (Walkey and Black, 1934) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available P) สกัดดินด้วยสารละลาย Bray II ในกรณีดินมี pH > 7.3 สกัดดินด้วยสารละลาย 0.5 M $NaHCO_3$ (pH 8.5) ตามวิธี Olsen ทำให้เกิดสีตามวิธี molybdenum blue และวัดปริมาณฟอสฟอรัสเทียบกับสารละลายมาตรฐานด้วยเครื่อง UV/Vis spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K, Ca, Mg) สกัดดินด้วย 1M NH_4OAc. pH 7.0 วัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) เทียบกับสารละลายมาตรฐาน (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544)

ตารางที่ 1 สมบัติของดินก่อนปลูกกระเจี๊ยบเขียว

Texture	pH (1:1)	EC (1:5) (dS/m)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)
clay loam	7.61	0.53	1.54	35.10	138.65	3,049	330

4. การวิเคราะห์สมบัติของชีวมวลที่ใช้ในการทดลอง

วิเคราะห์สมบัติของชีวมวล (มูลวัว) โดยนำมาหาความชื้นโดยวิธี oven drying ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำชีวมวลมาบดให้ละเอียด วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 วัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:10 เขย่าเป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้ตกตะกอน แล้วนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินด้วยเครื่อง electrical conductivity วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ โดยวิธี Wet oxidation (Walkey and Black, 1934) วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด โดยย่อยตัวอย่างด้วยกรดผสมเปอร์คลอริกและไนตริกอัตราส่วน 1 ต่อ 1 (1:1 $HClO_4$:HNO_3) วัดปริมาณฟอสฟอรัสโดยวิธี Spectrophotometric molybdovanadophosphate method วัดปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551)

5. การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ย ต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย หรือค่า Value to Cost Ratio (VCR) หากค่า VCR มากกว่า 2 แสดงว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Pevaiz et al., 2004)

6. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติของ IRRISTAT Version 3/93

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. สมบัติของดินที่ใช้ในการทดลอง

จากผลวิเคราะห์สมบัติดินก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีค่าความกรด-ด่างของดินเป็นด่างเล็กน้อย (pH เท่ากับ 7.61) ค่าการนำไฟฟ้าของดินเท่ากับ 0.53 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ปริมาณอินทรียวัตถุจัดอยู่ในระดับปานกลาง (1.54 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จัดอยู่ในระดับปานกลาง (35.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง (138.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) เมื่อพิจารณาความต้องการธาตุอาหารพืชจากค่าวิเคราะห์ดินสำหรับกระเจี๊ยบเขียว พบว่า กระเจี๊ยบเขียวมีความต้องการปุ๋ยเท่ากับ 18-4-6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (ตารางที่ 1) จากรายงานของกรมส่งเสริมการเกษตร (2551) พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกระเจี๊ยบเขียว มีค่าเท่ากับ 6.5-7.5 ปริมาณอินทรียที่วัตถุเหมาะสมคือ 1-3 เปอร์เซ็นต์ และกระเจี๊ยบเขียวต้องการไนโตรเจน 38.4 กิโลกรัมต่อไร่ ฟอสฟอรัส 27.5 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียม 46 กิโลกรัมต่อไร่

2. สมบัติของชีวมวลที่ใช้ในการทดลอง

จากผลวิเคราะห์มูลวัว พบว่า มูลวัวมีค่าความชื้น 13.37 เปอร์เซ็นต์ มีค่า pH เท่ากับ 8.9 ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 8.39 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ปริมาณอินทรียวัตถุ เท่ากับ 58.07 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ทั้งหมด เท่ากับ 1.38 1.42 และ 4.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 24.40 จะเห็นว่ามูลวัวมีค่า C/N ratio มากกว่า 20 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (ประกาศกรมวิชาการเกษตร, 2555) ทั้งนี้การนำมูลวัวที่มีค่า C/N ratio มากกว่า 20 ไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ควรมีการหมักให้ย่อยสลายก่อนนำไปใช้เพื่อป้องกันการเกิดกระบวนการดูดซึมไนโตรเจนในรูปอนินทรีย์จากจุลินทรีย์ดิน (immobilization) ซึ่งอาจส่งผลให้พืชขาดไนโตรเจนในช่วงแรกของการใส่ปุ๋ยได้ (ทิพวรรณ และคณะ, 2567) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของชีวมวล (มูลวัว)

Moisture (%)	pH (1:1)	EC (1:10) (dS/m)	OM (%)	Total N (%)	Total P_2O_5 (%)	Total K_2O (%)	C/N ratio
13.37	8.9	8.39	58.07	1.38	1.42	4.57	24.40

