คณะเทคโนโลยีการเกษตร
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
คณะเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 190-199

การพัฒนาเครื่องหมาย DNA ชนิด InDel เพื่อใช้คัดแยกอัลลีลของยีน *Lin*5 ที่เกี่ยวข้องกับ Sucrose invertase ในมะเขือเทศ

The Development of InDel Marker for Selection of *Lin*5 Gene Associated with Sucrose Invertase in Tomato

จุฬาลักษณ์ น้อยแสง[1,2] เกียรติสุดา เหลืองวิลัย[3,4] และจุลภาค คุ้นวงศ์[1,2,3*]
Juraluck Noisang,[1,2] Kietsuda Luengwilai,[3,4] and Julapark Chunwongse [1,2,3*]

บทคัดย่อ

ความหวานเป็นเป้าหมายสำคัญหนึ่งของการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศรับประทานผลสด โดยยีน *Lin*5 ที่มีการแสดงออกจำเพาะในรังไข่ และผลที่กำลังพัฒนา มีหน้าที่แปลรหัสเป็น extracellular invertase ที่เปลี่ยนซูโครสเป็นกลูโคส และ ฟรุกโทส จึงมีบทบาทเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำตาลในผลมะเขือเทศ การวิเคราะห์ลำดับดีเอ็นเอของยีน *Lin*5 จากตัวอย่างลำดับของ nucleotide จากมะเขือเทศ 11 สายพันธุ์ (4 ชนิด) ได้แก่ *Solanum pimpinellifolium:* 'L3708', 'TOMAC547'; S.*lycopersicum*:'SD2','SD3','O4','Cherry154','Cherry155','Cherry267', 'Tony'; S. *lycopersicum* var. *cerasiforme:* 'WVa700' และ S. *habrochaites:* L06112 (C1) สามารถจัดกลุ่มไฟโลเจเนติกส์ ได้ 3 กลุ่มคือ S. *pimpinellifolium*, S. *lycopersicum* และ S. *habrochaites* และพบตำแหน่ง Deletion จำนวน 15 คู่เบส ที่แตกต่างชัดเจนบน exon 3 ที่สามารถแบ่งมะเขือเทศที่ศึกษาได้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มอัลลีลของ S. *lycopersicum* และ กลุ่มอัลลีล S. *pimpinellifolium* โดยพบว่ามะเขือเทศเชอร์รี่ผลเล็ก (cherry tomato) น่าจะได้อัลลีลมาจาก S. *pimpinellifolium* และอาจสามารถนำความแตกต่างที่พบมาพัฒนาเครื่องหมาย DNA ชนิด InDel3477913 และนำไปใช้คัดเลือกสายพันธุ์ในงานปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้มีความหวานสูงขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: มะเขือเทศเชอร์รี่ ยีน *Lin*5 เครื่องหมาย DNA ชนิด InDel

Abstract

Fruit sweetness is a target for fresh tomato breeding. *Lin*5 gene has been found specifically express in ovaries and developing fruits. This gene encodes for extracellular invertase that cleaves sucrose molecules into glucose and fructose, therefore *Lin*5 gene was found to associate with sugar content in fruit. The analysis of *Lin*5 nucleotide sequence data from 4 tomato species including 11 tomato varieties i.e., *Solanum pimpinellifolium*: 'L3708', 'TOMAC547', S. *lycopersicum*: 'SD2', 'SD3', 'O4', 'Cherry154', 'Cherry155', 'Cherry267', 'Tony', S. *lycopersicum* var. *cerasiforme*: 'Wva700' and S. habrochaites: L06112 (C1) were investigated for a phylogenetic construction and represent three groups of S. *pimpinellifolium*, S. *lycopersicum* and S. *habrochaites*. We found a 15 bp deletion on an exon 3 this polymorphism can clearly distinguish between two tomato allele groups of S. *lycopersicum* and S. *pimpinellifolium* allele, also found as in cherry tomato group that might be inherited from S. *pimpinellifolium* allele. The InDel3477913 marker was developed to differentiate the S. *lycopersicum* allele from the S.*pimpinellifolium* allele and might be used effectively in selection for improving the sweetness in tomato.

Keywords: cherry tomato, *Lin*5 gene, InDel marker

[1]ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
[2]ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900
[3]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140
[4]ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140
*Corresponding author, Email: julapark.c@ku.ac.th

คำนำ

มะเขือเทศเป็นหนึ่งในพืชที่นิยมรับประทานผลสด โดยเฉพาะมะเขือเทศเชอร์รี่ซึ่งมีน้ำหนักผลน้อยกว่า 10 กรัม ผู้บริโภคให้ความสนใจมะเขือเทศเชอร์รี่ค่อนข้างมาก เพราะเป็นมะเขือเทศที่มีรสหวาน เมล็ดน้อย สามารถนำไปบริโภคได้เช่นเดียวกับผลไม้ (บุญส่ง เอกพงษ์, 2555) ลักษณะความหวานดังกล่าวเกี่ยวข้องกับยีน *Lin*5 ขนาด 3,846 คู่เบส บนโครโมโซมคู่ที่ 9 มีการแสดงออกเฉพาะบริเวณรังไข่ และผลที่กำลังพัฒนาเข้าสู่ระยะสุก ยีน *Lin*5 แปลรหัสเป็น extracellular invertase ที่เปลี่ยน ซูโครสเป็นกลูโคส และฟรุกโทส จึงมีบทบาทเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำตาลในผลมะเขือเทศ (Fridman *et al.,* 2000) ในมะเขือเทศพันธุ์ป่ามีอัลลีลของยีน *Lin*5 ที่เพิ่ม soluble solid content ในผลได้ถึง 20% โดยพบว่าแสดงออกน้อยในกลีบดอก และอับละอองเกษรตัวผู้ ซึ่งยีน *Lin*5 เป็น 1 ใน 4 ยีน ของ tomato invertase family gene (Godt and Roitsch,1997) จากการศึกษาหาลำดับของ nucleotide และ cDNA ของทั้ง 4 ยีน พบว่ายีน *Lin*5 และ *Lin*7 มีการจัดเรียงต่อกันแบบ direct tandem repeat อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 9 สำหรับยีน *Lin*6 และ *Lin*8 มีการจัดเรียงตัวแบบเดียวกันอยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 10 ซึ่งมีการอธิบายวิวัฒนาการของ tomato invertase family gene นี้ว่าเกิดจาก segmental duplication จากบรรพบุรุษ (Fridman and Zamir, 2003) นอกจากนี้ Godt and Roitsch (1997) ยังได้ศึกษาการแสดงออกของ tomato invertase family gene พบว่ายีน Lin7 มีการแสดงออกได้เพียงในอับละอองเกสรตัวผู้เท่านั้น สำหรับยีน *Lin*8 แสดงออกในราก และใบ ส่วนยีน *Lin*6 ไม่พบการแสดงออกในรังไข่ และอับละอองเกสรตัวผู้ การทราบข้อมูลลำดับเบสของยีน *Lin*5 ของสายพันธุ์มะเขือเทศที่ปลูกในประเทศไทย และสายพันธุ์ป่าจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการวิเคราะห์หาตำแหน่งที่แตกต่าง (polymorphisms) นำไปสู่การพัฒนาเครื่องหมาย DNA (DNA marker) เพื่อนำไปใช้ช่วยคัดเลือกสายพันธุ์พ่อ-แม่ และลูกผสมในงานปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้มีความหวานสูงขึ้น ในอดีตการปรับปรุงพันธุ์เป็นกระบวนการพัฒนาสายพันธุ์ที่มีลักษณะดีตรงตามความต้องการ โดยคัดเลือกจากการประเมินลักษณะที่ปรากฏ (phenotype) ซึ่งเป็นผลจากการแสดงออกของจีโนไทป์ (genotype) และมีผลกระทบของสภาพแวดล้อม (จรัสศรี นวลศรี, 2548) ลักษณะที่ปรากฏอาจไม่เพียงพอในการคัดเลือกให้ถูกต้องแม่นยำ รวมทั้งอาศัยระยะเวลานาน และใช้แรงงานจำนวนมาก (กรมวิชาการเกษตร, 2543) การประยุกต์ใช้เครื่องหมาย DNA จึงเป็นวิธีการคัดเลือกจีโนไทป์โดยตรง ที่สามารถตรวจสอบได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของพืช จึงมีส่วนช่วยประหยัดเวลา ลดแรงงาน ลดต้นทุน และพื้นที่ในการเพาะปลูก (สุรีพร เกตุงาม, 2546 และ สรพงศ์ เบญจศรี, 2554) ความแตกต่างของลำดับ DNA แบบ Insertion/Deletion (InDel) พบกระจายทั่วไปในจีโนมพืชเท่าๆ กับการพบ single nucleotide polymorphism (SNP) แต่การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ด้วยตำแหน่ง InDel ทำได้ง่ายกว่าเนื่องจากขนาดต่างกัน 5-50 คู่เบส (Song *et al*., 2015) โดยเครื่องหมาย DNA ชนิด InDel ถูกนำมาใช้ในการศึกษาด้านพันธุกรรม และลำดับวิวัฒนาการของพืชต่างๆ มากขึ้น (Montgomery *et al.,* 2013) ในงานวิจัยนี้ได้ตั้งเป้าหมายในการศึกษายีน *Lin*5 ในบริเวณ exon 3 ในมะเขือเทศ 11 สายพันธุ์ และพัฒนาเครื่องหมาย DNA สำหรับคัดเลือกอัลลีลของยีน *Lin*5 ที่เกี่ยวข้องกับความหวาน เพื่อนำไปใช้ช่วยคัดเลือกมะเขือเทศที่มีความหวานสูงต่อไป

วิธีการศึกษา

พันธุ์มะเขือเทศ

ในขั้นตอนการหาลำดับของ nucleotide ของยีน *Lin*5 บน exon 3 ใช้ตัวอย่างมะเขือเทศจำนวน 11 สายพันธุ์ (4 ชนิด) (Table 1) กำหนดให้สายพันธุ์ควบคุมมีรสหวานมากกว่ามะเขือเทศทั่วไป (Brix > 6) คือ Cherry154 และมะเขือเทศที่มีรสชาติอมเปรี้ยว หรือไม่หวาน (Brix 5-6) คือ SD3 ในส่วนการทดสอบเครื่องหมาย DNA ชนิด InDel ที่พัฒนาขึ้นได้ทดสอบกับมะเขือเทศที่ใช้ในการหาลำดับของ nucleotide จำนวน 7 สายพันธุ์ ได้แก่ Wva700, SD2, SD3, Cherry154, Cherry155, Cherry267 และTony รวทั้งทดสอบในมะเขือเทศลูกผสม (F_1)CH154xO4 และตัวอย่าง

เชื้อพันธุกรรมมะเขือเทศจากศูนย์วิจัย และพัฒนาพืชผักเขตร้อน (Tropical Vegetable Research Center (TVRC)) จำนวน 9 สายพันธุ์ ได้แก่ LE001, LE258, LE124, LE172, LE497, LE178, LE157, LE158 และLE016

การสกัด DNA มะเขือเทศ

การสกัด DNA ดัดแปลงมาจากวิธีการของ Fulton *et al*. (1995) หลังจากเพาะเมล็ดได้ต้นกล้าอายุประมาณ 20-30 วัน เก็บใบอ่อนใส่หลอดทดลองขนาด 1.5 มิลลิลิตร เตรียม extraction buffer (DNA extraction buffer: 0.35 M sorbitol, 0.1 M tris-base, 5 mM EDTA, pH 7.5, Nuclei lysis buffer: 0.2 M tris, 0.05 M EDTA, 2 M NaC1, 2 % CTAB และ 5% Sarkosyl ในอัตราส่วน 2.5:2.5:1 และเติม $NaHSO_4$ 0.3-0.5 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรของบัฟเฟอร์ pH 8.0) ใส่ในหลอดตัวอย่าง 200 ไมโครลิตร บดใบพืชจนละเอียดด้วยสว่านไฟฟ้าที่ติดหัวบดพลาสติก แล้วเติม extraction buffer อีก 550 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-60 นาที จากนั้นเติม chloroform : Isoamyl (24:1) 750 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสด้านบนออก 500 ไมโครลิตร ใส่หลอดใหม่ เติม isopropanol ปริมาตร 1 เท่าตัว แล้วพลิกหลอดเบาๆ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เทส่วนใสด้านบนทิ้ง และล้างตะกอน DNA ด้วย 70% ethanol นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 12,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เท ethanol ทิ้ง นำตะกอน DNA ไปอบให้แห้งที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 นาที จากนั้นละลายตะกอน DNA โดยเติม TE buffer ปริมาตร 50 ไมโครลิตร นำไปบ่มที่ 65 องศาเซลเซียส ประมาณ 30 นาที จนตะกอน DNA ละลาย เก็บรักษาสารละลาย DNA ที่ 4 องศาเซลเซียส

Table 1 List of plant materials investigated for *Lin*5 gene sequence analysis.

Species	Code name	References
S. pimpinellifolium	L3708, TOMAC547	Phetchaboon *et al*., 2007
S. lycopersicum var. *cerasiforme*	Wva700	Phetchaboon *et al*., 2007
S. lycopersicum	SD2, SD3	Tropical Vegetable Research Center (TVRC)
	O4	Chomdej *et al*., 2012
	Cherry154 (CH154), Cherry155 (CH155), Cherry267 (CH267)	World Vegetable Center (WorldVeg)
	Tony	Commercial variety
S. habrochaites	L06112 (C1)	Chomdej *et al*., 2012

การออกแบบไพรเมอร์ครอบคลุม exon3 ของ ยีน *Lin*5

ในการทดลองนี้ได้ออกแบบไพรเมอร์จำนวน 1 คู่ ด้วยโปรแกรม Primer3 (Untergasser *et al.,* 2012) โดยใช้ลำดับของ nucleotide ของมะเขือเทศ 3 สปีชีส์ ได้แก่ S. pimpinellifolium (Elliott *et al*.,1993), S. *lycopersicum* (Fridman *et al*., 2000) และ S. *lycopersicum* var. 'Moneymaker' (Proels *et al.,* 2003) จากฐานข้อมูล NCBI โดยเลือกบริเวณ conserved region ของยีน *Lin*5 มาใช้ในการออกแบบไพรเมอร์ครอบคลุมบน exon 3 (Figure 1) เนื่องจากเป็น exon ขนาดใหญ่ที่สุด หากมีความแตกต่างลำดับของ nucleotide ระหว่างกลุ่มมะเขือเทศ จะทำให้ผลการแปลรหัส amino acid เปลี่ยนไป และส่งผลให้การทำงานของ sucrose invertase ของมะเขือเทศแต่ละชนิดต่างกัน

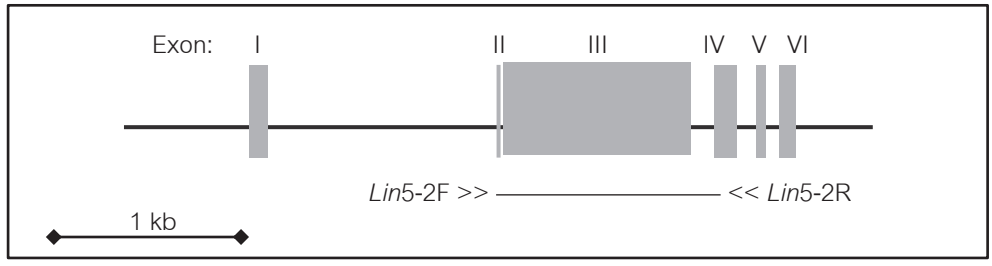


Figure 1 The position of the *Lin*5-2F/R primer pairs, relative to the exons (grey boxes) and introns (black line) of the *Lin*5 gene. This primer set was used to amplify exon 3 regions of the *Lin*5 gene in different tomato species. F denotes the sense primer and R is the antisense primer.

การเพิ่มปริมาณ DNA บริเวณยีน Lin5 และการเตรียมผลผลิตจากปฏิกิริยา PCR เพื่อวิเคราะห์หาลำดับของ nucleotide

นำ DNA ที่สกัดได้มาเพิ่มปริมาณ DNA บริเวณยีน *Lin*5 ของมะเขือเทศ 11 สายพันธุ์ โดยใช้ DNA ความเข้มข้น 50-100 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ปริมาตร 1 ไมโครลิตร สำหรับปฏิกิริยา PCR ปริมาตรรวม 20 ไมโครลิตร ที่ประกอบด้วย dH_2O ปริมาตร 10 ไมโครลิตร, 10x Taq Polymerase buffer ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, $MgCl_2$ ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, dNTP ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, forward primer (*Lin*5-2F: 5'-GGTCTCTCTCCATTGGATGC-3' (T_m 59.6 องศาเซลเซียส)) ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, reverse primer (*Lin*5-2R: 5'-GGTCAGCCCATCTAGGATCA-3' (T_m 60.0 องศาเซลเซียส)) ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร และ 1 unit Taq DNA polymerase ปริมาตร 1 ไมโครลิตร (NEW ENGLAND BIOLABS, UK, UK) นำเข้าเครื่อง Thermal cycler โดยใช้อุณหภูมิสำหรับ pre-denature ที่ 94 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที denature ที่ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที annealing ที่ 55°C เป็นเวลา 30 วินาที และ extension ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที จำนวน 34 รอบ และตามด้วย extension ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที จำนวน 1 รอบ ตรวจสอบขนาดของผลผลิตจากปฏิกิริยา PCR ที่ได้ด้วยเทคนิค Gel electrophoresis โดยการใช้ 1% agarose gel ที่ย้อมด้วย ethidium bromide เปรียบเทียบกับแถบ DNA มาตรฐาน 1 Kb DNA ladder (New England Biolabs, UK) ทำความสะอาดผลผลิตจากปฏิกิริยา PCR ตามขั้นตอนของผู้ผลิต PCR clean-up reagent (Macherey-Nagel, Germany) เพื่อเตรียมส่งวิเคราะห์หาลำดับของ nucleotide โดยวิธี Dideoxy chain termination

การวิเคราะห์ผลลำดับของ nucleotide

ผลผลิตจากปฏิกิริยา PCR ทั้งหมดส่งไปที่บริษัท 1st BASE ประเทศมาเลเซียเพื่อวิเคราะห์ลำดับของ nucleotide จากนั้นนำผลลำดับของ nucleotide มะเขือเทศทั้ง 11 สายพันธุ์ และลำดับของ nucleotide ของมะเขือเทศซึ่งเป็นยีน *Lin*6, *Lin*7และ *Lin*8 ซึ่งเป็น extracellular invertase และลำดับของ nucleotide ของ S. *tuberosum* และ *Citrus sinensis* ซึ่งเป็นกลุ่ม vacuolar invertase จากฐานข้อมูล NCBI มาร่วมวิเคราะห์จัดกลุ่มสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ (phylogenetic tree) ด้วยโปรแกรม Molecular Evolutionary Genetics Analysis VERSION 6 (MEGA6) (Tamura *et al.,* 2013) โดยวิธี Neighbor Joining method หาค่า Bootstrap จำนวน 500 ซ้ำ

การออกแบบเครื่องหมาย DNA ชนิด InDel

จากการวิเคราะห์หาความแตกต่างลำดับของ nucleotide ในบริเวณ exon 3 ยีน *Lin5* ของมะเขือเทศ 11สายพันธุ์ พบตำแหน่ง InDel ขนาด 15 คู่เบส โดย insertion 15 คู่เบส พบในมะเขือเทศ S. *lycopersicum* (SD2, SD3 และ O4) และ S. *lycopersicum* var. *cerasiforme* (Wva700) และพบ deletion 15 คู่เบส ในมะเขือเทศ L3708, TOMAC547, Cherry154, Cherry155, Cherry267 และ Tony โดยเฉพาะ L3708 และTOMAC547 เป็นมะเขือเทศ S. *pimpinellifolium* ที่มีความหวานสูงซึ่งอัลลีลของยีน Lin5 นี้อาจจะเป็นแหล่งของยีน *Lin5* ในมะเขือเทศเชอรี่ที่ปลูกอยู่ในปัจจุบัน เช่น Cherry154, Cherry155, Cherry267 และพันธุ์การค้า Tony จึงได้ทำการออกแบบไพร์เมอร์คร่อมตำแหน่ง InDel ด้วยโปรแกรม Primer3 (Untergasser *et al.,* 2012) และให้ชื่อเครื่องหมาย DNA นี้ว่า InDel3477913 โดยอ้างอิงตำแหน่งดังกล่าวจากลำดับ genomic DNA ในฐานข้อมูล ไพร์เมอร์คู่นี้ประกอบด้วย primer forward; 5'-TCCGAATAACAATTCAATTGATGGTTG-3' และprimer reverse; 5'GAAAAGTTGAAACCTGTGATGCTGAGAT-3' เมื่อทำปฏิกิริยา PCR อัลลีล S. *pimpinellifolium* type จะได้ผลผลิตขนาด 344 คู่เบส และมีขนาด 359 คู่เบส ใน S. *lycopersicum* type (Figure 2)

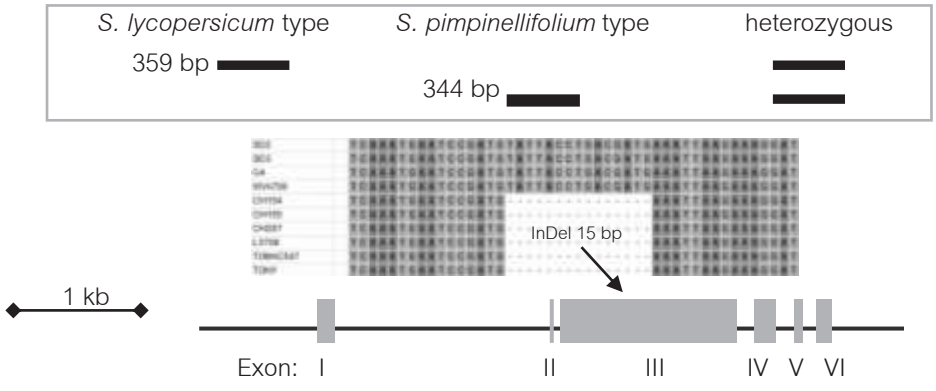


Figure 2 Expected PCR product sizes in S. *lycopersicum*, S. *pimpinellifolium* and its F_1 hybrid amplified by InDel3477913 primer pair.

การเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยเครื่องหมาย DNA InDel3477913

นำ DNA ที่สกัดได้มาเพิ่มปริมาณ DNA ตำแหน่ง InDel 15 คู่เบส บนยีน *Lin5* ของมะเขือเทศ โดยใช้ 50-100 นาโนกรัม DNA ปริมาตร 1 ไมโครลิตร สำหรับปฏิกิริยา PCR ปริมาตรรวม 20 ไมโครลิตร ที่ประกอบด้วย dH_2O ปริมาตร 10.8 ไมโครลิตร, 10x Taq Polymerase buffer ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, $MgCl_2$ ความเข้มข้น 25 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1.2 ไมโครลิตร, dNTP ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 2 ไมโครลิตร, forward primer (5'-TCCGAATAACAATTCAATTGATGGTTG-3') ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, reverse primer (5'-GAAAAGTTGAAACCTGTGATGCTGAGAT-3') ความเข้มข้น 10 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 1 ไมโครลิตร และ 1 unit Taq DNA polymerase ปริมาตร 1 ไมโครลิตร (New England Biolabs, UK) นำเข้าเครื่อง Thermal cycler โดยใช้อุณหภูมิสำหรับ pre-denature ที่ 94 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที denature ที่ 94 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที annealing ที่ 52 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที และ extension ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที จำนวน 34 รอบ และตามด้วย extension ที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จำนวน 1 รอบ แยกขนาดของผลผลิตจากปฏิกิริยา PCR ด้วยเทคนิค polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE) ประกอบด้วย

4.5% acrylamide gel ที่ 60 โวลต์ เป็นเวลา1.50 - 2 ชั่วโมง ตรวจสอบแถบ DNA ด้วยวิธีการย้อมแผ่น acrylamide ด้วยสารซิลเวอร์ไนเตรท (Barril and Nates, 2012)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

คู่ไพร์เมอร์ *Lin*5-2F/R จำเพาะต่อยีน *Lin*5 ในบริเวณ exon 3 สามารถใช้เพิ่มปริมาณ DNA ตำแหน่งดังกล่าวของมะเขือเทศได้ทั้ง 11 สายพันธุ์ หลังจากได้ผลการวิเคราะห์หาลำดับของ nucleotide ยีน *Lin*5 ของมะเขือเทศทุกสายพันธุ์ ได้นำมาวิเคราะห์จัดกลุ่ม (phylogenetic tree) และหาตำแหน่งความแตกต่างเพื่อเป็นข้อมูลการพัฒนาเครื่องหมาย DNA

ผลตรวจสอบการเพิ่มปริมาณ DNA ด้วยไพร์เมอร์ครอบคลุม exon 3 ยีน *Lin*5 จากปฏิกิริยา PCR

เมื่อใช้ไพร์เมอร์ *Lin*5-2F/R เพิ่มปริมาณ DNA จะได้ขนาดชิ้นผลผลิต 1397 คู่เบส (Figure 3) ไพร์เมอร์ชุดนี้มีความไวต่อสารปนเปื้อนต่างๆ จึงควรใช้น้ำที่บริสุทธิ์ เช่นน้ำ RO และมั่นใจว่าสารที่ใช้เป็นส่วนประกอบมีความสะอาดจะทำให้ปฏิกิริยา PCR นี้เพิ่มปริมาณ DNA ได้อย่างมีประสิทธ

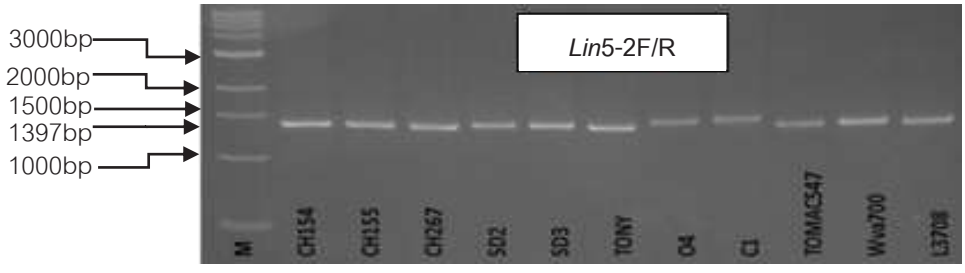


Figure 3 Identification of *Lin*5 PCR fragment amplified by the, *Lin*5-2F/R primers using genomic DNA purified from tomato genotypes cherry154, cherry 155, cherry 267, SD2, SD3, Tony, O4, C1, TOMAC547, Wva700 and L3708 respectively using 1% (w/v) agarose gel electrophoresis. Shown are the PCR products M is 1 kb ladder marker (New England Biolabs, UK).

การจัดกลุ่มมะเขือเทศด้วยข้อมูลลำดับของ nucleotide บริเวณ exon 3 ของยีน *Lin*5

เมื่อนำข้อมูลลำดับของ nucleotide บริเวณ exon 3 ยีน Lin5 ของมะเขือเทศตัวอย่างทั้ง 11 สายพันธุ์ ร่วมกับลำดับของ nucleotide มะเขือเทศของยีน *Lin*6, *Lin*7 และ*Lin*8 ซึ่งเป็น extracellular invertase ของมะเขือเทศ และลำดับของ nucleotide ของ S. *tuberosum* และ Citrus sinensis ซึ่งเป็นกลุ่ม vacuolar invertase มาวิเคราะห์จัดกลุ่มสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ (phylogenetic tree) โดยใช้โปรแกรม Molecular Evolutionary Genetics Analysis VERSION 6 (MEGA6) (Tamura *et al*., 2013) โดยวิธี Neighbor Joining method หาค่า Bootstrap จำนวน 500 ซ้ำ ผลการจัดกลุ่มจัดให้ลำดับของ nucleotide ของตัวอย่างและจากฐานข้อมูล ซึ่งเป็นยีน *Lin*5 และ*Lin*7 อยู่กลุ่มเดียวกัน สำหรับยีน *Lin*6 และ *Lin*8 จัดได้เป็นอีกกลุ่มหนึ่ง ส่วน S. *tuberosum* และ *Citrus sinensis* เป็นกลุ่มที่แยกออกมา (Figure 4) สอดคล้องกับผลการศึกษาหาลำดับของ nucleotide และ cDNA ของทั้ง 4 ยีน พบว่า *Lin*5 และ *Lin*7 มีการจัดเรียงต่อกันแบบ direct tandem repeat อยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 9 มีความคล้ายคลึงกันของลำดับของ nucleotide จึงจัดกลุ่มได้กลุ่มเดียวกัน สำหรับยีน *Lin*6 และ *Lin*8 มีการจัดเรียงตัวแบบเดียวกันอยู่บนโครโมโซมคู่ที่ 10 จึงแยกออกมาเป็นอีกกลุ่ม ซึ่งมีการอธิบายวิวัฒนาการของ tomato invertase family gene นี้ว่าเกิดจาก segmental duplication จากบรรพบุรุษ (Fridman and Zamir, 2003)

การค้นพบตำแหน่ง InDel 15 คู่เบส และผลการพัฒนาเครื่องหมาย DNA InDel3477913

หลังจากวิเคราะห์ลำดับของ nucleotide ยีน *Lin*5 บน exon 3 ของมะเขือเทศตัวอย่าง 11 สายพันธุ์ พบตำแหน่ง InDel 15 คู่เบส หรือ amino acid 5 ตัว ใน 10 สายพันธุ์ แต่ไม่พบในสายพันธุ์ C1 ที่เป็น S. *habrochaites* คาดว่าสายพันธุ์ป่านี้มีลักษณะจีโนไทป์แบบ heterozygous จำเป็นต้องใช้เทคนิคการโคลนยีนในลำดับต่อไป ซึ่ง InDel 15 คู่เบส อาจส่งผลถึงโครงสร้างโปรตีน และการแสดงออกของยีนได้ เนื่องจาก exon 3 คือบริเวณที่แปลรหัสเป็น substrate binding site และ active site สำหรับ sucrose invertase (Fridman *et al.,* 2000, Godt and Roitsch, 1997) เมื่อลำดับ amino acid เปลี่ยนไปจึงส่งผลให้การแสดงออกของ sucrose invertase ของมะเขือเทศแต่ละชนิดไม่เท่ากัน และความแตกต่าง InDel นี้จึงสามารถใช้แยกอัลลีลระหว่างมะเขือเทศ S.*lycopersicum* และ S. *pimpinellifolium* ออกจากกันได้ โดยตำแหน่ง insertion 15 คู่เบส พบในมะเขือเทศ

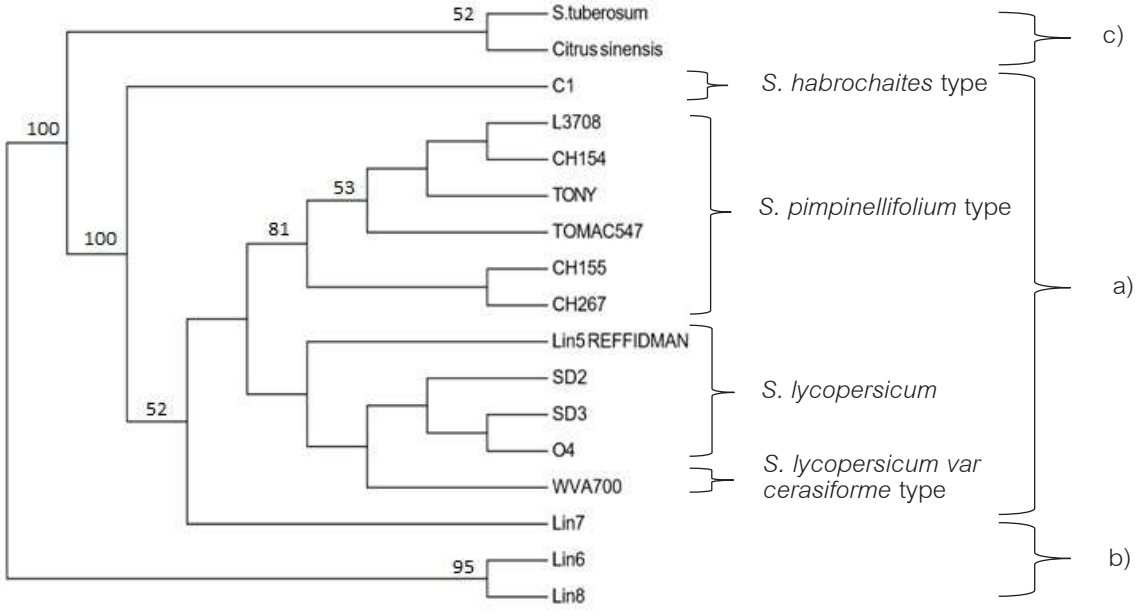


Figure 4 Phylogenetic relationship based on the deduced DNA sequences of a) the *Lin*5 alleles identified from four tomato species, b) that of the *Lin*7, *Lin*8 and *Lin*6 gene from S. *lycopersicum* and c) the vacuolar invertase of S. *tuberosum* and *Citrus sinensis* which served as the out-groups. The upper numbers are Bootstap supporting-values of 500 replications.

S. *lycopersicum* ได้แก่ SD2, SD3, O4 และ S. *lycopersicum* var. *cerasiforme* ได้แก่ Wva700 และพบ deletion 15 คู่เบส เฉพาะในอัลลีลกลุ่ม S. *pimpinellifolium* ได้แก่ L3708, TOMAC547, Cherry154, Cherry155, Cherry267 และ Tony จึงได้ทำการออกแบบเครื่องหมาย DNA InDel3477913 คร่อมตำแหน่ง InDel นั้น เมื่อทำปฏิกิริยา PCR อัลลีลกลุ่ม S. *pimpinellifolium* จะได้ผลผลิตขนาด 344 คู่เบส และมีขนาด 359 คู่เบส ในอัลลีลกลุ่ม S. *lycopersicum* การตรวจสอบขนาดของผลผลิตจากปฏิกิริยา PCR ด้วยเทคนิค polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE) ในงานวิจัยนี้สามารถแยกขนาดได้ชัดเจน (Figure 5) แต่เนื่องจากแถบ DNA มีขนาดต่างกันถึง 15 คู่เบส ซึ่งสามารถใช้เทคนิค 2% agarose gel electrophoresis ในการคัดเลือกแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดค่าใช้จ่าย และระยะเวลาปฏิบัติงาน ความแตกต่างของลำดับของ nucleotide แบบ Insertion/Deletion พบกระจายทั่วไปในจีโนมพืชเท่าๆ กับการพบ single nucleotide polymorphism (SNP) แต่การตรวจสอบความแตกต่าง

ระหว่างสายพันธุ์ด้วยตำแหน่ง InDel ทำได้ง่ายกว่าเนื่องจากขนาดต่างกัน 5-50 คู่เบส เช่นเดียวกับเครื่องหมาย DNA ชนิด InDel สำหรับงาน genetic mapping ในถั่วเหลือง (Glycine max (L.) Merrill) (Song *et al.,* 2015)

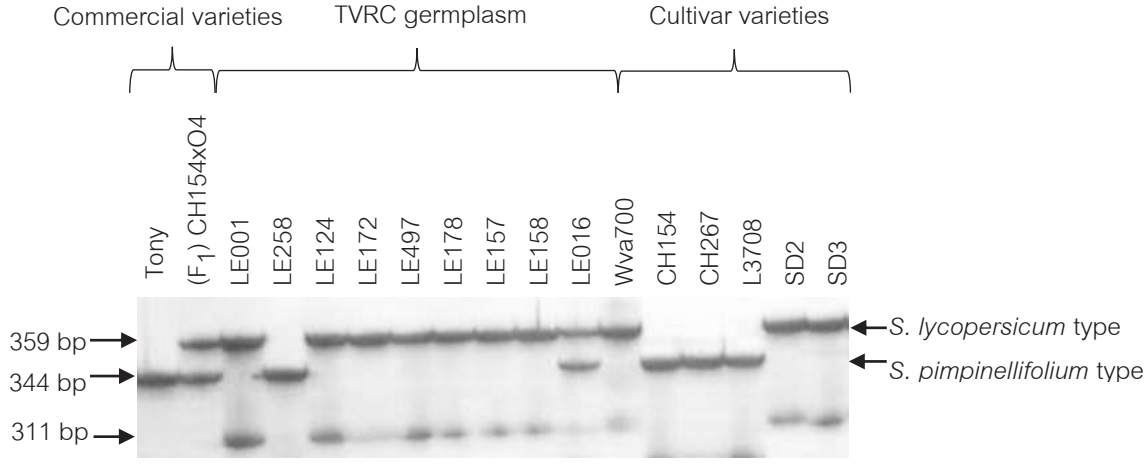


Figure 5 An InDel3477913 marker genotyping on TVRC tomato germplasm and commercial cultivar s. *Fifteen base* pair InDel were detectable and useful in identifying the S. *pimpinellifolium* and S. *lycopersicum* allele types at 344 bp and 359 bp, respectively.

```
Heinz(ref):   TTTGGGGTTGGTCAAATGAATCCGATGTATTACCTGACGATGAAATTAAGAAAGGATGGGCTGGAATTC
SD2:          TTTGGGGTTGGTCAAATGAATCCGATGTATTACCTGACGATGAAATTAAGAAAGGATGGGCTGGAATTC
Wva700:       TTTGGGGTTGGTCAAATGAATCCGATGTATTACCTGACGATGAAATTAAGAAAGGATGGGCTGGAATTC
SD3:          TTTGGGGTTGGTCAAATGAATCCGATGTATTACCTGACGATGAAATTAAGAAAGGATGGGCTGGAATTC
O4:           TTTGGGGTTGGTCAAATGAATCCGATGTATTACCTGACGATGAAATTAAGAAAGGATGGGCTGGAATTC
CH154:        TTTGGGGTTGGTCAAATGAATCCGATG---------------AAATTAAGAAAGGATGGGCTGGAATTC
CH155:        TTTGGGGTTGGTCAAATGAATCCGATG---------------AAATTAAGAAAGGATGGGCTGGAATTC
CH267:        TTTGGGGTTGGTCAAATGAATCCGATG---------------AAATTAAGAAAGGATGGGCTGGAATTC
L3708:        TTTGGGGTTGGTCAAATGAATCCGATG---------------AAATTAAGAAAGGATGGGCTGGAATTC
TM547:        TTTGGGGTTGGTCAAATGAATCCGATG---------------AAATTAAGAAAGGATGGGCTGGAATTC
Tony:         TTTGGGGTTGGTCAAATGAATCCGATG---------------AAATTAAGAAAGGATGGGCTGGAATTC
```

Figure 6 Alignment of the InDel on exon 3 regions of the *Lin5* gene sequence showing 15 bp InDel from all tomato varieties, except S. *habrochaites* (C1). This InDel can differentiate the S. *lycopersicum* type (SD2, SD3, O4 and Wva700) and the S. *pimpinellifolium* type (L3708, TOMAC547, Cherry154, Cherry155, Cherry267 and Tony)

สรุปผลการศึกษา

สามารถหาลำดับของ nucleotide ของ exon 3 ของยีน *Lin5* ของมะเขือเทศตัวอย่างได้ทั้ง 11 ชนิด เมื่อนำมาจัดกลุ่มมะเขือเทศสามารถแยกกลุ่มอัลลีลระหว่าง S. *lycopersicum* กับ S. *pimpinellifolium* ออกจากกันได้ รวมทั้งการค้นพบตำแหน่ง InDel 15 คู่เบส ที่แตกต่าง (polymorphism) ระหว่างอัลลีลกลุ่ม S. *lycopersicum* และอัลลีลกลุ่ม S. *pimpinellifolium* นำมาซึ่งการพัฒนาเครื่องหมาย DNA ชนิด InDel3477913 ที่ใช้ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างมะเขือเทศทั้ง 2 กลุ่มได้ และอาจนำมาใช้คัดเลือกสายพันธุ์พ่อ แม่ และลูกผสมได้ในงานปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศให้มีความหวานสูงขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ และศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม ที่เอื้อเฟื้อทุนการศึกษาและทุนวิจัย ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม และศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิจัยระหว่างการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2543. *การพัฒนาการเกษตรไทยยุคเทคโนโลยีชีวภาพ*. สำนักงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ.กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ.

จรัสศรี นวลศรี. 2548. *เอกสารคำสอนการปรับปรุงพันธุ์พืชสวน*. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

บุญส่ง เอกพงษ์. 2555. การจัดการผลิตมะเขือเทศใน หน่วยที่11 การจัดการการผลิตผักวงศ์พริกและ มะเขือ. เอกสารคำสอนชุดวิชาการจัดการการ ผลิตไม้ผลและผักเชิงเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. หน้า 11-35-1167.

สรพงศ์ เบญจศรี. 2554. เครื่องหมายโมเลกุลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืช. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 39:350-363.

สุรีพร เกตุงาม. 2546. เครื่องหมายดีเอ็นเอในงานปรับปรุงพันธุ์พืช. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*. 5:37-59.

Barril, P. and S. Nates. 2012. Introduction to agarose and polyacrylamide gel electrophoresis matrices with respect to their detection sensitivities. pp. 1-14. In S. Magdeldin, ed. Gel Electrophoresis - Principles and Basics. InTech, Available Source: http://www.intechopen.com/books/gel-electrophoresis-principles-and-basics/introduction-to-agarose-and-polyacrylamide-gel-electrophoresis-matrices-with-respect-to-their-detect, 2 April 2018.

Chomdej, O., U. Pongpayaklers and J. Chunwongse. 2012. Resistance to tomato yellow leaf curl virus-Thailand isolate (TYLCTHV-[2]) and markers loci association in BC2F1 population from a cross between Seedathip3 and a wild tomato, Solanum habrochaites 'L06112' clone no.1. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 34(1).

Elliott, K. J., W. O. Butler, C. D. Dickinson, Y. Konno, T. S. Vedvick, L. Fitzmaurice and T. E. Mirkov. 1993. Isolation and characterization of fruit vacuolar invertase genes from two tomato species and temporal differences in mRNA levels during fruit ripen. *Plant Mol. Biol.* 21(3): 515-524.

Fridman, E., T. Pleban and D. Zamir. 2000. A recombination hotspot delimits a wild-species quantitative trait locus for tomato sugar content to 484 bp within an invertase gene. Proc. Nat. Acad. Sci. 97(9): 4718-4723.

Fridman, E. and D. Zamir. 2003. Functional divergence of a syntenic invertase gene family in tomato, potato and Arabidopsis. *Plant Physiol.* 131(2): 603-609.

Fulton, T. M., J. Chunwongse and S. D. Tanksley. 1995. Microprep protocol for extraction of DNA from tomato and other herbaceous plants. *Plant Mol. Biol. Rept.*13(3): 207-209.

Godt, D. E. and T. Roitsch. 1997. Regulation and tissue-specific distribution of mRNAs for three extracellular invertase isoenzymes of tomato suggests an important function in establishing and maintaining sink metabolism. *Plant Physiol.* 115(1): 273-282.

Montgomery, S. B., D. L. Goode, E. Kvikstad, C. A. Albers, Z. D. Zhang et al., 2013. The origin, evolution, and functional impact of short insertion-deletion variants identified in 179 human genomes. *Genome Res* 23:749-761.

Petchaboon, K. 2012. The study of Genetic Diversity in Phytopthora infestans in Thailand and The Study of Allelic Variation in Late Blight Resistance Gene (Ph-3) in Tomato. Dissertation, University of Kasetsart University.

Proels, R. K., B. Hause, S. Berger and T. Roitsch. 2003. Novel mode of hormone induction of tandem tomato invertase genes in floral tissues. *Plant Mol. Biol.* 52(1): 191-201.

Song, X., H. Wei, W. Cheng, S. Yang, Y. Zhao, X. Li, D. Luo, H. Zhang and X. Feng. 2015. Development of INDEL marker for genetic mapping based on whole genome resequencing in soybean. *G3: Gene/Genome/Genetics* 5(12): 2793-2799.

Tamura, K., G. Stecher, D. Peterson, A. Filipski and S. Kumar. 2013. MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. *Mol. Biol. Evol*. 30(12): 2725-2729.

Untergasser, A., I. Cutcutache, T. Koressaar, J. Ye, B. C. Faircloth, M. Remm, S. G. Rozen. 2012. Primer3 new capabilities and interfaces. *Nucl. Acid. Res*. 40(15):115-115.

วันรับบทความ (Received date) : 20 เม.ย. 61
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 20 พ.ค. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 31 มิ.ย. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 200 - 211

ผลของสารพาโคลบิวทราโซลและเมพิควอทคลอไรด์ เพื่อควบคุมการเจริญเติบโต และการออกดอกของแก่นตะวันกระถาง

Effects of PBZ and MPC for Control of Growth and Flowering of Potted Jerusalem Artichoke(*Helianthus tuberosus* L.)