หมายเหตุ : Moisture (%) base on fresh weight

3. การเจริญเติบโตและผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว

3.1 ความสูงต้นกระเจี๊ยบเขียว

จากการทดลอง พบว่า ต้นกระเจี๊ยบเขียวทุกกรรมวิธีมีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่อายุ 15 และ 30 วันหลังปลูก ในขณะที่ต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น ที่อายุ 45 และ 60 วันหลังปลูก มีความสูงต้นกระเจี๊ยบเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 63.65 และ 104.23 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความสูงของต้นกระเจี๊ยบเขียวที่อายุ 15 30 45 และ 60 วันหลังปลูก ในดินเหนียว-ร่วนเหนียว แปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระเจี๊ยบเขียว ตำบลสระยายโสม อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี

กรรมวิธี	ความสูงต้นกระเจี๊ยบเขียว (cm)			
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน
1. Control	5.93	14.35	47.63e	81.80d
2. RDF	5.92	14.18	54.14d	90.10c
3. RDF+CM	5.92	15.10	57.80c	93.64bc
4. RDF+CM+PSB+AMF	5.92	16.25	63.65a	104.23a
5. 75% of RDF+CM	5.93	15.58	57.33c	92.40bc
6. 75% of RDF CM+PSB+AMF	5.92	15.38	61.19b	96.60b
7. CM+PSB+AMF	5.92	14.45	48.05e	82.25d
เฉลี่ย	5.92	15.04	55.68	91.57
F - test	ns	ns	**	**
CV. (%)	0.3	8.3	1.3	3.2

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 4 ผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียวที่ปลูกในดินเหนียว-ร่วนเหนียว แปลงเกษตรกรผู้ปลูกกระเจี๊ยบเขียว ตำบลสระยายโสม อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี

กรรมวิธี	ผลผลิตกระเจี๊ยบเขียว			
	จำนวนฝักทั้งหมด (ฝัก/ไร่)	จำนวนฝักที่ผ่านเกณฑ์ (ฝัก/ไร่)	น้ำหนักฝักทั้งหมด (กก./ไร่)	น้ำหนักฝักที่ผ่านเกณฑ์ (กก./ไร่)
1. Control	73,450c	66,300d	738.00c	656.25d
2. RDF	98,275b	85,400bc	1,037.75b	897.00bc
3. RDF+CM	102,900ab	95,475ab	1,088.50b	960.75ab
4. RDF+CM+PSB+AMF	115,425a	105,150a	1,303.75a	1,149.25a
5. 75% of RDF+CM	101,425ab	93,150ab	1,049.50b	995.25ab
6. 75% of RDF CM+PSB+AMF	112,400ab	104,800a	1,103.75ab	1,032.50ab
7. CM+PSB+AMF	79,850c	72,700cd	790.75c	745.50cd
เฉลี่ย	97,675	88,996	1,016.00	919.50
F - test	**	**	**	**
CV. (%)	10.2	11.3	13.4	13.2

หมายเหตุ : ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

3.2 ผลผลิตกระเจี๊ยบเขียว

จำนวนฝักทั้งหมดต่อไร่ของกระเจี๊ยบเขียว เก็บเกี่ยวที่อายุ 45-80 วันหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น ให้จำนวนฝักทั้งหมดต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 115,425 ฝัก รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O

ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ให้จำนวนฝักทั้งหมดต่อไร่ เท่ากับ 112,400 102,900 101,425 และ 98,275 ฝัก ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมให้จำนวนฝักทั้งหมดต่อไร่ต่ำที่สุด เท่ากับ 73,450 ฝัก และไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ใส่มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 4)

จำนวนฝักที่ผ่านเกณฑ์ต่อไร่ของกระเจี๊ยบเขียว เก็บเกี่ยวที่อายุ 45-80 วันหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น ให้จำนวนฝักที่ผ่านเกณฑ์ต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 105,150 ฝัก รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ให้จำนวนฝักที่ผ่านเกณฑ์ต่อไร่ เท่ากับ 104,800 95,475 93,150 และ 85,400 ฝัก ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมให้จำนวนฝักที่ผ่านเกณฑ์ต่อไร่ต่ำที่สุด เท่ากับ 66,300 ฝัก และไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ใส่มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 4)