อัจฉราภรณ์ แสนทองคำ[1] สุมนา นีระ[1] สนั่น จอกลอย[2] และภาณุพล หงษ์ภักดี [1*]
Atcharaphorn Saenthongkham,[1] Sumana Neera,[1] Sanan Jogloy[1] and Panupon Hongpakdee[1*]

บทคัดย่อ

แก่นตะวัน มีศักยภาพที่พัฒนาเป็นไม้ดอกกระถางได้ เมื่อได้รับการควบคุมความสูงต้นและทรงพุ่ม โดยวิธีการที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในการควบคุมขนาดไม้กระถาง คือ การใช้กลุ่มสารชะลอการเจริญเติบโต การศึกษาชนิดสาร ความเข้มข้น และวิธีการให้สาร เพื่อผลิตไม้กระถาง ดำเนินการ 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ให้สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol: PBZ) ปัจจัย A คือ วิธีการให้สาร 3 วิธี ราดลงวัสดุปลูก (media drenching) พ่นทางใบ (foliar spraying) และแช่หัวพันธุ์ก่อนปลูก (tuber soaking) ปัจจัย B คือ ความเข้มข้น 4 ระดับ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับการทดลองที่ 2 การใช้สารเมพิควอทคลอไรด์ (mepiquatchloride: MPC) ปัจจัย A คือ วิธีการให้สาร (เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1) และปัจจัย B คือความเข้มข้นสาร 4 ระดับ 0, 250, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งสองการทดลองวางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมในสุ่มสมบูรณ์ (factorial in CRD; 3 x 4) เริ่มให้สารในสัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายปลูก จำนวน 5 ครั้ง ครั้งละ 50 มิลลิลิตร โดยไม่มีการเด็ดยอด ผลการทดลอง พบว่าการให้สาร PBZ ทั้งวิธีราดและพ่น ที่ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดความสูงต้น เพิ่มพื้นที่ใบรวม และเพิ่มค่า compactness index ได้ แต่วิธีการแช่หัวพันธุ์ในสาร PBZ กลับไม่ทำให้พืชออกดอก สำหรับการให้สาร MPC ที่ระดับ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีความสูงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ ส่วนวิธีการให้สาร ทั้งราดและแช่ ลดความสูงต้นได้ดีกว่าการพ่น นอกจากนี้อิทธิพลร่วมระหว่าง วิธีการแช่และความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลได้ดีที่สุดในการลดความสูงต้น จากผลการทดลองนี้การใช้สารชะลอการเจริญเติบโต ทำได้เพียงลดความสูงต้น แต่ไม่ส่งเสริมการออกดอกของแก่นตะวัน เทคนิคดังกล่าวจึงยังไม่สามารถใช้เพื่อการผลิตแก่นตะวันเป็นไม้กระถางได้

คำสำคัญ: สารพาโคลบิวทราโซล เมพิควอทคลอไรด์ แก่นตะวัน ไม้กระถาง พืชต้นเตี้ย

Abstract

Jerusalem artichoke has potential to develop as flowering potted plants, since it was controlled their height and canopy. The most commonly used to control plant size in potted plant was plant growth retardant application. The study of its suitable concentration and application method for creating the potted plant was conducted in two experiments. The first experiment was done by paclobutrazol (PBZ) application, comprise with factor A (application methods): 1) media drenching, 2) foliar spraying and 3) tuber soaking, while factor B were 4 levels of PBZ concentrations (0, 50, 100 and 200 mg/L). The second experiment was conducted by mepiquatchloride (MPC) application, with factor A (application method) which similar to experiment 1 and Factor B were 4 levels of MPC concentrations (0, 250, 500 and

[1]สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
[2]สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002
*Corresponding author, Email: panupon@kku.ac.th

1,000 mg/L). Both experiments were conducted in 3x4 factorial in CRD, which start the application of 50 mL of PGRs 5 times at 4 weeks after transplanting without pinching. The results showed that both mediadrenching and foliar spraying with 100 and 200 mg/L of PBZ application significantly reduced the plant height, increased total leaf area and compactness index, but tuber normal plant, while both media drenching and tuber soaking methods could decrease plant height better than spraying. Never the less, it was found some interaction between MPC application and its concentration by MPC soaking with 1,000 mg/L gave the best result for suppress plant height, In this study, plant growth retardant application could reduce only plant height, but did not promote flowering. This technique still not be used for potted Jerusalem artichoke production produced potted plant

Keywords: Paclobutrazol, mepiquatchloride, Jerusalem artichoke, sunchoke, potted plant, shorted plant

คำนำ

แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) เป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารและโภชนาการ เนื่องจากอุดมไปด้วยสาร อินูลิน (inulin) ช่วยลดความเสี่ยงของโรคเบาหวาน มะเร็งลำไส้ โรคหัวใจ และโรคอ้วนได้ (Baldini *et al*., 2004; Monti *et al*., 2005, สนั่น จอกลอย และคณะ, 2549) หลากหลายงานวิจัยจึงมุ่งประเด็น และให้ความสำคัญกับแก่นตะวันในฐานะพืชอาหาร (functional food) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปัจจุบันมีการพัฒนาสภาพสังคมไปสู่ความเป็นเมืองใหญ่ (urbanization) ทำให้ประชากรส่วนมากดำเนินชีวิตในสังคมเมือง เกิดความแออัดและแย่งใช้ทรัพยากรที่พักอาศัยจึงมีพื้นที่ใช้สอยน้อย ถูกจำกัดการเข้าถึงธรรมชาติ ตลอดจนต้นไม้ ใบหญ้าต่าง ๆ ที่ทำให้รู้สึกผ่อนคลายผู้คนโดยมากจึงโหยหาธรรมชาติ และพยายามจะดึงเอาธรรมชาติ และการสร้างพื้นที่สีเขียว (green area) มาไว้ใกล้ตัว การจัดสวนขนาดเล็ก ตลอดจนการนำเอาพรรณไม้ ไม้ดอก ไม้ประดับที่ปลูกใส่กระถาง มาวางประดับตกแต่งบริเวณบ้าน จึงได้รับความนิยมเสมอมา แนวคิดการนำพืชอาหาร เช่น แก่นตะวัน มาพัฒนาเป็นไม้ดอกพร้อมบริโภค (edible flowering potted plant) จึงเกิดขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ชื่นชมความงามของดอกและต้น และในขณะเดียวกันเมื่อพืชเริ่มพักตัว ก็สามารถรับประทานส่วนหัวที่อยู่ใต้ดินได้ เนื่องจากแก่นตะวันมีดอกสวยงาม ดอกมีสีเหลืองสด และทยอยบานได้นานถึง 2 เดือนได้ หากปลูกบริเวณกว้าง ดอกสวยงามคล้ายทุ่งบัวตอง จึงมีศักยภาพในการพัฒนามาเป็นไม้ดอกกระถาง แต่ในสภาพธรรมชาติ แก่นตะวันมีลำต้นสูง และจะให้ปริมาณดอกน้อย หรือไม่ออกดอก เมื่อได้รับสภาพอุณหภูมิต่ำ (Denoroy, 1996) ทรงพุ่มสูงไม่กะทัดรัด อีกทั้งหัวพันธุ์มีการพักตัว (Sterett, 1985) ทำให้ไม่สามารถผลิตได้ตลอดทั้งปี โดยเฉพาะช่วงฤดูหนาว ที่ตลาดมีความต้องการใช้งานไม้ดอกปริมาณมาก

การพยายามใช้สารชะลอการเจริญเติบโตพืช (plant growth retardants) ในกลุ่มสาร triazole เช่น cycocel, maleic hydrazide, phosfon, chlormequat chloride, SADH, ancymidal, paclobutrazol, uniconazol และ mepiquate chloride เพื่อขัดขวางการสังเคราะห์ฮอร์โมนในกลุ่มจิบเบอเรลลิน ชะลอการแบ่งตัวในเซลล์และการยืดตัวของเซลล์บริเวณใต้ปลายยอด (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) มีผลทำให้การเจริญเติบโตทางลำต้น กิ่งก้าน ข้อปล้องลดลง พืชออกดอกมากขึ้น โดยไม่เกิดการตกค้างในผลผลิตและสภาพแวดล้อม (Sterett, 1985) พืชจึงมีทรงพุ่มกะทัดรัดและเป็นที่นิยมสำหรับการผลิตไม้ดอกกระถางมาอย่างยาวนาน สำหรับต้นทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) และแก่นตะวัน (*H. tuberosus* L.) พบรายงานการใช้สารในกลุ่มดังกล่าวบ้างแล้ว (จิตจำนง ทุมแสน และคณะ, 2553; อัญริน, 2556; กิตติศักดิ์ บุราณรมย์ และคณะ, 2560; Koutrobus *et al*., 2004) เพื่อหวังผลในการควบคุมความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม ตลอดจนการกระตุ้นการออกดอก เช่นเดียวกับไม้ดอกกระถางอื่นๆ เช่น กล้วยไม้หวาย (จิตราพรรณ พิลึก, 2536) ชวนชวม (ใจศิลป์ ก้อนใจ, 2542; นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย, 2557)

ปทุมมา (จารุณี จูงกลาง และคณะ, 2550) ดาวเรือง (ชุมพล ปิยานนท์พงศ์, 2529; ภาณุพล หงษ์ภักดี และ ปวีณา สนทา, 2557) บานชื่นหนู (จิรดา รามนู, 2540) และมะลิ (เพียงพิมพ์ พิสมัย, 2540)

สารพาโคลบิวทราโซล (paclobutrazol: PBZ) มีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์ฮอร์โมนพืชในกลุ่มจิบเบอเรลลิน (gibberellins: GAs) บริเวณเนื้อเยื่อเจริญใต้ปลายยอด (subapical meristem) โดยการขัดขวาง oxidation ของ *ent*-kaurenal ไม่ให้เปลี่ยนเป็น *ent*- kaurenoic acid อันเป็นสารที่จะเปลี่ยนไปเป็น GAs ชนิดต่าง ๆ ต่อไปในพืช (Dalziel and Lawrence, 1984) มีผลยับยั้งการแบ่งเซลล์ และการยืดยาวของเซลล์ (Cumming *et al*., 2002) PBZ สามารถเคลื่อนย้ายได้ดีผ่านท่อลำเลียงน้ำ (xylem) แต่ไม่เคลื่อนที่ทางท่ออาหาร (phloem) จึงใช้ได้ทั้งวิธีพ่นทางใบ (spraying) และราดสารลงดิน (drenching) แต่การราดสารลงดินทำให้สารมีประสิทธิภาพการออกฤทธิ์มากกว่า เพราะสารถูกดูดซึมผ่านรากได้ดีกว่าการให้สารทางใบ (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) ส่วนสารเมพิควอทคลอไรด์ (mepiquatchloride: MPC) ยับยั้งการสังเคราะห์ GAs ในพืช คล้ายกับ PBZ แต่แตกต่างกันในขั้นตอนการยับยั้งจากการเปลี่ยน geranylgeranyl pyrophosphate (GGPP) ไปเป็น *ent*-kaurene โดยไปยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ copalyl diphosphate synthase และ *ent*- kaurene synthase (Lalit, 2002) ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกในการยับยั้งการสร้าง GAs สารชนิดนี้ช่วยลดความยาวของปล้อง ความยาวใบที่ลดลง ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบที่เพิ่มขึ้นด้วย (นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย, 2557)

จิตจำนง ทุมแสน และคณะ (2553) ทดลองใช้ PBZ กับแก่นตะวัน (เบอร์ 1) ที่ 50 วันหลังย้ายปลูก พบว่าความสูงต้นลดลงตามความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น ส่วนอัญรินทร์ หอมกลิ่น (2556) พบว่า การราดสาร PBZ กับแก่นตะวัน (เบอร์ 2) ไม่ทำให้ความสูงต้นแตกต่างกันทุกระยะ ส่วนกิตติศักดิ์ บุราณรมย์ และคณะ (2560) รายงานว่า การแช่หัวพันธุ์แก่นตะวัน (เบอร์ 2) ในสาร PBZ ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ระยะเวลา 1-3 ชั่วโมงก่อนปลูก ทำให้ต้นแก่นตะวันมีความสูงน้อยสุด และความกว้างทรงพุ่มน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับต้นปกติ นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้สาร PBZ และ MPC ในต้นทานตะวัน ซึ่งเป็นพืชวงศ์เดียวกับแก่นตะวัน ในส่วนของ Koutrobus *et al*. (2004) ได้ทดลองให้ PBZ กับทานตะวันสายพันธุ์ที่ไม่ให้น้ำมันจากเมล็ด (non-oilseed sunflower) ปลูกลงแปลง พบว่าการให้ PBZ ที่ระดับ 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และ MPC ที่ระดับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถช่วยลดความสูงของต้นทานตะวันได้ดีกว่าที่ระดับความเข้มข้นอื่น นอกจากนี้ การให้สาร PBZ กับต้นทานตะวันสายพันธุ์ ‘Teddy Bear’ เพื่อผลิตเป็นไม้กระถาง สามารถช่วยลดความสูงต้น (วรารัตน์ ลีวรางกุล 2545; Kashid, 2008) และทำให้ขนาดดอกเพิ่มมากขึ้นด้วย ดังนั้น งานทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์การศึกษา วิธีการให้ และระดับความเข้มข้นของสารพาโคลบิวทราโซล และสารเมพิควอทคลอไรด์ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของแก่นตะวันสำหรับการผลิตเป็นไม้ดอกกระถางพร้อมบริโภค

วิธีการศึกษา

ทำการทดลองระหว่างเดือน กรกฎาคม-พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 (ช่วงปลายฤดูฝน) ปลูกแก่นตะวันเบอร์ 3 (CN 52867) โดยเตรียมหัวพันธุ์ ผ่าแบ่งให้เหลือ 2 ตา หลังจากนั้นบ่มหัวพันธุ์ในกล่องพลาสติกที่รองและกลบด้วยแกลบดำ เมื่อแตกยอด จึงย้ายลงถาดหลุม และเมื่อมีใบจริง 2- 3 คู่ใบ ย้ายปลูกลงในกระถางพลาสติกขนาด 8 นิ้ว ที่มีวัสดุปลูก ทราย: ขุยมะพร้าว: แกลบดิบ: แกลบดำ อัตราส่วน 1:1:1:1 โดยวางหัวพันธุ์ลึกจากผิววัสดุปลูก ประมาณ 3 เซนติเมตร วางกระถางปลูกไว้ในโรงเรือนเปิด ให้น้ำทางผิวดินทุกวันในช่วงตอนเช้า มีการให้ปุ๋ยเม็ดสูตร 15-15-15 อัตรา 2.5 กรัม ต่อต้นทุกสัปดาห์ ต่อเนื่องเป็นระยะ 6 สัปดาห์

การทดลองที่ 1 การใช้สารพาโคลบิวทราโซล มีปัจจัย A เป็นวิธีการให้สาร 3 แบบ คือ 1) วิธีการราดลงวัสดุปลูก (drenching) เมื่อพืช อายุ 4 สัปดาห์ 2) วิธีการพ่นทางใบ (spraying) เมื่อพืชอายุ 4 สัปดาห์ 3) วิธีการแช่หัวพันธุ์ (soaking) นาน 1 ชั่วโมงก่อนปลูก ปัจจัย B เป็นความเข้มข้นของ PBZ 4 ระดับ คือ 0, 50, 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร วางแผนการทดลองแบบ 3 x 4 factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น

การทดลองที่ 2 การใช้สารเมพิควอทคลอไรด์ มีปัจจัย A เป็นวิธีการให้สาร 3 แบบ เช่นเดียวกับ PBZ ส่วนปัจจัย B เป็นความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 0, 250, 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งสองการทดลองจะไม่มีการเด็ดยอดพืช (pinching) โดยให้สารครั้งละ 50 มิลลิลิตร ทุก ๆ สัปดาห์ จำนวน 5 ครั้ง วางแผนการทดลองแบบ 3 x 4 factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 3 ต้น บันทึกผลการทดลอง ได้แก่ การเจริญเติบโตของพืช (ความสูงต้น พื้นที่ใบรวม ดัชนีความกะทัดรัด (Compactness index; Leaf area /Height) และร้อยละการออกดอก โดยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Statistix 10.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant difference (LSD)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การใช้สารพาโคลบิวทราโซล

ความสูงต้น

การทดลองที่ 1 พบว่า ปัจจัยของวิธีการให้สาร PBZ ทั้ง 3 วิธี ทำให้ต้นแก่นตะวันมีความสูงความแตกต่างกันที่ โดยวิธีการแช่หัวพันธุ์ให้ผลในการลดความสูงต้นได้น้อยที่สุด (Table 1) เช่นเดียวกับปัจจัยความเข้มข้นของ PBZ ส่งผลให้ความสูงต้นแตกต่างกัน โดยเมื่อความเข้มข้นของสาร PBZ เพิ่มขึ้น ทำให้ความสูงของต้นพืชลดลงด้วย (Table 1) และพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้สารและความเข้มข้น โดยวิธีการให้สาร PBZ แบบราดลงวัสดุปลูกที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สอดคล้อง Koutrobus *et al*. (2004) ที่ให้สาร PBZ กับทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.) ด้วยความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในระยะออกดอก ทำให้ทานตะวันมีความสูงต้นลดลงด้วย เมื่อพิจารณาภาพตัดตามยาวเนื้อเยื่อพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า การให้สาร PBZ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร กับต้นแก่นตะวัน ระยะการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ (vegetative stage) มีผลให้ เนื้อเยื่อพิทเซลล์ (pit cell) ของลำต้น (stem) มีขนาดเล็กและสั้นลง และมีจำนวนเซลล์มากกว่าต้นแก่นตะวันปกติที่ไม่ได้รับสาร (Figure 2C,D) และที่ความสูงต้นลดลง เนื่องจากสาร PBZ มีผลต่อการยับยั้งการสร้างจิบเบอเรลลิน ทำให้เซลล์พืชนั้นมีการเจริญเติบโตและการขยายขนาลดลงกว่าปกติ (พีรเดช ทองอำไพ, 2537)

พื้นที่ใบรวม

เมื่อครบ 12 สัปดาห์หลังปลูก ปัจจัยวิธีการให้ PBZ ทั้ง 3 วิธี ไม่ส่งผลทำให้พื้นที่ใบรวมมีความแตกต่างกัน ส่วนปัจจัยความเข้มข้น PBZ พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของสาร PBZ ที่ให้ ทำให้พืชมีพื้นที่ใบรวมเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีควบคุม และพบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้สารและความเข้มข้น คือ วิธีการแช่หัวพันธุ์ที่ระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบรวมสูงที่สุด 544.24 ตารางเซนติเมตร (Table 1) ทั้งนี้ PBZ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจเป็นความเข้มข้นที่สูงเกินไป ส่งผลให้เกิดใบหงิกและหนา และอาจเป็นเพราะต้นที่ได้รับสาร PBZ มีการเจริญของจำนวนกิ่งและจำนวนใบที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ (ข้อมูลไม่ได้แสดง)

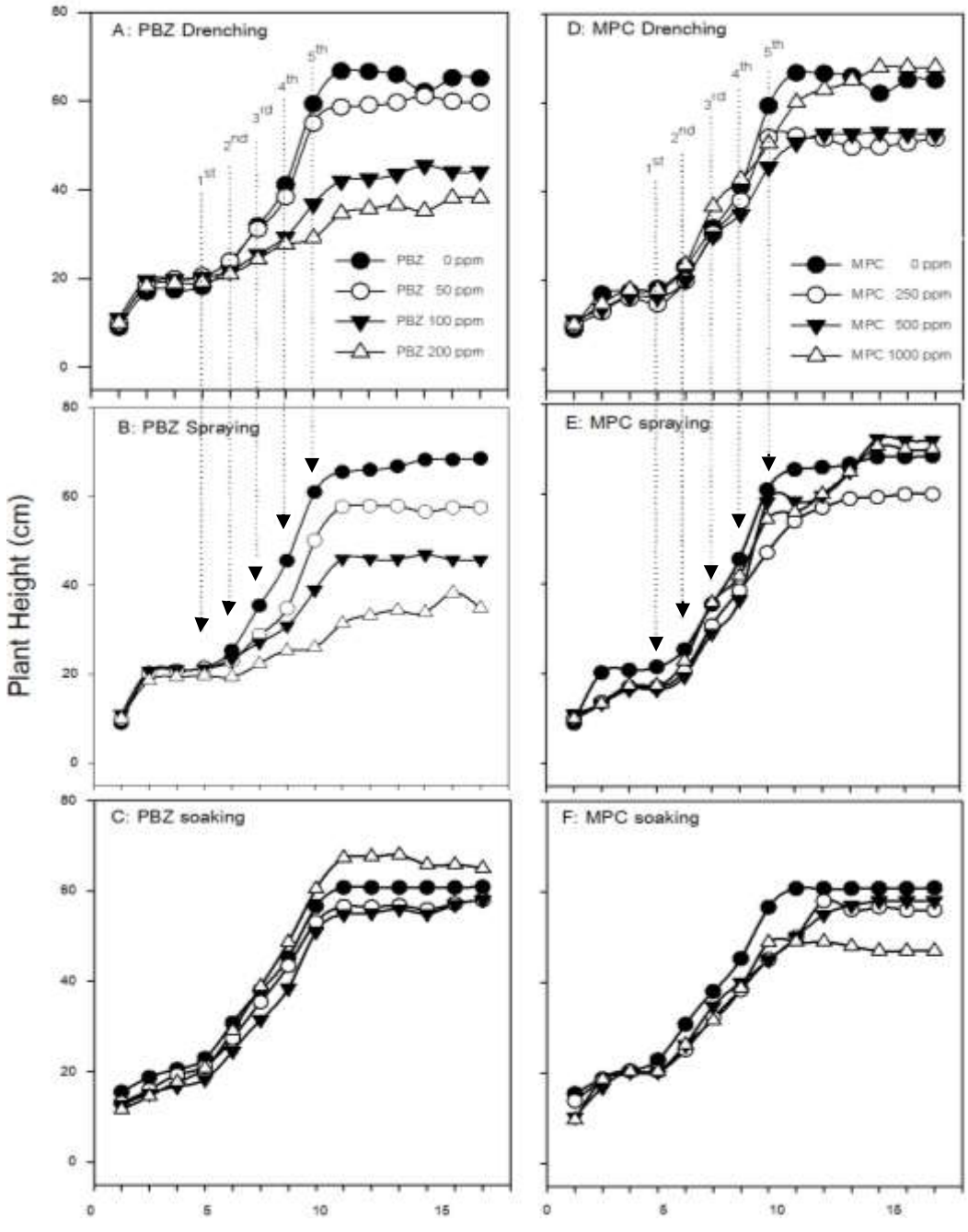


Figure 1 Plant height (cm) of Jerusalem artichoke which receives PBZ application 0, 50, 100 and 200 mg/L (A-C) and MPC application 0, 250, 500 and 1000 mg/L (E-F) at each week after planting.

Table1 Comparative plant height and total leaves area of Jerusalem artichoke which receive PBZ application at 12 WAP.

PGRs Application (A)	Plant height (cm)					Total leaves area (cm^2)				
	PBZ concentration (mg/L) (B)				AVG	PBZ concentration (mg/L) (B)				AVG
	0	50	100	200		0	50	100	200	
D	62.14abc	61.10bcd	45.46e	35.18f	50.97 b	350.91bc	389.54b	423.05b	258.26c	355.44
FS	68.25a	56.56cd	46.90e	33.88f	51.40 b	345 12bc	378.57b	422.23b	258.26c	388.85
TS	60.75bcd	55.89cd	54.96d	65.80ab	59.35 a	262.30c	537.18a	317.66bc	544.24a	415.35
AVG	63.71a	57.85b	49.10c	44.95d		319.44b	435.10a	387.65a	404.00a	
Method (A)	*					ns				
Conc. (B)	*					*				
A x B	*					*				
% CV	13.30					17.03				

* = different significant ns =non-significant, a, b, c, d, e, f, mean in the same column with different superscripts are significantly different (p<0.05), conc.: concentration, D: drenching, FS: foliar spraying, TS: tuber soaking, AVG: average.

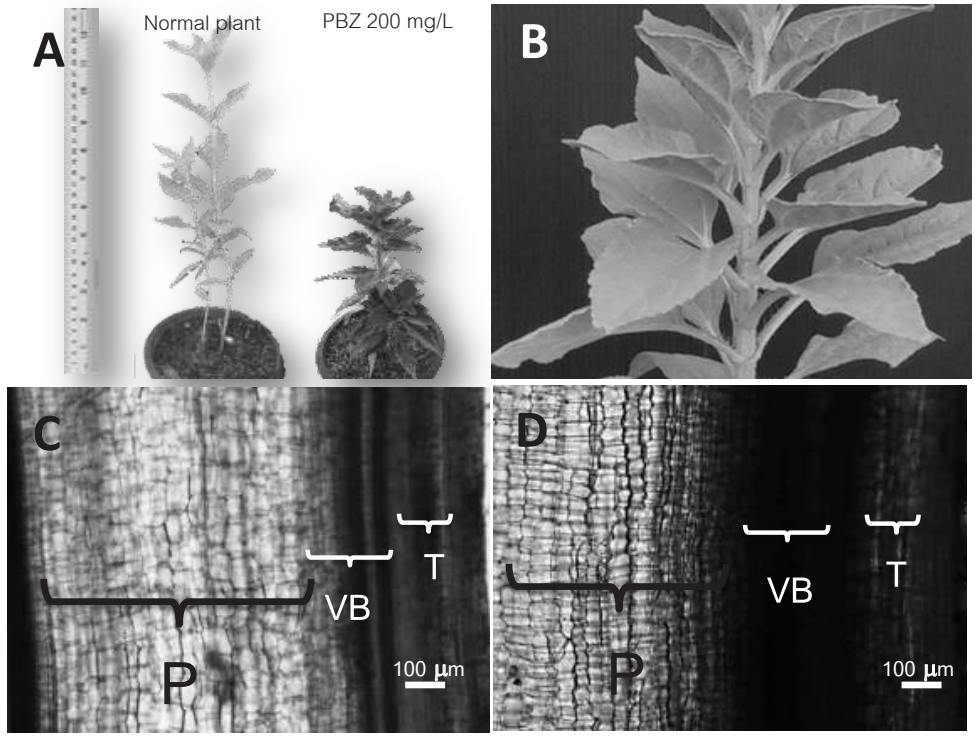


Figure 2 Normal and treated 200 mg/L PBZ plant at vegetative stage (A), shorten internode length of 200 mg/L PBZ treated plant (B), Stem transverse section (40x) of normal plant (C) and 200 mg/L PBZ treated plant (D) (The PBZ treated stem (D) is characterize by shorten of pit cell (P), compare to the regular pit cell in normal stem (C). VB: vascular bundle cell and T: cortex cell).

ดัชนีค่าความกะทัดรัด

ดัชนีค่าความกะทัดรัดเป็นค่าสัดส่วนระหว่างพื้นที่ใบรวมต่อความสูงต้น วิธีการให้สาร PBZ ส่งผลต่อค่าความกะทัดรัดของแก่นตะวัน โดยพบว่า การพ่นสาร PBZ ทางใบ ทำให้พืชมีดัชนีค่าความกะทัดรัดสูงที่สุด ส่วนปัจจัยความเข้มข้นสาร พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของ PBZ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ดัชนีค่าความกะทัดรัดของพืช สูงกว่ากรรมวิธีควบคุม และพบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้และความเข้มข้น โดยวิธีการพ่น ที่ความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าความกะทัดรัดสูงที่สุด 12.09 cm^2/cm (Table 2) วิธีการดังกล่าว ให้ความสูงต้นน้อยกว่า (Table 1) แต่มีพื้นที่ใบรวมมีมากกว่าวิธีอื่น ๆ (Table 1) จึงส่งผลให้ดัชนีค่าความกะทัดรัด สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ตามไปด้วย (Table 2) เช่นเดียวกับการเพิ่มความกะทัดรัดของต้นพืชโดยให้สาร PBZ กับต้นเจอราเนียม (Banon *et al*., 2009) และดาวเรือง (ภาณุพล หงษ์ภักดี และปวีณา สนทา, 2557) ที่ปลูกเป็นไม้กระถาง

ร้อยละการออกดอก

การให้สาร PBZ ทั้งแบบราดสาร และพ่นสาร ยังคงทำให้แก่นตะวันมีการออกดอกได้เป็นปกติ คิดเป็นร้อยละ 33.34 และ 20.84 ตามลำดับ แต่วิธีการแช่หัวพันธุ์ก่อนปลูก ไม่ทำให้พืชออกดอก (Table 2) ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของสาร PBZ พบว่า ในช่วงระดับความเข้มข้นที่ 0 - 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ยังคงทำให้พืชออกดอกได้ โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้น PBZ เป็น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ร้อยละการออกดอก จะเพิ่มเป็น 33.34 แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 100-200 มิลลิกรัมต่อลิตร กลับทำให้แก่นตะวันไม่ออกดอก (Table 2) ในกรณีนี้ อาจเป็นไปได้ว่า การให้สาร PBZ ถึง 5 ครั้ง ส่งผลต่อการชะลอพัฒนาการด้านกิ่งก้าน (vegetative growth) จึงทำให้ตาดอกมีการพัฒนาช้าออกไป (Figure 2) ดังรายงานการให้ PBZ แล้วทำให้ไม้ดอกหลายชนิดเกิดดอกช้าลง เช่น ในดอกปทุมมา (Jungklang *et al*., 2017) ดาวเรือง (ภาณุพล หงษ์ภักดี และปวีณา สนทา, 2557) อย่างไรก็ตาม Hawkins *et al*. (2015) ได้ทดลองฉีดพ่นและราด PBZ กับต้น pink lady (*Dissotis rotundifolia*) และ Tibouchina hybrid (*Tibouchina semidecandra*) พบว่าการราดสารทำให้พืชมีอายุการบานของดอกนานมากกว่าการฉีดพ่นทางใบ

Table 2 Compactness index and percentage of flowering of Jerusalem artichoke which receive PBZ application at 12 WAP.

PGRs Application (A)	Compactness index (cm^2/cm)					Percentage of Flowering				
	PBZ concentration (mg/L) (B)				AVG	PBZ concentration (mg/L))				AVG
	0	50	100	200		0	50	100	200	
D	7.69	6.36	9.59	6.77	7.60b	25.00	41.67	NF	NF	33.34
FS	5.06	6.58	9.23	12.09	8.24a	16.67	25.00	NF	NF	20.84
TS	4.32	8.27	7.11	6.00	6.42c	NF	NF	NF	NF	NF
AVG	5.69b	7.07ab	8.64a	8.29a		20.84	33.34	NF	NF	
Method (A)	*									
Conc. (B)	*									
A x B	*									
% CV	18.37									

* = different significant, a, b, c mean in the same column with different superscripts are significantly different (p<0.05), conc.: concentration, D: drenching, FS: foliar spraying, TS: tuber soaking, AVG: average, NF: non-flowering

การทดลองที่ 2 การใช้สารเมพิควอทคลอไรด์

ความสูงต้น

การให้สาร MPC พบว่า ปัจจัยการให้สารทั้ง 3 วิธี ทำให้พืชมีความสูงต้นแตกต่างกัน โดยการราด และการแช่สาร MPC ช่วยลดความสูงต้นได้ดีกว่าการพ่นทางใบ (Figure 1 D, E, F) ส่วนปัจจัยความเข้มข้น พบว่า การให้ MPC เข้มข้น 250 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดความสูงต้นแก่นตะวันได้ดีกว่ากรรมวิธีควบคุม และพบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้และความเข้มข้นเช่นกัน โดยวิธีการแช่หัวพันธุ์ในสารละลาย MPC ที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนปลูก ลดความสูงได้ดีที่สุด (Figure 1A, 3) เช่นเดียวกับการทดลองของ Al-Khassawneh *et al*. (2005) พบว่า การให้ MPC โดยการราด จะมีประสิทธิภาพ ในการกดความสูงของต้นไอริส (*Iris nigricans* Dinsm.) ให้เตี้ยลง ได้ดีกว่าวิธีการให้สารแบบอื่น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว การให้สารชะลอการเติบโตในกลุ่ม triazol โดยวิธีการราดจะมีประสิทธิภาพของสารในการออกฤทธิ์ตอบสนองต่อพืช ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจาก สารประเภทนี้จะถูกดูดซึมทางรากได้ดีกว่าทางใบ (พีรเดช ทองอำไพ, 2537) จากผลการทดลอง วิธีการให้สาร PBZ โดยการราดสาร จึงให้ผลในการลดความสูงแก่นตะวันได้ดีกว่า และเมื่อความเข้มข้นสารเพิ่มมากขึ้น จะให้ผลการตอบสนองที่ดีขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ในกรณีของการใช้ MPC กลับพบว่า ความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้นจาก 0-1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่ทำให้ความสูงพืชลดลง เนื่องจากพืชมีประสิทธิภาพการดูดซึม และการตอบสนองของพืชต่อ MPC ที่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของสารและความเข้มข้นที่ใช้ ทำให้เชื่อว่าพืชมีการตอบสนองต่อสาร PBZ โดยถูกลดความสูงของแก่นตะวันได้ดีกว่าสาร MPC

พื้นที่ใบรวม

ส่วนการให้สาร MPC ทั้ง 3 วิธีการ พบว่า ไม่ส่งผลทำให้พื้นที่ใบรวมมีความแตกต่างเช่นเดียวกันกับการให้ PBZ ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของ MPC พบว่าที่ระดับ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้แก่นตะวันมีพื้นที่ใบมากที่สุด และพบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้สารและความเข้มข้น คือ การแช่หัวพันธุ์ในสารละลาย MPC ที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มีพื้นที่ใบรวมน้อยที่สุด 256.75 ตารางเซนติเมตร (Table 3) อาจเป็นเพราะ MPC ในระดับความเข้มข้นสูง มีฤทธิ์ชะลอการเติบโตโดยลดขนาดของใบ มากกว่าการกระตุ้นการเจริญของกิ่งข้างและจำนวนใบ เช่นเดียวกับ Matsoukis *et al*. (2004) ที่รายงานว่า การให้สาร MPC ที่ความเข้มข้นสูง 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้พื้นที่ใบของต้นผกากรอง (*Lantana camara* L. subsp. camara) มีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีผลต่อการสร้างของตาดอกและตาใบ (Talia, 1985)

Table 3 Comparative plant height and total leaves area of Jerusalem artichoke which receive MPC application at 12 WAP.

PGRs Application (A)	Plant height (cm) MPC concentration (mg/L) (B)				AVG	Total leaves area (cm^2) MPC concentration (mg/L) (B)				AVG
	0	250	500	1000		0	250	500	1000	
D	62.14d	50.13h	53.33g	68.00c	58.40b	355.43cde	538.22bc	557.38b	484.07bcd	483.78
FS	68.25c	59.33e	72.33a	70.67b	67.65a	500.28bcd	369.88bcde	426.82bcde	396.69b	423.42
TS	60.75de	56.67f	58.00f	47.00i	55.60b	324.57de	794.53a	363.74cde	256.75e	434.90
AVG	63.71a	55.38b	61.22ab	61.89ab		393.43b	567.54a	449.31b	379.17b	
Method (A)			*					ns		
Conc. (B)			*					*		
A x B			*					*		
% CV			12.18					24.81		

* = different significant ns =non-significant, a, b, c, d, f, g, h, i mean in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05), conc.: concentration, D: drenching, FS: foliar spraying, TS: tuber soaking, AVG: average

ดัชนีค่าความกะทัดรัด

สำหรับปัจจัยวิธีการให้สาร MPC พบว่า วิธีการราดสาร ทำให้พืชมีดัชนีค่าความกะทัดรัดสูงที่สุด ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของ MPC ทั้ง 4 ระดับไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการให้และความเข้มข้น โดยการพ่นสาร MPC ที่ระดับ 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร กลับทำให้พืช มีดัชนีค่าความกะทัดรัดสูงที่สุด (Table 4)

ร้อยละการออกดอก

ส่วนการให้ MPC ทั้งแบบราดสาร และพ่นสาร พบว่า ยังคงทำให้แก่นตะวันมีการออกดอกได้เช่นกัน โดยการพ่นสาร MPC ทางใบ ทำให้แก่นตะวัน มีร้อยละการออกดอกใกล้เคียงกับการราดสาร (Table 4) ขณะที่การแช่หัวพันธุ์ก่อนปลูก แต่ทำให้พืชไม่ออกดอก เช่นเดียวกับการแช่ PBZ (Table 2) ส่วนปัจจัยความเข้มข้นของสาร MPC พบว่า ทุกระดับความเข้มข้นของ MPC ทำให้พืชออกดอก (Figure 3) และยังพบอิทธิพลร่วมระหว่าง วิธีการให้สารแบบพ่น และราดที่ระดับ 500 กับ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และมากกว่าต้นปกติที่ไม่ได้รับสาร ทั้งนี้ มีรายงานว่าการออกดอกของแก่นตะวัน ยังขึ้นกับสภาพอากาศ โดยเมื่อพืชกระทบอากาศหนาว ปริมาณการออกดอกจะลดน้อยลง และหากธาตุอาหารที่ให้ในระยะเจริญเติบโตทางกิ่งใบที่ไม่เพียงพอ อาจส่งผลทำให้ตาดอกไม่มีการพัฒนาด้วย (Denoroy, 1996)

Table 4 Compactness index and percentage of flowering of Jerusalem artichoke which receive PBZ application at 12 WAP.

PGRs Application (A)	Compactness index (cm^2/cm)					Percentage of Flowering				
	MPC concentration (mg/L) (B)				AVG	MPC concentration (mg/L)				AVG
	0	250	500	1000		0	250	500	1000	
D	6.20bc	11.05a	10.38a	6.81bc	8.61a	25.00	16.67	100.00	41.67	45.84
FS	9.13ab	5.71c	5.89c	5.49c	6.55b	16.67	16.67	100.00	41.67	43.75
TS	6.09bc	7.04bc	6.27bc	5.95c	6.34b	NF	NF	NF	NF	NF
AVG	7.14	7.93	7.51	6.08		20.84	16.67	100.00	41.67	
Method (A)	*									
Conc. (B)	ns									
A x B	*									
% CV	25.63									

* = different significant, ns =non-significant, a, b, c mean in the same column with different superscripts are significantly different (P<0.05), conc. = concentration, D: drenching, FS: foliar spraying, TS: tuber soaking, AVG: average , NF: non-flowering.

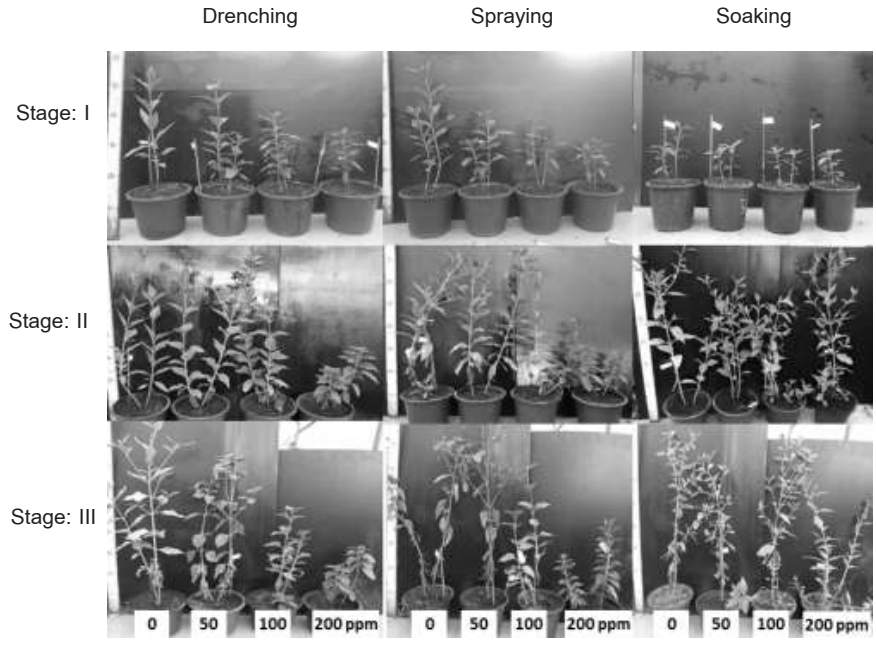


Figure 3 Plant characters of Jerusalem artichoke which receives PBZ application at 0, 50, 100 and 200 mg/L in by drenching, spraying and soaking techniques at stage I: vegetative, II: Flowering, III: Dormancy.

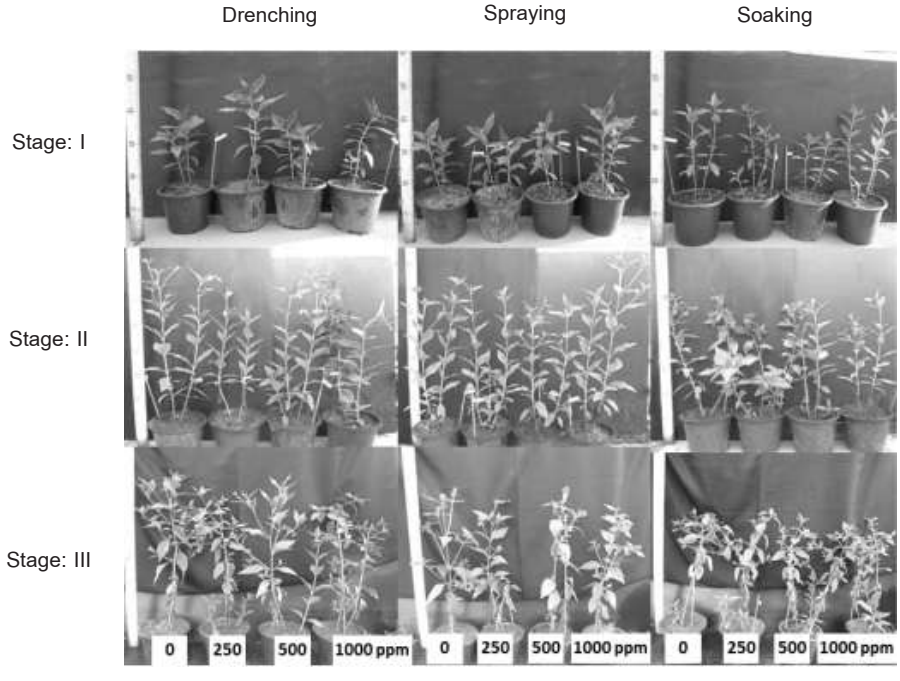


Figure 4 Plant characters of Jerusalem artichoke which receives MPC application at 0, 250, 500 and 1,000 mg/L in by drenching, spraying and soaking techniques at stage I: vegetative, II: Flowering, III: Dormancy.

สรุปผลการศึกษา

การให้สาร PBZ ทั้งวิธีราดและพ่น ที่ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดความสูงต้น เพิ่มพื้นที่ใบรวม และเพิ่มค่า compactness index ได้ แต่วิธีการแช่หัวพันธุ์ในสาร PBZ กลับไม่ทำให้พืชออกดอก

สำหรับการให้สาร MPC ที่ระดับ 250 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้พืชมีความสูงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นปกติ ส่วนวิธีการให้สาร ทั้งราดและแช่ ลดความสูงต้นได้ดีกว่าการพ่น นอกจากนี้อิทธิพลร่วมระหว่าง วิธีการแช่และความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลได้ดีที่สุดในการลดความสูงต้น จากผลการทดลองนี้การใช้สารชะลอการเจริญเติบโต ทำได้เพียงลดความสูงต้น แต่ไม่ส่งเสริมการออกดอกของแก่นตะวัน เทคนิคดังกล่าวจึงยังไม่สามารถใช้เพื่อการผลิตแก่นตะวันเป็นไม้กระถางได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ทุนอุดหนุนวิจัย ประเภทอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ บุราณรมย์ สุมนา นีระ สนั่น จอกลอย และภาณุพล หงษ์ภักดี. 2560. การตอบสนองต่อสารพาโคลบิวทราโซลของแก่นตะวันเพื่อการผลิตเป็นไม้กระถาง. *แก่นเกษตร*. 45 (พิเศษ 1): 361-367.

จารุณี จูงกลาง กนกกาญจน์ ปองแก้ว กอบเกียรติ แสงนิล และจำนง อุทัยบุตร. 2550. การเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีบางประการของปทุมมาที่ได้รับสารพาโคบิวทราโซลภายใต้สภาวะขาดน้ำ. *ว. วิทย์. กษ*. 38: 5(พิเศษ): 33-36.

จิตจำนง ทุมแสน จรรยา พรหมเฉลิม นันทิยา แซ่เตียว กาญจนา สุราภา และวันทนา นาคีสินธ. 2553. *ผลของพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโต การออกดอกและการให้ผลผลิตของเยอรูซาเล็มอาร์ติโชก พันธุ์แก่นตะวัน #1*. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง. ราชบุรี. 57 หน้า.

จิตราพรรณ พิลึก. 2536. *การเพาะเมล็ดและเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 82 หน้า.

จิรดา รามนู. 2540. ผลของสารแพคโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของบานชื่นหนูพันธุ์ดอกสีขาว. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 14 หน้า.

ใจศิลป์ ก้อนใจ. 2542. *การศึกษาอิทธิพลของสารพาโคลบิวทราโซลที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของชวนชม*. รายงานการวิจัย สถานีวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ชุมพล ปิยานนท์พงศ์. 2529. *การทดลองใช้สาร paclobutrazol เป็นสารชะลอการเจริญเติบโตในดาวเรือง*. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย. 2557. *พาโคลบิวทราโซล: ผลต่อการเติบโตของทรงพุ่มและ ปริมาณคลอโรฟิลล์ของชวนชมพันธุ์ฮอลแลนด์*. แก่นเกษตร 42(1): 39-46.

พีรเดช ทองอำไพ. 2537. *ฮอร์โมนพืชและการสังเคราะห์แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย*. วันชัยการพิมพ์. กรุงเทพฯ, 196 หน้า.

เพียงพิมพ์ พิสมัย. 2540. *ผลของไซโคเซลและพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของมะลิลาซ้อน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิชาชีววิทยา). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 129 หน้า.

ภาณุพล หงษ์ภักดี. 2557. ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการใช้น้ำและการเติบโตของดาวเรืองกระถาง. *วารสารเกษตร* 30(3): 281-289.

ภาณุพล หงษ์ภักดี และปวีณา สนทา. 2557. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการตอบสนองทางสรีรวิทยาของดาวเรืองกระถางต่อการใช้สารพาโคลบิวทราโซล. *แก่นเกษตร* 42(3): 541-546.

วรารัตน์ ลีวรางกูล. 2545. *ผลของสารพาโคลบิวทราโซลต่อการเจริญเติบโตของทานตะวันพันธุ์ Pacino ที่ปลูกในกระถางขนาด 5 นิ้ว*. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 29 หน้า.

สนั่น จอกลอย วีรยา ลาดบัวทอง และรักชนก มีแก้ว. 2549. แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) พืชชนิดใหม่ใช้เป็นพลังงานทดแทน. *แก่นเกษตร*. 34(2): 104-111.

อัญรินทร์ หอมกลิ่น.2556. ผลของสารพาโคล บิวทราโซล ต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน โครงการนักศึกษาปริญญาตรี สาขาพืชสวน. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 16 หน้า

Banon, S., J.Miralles, A.Navarro and M. J. Sánchez-Blanco. 2009. Influence of paclobutrazol and substrate on daily apotranspiration of potted geranium. *Sci. Hort*., 122(4): 572-578.

Baldini, M., Danuso, F., Turi, M., and Vannozzi, G. P. 2004. Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for inulin and sugar yield from stalks and tubers. *Ind. Crops & Prod*., 19(1), 25-40.

Cumming, H.D., F.H. Yelverton and J.D. Hinton. 2002. *Use of gibberellic acid to reverse the effects of gibberellic acid inhibiting plant growth regulators*. Available source: http://www.turffiles.ncsu.edu/Files/Turfgrass/presentations/cummings/2002/Use_of_Gibberellic_Acid_to_Reverse_the_Effects_of_Gibberellic_Acid_Inhibiting_Plant_Growth_Regulators.pdf, August 23, 2017.

Dalziel, J., and D. K. Lawrence. 1984. *Biochemical and biological effects of kaurene oxidase inhibitors, such as paclobutrazol*.Monograph-British Plant Growth Regulation Group.

Denoroy, P. 1996. *The crop physiology of Helianthus tuberosus L: A model orientated view*. Biomass Bioenergy. 11: 11-32.

Hawkins, S. M., J. M.Ruter and C. D. Robacker. 2015. Spray and drench treatments of paclobutrazol influence growth of *Dissotis* and *Tibouchina*. *Hort. Sci*., 50(10): 1514-1517.