น้ำหนักฝักทั้งหมดต่อไร่ของกระเจี๊ยบเขียว เก็บเกี่ยวที่อายุ 45-80 วันหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น ให้น้ำหนักฝักทั้งหมดต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 1,303.75 กิโลกรัม รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ให้น้ำหนักฝักทั้งหมดต่อไร่ เท่ากับ 1,103.75 1,088.50 1,049.50 และ 1,037.75 กิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมให้น้ำหนักฝักทั้งหมดต่อไร่ต่ำที่สุด เท่ากับ 738.00 กิโลกรัม และไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ใส่มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 4)

น้ำหนักฝักที่ผ่านเกณฑ์ต่อไร่ของกระเจี๊ยบเขียว เก็บเกี่ยวที่อายุ 45-80 วันหลังปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น ให้น้ำหนักฝักที่ผ่านเกฑณ์ต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 1,149.25 กิโลกรัม รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น +อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อต้น กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ให้จำนวนฝักที่ผ่านเกณฑ์ต่อไร่ เท่ากับ 1,032.50 995.25 960.75 และ 897.00 กิโลกรัม ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมให้น้ำหนักฝักที่ผ่านเกณฑ์ต่อไร่ต่ำที่สุด เท่ากับ 656.25 กิโลกรัม และไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ใส่มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 4) การปลูกกระเจี๊ยบเขียวใช้ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ยาวนาน การใส่ปุ๋ยจึงต้องเพียงพอต่อความต้องการ จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูง สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียวได้ เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ในพืช ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อน ใบ และกิ่งก้าน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) การได้รับไนโตรเจนเพียงพอจะทำให้กระเจี๊ยบเขียวมีการเจริญเติบโตที่ดีใบมีสีเขียว ออกดอกมากขึ้น และให้ศักยภาพผลผลิตที่สูงขึ้น ต้นกระเจี๊ยบเขียวที่ขาดไนโตรเจนจะมีใบสีเหลืองอ่อน การเจริญเติบโตแคระแกรนและผลผลิตที่ได้ลดลง ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนในพืช

ที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตแตกต่างกันตามชนิดของพืช ส่วนของพืช และระยะการเจริญเติบโต แต่โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 1-2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Agribot, 2004) นอกจากนี้การใส่มูลวัวยังช่วยเพิ่มผลผลิตกระเจี๊ยบเขียวได้ ซึ่ง Premsekhar and Rajashree (2009) รายงานว่า ปริมาณผลผลิตกระเจี๊ยบเขียวที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของดินจึงทำให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น ประกอบกับการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจากจุลินทรีย์ที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ทำให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืชมากขึ้น เช่น ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ที่ช่วยละลายธาตุฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงอยู่กับธาตุแคลเซียมในดินด่างให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ช่วยเพิ่มศักยภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารให้แก่พืช โดยการสร้างเส้นใยเข้าไปในรากและเส้นใยบางส่วนจะเจริญอยู่ในดินบริเวณรอบรากพืช ช่วยดูดธาตุอาหารต่าง ๆ และละลายฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงอยู่ในดิน ส่งผ่านธาตุอาหารไปทางเส้นใยราเข้าสู่รากพืช จึงสามารถลดการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตลงได้ 25 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน, 2564)

5. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตกระเจี๊ยบเขียว พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน (18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่) มีค่าใช้จ่ายปุ๋ยน้อยที่สุดคือ 1,603 บาทต่อไร่ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N- N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น มีค่าใช้จ่ายปุ๋ยมากที่สุดคือ 5,619 บาทต่อไร่ แต่การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น ให้กำไรสูงสุด 6,706.00 บาทต่อไร่ โดยมีค่า VCR เท่ากับ 2.19 ซึ่งมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการใช้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์ร่วมกับชีวมวลในการผลิตกระเจี๊ยบเขียวตาม GAP ในดินเหนียว-ร่วนเหนียว จังหวัดสุพรรณบุรี

กรรมวิธี	ผลผลิตกระเจี๊ยบเขียว					
	ผลผลิต (กก./ไร่)	ผลผลิตเพิ่ม (กก./ไร่)	มูลค่าผลผลิต (บาท/ไร่)	ต้นทุนปุ๋ย (บาท/ไร่)	กำไร (บาท/ไร่)	VCR
1. Control	656.25	-	-	-	-	-
2. RDF	897.00	240.75	6,018.75	1,603.00	4,415.75	3.75
3. RDF+CM	960.75	304.50	7,612.50	3,603.00	4,009.50	2.11
4. RDF+CM+PSB+AMF	1,149.25	493.00	12,325.00	5,619.00	6,706.00	2.19
5. 75% of RDF+CM	995.25	339.00	8,475.00	3,202.25	5,272.75	2.65
6. 75% of RDF CM+PSB+AMF	1,032.50	376.25	9,406.25	5,218.25	4,188.00	1.80
7. CM+PSB+AMF	745.50	89.25	2,231.25	4,016.00	-1,784.75	0.56