Jungklang, J., K. Saengnil and J. Uthaibutra. 2017. Effect of water-deficit stress and paclobutrazol on growth, relative water content, eletrolyte leakage, proline content and some antioxidant changes in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. cv. Chiang Mai Pink. *Saudi J. Bio. Sci*. 24: 1505-1512.

Kashid, D. A. 2008. *Effect of growth retardants on growth, physiology and yield in sunflower (KBSH-1)*. Doctoral dissertation, UAS, Dharwad.

Koutroubas, S. D., G. Vassiliou, S. Fotiadis, and C. Alexoudis. 2004. Response of sunflower to plant growth regulators. In New Directions for a Diverse Planet: In *Proceedings 4th International Crop Science Congress*. Available source: http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/2/7/4/851_koutroubas.htm

Lalit, S. M. 2002. *Plant Growth and Development: Hormones and Environment*. Academic Press. 772 pp.

Matsoukis, A. S., I., Tsiros and A. Kamoutsis. 2004. Leaf area response of *Lantana camara* L. subsp. camara to plant growth regulators under different photosynthetic flux conditions. *Hort. Sci*. 39(5): 1042-1044.

Monti, A., Amaducci, M. T., and Venturi, G. 2005. Growth response, leaf gas exchange and fructans accumulation of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as affected by different water regimes. *Eur. J. Agro*. 23(2): 136-145.

Sterrett, J. P. 1985. Paclobutrazol: a promising growth inhibitor for injection into woody plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*. 110(1): 4-8.

Talia, M.C. 1985. Further research about the effects of gibberellic acid upon freesia flowering. *Acta Hort*. 167: 187-192.

วันรับบทความ (Received date) : 15 พ.ค. 61
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 22 ส.ค. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 25 ต.ค. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 212-220

ฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดหยาบจากเปลือกไม้โกงกาง

Antimicrobial Activity of Crude Extract from Rhizophora barks

ทิพยรัตน์ ชาหอมชื่น[1]* และพรพรรณ สิระมนต์[2]

Thippayarat Chahomchuen[1]* and Pornpun Siramon[2]

บทคัดย่อ

ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพของสารสกัดหยาบที่สกัดได้จากเปลือกไม้โกงกาง ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในกลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ 5 ชนิดคือ *Epidermophyton floccuosum, Microsporum canis, Microsporum gypseum, Trichophyton ruburm* และ *Trichophyton mentagrophyte* และเชื้อแบคทีเรีย 4 สายพันธุ์ คือ *Escherichia coli, Micrococcus spp., Staphylococcus aureus* และ *Streptococcus pneumonia* ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อราพบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10.0 มก./มล. สารสกัดหยาบสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ในระดับ 50-80 % และสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *M.gypseum* ได้สูงสุด รองลงมาคือ *M.canis, T. mentagrophyte, E. floccuosum และ T. rubrum* ตามลำดับ ผลการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี Broth dilution method พบว่าสารสกัดหยาบมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดี มีค่า MIC อยู่ในช่วงระหว่าง 5.0 ถึง 10.0 มก./มล. แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ทดสอบ ผลการศึกษานี้มีศักยภาพในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อควบคุมหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคกลากและแบคทีเรียก่อโรคได้

คำสำคัญ: สารสกัดหยาบ ฤทธิ์ต้านจุลชีพ วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เปลือกไม้โกงกาง

Abstract

Antimicrobial activity of crude extract from the stem bark of Rhizophora spp. was tested against five dermatophytes (*Epidermophyton floccuosum, Microsporum canis, Microsporum gypseum, Trichophyton ruburm and Trichophyton mentagrophyte*) and four bacterial stains (*Escherichia coli, Micrococcus* spp., *Staphylococcus aureus and Streptococcus pneumonia*). Crude extract at a concentration of 10.0 mg/ml could inhibit the growth of tested dermatophytes in the range of 50-80 % inhibition. It was showed the most effective against *M. gypseum followed by M. canis, T. mentagrophyte, E. floccuosum* and *T. rubrum,* respectively. The antibacterial activities were conducted by broth dilution method. Crude extract showed the good antibacterial activity against gram positive bacteria with the minimum inhibitory concentration (MIC) ranged from 5.0 to 10.0 mg/mL. However, crude extract could not inhibit the growth of *E. coli* at the tested concentration. These results have a potential for future development of antimicrobial product to control and inhibit the growth of dermatophyte and pathogenic bacteria.

Keywords: Crude extract, antimicrobial activity, agricultural waste, rhizophora bark

[1]ภาควิชาเทคนิคการสัตวแพทย์ คณะเทคนิคการสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[2]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตราชบุรี อ.จอมบึง จ.ราชบุรี 70150

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

คำนำ

ปัญหาการดื้อต่อยาต้านจุลชีพในปัจจุบัน โดยเฉพาะแบคทีเรียแกรมบวกในกลุ่ม Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* หรือ MRSA เป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจและส่งผลต่อการสาธารณะสุขทั่วโลก (Woodford *et al.,* 2009; O' Neill, 2016) แบคทีเรียก่อโรคและแบคทีเรียเชื้อฉวยโอกาส เช่น *Streptococcus pneumonia* สามารถก่อให้เกิดโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ (Hussey *et al*., 2017) Escherichia coli ก่อให้เกิดโรคติดเชื้อในทางเดินอาหาร (Croxen *et al.,* 2013) และก่อให้เกิดการอักเสบที่ผิวหนังและผิวหนังอ่อนโดยสามารถติดเชื้อร่วมกับเชื้อ *Micrococcus sp.* (Chuku *et al.,* 2013) นอกจากนี้ โรคติดเชื้อจากสัตว์สู่คน (Zoonotic diseases) ทั้งที่เกิดจากการติดเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ก็พบกระจายเพิ่มมากขึ้น สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากสัตว์เลี้ยงเป็นแหล่งรังโรค ผลการศึกษาของ Buma *et al*. (2006) โดยทำการแยกเชื้อแบคทีเรียจากสัตว์เลี้ยงภายในบ้าน และของใช้ของสัตว์เลี้ยง พบการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรีย S. *aureus* มากที่สุด ซึ่งปัญหาโรคติดเชื้อทางผิวหนังที่มีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรีย โดยความรุนแรงของโรคจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์ของเชื้อที่ก่อโรค และการดื้อต่อยาปฏิชีวนะ หรือการติดเชื้อฉวยโอกาสก็จะเพิ่มความรุนแรงของโรคได้อีกทางหนึ่ง โรคติดต่อจากเชื้อรา (Zoonotic fungi) สามารถติดต่อจากสัตว์สู่คนได้ ทั้งทางตรงและทางอ้อม (Seyedmousavi *et al.,* 2015) กลากเป็นโรคผิวหนังที่เกิดจากเชื้อราในกลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ (Dermatophyte) เชื้อรากลุ่มนี้ที่พบบ่อยมี 3 สกุล ได้แก่ Trichophyton Microsporum และ Epidermophyton ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาพบว่ามีการกระจายของโรคผิวหนังจากเชื้อราเพิ่มขึ้นมากกว่า 25% ของประชากรโลก(Havlickova *et al.,* 2008) โดย Kim *et al.* (2015) รายงานว่าการระบาดของโรคผิวหนังจากเชื้อราในประเทศเกาหลี ระหว่างปี 2006 ถึง 2010 ส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อรากลุ่มเดอร์มาโตไฟท์มากกว่าเชื้อราก่อโรคผิวหนังกลุ่มอื่น นอกจากนี้สถิติการดื้อต่อยาต้านเชื้อราที่ใช้อยู่ก็ยังคงสูงขึ้น (Kandeel *et al.,* 2015) ในประเทศไทยผู้ป่วยโรคผิวหนังประมาณ 40% (จากผู้ป่วย 10,000 คน) เกิดจากเชื้อรากลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ (Ungpakorn, 2005) ข้อมูลจากโรงพยาบาลโรคผิวหนังในกรุงเทพมหานครพบว่า ผู้ป่วยโรคผิวหนังจากเชื้อรากลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ในโรงพยาบาลมีจำกัด แต่มีการเข้ารักษาอย่างต่อเนื่อง (Muangkaew *et al.,* 2017) ข้อจำกัดของจำนวนผู้ป่วยเนื่องจากการรักษาโรคผิวหนังจากเชื้อรา ผู้ป่วยจะมาพบแพทย์เมื่ออาการของโรครุนแรง การรักษาต้องใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นปัจจุบันการศึกษาเพื่อหาสารใหม่ๆ ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพโดยการนำสารสกัดจากพืชสมุนไพรมาใช้จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ

แทนนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนในกลุ่มฟีนอลิค ซึ่งพบได้ในส่วนต่างๆ ของพืช ผักและผลไม้ ทั้งเปลือก เมล็ด และใบ มีการนำแทนนินมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมฟอกหนัง การบำบัดน้ำเสีย เครื่องสำอาง และยารักษาโรค รวมถึงการใช้เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Panizzi *et al.,* 2002; Sung *et al.,* 2012; Tomiyama *et al.,* 2016; Salih *et al.,* 2017) แทนนินที่สกัดจากธรรมชาติส่วนใหญ่จะสกัดจากส่วนของเปลือกไม้ เช่น ไม้สกุลก่อ ไม้ยูคาลิปตัส แม้ว่าความต้องการแทนนินเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ในประเทศมีเพิ่มมากขึ้น แต่แทนนินที่ใช้กันอยู่ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นการผลิตแทนนินเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ในประเทศได้เองจะเป็นประโยชน์และเป็นการลดต้นทุนในการผลิต มีรายงานว่าเปลือกไม้โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) มีแทนนินปริมาณสูงถึง 7-27% และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และยีสต์ได้ดี แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อรากลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ได้ (Rajendra *et al.,* 2016; Suraya *et al.,* 2011; Lim *et al.,* 2006) มีเพียงรายงานของ Ismael and Ramadan (2013) และ Giovana *et al.* (2013) รายงานว่าแทนนินจากเปลือกของไม้สกุลก่อ (*Quercus aegilop* และ *Stryphnodendron adstringens*) มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อราในกลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ ชนิด *Trichophyton metagrophytes, Microsporum canis* และ *Trichophyton rubrum* ได้ดี ชุมชนบ้านยี่สาร อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม เป็นชุมชนที่ผลิตถ่านไม้โกงกางมาเป็นเวลานาน มีการถ่ายทอดภูมิปัญญาสืบทอดกันมาจากรุ่นสู่รุ่น และมีการบริหารจัดการเป็นวงจร โดยในแต่ละปีจะทำการปลูกโกงกางทดแทน

ประมาณ 100,000 ต้น/ปี โดยปลูกสลับแปลงเพื่อให้มีต้นโกงกางมาเผาถ่านตลอดทั้งปี ในแต่ละปีมีการเผาถ่านจากไม้โกงกางมากกว่า 30 ตัน (ไทย พีบีเอส, 2559) ซึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตถ่านไม้โกงกางนี้ เฉพาะส่วนของลำต้นเท่านั้นที่ใช้ในการเผาถ่าน โดยต้องทำการลอกเปลือกไม้ทิ้งก่อน พบว่ามีเปลือกไม้เหลือทิ้งจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดหยาบที่สกัดจากเปลือกไม้โกงกางที่ปลูกในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นสารควบคุมหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคผิวหนังในกลุ่มเดอร์มาโตไฟท์และเชื้อแบคทีเรียก่อโรค รวมถึงเชื้อแบคทีเรียเชื้อฉวยโอกาส

วิธีการศึกษา

การรวบรวม และการเตรียมตัวอย่างสารสกัดหยาบจากเปลือกไม้โกงกาง

ทำการรวบรวมตัวอย่างเปลือกไม้โกงกางวัสดุชีวมวลเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตถ่าน จากตำบลยี่สาร อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม นำมาผึ่งในที่ร่มให้มีความชื้นประมาณ 10 เปอร์เซนต์ แล้วจึงทำการบดและร่อนตัวอย่าง ให้มีขนาดอยู่ในช่วง 240-420 µm สำหรับใช้ในการสกัด จากนั้นจึงทำการสกัดตัวอย่างเปลือกไม้โกงกางที่เตรียมได้ตามวิธีการของ Hoong *et al*. (2009) และพรพรรณ สิระมนต์ และทิพยรัตน์ ชาหอมชื่น (2558) โดยทำการสกัดตัวอย่างด้วยวิธีการรีฟลักซ์เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนของตัวอย่างต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:100 (น้ำหนัก/ปริมาตร) และใช้ 50% aq. acetone เป็นตัวทำละลาย (Neimsuwan *et al.,* 2017) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ทำการเตรียมตัวอย่างสารละลายสารสกัดหยาบสำหรับใช้ในการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพ โดยเตรียมตัวอย่างให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 80.0 มก./มล. ใช้ DMSO (Dimethy sulfoxide) สำหรับการเจือจาง และทำให้ปราศจากเชื้อโดยการกรองผ่านตัวกรองเมมเบรนไนลอนที่มีรูพรุนขนาด 0.45 ไมครอน (Merck, Germany)

เชื้อจุลชีพที่ใช้ในการทดสอบ

เชื้อรากลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ที่ใช้ทดสอบ ได้รับความอนุเคราะห์จาก ภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ *Epidermophyton floccuosum, Microsporum canis, Microsporum gypseum, Trichophyton ruburm* และ *Trichophyton mentagrophyte* เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ทดสอบจำนวน 4 สายพันธุ์ โดย 3 สายพันธุ์จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้แก่ แบคทีเรียแกรมลบคือ *Escherichia coli* TISTR 073 และแบคทีเรียแกรมบวกคือ *Micrococcus* spp. TISTR 1404 และ *Staphylococcus aureus* TISTR 746 แบคทีเรียแกรมบวก *Streptococcus pneumonia* จากสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การทดสอบฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อราก่อโรคกลากในกลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ (Dermatophytes) ของสารสกัดหยาบ

ทำการทดสอบโดยนำเชื้อรามาเลี้ยงบนอาหาร Sabouraud Dextrose Agar (SDA)(HiMedia, India) บ่มอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 3-5 วัน ให้เชื้อเจริญบนอาหารประมาณ ¾ ของพื้นที่จานอาหารเลี้ยงเชื้อ เพื่อใช้ทดสอบฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดหยาบ ทำการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรากลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ของสารสกัดหยาบด้วยวิธี Modified plate method (Castillo *et al.,* 2010) เตรียมจานอาหารสำหรับทดสอบสารสกัดหยาบโดยการผสมสารสกัดหยาบความเข้มข้น 80 มก./มล. ลงในอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) (HiMedia, India) ให้ได้ความเข้มข้นของสารสกัดหยาบที่ใช้ทดสอบ 3 ระดับคือ 1.0, 5.0 และ 10.0 มก./มล. ทำการเจาะหลุมโดยใช้ Cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มม. ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เจาะจานอาหารที่มีสารสกัดหยาบความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมไว้ รวมทั้งจานอาหารชุดควบคุม (ไม่มีสารสกัดหยาบผสมอยู่) จากนั้นเจาะบริเวณขอบโคโลนีเชื้อราที่เลี้ยงไว้แล้วทำการย้ายชิ้นวุ้นที่มีเชื้อราเจริญอยู่มาวางแทนที่บนอาหารสารสกัดหยาบที่เจาะไว้ บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราบนจานอาหาร PDA ที่มีสารสกัด

หยาบความเข้มข้นต่างๆ ผสมอยู่ ทุกวันเป็นเวลา 8 วัน เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีสารสกัดหยาบอยู่ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซนต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (Percent of inhibition) ดังสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง} = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100$$

เมื่อ R1 = เส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหารชุดควบคุม

R2 = เส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหารชุดทดลองที่มีสารสกัดหยาบความเข้มข้นต่างๆ

การทดสอบฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหยาบ

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบนอาหาร Tryptone Soy Agar (TSA)(Difco, United States) บ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเจือจางเชื้อแบคทีเรียด้วย 0.85% NaCl ให้ได้เชื้อที่มีความขุ่นเท่ากับ McFarlan No.5 (ปริมาณเชื้อเท่ากับ 108 cfu/ml) นำมาเจือจางด้วยอาหาร 1:200 ทำการทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี Broth dilution method โดยการปิเปตอาหาร Muller-Hinton broth (Merck, Germany) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลุมทั้ง 96 หลุม จากนั้นปิเปตสารทดสอบความเข้มข้น 80.0 มก./มล. ลงใน 96 well-plate หลุมที่หนึ่ง ผสมสารทดสอบกับอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากัน จากนั้นทำ Two-fold serial dilution ไปจนหลุมสุดท้าย ปิเปตสารผสมหลุมสุดท้ายทิ้งไป 100 ไมโครลิตร ปิเปตสารละลายเชื้อแบคทีเรียที่เตรียมไว้ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ในแต่ละหลุม โดยหลุมที่มีเฉพาะอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นตัวควบคุมผลบวก (Positive control) และหลุมที่ใส่เชื้อแบคทีเรียและไม่มีสารสกัดหยาบเป็นตัวควบคุมผลลบ (Negative control) นำไปบ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง การอ่านผลการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโดยเติมสารละลาย resazurin ความเข้มข้น 0.02% ปริมาตร 30 ไมโครลิตร ลงในแต่ละหลุม หาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ (Minimum Inhibitory Concentration, MIC) โดยสังเกตหลุมสุดท้ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลาย resazurin หาความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดหยาบที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทดสอบได้ทั้งหมด (Minimum Bactericidal Concentration, MBC) ตามวิธีการของ Basri *et al*. (2005) โดยนำสารละลายในหลุมที่ไม่มีการเจริญของเชื้อไปเพาะเลี้ยงในอาหาร Muller-Hinton agar รายงานค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ไม่มีการเจริญของเชื้อแบคทีเรียบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นค่า MBC ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 หลุม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธีการ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการเตรียมตัวอย่างสารสกัดหยาบจากเปลือกไม้โกงกาง (Figure 1) โดยการสกัดตัวอย่างด้วยวิธีการรีฟลักซ์เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยใช้ 50% aq. acetone เป็นตัวทำละลาย และใช้อัตราส่วนของตัวอย่างต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:100 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ได้ผลผลิตสารสกัดหยาบ (Figure 1) เท่ากับ 23.42±1.31% เทียบกับปริมาณน้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ในการสกัด จากนั้นทำการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพของสารสกัดหยาบที่สกัดได้จากเปลือกไม้โกงกาง

1. การยับยั้งการเจริญเชื้อราก่อโรคกลาก โดยทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในกลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ 5 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้น 10.0 มก./มล. สารสกัดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราอยู่ระหว่าง 50-80% (ข้อมูลในวันที่ 8 ของการทดลอง) (Figure 2) โดยสารสกัดหยาบสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *M. gypseum* ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ *M. canis, T. mentagrophyte, E. floccuosum* และ *T. rubrum* ตามลำดับ

(Table 1) Min *et al.* (2008) รายงานว่าปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการต้านจุลชีพของสารสกัดคือสารแทนนินที่เป็นองค์ประกอบในสารสกัดหยาบ โดยปริมาณของแทนนินนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและส่วนของพืชที่นำมาทำการสกัด นอกจากนี้สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารก็ยังมีความสำคัญ จากรายงานการวิจัยของ Rajendra *et al.* (2016) สารสกัดแทนนินที่สกัดจากเปลือกไม้โกงกางโดยใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลาย มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus niger* ได้ดี นอกจากนี้ Lim *et al.* (2006) และ Suraya *et al.* (2011) รายงานว่าสารสกัดแทนนินจากเปลือกไม้โกงกางที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 70% acetone มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ได้ดี แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อราในกลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ได้ การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการสกัดสารสกัดหยาบจากเปลือกไม้โกงกางโดยใช้ 50% aq. acetone เป็นตัวทำละลาย พบว่าสารสกัดหยาบที่สกัดได้ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรากลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ได้ดี จึงมีความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาสารสกัดหยาบจากเปลือกไม้โกงกาง จากชุมชนยี่สาร อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม ให้มีศักยภาพเป็นสารต้านเชื้อราต่อไปในอนาคต

2. การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย 4 สายพันธุ์ที่ครอบคลุมแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ ซึ่งเป็นเชื้อก่อโรคและเชื้อฉวยโอกาส จากผลการทดสอบด้วยวิธี Broth dilution พบว่าสารสกัดหยาบไม่สามารถยับยั้งและทำลายเชื้อแบคทีเรีย *E. coli* ได้ที่ความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบ แต่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดี สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Micrococcus* spp. ได้ดีที่สุด มีค่า MIC และ MBC เท่ากับ 5.0 และ 10.0 มก./มล. ตามลำดับ สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. pneumonia* และ S. *aureus* ที่ค่า MIC เท่ากับ 10.0 มก./มล. และสารสกัดสามารถทำลายเชื้อแบคทีเรีย *S. pneumonia* ได้ โดยมีค่า MBC เท่ากับ 10.0 มก./มล. แต่ไม่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ได้ที่ระดับความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบ (Table 2) ผลการทดสอบสอดคล้องกับผลการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดแทนนินจากเปลือกไม้โกงกาง (*Rhizophora apiculata*) จากรายงานของ Lim *et al.* (2006) พบว่าสารสกัดแทนนินจากเปลือกไม้โกงกางมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Micrococcus* sp. และ *S. aureus* ได้ดี โดยมีค่า MIC/MBC เท่ากันคือ 6.25 /12.5 mg/ml ซึ่งการออกฤทธิ์ของสารสกัดแทนนินสอดคล้องกับผลการศึกษาฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดสมุนไพรหลายชนิด ที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแกรมลบ เนื่องคุณสมบัติของผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมบวกมีผนังเซลล์ชั้นเดียวไม่มีส่วนของ outer membrane สารสกัดจึงออกฤทธิ์ทำลายเซลล์เมมเบรนและส่งผลต่อรูปร่างของเซลล์ ทำให้เกิดการเสียสภาพของเซลล์ได้ง่ายกว่า (Marino *et al*., 2001; Suraya *et al*., 2011). นอกจากนี้แทนนินยังออกฤทธิ์ยับยั้งกลไกการสังเคราะห์ RNA, DNA และการสร้างโปรตีน ส่งผลให้เกิดการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Adnan *et al.,* 2017)

Redondo *et al*. (2014) รายงานแนวทางการใช้ประโยชน์ของแทนนินเป็นสารเสริมอาหารในสัตว์ปีกและสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพได้ (antimicrobial as growth promoting factors: AGP) ดังนั้นสารสกัดหยาบจากเปลือกไม้โกงกางจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะพัฒนา เพื่อใช้ร่วมกับสารต้านจุลชีพอื่นๆ เพื่อควบคุมการติดเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา ลดการใช้สารเคมีและยาปฏิชีวนะ เพื่อความปลอดภัยต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

Figure 1 Rhizophora Barks and crude extract from Rhizophora Barks.

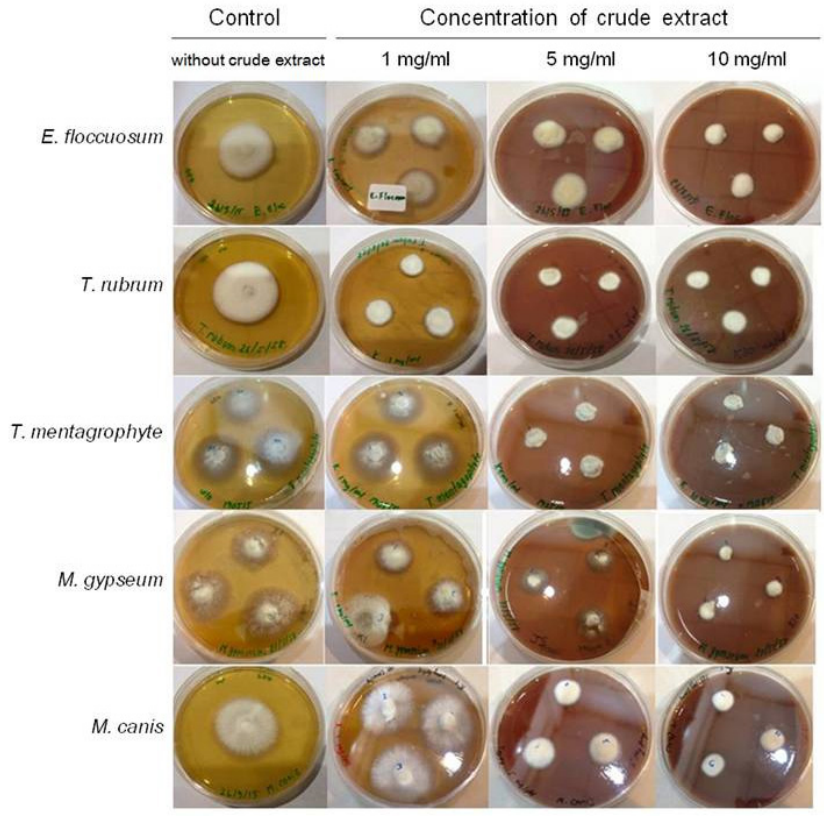


Figure 2 Antifungal activity of crude extract against 5 dermatophytes: *Epidermophyton floccuosum*, *Trichophyton ruburm, Trichophyton mentagrophyte, Microsporum gypseum* and *Microsporum canis* by Modified agar plate method.

Table 1 Percentage inhibition of crude extract against Dermatophytes.

Crude extract (mg/ml)	Percent of inhibition*				
	Dermatophytes				
	E. floccuosum	*T. rubrum*	*T. mentagrophyte*	*M. gypseum*	*M. canis*
0	0.0±0.0a	0.0+0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a
1	27.23.40±3.40a	41.92±23.10a	nd	50.02±3.78b	10.78±2.13a
5	50.67±1.15b	48.10±1.92b	54.90±1.74b	67.34±1.81b	54.03±1.69b
10	58.46±1.33b	50.53±3.88c	64.71±2.80c	78.48±0.83c	69.56±2.54c

* Data from day 8 of experiment. Values are shown as mean ± standard error nd: no detection of antifungal activity.
Mean in column followed by different letters (a-c) are statistically significant ($P < 0.05$) according to Duncan's multiple range test.

Table 2 Minimal In hibitory Concentration (MIC) and Minimal Bactericidal Concentration (MBC) of crude extract.

Bacteria types	MIC (mg/ml)	MBC (mg/ml)
Micrococcus spp.	5.0	10.0
S. aureus	10.0	na
S. pneumoniae	10.0	10.0
E. coli	na	na

Data from day 8 of experiment na: not active at concentration of 10.0 mg/ml

สรุปผลการศึกษา

การเตรียมตัวอย่างสารสกัดหยาบจากตัวอย่างเปลือกไม้โกงกาง ได้ผลผลิตของสารสกัดหยาบเทียบกับน้ำหนักของเปลือกไม้ เท่ากับ 23.42 % ผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลชีพของสารสกัดหยาบ พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราในกลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ได้ดี โดยที่ระดับความเข้มข้น 10.0 มก./มล. สารสกัดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *M. gypseum* ได้สูงสุด รองลงมาคือ *M.canis, T. Mentagrophyte, E. floccuosum* และ *T. rubrum* ตามลำดับ การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย พบว่าสารสกัดหยาบไม่สามารถยับยั้งและฆ่าเชื้อ *E. coli* ได้ที่ความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบ แต่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดี สามารถยับยั้งและทำลายเชื้อ *Micrococcus* spp. และ *S. pneumonia* ได้ที่ค่า MIC และ MBC เท่ากับ 5.0/10.0 และ 10.0/10.0 มก./มล. ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย เชื้อรากลุ่มเดอร์มาโตไฟท์ที่ใช้ทดสอบ ได้รับความอนุเคราะห์จาก ศ.สพ.ญ.ดร.พรทิพา เล็กเจริญสุข ภาควิชาจุลชีววิทยาและวิทยาภูมิคุ้มกัน คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอขอบคุณ อาจารย์นพดล ประเสริฐสินเจริญ ภาควิชาเทคนิคการสัตวแพทย์ คณะเทคนิคการสัตวแพทย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

ไทย พีบีเอส. 2559. รายการสายสืบเจาะตลาด. สำรวจราคาถ่านไม้โกงกาง จังหวัดสมุทรสงคราม. (รายการโทรทัศน์) สถานีโทรทัศน์ไทยพีบีเอส. กรุงเทพฯ. ออกอากาศ 4 ก.ย. 2559. แหล่งที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=K7rADz4YPnE

พรพรรณ สิระมนต์ และทิพยรัตน์ ชาหอมชื่น. 2558. ฤทธิ์ต้านเชื้อราของสารประกอบฟีนอลิคจากเปลือกผลสบู่ดำ. *วารสาร มทร. อีสาน.* ฉบับพิเศษ: 76-82.

Adnan, S.N.A., N. Ibrahim, and W.A. Yaacob. 2017. Disruption of methicillin-resistant Staphylococcus aureus protein synthesis by tannins. *GERMS* 7(4): 186-192.

Basri, D.F., R. Sharif, P. Morat, and J. Latip. 2005. Evaluation of antimicrobial activitys of the crude extracts from Garcinia atroviridis and Solanum torvum. *Malaysian Journal of Science* 24: 233-238.

Buma, R., T. Maeda, M. Kamei, and H. Kourai. 2006. Pathogenic bacteria carried by companion animals and their susceptibility to antibacterial agents. *Biocontrol Science* 11(1): 1-9.

Castillo, F., D. Hernandez, G. Gallegos, M. Mendez, R. Rodriguez, A. Reyes, and C.N. Aguilar. 2010. In vitro antifungal activity of plant extracts obtained with alternative organic solvents against Rhizoctonia solani Kuhn. *Industrial Crops and Products* 32(3): 324-328.

Chuku, A. and O.O. Nwankiti, 2013. Association of bacteria with fungal infection of skin and soft tissue lesions in plateau state, Nigeria. *British Microbiology Research Journal* 3(4)L 470-477.

Croxen, M.A., R.J. Law, R. Scholz, K.M. Keeney, M. Wlodarska, and B.B. Finlay. 2013. Recent advances in understanding enteric pathogenic Escherichia coli. *Clinical Microbiology Reviews* 26(4): 822-880.

Giovana, M.L., L.F. Ana, S.C. Valeria, W.B. Bianca, G. Silvana, F.A. Saulo, C.F. Suzelei, and M.S. Ana, 2013. Antimicrobial activity and rates of Tannins in Stryphnodendron adstringens Mart. Accessions collected in the Brazilian Cerrado. *American Journal of Plant Sciences* 4: 2193-2198.

Havlickova, B., V.A. Czaika, and M. Friedrich. 2008. Epidemiological trends in skin mycoses worldwide. *Mycoses* 51 Suppl 4, 2-15.

Hoong, Y.B., M.T. Paridah, C.A. Luqman, M.P. Koh, and Y.F. Loh, 2009. Fortification of sulfited tannin from the bark of Acacia mangium with phenol–formaldehyde for use as plywood adhesive. *Industrial Crops and Products* 30(3): 416-421.

Hussey, S.J.K., J. Purves, N. Allcock, V.E. Fernandes, P.S. Monks, J.M. Ketley, P.W. Andrew, and J.A. Morrissey, 2017. Air pollution alters Staphylococcus aureus and Streptococcus pneumonia biofilms, antibiotic tolerance and colonization. *Environmental microbiology* 19(5): 1868-1880.

Ismael, H.M. and N.A. Ramadan. 2013. The anti-dermatophyte activities of some plant extracts against Trichophyton mentagrophytes and Microsporum canis. Journal of University of Zakho 1(2): 463-468.

Kandeel, A., K. Abu-Elmagd, M. Spinner, A. Khanna, K. Hashimoto, M. Fujiki, and A. Abd-Elaal. 2015. A typical Clinical Presentation of a Newer Generation Anti-Fungal Drug-Resistant Fusarium Infection After a Modified Multi-Visceral Transplant. *Annals of Transplantation* 20: 512-518.

Kim, S.H., S.H. Cho, S.K. Youn, J.S. Park, J.T. Choi, Y.S. Bak, Y.B Yu, and Y.K. Kim, 2015. Epidemiological Characterization of skin fungal infections between the years 2006 and 2010 in Korea. *Osong Public Health Perspect* 6(6): 341-345.

Lim, S.H., I. Darah, and K. Jain. 2006. Antimicrobial Activities of Tannins Extracted from Rhizophora Apiculatus Barks. *Journal of Tropical Forest Science* 18: 59-65.

Marino, M., C. Bersani, and G. Comi. 2001.Impedance measurements to study the antimicrobial activity of essential oils from Lamiaceae and Compositae. *Int J Food Microbiol* 67: 187-195.

Min, B.R., W.E. Pinchak, R. Merkel, S. Walker, G. Tomita, and R.C. Anderson. 2008. Comparative antimicrobial activity of tannin extracts from perennial plants on mastitis pathogens. *Scientific Research and Essay* 3(2): 066-073.

Muangkaew, W., T. Wongsuk, and N. Luplertlop. 2017. Common dermtophytes and in vitro anti-fungal susceptibility testing in patients attending the Dermatological Clinic at the Hospital fro Tropical Medicine, Bangkok. *New Microbiologica* 40(3): 175-179.

Neimsuwan, T., P. Siramon, P. Hengniran, and V. Punsuvon, 2017. Tannin Extraction of Rhizophora Bark from Residual Charcoal Production. *Journal of Tropical Forest Research* 1(1): 36-50.

O'Neill, J. 2016. Tackling drug-resistant infections globally: The review on antimicrobial resistance. Final report and recommendations. London: HM Government and the Welcome Trust 84 p.

Panizzi, L., C. Caponi, S. Catalano, P.L. Cioni, and I. Morelli. 2002. In vitro antimicrobial activity of extracts and isolated constituents of Rubus ulmifolius. *Journal of Ethnopharmacology* 79(2): 165-168.

Rajendra, S., P. Karthick, M.K. Narayana, C. Ramesh, R. Mohanraju, and A. Vijayakumar, 2016. Evaluation of antimicrobial properties from the mangrove Rhizophora apiculata and Bruguiera gymnorrhiza of Burmanallah coast, South Andaman, India. *Journal of Coastal Live Medicine* 4(6): 475-478.

Redondo, L.M., P.A. Chacana, J.E. Dominguez, and M.E.F. Miyakawa, 2014. Perspectives in the use of tannins as alternative to antimicrobial growth promoter factors in poultry. *Frontiers in Microbiology* 5: 1-7.

Salih, E.Y.A., M. Kanninen, M. Sipi, O. Luukkanen, R. Hiltunen, H. Vuorela, R. Julkunen-Tiitto, and P. Fyhrquist, 2017. Tannins, flavonoids and stilbenes in extracts of African savanna woodland trees Terminalia brownie, Terminalia laxiflora and Anogeissus leiocarpus showing promising antibacterial potential. *South African Journal of Botany* 108: 370-386.

Seyedmousavi, S., J. Guillot, A. Tolooe, P.E. Verweij and G.S. Hoog. 2015. Neglected fungal zoonoses: hidden threats to man and animals. *Clinical Microbiology and Infection* 21(5): 416-425.

Sung, S.H, K.H. Kim, B.T. Jeon, S.H. Cheong, J.H. Park, D.H. Kim, H.J. Kweon and S.H. Moon. 2012. Antibacterial and antioxidant activities of tannins extracted from agricultural by-products. *Journal of Medicinal Plants Research* 6(15): 3072-3079.

Suraya, S., I. Darah, K. Jain, and S.H. Lim. 2011. Antimicrobial and antioxidant activities of condensed tannin from Rhizophora apiculata barks. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 3: 436-444.

Tomiyama, K., Y. Mukai, M. Saito, K. Watanabe, H. Kumada, T. Nihei, N. Hamada and Teranaka, T. 2016. Antibacterial Action of a Condensed Tannin Extracted from Astringent Persimmon as a Component of Food Addictive Pancil PS-M on Oral Polymicrobial Biofilms. *Biomed Research International* 2016: 1-7.

Ungpakorn, R. 2005. Mycoses in Thailand: Current Concerns. Japanese Journal of Medical Mycology 46: 81-86.

Woodford, N. and D. Livermore. 2009. Infections caused by Gram-positive bacteria: a review of the global challenge. *Journal of Infection* 59(S1): S4-S16.

วันรับบทความ (Received date) : 29 ธ.ค. 60
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 25 เม.ย. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 7 มิ.ย. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 221-226

การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากฝุ่นผงจากเปลือกมะพร้าวด้วยตัวทำละลายร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิค

Extraction of Phenolic Compounds from Waste Coconut Coir Dust Using Ultrasound-Assisted Solvent Extraction

พรพรรณ สิระมนต์[1]* ธิติมา วงษ์ชีรี[2] และสารภี ยวดยง[3]

Pornpun Siramon,[1] Thitima Wongsheree,[2] and Sarapee Yuadyong[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการสกัดแยกสารในกลุ่มฟีนอลิกจากฝุ่นผงจากเปลือกมะพร้าวผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปมะพร้าวเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยทำการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่างโดยใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิคช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัด ในกระบวนการสกัดได้ศึกษา 3 ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสกัด ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย อุณหภูมิ และระยะเวลาในการสกัด จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่างโดยคลื่นอัลตร้าโซนิค คือ การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ซึ่งที่สภาวะนี้ให้เปอร์เซ็นต์ผลผลิตของสารสกัดร้อยละ 29.57 ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้เท่ากับ 951.33 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง เมื่อทดสอบฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบที่ได้ พบว่ามีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี โดยมีความเข้มข้นที่กำจัดอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50 (IC_{50}) จากวิธี DPPH เท่ากับ 362.77 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และจากวิธี ABTS เท่ากับ11.96 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เทียบกับน้ำหนักสารสกัดหยาบ

คำสำคัญ: ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ฝุ่นผงเปลือกมะพร้าว สารประกอบฟีนอลิก คลื่นอัลตร้าโซนิค

Abstract

In the present study, phenolic compounds were extracted from waste coconut coir dust, a by-product of coconut manufacturing process, for value-added. The objective of this research was to determine the optimal extraction condition of total phenolic contents from coconut coir dust using ultrasound-assisted solvent extraction. In the extraction, three main parameters: solvent types, extraction temperature and extraction time were used to determine the optimal extraction condition of phenolic compounds from the sample. It was found that the extraction of sample with 50% (v/v) ethanol at 30 ºC for 120 minutes gave the highest crude extract yield (29.57% w/w on dry basis) and the highest total phenolic content (951.33 µg GAE/g). The antioxidant activities of crude extract from the optimal extraction condition was further investigated by comparing the two most common radical scavenging assays namely, the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS). The results showed that the crude extract exhibited strong antioxidant activities with IC_{50} at 362.77µg/ml by DPPH, and 11.96 µg/ml by ABTS methods, respectively.

Keywords: antioxidant activity, coconut coir dust, phenolic compounds, ultrasound-assisted solvent extraction

[1]ศูนย์บริการทางการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี อ. จอมบึง จ. ราชบุรี 70150

[2]สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[3]บริษัท ซีวาดี โปรดักส์ จำกัด อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10270

*Corresponding author, Email: pornpun.sir@kmutt.ac.th

คำนำ

มะพร้าว มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Cocos nucifera* L. เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ และถือเป็นพืชเอกลักษณ์ของประเทศไทย มีพื้นที่การปลูกกระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยมีพื้นที่หลักอยู่ในเขตภาคกลางตอนล่างโดยเฉพาะจังหวัดราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และนครปฐม (ธัญวรรณ ก. ศรีสุวรรณ และคณะ, 2557) ในปัจจุบันความต้องการบริโภคมะพร้าวของตลาดโลกมีมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้อุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารและเครื่องดื่มที่ทำจากมะพร้าวมีแนวโน้มการขยายตัวเพิ่มขึ้นมากตามไปด้วย ซึ่งจากอุตสาหกรรมการแปรรูปมะพร้าวจะเกิดผลพลอยได้ คือ กาบมะพร้าว (coconut husk) ขึ้นเป็นจำนวนมาก ในปัจจุบันมีการนำผลพลอยได้ชนิดนี้มาสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการนำมาสกัดเป็นเส้นใยมะพร้าว (coconut coir fiber) สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตที่นอน และผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดเส้นใยจากกาบมะพร้าวจะเกิดวัสดุเหลือทิ้งขึ้นอีกชนิดหนึ่ง คือ ฝุ่นผงมะพร้าว (coconut coir dust) ประมาณร้อยละ 70 โดยน้ำหนักของกาบมะพร้าว (Etim *et al*., 2016) ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีการนำวัสดุเหลือทิ้งจำนวนมากนี้มาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง หรือใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปมีการนำไปใช้เป็นวัสดุเพาะปลูกทางการเกษตร หรือถูกทิ้งไว้เป็นของเสียในโรงงานโดยไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์แต่อย่างใด Israel *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นผงมะพร้าวผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมมะพร้าว พบว่ามีปริมาณลิกนินและเซลลูโลสสูง โดยสารสกัดที่ได้จากการใช้น้ำ และอะซิโตนเป็นตัวทำละลาย พบว่ามีองค์ประกอบหลักที่มีคุณสมบัติพฤกษเคมี ได้แก่ แทนนิน ฟลาโวนอยล์ และโพลีฟีนอล

จากข้อมูลการวิจัยจำนวนหนึ่งพบว่า สารประกอบในกลุ่มฟีนอลิกนั้นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดี ในปัจจุบันจึงมีการนำสารประกอบกลุ่มนี้มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอางอย่างแพร่หลาย (Murray *et al*., 2008) กระบวนการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากพืชนั้นมีหลายวิธีการ วิธีการสกัดพื้นฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) ร่วมกับการใช้ความร้อน และไม่ใช่ความร้อน (Chotimarkon *et al*., 2008) ปัจจุบันมีการนำคลื่นอัลตราซาวด์ (ultrasound) ช่วงความถี่ 20-100 kHz มาประยุกต์ใช้ในการสกัด (วรัญญา วงศ์วานิช และกิตติชัย บรรจง, 2559) ซึ่งเทคนิคนี้มีข้อดี คือ ง่ายในการดำเนินการ ใช้ระยะเวลาในการสกัดสั้น และใช้พลังงานต่ำ (Rodrigues *et al*., 2008) การใช้คลื่นอัลตราซาวด์เสริมร่วมกับการสกัดด้วยตัวทำละลายจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยทำให้เกิดปรากฏการณ์แคปวิเตชั่น (cavitation) ทำให้พื้นผิวที่บริเวณผนังเซลล์ และภายในเซลล์ของพืชถูกทำลาย ตัวทำละลายจะสามารถแทรกซึมเข้าไปในตัวอย่างพืชที่นำมาสกัดได้ดี ส่งผลให้ตัวทำละลายสามารถชะสารสำคัญออกจากเซลล์พืชที่นำมาสกัดได้ง่ายขึ้น (Rodrigues and Pinto, 2007)

งานวิจัยนี้ทำการศึกษากระบวนการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากฝุ่นผงจากเปลือกมะพร้าวผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการแปรรูปมะพร้าวโดยใช้ตัวทำละลายร่วมกับการใช้คลื่นอัลตร้าโซนิค รวมทั้งวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้ด้วยวิธี Folin-Ciocalteau reagent และศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) และวิธี 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) และเปรียบเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบ (crude extract) ที่ได้กับ Butylated hydroxytoluene (BHT) ซึ่งเป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่ใช้เป็นสารต้านการเกิดออกซิเดชั่นในอุตสาหกรรมอาหาร และเครื่องสำอางโดยทั่วไป

วิธีการศึกษา

การรวบรวมและเตรียมตัวอย่างฝุ่นผงจากเปลือกมะพร้าว

ทำการรวบรวมตัวอย่างฝุ่นผงจากเปลือกมะพร้าวผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปมะพร้าวจากวิสาหกิจชุมชนปลายโพงพาง จ. สมุทรสงคราม และทำการอบตัวอย่างในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ จากนั้นจึงทำการร่อนตัวอย่างให้มีขนาดอยู่ในช่วง 240-420 ไมโครเมตร สำหรับใช้ในการสกัดต่อไป

การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารกลุ่มฟีนอลิกจากตัวอย่าง

การศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารกลุ่มฟีนอลิกจากตัวอย่างฝุ่นผงจากเปลือกมะพร้าว โดยออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทดลอง ได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย อุณหภูมิ และระยะเวลาการสกัด กำหนดจำนวนการทดลอง 3 ซ้ำของการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ

การหาชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่าง

ทำการสกัดตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 1 ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิดได้แก่ (1) สารละลายอะซิโตนความเข้มข้นร้อยละ 70 โดยปริมาตร (2) สารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร และ (3) น้ำกลั่น ใช้อัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:100 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยทำการสกัดด้วยเครื่อง sonicator (Bandelin sonorex digitec, รุ่น DT 510H, 35 kHz, 16 W) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นจึงหาปริมาณผลผลิตสารสกัด (% yield) และตรวจวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content) ที่สกัดได้โดยใช้วิธี Folin-ciocalteu reagent (Singleton and Rossi, 1965) โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดจากกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก (Gallic acid, Sigma-Aldrich) เพื่อหาตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสกัดตัวอย่าง

การหาอุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่าง

ทำการสกัดตัวอย่างด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 2.1 คือ สารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร โดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:100 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 30 และ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 60 และ 120 นาที จากนั้นทำการหาปริมาณผลผลิตสารสกัดและตรวจวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้จากสภาวะต่างๆ ตามวิธีการเดียวกับ ข้อ 2.1 เพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาของการสกัดตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

การศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดที่ได้ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant)

ทำการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบที่ได้จากสภาวะการสกัดที่เหมาะสมจากข้อ 2 โดยวิธี DPPH (Siramon *et al*., 2007) และ วิธี ABTS (Re *et al*., 1999) และเปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระกับสารมาตรฐาน BHT

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยผลการทดลองด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่าง

การศึกษาประสิทธิภาพของตัวทำละลาย 3 ชนิดในการสกัดตัวอย่าง พบว่าสารละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสกัด ซึ่งให้ปริมาณผลผลิตการสกัดร้อยละ 29.03 ของน้ำหนักแห้ง และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้สูงที่สุด เท่ากับ 902.34 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง ดังแสดงผลใน Table 1

Table 1 Total phenolic yield extracted from coconut coir dust by ultrasonic assisted in 3 extracted solvents.

Solvent	% Yield [1/,2/]	Total phenolic contents (μg GAE /g) [1/,2/]
70% (v/v) acetone	28.60±0.21a	865.82±1.71b
50% (v/v) ethanol	29.03±1.44a	902.34±5.99a
Distilled water	22.85±0.23b	748.97±9.75c

[1/] Values are means of three replications ± SD. Numbers followed by different alphabetical among each column are significantly different ($p \leq 0.05$).