หมายเหตุ : ปุ๋ยเคมี 46-0-0 ราคากิโลกรัมละ 25.5 บาท ปุ๋ยเคมี 18-46-0 ราคากิโลกรัมละ 35 บาท ปุ๋ยเคมี 0-0-60 ราคากิโลกรัมละ 37 บาท มูลวัว ราคากิโลกรัมละ 2 บาท ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ราคากิโลกรัมละ 90 บาท ปุ๋ยชีวภาพอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ราคากิโลกรัมละ 120 บาท กระเจี๊ยบเขียวราคากิโลกรัมละ 25 บาท

สรุปผลการวิจัย

การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 18-4-6 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น ให้ผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียวสูงที่สุด เท่ากับ 1,303.75 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่แตกต่างกับการใส่การใส่ปุ๋ยเคมี 13.5-3-4.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่+มูลวัวอัตรา 1 ตันต่อไร่+จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอัตรา 3 กรัมต่อต้น+อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอัตรา 3 กรัมต่อต้น ทั้งนี้การใส่ชีวมวลและผลิตภัณฑ์ชีวภาพจุลินทรีย์สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ร่วมกับกรมวิชาการเกษตร และขอขอบคุณกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตรที่ให้ความอนุเคราะห์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และทีมงานวิจัยทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลืองานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2567). *Gap online: กระเจี๊ยบเขียว*. https://gap.doa.go.th/.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2551). *คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร: กระเจี๊ยบเขียว.* http://www.agriman.doae.go.th/home/t.n/t.n1/5vagetable_Requirement/03_Okra.pdf.

กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน. (2564). *ปุ๋ยชีวภาพ*. กรุงเทพมหานคร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. (2544). *คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช*. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด : กรุงเทพฯ.

กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. (2551). *คู่มือวิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์*. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ควิกปริ๊นท์ ออฟเซ็ท : กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2554). *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

จักรพงษ์ เจิมศิริ. (2546). *วิธีวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน*. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ประกาศกรมวิชาการเกษตร. (2555). *เรื่อง การขอขึ้นทะเบียน การออกใบสำคัญการขึ้นทะเบียน การขอแก้ไขรายการทะเบียน และการแก้ไขรายการทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2555*. https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/11/FEDOA5.pdf.

ทิพวรรณ แก้วหนู ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต วนิดา โนบรรเทา สมฤทัย ตันเจริญ ชัชธนพร เกื้อหนุน นิศารัตน์ ทวีนุต ศรีสุดา รื่นเจริญ ศราริน กลิ่นโพธิ์กลับ แววตา พลกุล ปฏิมาภรณ์ จินจาคาม กมลชนก เจริญศรี นุชนาฏ ตันวรรณ สายน้ำ อุดพ้วย ภิญญาลักษณ์ รัตนวิระกุล และ อนุรักษ์ ภู่ระหงษ์. (2567). การประเมินการปลดปล่อยไนโตรเจนของปุ๋ยหมัก มูลไก่แกลบ มูลวัวนม และแหนแดงแห้ง. *แก่นเกษตร*. (52)(ฉบับเพิ่มเติม 1), 392-400.

สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. (2566). *ตลาดส่งออกสำคัญของไทยรายสินค้า*.https://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=MenucomTopNRecode&Option=3&Lang=Th&ImExType=1.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). *กระเจี๊ยบเขียว: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ปี2565*. https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/green%20bean%20%E0%B8%9B%E0%B8%B5%2065.pdf.

Agribot. (2004). *Nutrient Management in Okra*. https://agri.bot/docs/nutrient-management-in-okra/.

Pervaiz Z., Hussain K., Kazmi S.S.H. and Gill K.H. (2004). Agronomic efficiency of different N:P ratios in rain fed wheat. International Journal of *Agriculture & Biology* 6(3): 455–457.

Premsekhar, M. and Rajashree, V. (2009). Influence of organic manure on growth, yield and quality of okra. *American Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3(1): 6 – 8.

Walkley, A and Black. I. A. (1947). Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. *Soil Sci. Amer. Proc*, 63, 257.

วารสารเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร
Journal of Technology and Agricultural Innovation

วารสาร

เทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร

(Journal of Technology and Agricultural Innovation)

ISSN 2822-1303 (ONLINE)

Journal of Technology and Agricultural Innovation
Thaksin University, Phatthalung Campus
222 Moo. 2, Baan Prao Sub-District, Papayom District, Phatthalung, 93210, Thailand