[2/] Data were based on dry weight basis.

สรุปประสิทธิภาพของตัวทำละลายในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่างได้ดังนี้ คือ 50% (v/v) เอทานอล > 70% (v/v) อะซิโตน > น้ำกลั่น

อุณหภูมิ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่าง

การศึกษาเพื่อหาอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดตัวอย่างโดยใช้ตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร (ตัวทำละลายที่เหมาะสม) พบว่าการสกัดตัวอย่างที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 120 นาที เป็นสภาวะการสกัดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ที่สภาวะนี้ให้ค่าผลผลิตสารสกัดร้อยละ 29.57 ของน้ำหนักแห้ง และค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้สูงที่สุดเท่ากับ 951.93 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง ดังแสดงผลใน Table 2

Table 2 Extraction yield and total phenolic contents of coconut coir dust from each extraction condition.

Extraction Temperature (^{0}C)	Extraction time (min)	Yield (%)[1/,2/]	Total phenolic contents (μg GAE /g) [1/,2/]
30	30	27.30±1.01d	879.82±8.37d
	60	28.08±0.06cd	885.98±5.42d
	120	29.57±0.02ab	951.93±2.56a
50	30	28.35±0.07bcd	885.28±4.69d
	60	29.03±1.44abc	902.34±5.99c
	120	30.15±0.33a	937.11±8.55b

[1/] Values are means of three replication ± SD. Numbers followed by different alphabetical among each column are significantly different ($p \leq 0.05$).

[2/] Data were based on dry weight basis.

ฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดที่ได้ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดหยาบที่ได้จากสภาวะที่เหมาะสม โดยวิธีDPPH และ วิธี ABTS แสดงใน Table 3

Table 3 Antioxidant activity (IC_{50}) by DPPH and ABTS assays of crude phenolic from coconut coir dust and commercial antioxidant (BHT).

Sample	IC_{50} (µg/ml) by DPPH assay[1/]	IC_{50} (µg/ml) by ABTS assay[1/]
Crude phenolic from coconut coir dust	362.77	11.96
Butylated hydroxytoluene (BHT)	180.32	215.45

[1/] Data were based on crude sample weight.

จากผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้ง 2 วิธี พบว่าตัวอย่างสารสกัดมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูง (IC_{50} วิธี DPPH = 362.77 µg/ml และ IC_{50} วิธี ABTS = 11.96 µg/ml) และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างสารสกัดกับสารมาตรฐาน BHT พบว่าตัวอย่างสารสกัดมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่า BHT เมื่อทดสอบโดยวิธี DPPH แต่มีประสิทธิภาพสูงกว่า BHT เมื่อทดสอบโดยวิธี ABTS ทั้งนี้เนื่องมาจากตัวอย่างสารสกัดฝุ่นผงจากเปลือกมะพร้าวนี้ประกอบไปด้วยสารกลุ่มต่างๆ ได้แก่ แทนนิน ฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอล (Israel *et al.,* 2011) ซึ่งสารแต่ละกลุ่มนี้ต่างก็มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ โดยมีกลไกในการเข้าทำปฏิกิริยาต่อสารทดสอบ (DPPH· และ ABTS·) ที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้แสดงฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่แตกต่างกันไปด้วย (Hagerman *et al*., 1998; Olajuyigbe and Afolayan, 2011)

สรุปผลการศึกษา

สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากตัวอย่างฝุ่นผงจากเปลือกมะพร้าวผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปมะพร้าวโดยใช้ตัวทำละลายร่วมกับคลื่นอัลตร้าโซนิค คือ การสกัดตัวอย่างด้วยตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยปริมาตร ใช้อัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:100 (น้ำหนัก/ปริมาตร) โดยทำการสกัดด้วยเครื่อง sonicator ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 120 นาที ซึ่งที่สภาวะนี้ให้ผลผลิตของสารสกัดร้อยละ 29.57 ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่สกัดได้เท่ากับ 951.93 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง และจากการศึกษาฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่ได้นี้พบว่ามีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระที่สูงใกล้เคียงกับสารมาตรฐาน BHT ที่นำมาใช้ทดสอบเปรียบเทียบ ดังนั้นสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากตัวอย่างฝุ่นผงมะพร้าวนี้ สามารถใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระทางเลือกจากธรรมชาติทดแทนสารเคมีสังเคราะห์ที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบันได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย จากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ร่วมกับบริษัทซีวาดี โปรดักส์ จำกัด ภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาภาครัฐร่วมเอกชนในเชิงพาณิชย์ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

ธัญวรรณ ก. ศรีสุวรรณ, ธำรงค์ เมฆโหรา และสมศักดิ์ คูหาสวรรค์เวช. 2557. การจัดการห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมการผลิตเส้นใยมะพร้าวจังหวัดประจวบคีรีขันธ์. *ว. เกษตรพระจอมเกล้า* 32(3): 45-51.

วรัญญา วงศ์วานิช และกิตติชัย บรรจง. 2559. ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดน้ำมันเมล็ดองุ่นด้วยวิธีการแช่และการใช้คลื่นเสียงความถี่สูงช่วยสกัด. *ว. เกษตรพระจอมเกล้า* 34(3): 9-21.

Chotimarkon, C., S. Benjakul and N. Silalai. 2008. Antioxidant components and properties of five long-grained rice bran extracts from commercial available cultivars in Thailand. *Food Chem.* 111: 636-841.

Etim, U.J., S.A. Umoren and U.M. Eduok. 2016. Coconut coir dust as a low cost adsorbent for the removal of cationic dye from aqueous solution. *J. Saudi Chem. Soc*. 20: S67–S76.

Hagerman, A.E., K.M. Riedl, G.A. Jones, K.N. Sovik, N.T. Ritchard, P.W. Hartzfeld and T.L. Riechel. 1998. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 46: 1887-1892.

Israel, A.U., R.E. Ogali, O. Akaranta and I.B. Obot. 2011. Extraction and characterization of coconut (*Cocos nucifera* L.) coir dust. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 33(6): 717-724.

Murray, J.C., J.A. Burch, R.D. Streilein, M.A. Lannacchione, R.P. Hall and S.R. Pinnell. 2008. A tropical antioxidant solution containing vitamins C and E stabilized by ferulic acid provides protection for human skin against damage caused by ultraviolet irradiation, *J. Am. Acad. Dermatol*., 59: 418-425.

Olajuyigbe, O.O. and A.J. Afolayan. 2011. Phenolic content and antioxidant property of the bark extracts of *Ziziphus mucronata* Willd. subsp. *mucronata* Willd. *BMC Complement. Altern. Med.,* 130(11): 1-8.

Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med*., 26: 1231-1237.

Rodrigues, S. and G.A.S. Pinto. 2007. Ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (*Cocos nucifera*) shell powder. *J. Food Eng.* 80: 869-872.

Rodrigues, S., G.A.S. Pinto and F.A.N. Fernandes. 2008. Optimization of ultrasound extraction of phenolic compounds from coconut (*Cocos nucifera*) shell powder by response surface methodology. *Ultrason. Sonochem.* 15: 95-100.

Singleton, V.L. and J..A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics and phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic*. 6: 144-158.

Siramon, P. and Y. Ohtani. 2007. Antioxidative and antiradical activities of *Eucalyptus camaldulensis* leaf oils from Thailand. *J. Wood Sci*. 53(6): 498-504.

วันรับบทความ (Received date) : 28 ธ.ค. 60
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 20 มี.ค. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 18 มิ.ย. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 227-238

อัตราพันธุกรรมและความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสและองค์ประกอบของผลผลิตในถั่วเหลือง *Glycine max* (L.) Merr.

Heritability and Genetic Advance for Activity of Lipoxygenase and Yield Components Traits in Soybean *Glycine max* (L.) Merr.

ศุภาพิชญ์ ห่อประทุม[1] ชนิตา ปาลิยะวุฒิ[2] และวราลักษณ์ เกษตรานันท์[2]*
Supapit Horpratum[1] Chanita Paliyavuth[2] and Waraluk Kasettranan[2]*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้สร้างประชากร RIL จำนวน 146 สายพันธุ์โดยใช้คู่ผสมระหว่างพันธุ์ 'นครสวรรค์ 1' กับ 'AGS129' เพื่อประเมินค่าความแปรผันทางพันธุกรรม อัตราพันธุกรรม และความก้าวหน้าทางพันธุกรรม สำหรับลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสและองค์ประกอบของผลผลิตในถั่วเหลือง ประชากร RIL 146 สายพันธุ์ และพันธุ์พ่อแม่ปลูกโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 2 ซ้ำ เก็บข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ทางพืชไร่ ได้แก่ วันออกดอก ความสูง จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น วัดกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดถั่วเหลืองโดยใช้เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 234 นาโนเมตร จากผลการทดลองแสดงว่าลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนส มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางพันธุกรรมอยู่ในระดับสูง (GCV = 23.053%) และมีค่าอัตราพันธุกรรมในแนวกว้างอยู่ในระดับปานกลาง (H_b^2 = 42.774%) จากผลการทดลองแสดงว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะนี้มาก นอกจากนี้ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้นและจำนวนฝักต่อต้นมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางพันธุกรรมและค่าอัตราพันธุกรรมในแนวกว้างอยู่ในระดับสูง ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้นมีความก้าวหน้าทางพันธุกรรมสูงที่สุด (GAM = 123.359%) เช่นเดียวกัน จากผลการทดลองนี้เห็นได้ว่าลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตถูกควบคุมด้วยอิทธิพลของยีนแบบบวก ข้อมูลที่ได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์สำหรับคัดเลือกลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสและลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตในถั่วเหลืองได้

คำสำคัญ: อัตราพันธุกรรมในแนวกว้าง ความก้าวหน้าทางพันธุกรรม กิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนส ถั่วเหลือง

Abstract

The research was conducted on 146 RILs population, using a cross between 'Nakhon Sawan1' x 'AGS129' to estimate genetic variability, heritability and genetic advance for activity of lipoxygenase and yield components traits in soybean. The 146 RILs and parents were planted in a randomized complete block design (RCBD) with two replications. Data of agronomic traits were collected, such as days to flowering, plant height, no. of seeds/pod, no. of pods/plant and no. of seeds/plant. The specific activity of lipoxygenase was measured in soybean seeds using spectrophotometer at 234 nm. The results showed that lipoxygenase activity trait has high genotypic coefficient of variation (GCV = 23.053%) and moderate broad-sense heritability (H_b^2 = 42.774%). These results indicated large genetic effects on the expression of the trait. In addition, no. of seeds/plant and no. of pods/plant trait have high genotypic coefficient of variation and high broad-sense heritability. Also, no. of seeds/plant trait has the highest genetic advance

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
[2]ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
*Corresponding author, Email: waraluk.k@chula.ac.th

in percent of the mean (GAM = 123.359%). These results indicated that yield components traits were controlled by additive gene effects. Our results may be useful in breeding programs for selection lipoxygenase activity trait and yield components traits in soybean.

Keywords: broad-sense heritability, genetic advance, lipoxygenase activity, soybean, yield components

คำนำ

ลิพ็อกซีจีเนส (lipoxygenase: LOX) เป็นเอนไซม์ที่สร้างขึ้นในพืชวงศ์ถั่ว ทำหน้าที่ในการเร่งการสลายไขมันในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เช่น กรดลิโนเลนิก (linolenic acid) กรดลิโนเลอิก (linoleic acid) และกรดอะราชิโดนิก (arachidonic acid) เป็นผลให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นเพอรอกไซด์ (peroxide) หรือไฮโดรเพอรอกไซด์ (hydroperoxide) ซึ่งจะสลายตัวต่อไปได้ในกระบวนการรวมตัวของน้ำ ออกซิเจน และไขมัน ทำให้เกิดสารที่มีรสขม (bitter substances) และสารประกอบที่สามารถระเหยได้จนเกิดเป็นกลิ่นถั่ว (beany flavors) ขึ้น ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในกระบวนการแปรรูปถั่วเหลืองเพราะทำให้ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่ยอมรับ (Permyakova and Trufanov, 2010) แต่อย่างไรก็ดีเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสที่อยู่ในเมล็ดถั่วเหลืองยังมีความสัมพันธ์กับลักษณะความต้านทานการงอกของสปอร์ของเชื้อราบนเมล็ดถั่วเหลืองอีกด้วย จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเฮกซานอล (hexanal) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากวิถีของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนส (lipoxygenase pathway) มีสมบัติในการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus flavus* (Doehlert *et al*., 1993) และจากการศึกษาของ Kondo *et al*. (1993) ยังพบว่าใบเลี้ยงของถั่วเหลืองที่ถูกบุกรุกด้วยเชื้อราจะมีกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ในพืชชนิดอื่น ๆ เช่น ข้าว และ มะเขือเทศ ก็พบรายงานการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสเมื่อถูกบุกรุกด้วยเชื้อราหรือศัตรูพืชอื่น ๆ ด้วยเช่นเดียวกัน (Ohta, *et al*., 1991; Kato *et al*., 1992; Koch *et al*., 1992) จากปัญหาการเกิดกลิ่นถั่วในอุตสาหกรรมการแปรรูปถั่วเหลืองจึงจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการใช้ความร้อนในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนส ซึ่งวิธีการนี้ไม่เพียงแต่จะทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นเท่านั้นแต่ยังส่งผลต่อการทำงานของโปรตีนอีกด้วย (Macleod *et al*., 2009) ดังนั้นกุญแจสำคัญในการแก้ไขปัญหานี้อย่างยั่งยืนก็คือการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้ปราศจากเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดเพื่อนำไปใช้เป็นพันธุ์พืชเศรษฐกิจในอนาคต ซึ่งการวิเคราะห์ปริมาณเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสสามารถทำได้โดยการใช้วิธี colorimetric method แต่วิธีนี้ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อเอมบริโอระหว่างที่ทำการลอกเนื้อเยื่อเพื่อนำไปวิเคราะห์ (Kumar *et al*., 2011) ดังนั้นวิธีการนี้จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการวัดปริมาณเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสของเมล็ดถั่วเหลืองระหว่างกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ในช่วงแรก ๆ ได้ เพราะเอมบริโอของเมล็ดถั่วเหลืองจำเป็นที่จะต้องมีชีวิตรอดเพื่อนำไปปลูกต่อในรุ่นถัดไป จึงได้มีการศึกษาเพื่อหาเครื่องหมายพันธุกรรม simple sequence repeat (SSR) หรือ microsatellite ที่สัมพันธ์กับลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนส (Kim *et al*., 2004) เครื่องหมายพันธุกรรม SSR เป็นบริเวณของดีเอ็นเอที่มีลำดับเบสไม่เกิน 6 คู่เบส ซ้ำกันหลาย ๆ ซ้ำ พบได้ทั้งในพืชและสัตว์ (Rongwen *et al*., 1995) สามารถใช้ในการบ่งบอกลักษณะทางการเกษตรที่สำคัญ ๆ ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลือง จากการศึกษาก่อนหน้านี้ได้มีการใช้เครื่องหมายพันธุกรรมในการบ่งบอกถึงปริมาณเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสที่อยู่ในเมล็ดถั่วเหลือง พบว่าเครื่องหมายพันธุกรรม Sat_074 และ Satt522 มีความสัมพันธ์กับปริมาณเอนไซม์ lipoxygenase-2 (Kim *et al*., 2004; Kumar *et al*., 2011) และจากการศึกษาของ Reinprecht *et al*. (2005) พบว่าการปรับปรุงสายพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีปริมาณเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดต่ำไม่ก่อให้เกิดผลเสียอย่างเห็นได้ชัดต่อลักษณะทางการเกษตรอื่น ๆ รวมทั้งลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตด้วย ดังนั้นในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อให้มีปริมาณเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสต่ำตามความต้องการของนักปรับปรุงพันธุ์นั้นจำเป็นที่จะต้องศึกษา

ข้อมูลทางด้านพันธุกรรมของลักษณะดังกล่าวด้วย แต่ในปัจจุบันข้อมูลทางด้านพันธุกรรมของลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดถั่วเหลืองของประเทศไทย ยังมีไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดถั่วเหลืองยังเป็นลักษณะที่มีการแปรผันขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม เพราะเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง (polygenic trait) การใช้ประชากรถั่วเหลืองหรือการปลูกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันจะให้ผลที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพื้นฐานทางพันธุกรรมของประชากรนั้น ๆ ซึ่งการคัดเลือกสายพันธุ์อาจไม่ประสบความสำเร็จ หากความแปรปรวนจากสิ่งแวดล้อมมีผลมากเกินไปจนบดบังความแปรปรวนทางพันธุกรรม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ค่าอัตราพันธุกรรม (heritability) และความก้าวหน้าทางพันธุกรรม (genetic advance) เพื่อใช้ในการบ่งบอกความยากง่ายในการคัดเลือกสายพันธุ์ โดยลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมและความก้าวหน้าทางพันธุกรรมสูง แสดงว่าความแปรปรวนของลักษณะนั้น ๆ เป็นผลมาจากพันธุกรรมมากกว่าสิ่งแวดล้อม การคัดเลือกสายพันธุ์จะทำได้ง่ายและมีโอกาสประสบความสำเร็จสูง (Falconer and Mackay, 1996) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อที่จะวิเคราะห์อัตราพันธุกรรมและความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดถั่วเหลืองและลักษณะองค์ประกอบของผลผลิต เพื่อที่จะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีปริมาณเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดต่ำ โดยใช้ประชากรถั่วเหลือง RIL ที่เกิดจากพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ที่มีพื้นฐานทางพันธุกรรมแตกต่างกัน คือ ถั่วเหลืองพันธุ์ 'นครสวรรค์ 1' ซึ่งเป็นถั่วเหลืองไร่ และถั่วเหลืองพันธุ์ 'AGS129' ซึ่งเป็นถั่วเหลืองฝักสด

วิธีการศึกษา

ประชากรถั่วเหลือง Recombinant inbred lines (RIL)

ปลูกถั่วเหลืองในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2560 ที่แปลงทดลองมูลนิธิศูนย์ฝึกอบรมเกษตรกรรมและอาชีพ อำเภอจุน จังหวัดพะเยา โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 2 ซ้ำ สุ่มเก็บข้อมูล 5 ต้น ในทุกสายพันธุ์ของแต่ละซ้ำ ซึ่งมีประชากรถั่วเหลือง RIL ชั่วรุ่นที่ 6 (F_6) จำนวน 146 สายพันธุ์ สร้างประชากร RIL โดยใช้วิธีหนึ่งเมล็ดต่อต้น (single seed descent method; SSD) ที่มาจากคู่ผสมระหว่างพันธุ์ นครสวรรค์ 1 กับ พันธุ์ AGS129

เก็บข้อมูลลักษณะทางพืชไร่ดังนี้ วันออกดอก (days to flowering) ความสูงขณะออกดอก (plant height) จำนวนเมล็ดต่อฝัก (No. of seeds/pod) จำนวนฝักต่อต้น (No. of pods/plant) และจำนวนเมล็ดต่อต้น (No. of seeds/plant)

การวัดกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดถั่วเหลือง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design; CRD) จำนวน 4 ซ้ำ และทำการสกัดเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสจากเมล็ดถั่วเหลือง โดยบดเมล็ดถั่วเหลืองให้เป็นผง ~0.1 กรัม ในไนโตรเจนเหลว แล้วเติมโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ พีเอช 6.8 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 10,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สารละลายส่วนใสด้านบนคือสารสกัดของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนส (Kumar *et al*. 2017)

วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ โดยใช้สารละลายเอนไซม์ปริมาตร 10 ไมโครลิตร และใช้กรดลิโนเลอิกเป็นสับสเตรท ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ในโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (0.2 โมลาร์, pH 6.8) ปริมาตร 180 ไมโครลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 234 นาโนเมตร ทุก 15 วินาที เป็นเวลา 3 นาที (Sirikesorn *et al*., 2015) และวัดปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Bradford assay โดยใช้ Bovine serum albumin (BSA) เป็นโปรตีนมาตรฐาน (Kruger, 2009) โดยใช้เครื่อง microplate reader ยี่ห้อ SpectraMax® รุ่น M3 นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า

$$\text{Enzyme activity (U/mg)} = \frac{\Delta A \text{ (milli-unit/min)} \times \text{volume of reaction (ml)}}{\varepsilon \text{ } (M^{-1}cm^{-1}) \times \text{volume of crude enzyme (ml)} \times \text{protein conc. (mg/ml)}}$$

กิจกรรมของเอนไซม์จำเพาะ (specific activity, U/mg) เปรียบเทียบกับปริมาณโปรตีน โดยใช้สมการดังนี้

โดยที่ ΔA = ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไป (milli-unit/min)
ε = Molar extinction coefficient; 25,000 $M^{-1}cm^{-1}$

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) ของกิจกรรมของลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดถั่วเหลืองและลักษณะทางพืชไร่

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 20 (Levesque, 2007) (Table 1) และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ด้วยวิธี Pearson correlation โดยใช้ค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา

Table 1 Analysis of variance (ANOVA) format of RIL population.

Source	df	Mean Square	EMS
Block	b-1		
Genotype	g-1	M2	$\sigma_e^2 + b\sigma_g^2$
Error	(b-1)(g-1)	M1	σ_e^2

คำนวณความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genotypic variance; σ_γ^2) ความแปรปรวนจากสิ่งแวดล้อม (environmental variance; σ_ε^2) และความแปรปรวนของลักษณะฟีโนไทป์ (phenotypic variance; σ_p^2) โดยใช้สมการดังนี้

ความแปรปรวนทางพันธุกรรม $\sigma_g^2 = (M1 - M2)/b$
ความแปรปรวนจากสิ่งแวดล้อม $\sigma_e^2 = M1$
ความแปรปรวนของลักษณะฟีโนไทป์ $\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$

โดยที่ M = mean square
b = จำนวนซ้ำในการทดลอง

จากนั้นนำค่าความแปรปรวนที่ได้มาประเมินค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genotypic coefficient of variation ;GCV) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของลักษณะฟีโนไทป์ (phenotypic coefficient of variation; PCV) ได้แก่ ลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนส วันออกดอก ความสูงขณะออกดอก จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น ตามวิธีการของ Singh และ Chaudhary (1979) ดังสมการต่อไปนี้

$$GCV = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\bar{X}} \times 100$$

$$PCV = \frac{\sqrt{\sigma_p^2}}{\bar{X}} \times 100$$

โดยที่ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา

ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมในแนวกว้างและความก้าวหน้าทางพันธุกรรม

ประมาณค่าอัตราพันธุกรรมในแนวกว้าง (broad-sense heritability, H_b^2) และความก้าวหน้าทางพันธุกรรม (genetic advance in percentage of mean, GAM) โดยใช้สมการดังนี้

$$H_b^2 = \sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_e^2) \quad \text{(Fehr, 1987)}$$

$$GAM = (GA / \bar{X}) \, 100 \quad \text{(Johnson } \textit{et al.}\text{,1955)}$$

โดยที่ K = 2.063 (standardize selection differential at 5% selection intensity)

H_b^2 = heritability in broad sense

σ_p = phenotypic standard deviation

GA = genetic advance under selection; GA (%) = $KH_b^2\sigma_p$

$\bar{X}$ = grand mean of trait

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ค่าเฉลี่ยและพิสัยของข้อมูล

จากข้อมูลค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษาในประชากรถั่วเหลือง RIL ที่มาจากคู่ผสมระหว่างพันธุ์นครสวรรค์ 1 (NS1) กับ พันธุ์ AGS129 ได้ผลดังนี้ (Table 2 และFigure 1)

ลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.07 ± 0.01 units/mg protein พันธุ์ AGS129 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.04 ± 0.02 units/mg protein และประชากร RIL มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.10 ± 0.03 units/mg protein และมีพิสัยของข้อมูลอยู่ระหว่าง 0.03 – 0.16 units/mg protein เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่าค่าเฉลี่ยของประชากร RIL มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การที่ค่าเฉลี่ยของประชากร RIL สูงกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่ แสดงให้เห็นว่ามีการเกิด transgressive segregation

ลักษณะวันออกดอก พันธุ์นครสวรรค์ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.30 ± 0.42 วัน พันธุ์ AGS129 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.00 ± 1.41 วัน และประชากร RIL มีค่าเฉลี่ยเท่ากับเท่ากับ 37.29 ± 1.25 วัน และมีพิสัยของข้อมูลอยู่ระหว่าง 34.33 – 39.80 วัน เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่าค่าเฉลี่ยของประชากร RIL อยู่กลุ่มเดียวกับค่าเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์ 1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์ AGS129 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลักษณะความสูงขณะออกดอก พันธุ์นครสวรรค์ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.65 ± 1.77 เซนติเมตร พันธุ์ AGS129 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.44 ± 2.03 เซนติเมตร และประชากร RIL มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.63 ± 2.96 เซนติเมตร และมีพิสัยของข้อมูลอยู่ระหว่าง 7.60 – 24.75 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ไม่พบความแตกต่างระหว่าง

ค่าเฉลี่ยของประชากร RIL กับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่

ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝัก พันธุ์นครสวรรค์ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.08 ± 0.02 เมล็ด/ฝัก พันธุ์ AGS129 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.79 ± 0.09 เมล็ด/ฝัก และประชากร RIL มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.84 ± 0.18 เมล็ด/ฝัก และมีพิสัยของข้อมูลอยู่ระหว่าง 1.00 – 2.32 เมล็ด/ฝัก เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่าค่าเฉลี่ยของประชากร RIL อยู่กลุ่มเดียวกับค่าเฉลี่ยของถั่วเหลืองพันธุ์ AGS129 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลักษณะจำนวนฝักต่อต้น พันธุ์นครสวรรค์ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.14 ± 7.48 ฝัก/ต้น พันธุ์ AGS129 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.20 ± 0.28 ฝัก/ต้น และประชากร RIL มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.83 ± 6.41 ฝัก/ต้น และมีพิสัยของข้อมูลอยู่ระหว่าง 4.00 – 38.46 ฝัก/ต้น เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร RIL กับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่

ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้น พันธุ์นครสวรรค์ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.93 ± 15.46 เมล็ด/ต้น พันธุ์ AGS129 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.90 ± 0.14 เมล็ด/ต้น และประชากร RIL มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.00 ± 12.53 เมล็ด/ต้น และมีพิสัยของข้อมูลอยู่ระหว่าง 4.00 – 79.22 เมล็ด/ต้น เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ไม่พบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร RIL กับพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของประชากร RIL จากลักษณะที่ศึกษาทุกลักษณะ พบว่าประชากร RIL มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (Table 3) แสดงให้เห็นว่าประชากรรุ่นลูกที่ได้มีความแตกต่างทางพันธุกรรม โดยความแตกต่างดังกล่าวเป็นผลมาจากการมีฐานพันธุกรรมที่แตกต่างกันของพันธุ์พ่อและพันธุ์แม่ โดยที่ถั่วเหลืองพันธุ์นครสวรรค์ 1 เป็นถั่วเหลืองไร่ ไม่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง ส่วนถั่วเหลืองพันธุ์ AGS129 เป็นถั่วเหลืองฝักสด และยังมีความสามารถในการต้านทานต่อโรคราน้ำค้างอีกด้วย (Chowdhury *et al*., 2002)

Table 2 Mean ($\bar{X}$), standard deviation (S.D.) and coefficient of variation (C V) of traits of the parents and RIL population derived from the cross NS1 x AGS129.

Trait	parents		RIL population		
	NS1	AGS129	Mean ± S.D.	Range	C.V. (%)
Specific activity of LOX	0.07 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.10 ± 0.03	0.03 - 0.16	26.76
Days to flowering	38.30 ± 0.42	34.00 ± 1.41	37.29 ± 1.25	34.33 - 39.80	3.35
Plant height	13.65 ± 1.77	10.44 ± 2.03	14.63 ± 2.96	7.60 - 24.75	20.23
No. of seeds/pod	2.08 ± 0.02	1.79 ± 0.09	1.84 ± 0.18	1.00 - 2.32	9.67
No. of pods/plant	12.14 ± 7.48	7.20 ± 0.28	16.83 ± 6.41	4.00 - 38.46	38.12
No. of seeds/plant	24.93 ± 15.46	12.90 ± 0.14	31.00 ± 12.53	4.00 - 79.22	40.43

Table 3 Analysis of variance of RIL population derived from the cross NS1 x AGS129.

Analysis of variance	Degree of freedom			Mean Square			F	Sig.
	Block	Genotype	Error	Block	Genotype	Error		
Specific activity of LOX*	-	145	435	-	0.00268	0.00067	3.990	0.000
Days to flowering	1	145	1214	23.774	13.860	5.933	2.336	0.000
Plant height	1	145	1207	2219.405	77.588	16.353	4.745	0.000
No. of seeds/pod	1	145	1056	0.139	0.223	0.048	4.654	0.000
No. of pods/plant	1	145	1056	3186.120	356.042	75.873	4.693	0.000
No. of seeds/plant	1	145	1056	9283.233	1328.189	276.614	4.802	0.000

* Experimental design in CRD with 4 replications *a, b, c indicates mean of groups significant level of ANOVA at $P < 0.05$

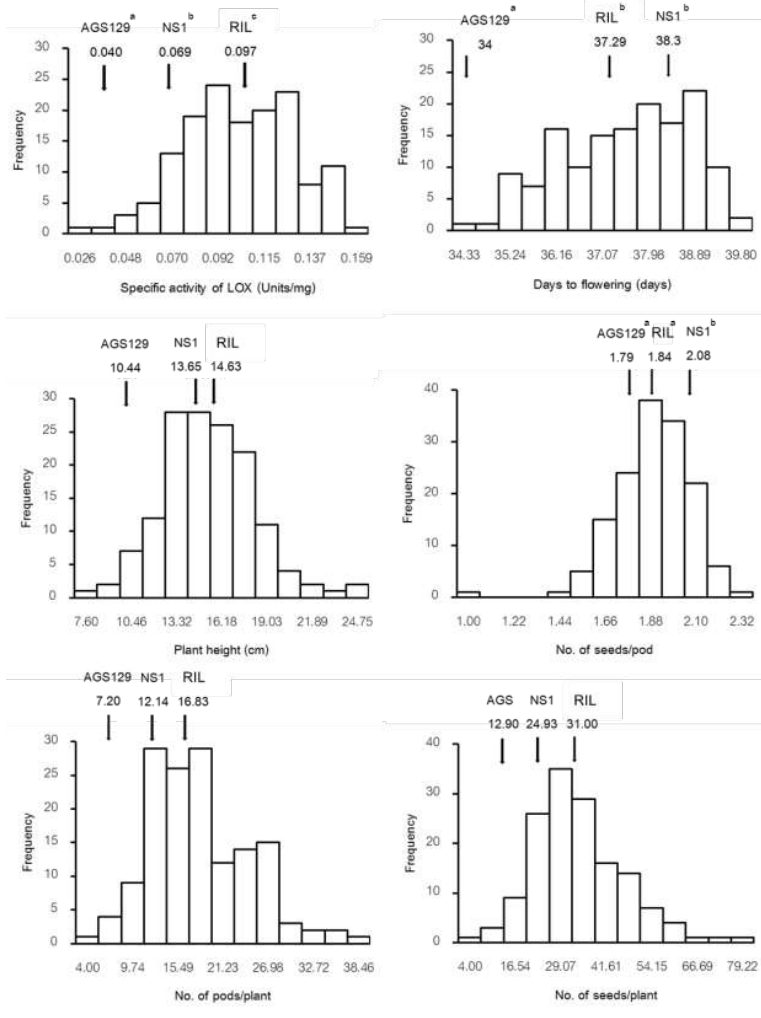


Figure 1 Distribution of specific activity of LOX, days to flowering, plant height, No. of seeds/pod, No. of pods/plant and No. of seeds/plant of RIL population derived from the cross NS1 x AGS129.

อัตราพันธุกรรมในแนวกว้างและความก้าวหน้าทางพันธุกรรม

ลักษณะที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (GCV) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของลักษณะฟีโนไทป์ (PCV) อยู่ในระดับสูง แสดงว่าลักษณะที่ศึกษามีความแปรปรวนสูงจึงเป็นลักษณะที่มีประสิทธิภาพในการนำไปคัดเลือกสายพันธุ์ โดยที่ค่า GCV และ PCV ที่อยู่ในระดับสูงจะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 20% ระดับปานกลางจะมีค่าอยู่ระหว่าง 10 – 20% และระดับต่ำจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10% ตามลำดับ (Shivasubramanian and Menon, 1973) ค่าอัตราพันธุกรรม (H_b^2) เป็นค่าที่บ่งบอกว่าความแปรปรวนของลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้รับอิทธิพลมาจากพันธุกรรมมากหรือน้อยกว่าสิ่งแวดล้อม โดยที่ค่า H_b^2 ที่อยู่ในระดับสูงจะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 60% ระดับปานกลางจะมีค่าอยู่ระหว่าง 30 – 60% และระดับต่ำจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30% ตามลำดับ (Robinson *et al*., 1949) ส่วนความก้าวหน้าทางพันธุกรรม (GAM) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงโอกาสประสบความสำเร็จในกระบวนการคัดเลือกสายพันธุ์ โดยที่ค่า GAM ที่อยู่ในระดับสูงจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 20% ระดับปานกลางจะมีค่าอยู่ระหว่าง 10 – 20% และระดับต่ำจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10% ตามลำดับ (Johnson *et al*., 1955) การประมาณค่า H_b^2 และ GAM ของลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา ในประชากรถั่วเหลือง RIL ที่มาจากคู่ผสมระหว่างพันธุ์นครสวรรค์ 1 (NS1) กับ พันธุ์ AGS129 ได้ผลดังนี้ (Table 4)

ลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดถั่วเหลือง มีค่า GCV เท่ากับ 23.053% ค่า PCV เท่ากับ 35.249% H_b^2 เท่ากับ 42.774% และ GAM เท่ากับ 31.059% จะเห็นได้ว่าลักษณะดังกล่าวมีค่า GCV และ PCV อยู่ในระดับสูง และมีค่า H_b^2 อยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าการแสดงออกของลักษณะนี้เป็นผลมาจากพันธุกรรมมากกว่าสิ่งแวดล้อม (Falconer and Mackay, 1996) นอกจากนี้ลักษณะนี้ยังมี GAM อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่ามีอิทธิพลของยีนแบบบวก (additive gene) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

ลักษณะวันออกดอก มีค่า GCV เท่ากับ 5.339% ค่า PCV เท่ากับ 8.437% H_b^2 เท่ากับ 40.049% และ GAM เท่ากับ 6.961% จะเห็นได้ว่าค่า GCV และ PCV อยู่ในเกณฑ์ต่ำ แสดงว่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นมีอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมเข้ามาร่วมด้วย (Okoye et al., 2009) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Desissa (2017) ที่รายงานว่าลักษณะอายุวันดอกแรกบาน 50% ของถั่วเหลือง 16 สายพันธุ์ มีค่า GCV และ PCV อยู่ในเกณฑ์ต่ำเช่นเดียวกัน นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าค่า H_b^2 อยู่ในระดับปานกลางแต่ GAM อยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมมีส่วนอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องนอกเหนือจากอิทธิพลของยีนแบบบวก เช่น อิทธิพลของยีนแบบข่ม (dominance) และปฏิกิริยาระหว่างยีน (epistasis) เป็นต้น (วราลักษณ์ เกษตรานันท์ และคณะ 2558)

ลักษณะความสูงขณะออกดอก มีค่า GCV เท่ากับ 37.831% ค่า PCV เท่ากับ 46.857% H_b^2 เท่ากับ 65.184% และ GAM เท่ากับ 62.919% จะเห็นได้ว่าลักษณะนี้มีค่า GCV, PCV, H_b^2 และ GAM อยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลต่อลักษณะดังกล่าวมากกว่าสิ่งแวดล้อม และมีอิทธิพลของยีนแบบบวกเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nagarajan *et al*. (2017) ที่ทำการศึกษาในประชากรถั่วเหลืองดัดแปลงพันธุกรรมชั่วรุ่นที่ 4 (M_4) ที่มาจากถั่วเหลืองพันธุ์พ่อแม่ ‘Co (Soy) 3’ และ ‘JS 335’ พบว่าลักษณะความสูงมีค่า GCV และ PCV อยู่ในระดับสูงคือ 36.11% และ 37.14% ตามลำดับ ทั้งนี้ยังมีค่า H_b^2 และ GAM อยู่ในระดับสูงเช่นเดียวกัน ได้แก่ 94.55% และ 72.34% ตามลำดับ

ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝัก มีค่า GCV เท่ากับ 16.104% ค่า PCV เท่ากับ 20.032% H_b^2 เท่ากับ 64.626% และ GAM เท่ากับ 26.669% จะเห็นได้ว่าลักษณะนี้มีค่า GCV และค่า PCV อยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ยังมีค่า H_b^2 และค่า GAM ที่อยู่ในระดับสูงอีกด้วย แสดงให้เห็นว่าพันธุกรรมมีอิทธิพลมากกว่าสิ่งแวดล้อมต่อการแสดงออกของลักษณะนี้ และมีอิทธิพลของยีนแบบบวกร่วมด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Reni and Rao (2013) ที่ศึกษาในถั่วเหลืองจำนวน 45 พันธุ์ ที่มีฐานพันธุกรรมแตกต่างกัน พบว่าลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝักมีค่า GCV และ PCV

อยู่ในระดับปานกลางคือ 15.50% และ 18.57% ตามลำดับ และมีค่า H_b^2 และ GAM อยู่ในระดับสูงคือ 69.71% และ 26.66% ตามลำดับ

ลักษณะจำนวนฝักต่อต้น มีค่า GCV เท่ากับ 70.344% ค่า PCV เท่ากับ 87.340% H_b^2 เท่ากับ 64.867% และ GAM เท่ากับ 116.709% จะเห็นได้ว่าลักษณะนี้มีค่า GCV และ PCV สูงมาก แสดงให้เห็นว่าลักษณะนี้มีความแปรผันทางพันธุกรรมที่สูงเนื่องจากเป็นลักษณะที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง อีกทั้งการที่ลักษณะนี้มี GAM อยู่ในระดับสูงเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของยีนแบบบวก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aditya *et al*. (2011) ที่ศึกษาในถั่วเหลืองจำนวน 31 พันธุ์ ที่มีฐานพันธุกรรมแตกต่างกัน พบว่าลักษณะจำนวนฝักต่อต้นเป็นลักษณะที่มีค่า GCV, PCV, H_b^2 และ GAM อยู่ในระดับสูงเช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงเป็นลักษณะที่สามารถนำไปใช้ในการคัดเลือกสายพันธุ์ต่อไปได้

ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้น มีค่า GCV เท่ากับ 73.976% ค่า PCV เท่ากับ 91.387% H_b^2 เท่ากับ 65.527% และ GAM เท่ากับ 123.359% จะเห็นได้ว่าลักษณะนี้มีค่า GCV และ PCV ที่สูงมาก แสดงถึงความแปรผันทางพันธุกรรมที่สูงเนื่องจากอิทธิพลของการควบคุมด้วยยีนหลายยีน ค่า H_b^2 และ GAM ที่สูง เป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของยีนแบบบวก ดังนั้นจึงสามารถบ่งบอกได้ว่าการคัดเลือกลักษณะนี้ในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มผลผลิตมีโอกาสประสบความสำเร็จสูง เนื่องจากเป็นลักษณะที่มีทั้งค่า H_b^2 และ GAM อยู่ในระดับสูงซึ่งจะส่งผลต่อการคัดเลือกได้ดีกว่าลักษณะที่มีค่า H_b^2 สูงเพียงอย่างเดียว (Johnson, *et al*. 1955) ในการทดลองนี้ลักษณะที่มีค่า GCV และ PCV อยู่ในระดับสูง ได้แก่ ลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนส ความสูง จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น ลักษณะที่มีค่า GCV และ PCV อยู่ในระดับปานกลางคือลักษณะจำนวนเมล็ดต่อฝัก และลักษณะที่มีค่า GCV และ PCV อยู่ในระดับต่ำคือลักษณะวันออกดอก ส่วนลักษณะที่มีค่า H_b^2 อยู่ในระดับสูง ได้แก่ ลักษณะความสูง จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น ลักษณะที่มีค่า H_b^2 อยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ ลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนส และวันออกดอก ทั้งนี้ลักษณะวันออกดอกเป็นลักษณะมีค่า GAM ต่ำที่สุด ในขณะที่ลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้นเป็นลักษณะมีค่า GAM สูงที่สุด ซึ่งลักษณะที่มี GAM สูงจะสามารถถ่ายทอดลักษณะจากพ่อแม่ไปสู่รุ่นลูกได้ดี สามารถปรับปรุงพันธุ์โดยการคัดเลือกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Table 4 Estimation of genotypic and phenotypic variance, broad-sense heritability and genetic advance in the RIL population of soybean.

Characters	σ_g^2	GCV (%)	σ_p^2	PCV (%)	H_b^2 (%)	GA	GAM (%)
Specific activity of LOX	0.00050	23.053	0.00118	35.249	42.774	0.030	31.059
Days to flowering	3.963	5.339	9.896	8.437	40.049	2.595	6.961
Plant height	30.617	37.831	46.971	46.857	65.184	9.203	62.919
No. of seeds/pod	0.088	16.104	0.136	20.032	64.626	0.490	26.669
No. of pods/plant	140.085	70.344	215.957	87.340	64.867	19.637	116.709
No. of seeds/plant	525.788	73.976	802.402	91.387	65.527	38.237	123.359

ความสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆ ที่ศึกษา

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficients; *r*) ของลักษณะทั้งหมดที่ศึกษาพบว่าลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสในเมล็ดถั่วเหลืองมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) กับลักษณะจำนวนฝักต่อต้น และลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้น ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ $r = 0.340$ และ 0.312 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Reinprecht *et al*. (2005) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสกับปริมาณผลผลิต เนื่องจากใช้กลุ่มประชากรในการศึกษาที่แตกต่างกัน และยังใช้วิธีในการวัดปริมาณเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสที่แตกต่างกันอีกด้วย โดย Reinprecht *et al*. (2005) วัดปริมาณเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสด้วยวิธี colorimetric method แต่ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธีการวัดค่ากิจกรรมของเอนไซม์จำเพาะ แต่อย่างไรก็ตามจากความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ได้มีค่าต่ำมาก (r ~0.3) หากจะทำการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลืองเพื่อลดกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสก็จะไม่กระทบต่อผลผลิตของถั่วเหลืองมากนัก นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้นมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) กับลักษณะองค์ประกอบของผลผลิตทุกลักษณะ ได้แก่ วันออกดอก ($r = 0.283$) ความสูง ($r = 0.409$) จำนวนเมล็ดต่อฝัก ($r = 0.257$) และลักษณะจำนวนฝักต่อต้นซึ่งแสดงความสัมพันธ์สูงที่สุด ($r = 0.969$) ส่วนลักษณะอื่นที่แสดงความสัมพันธ์กัน ได้แก่ ลักษณะวันออกดอกกับจำนวนฝักต่อต้น ($r = 0.270$) และลักษณะความสูงกับจำนวนฝักต่อต้น ($r = 0.431$) จะเห็นได้ว่าลักษณะที่เกี่ยวข้องกับผลผลิตดังกล่าวมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนจำนวนมาก (polygenes) เป็นลักษณะที่มีความซับซ้อนและอธิบายได้ยากโดยใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Ariyo, 1995)

สรุปผลการศึกษา

ประชากรถั่วเหลือง RIL ที่มาจากคู่ผสมระหว่างพันธุ์นครสวรรค์ 1 กับ พันธุ์ AGS129 มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมมากเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้ ซึ่งลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสเป็นลักษณะที่มีการเกิด transgressive segregation มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนทางพันธุกรรมอยู่ในระดับสูงและมีค่าอัตราพันธุกรรมในแนวกว้างอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นได้รับอิทธิพลมาจากพันธุกรรมมากกว่าสิ่งแวดล้อม ส่วนลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้นเป็นลักษณะที่มีความก้าวหน้าทางพันธุกรรมสูงที่สุด ดังนั้นลักษณะกิจกรรมของเอนไซม์ลิพ็อกซีจีเนสจึงเป็นลักษณะที่น่าสนใจในการปรับปรุงพันธุ์ควบคู่กับลักษณะจำนวนเมล็ดต่อต้นในการเพิ่มปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง ซึ่งทั้งสองลักษณะดังกล่าวสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก “ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต” บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

วราลักษณ์ เกษตรานันท์, หทัยชนก วันเพ็ญ, ศุภาพิชญ์ ห่อประทุม และศรัณยู ถาวร. 2558. การวิเคราะห์ลักษณะทางปริมาณที่เกี่ยวข้องกับลักษณะผลผลิตของถั่วเหลือง *Glycine max* (L.) Merr. ในประเทศไทย. น.38-48. *ใน* การประชุมวิชาการ พืชไร่วงศ์ถั่วแห่งชาติ ครั้งที่ 5. 25-27 สิงหาคม 2558. โรงแรมทีคการ์เด้นสปารีสอร์ท จ.เชียงราย.

Aditya, J.P., Bhartiya, P. and Bhartiua, A. 2011. Genetic variability, heritability and character association for yield and component characters in soybean (*G. max* (L.) Merrill). *Journal of Central European Agriculture*. 12 : 27-34.

Ariyo, O.J. 1995. Correlation and path-coefficient analysis of component of yield in soybean. *African Crop Science Journal*. 3 : 29-33.

Chowdhury, A.K., P. Srinives, P. Saksoong, and P. Tongpamnak. 2002. RAPD markers linked to resistance to downy mildew disease in soybean. *Euphytica*. 128 : 55-60.

Desissa, D.H. 2017. Genetic variability, heritability and genetic advances of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties grown at Bako Tibe in Western Ethiopia. *Asian Journal of Plant Science and Research*. 7 : 20-26.

Doehlert, D.C., D.T. Wicklow, and H.W. Gardner. 1993. Evidence implicating the lipoxygenase pathway in providing resistance to soybeans against *Aspergillus flavus*. *Resistance*. 83 : 1473-1477.

Falconer, D.S. and T.F.C. Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*, Ed 4. Longmans Green, Harlow, Essex, UK.

Fehr, W.R. 1987. *Principles of Cultivar Development volume 1 Theory and Techniques*. New York, USA: McGraw-Hill Inc.

Johnson, H.W., H.E. Robinson, and R.E. Comstock. 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybean. *Agronomy*. 47 : 314-318.

Kato, T., Y. Maeda, T. Hirukawa, T. Namai, and N. Yoshioka. 1992. Lipoxygenase activity increment in infected tomato leaves and oxidation product of linolenic acid by its *in Vitro* enzyme reaction. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 56 : 373-375.

Kim, M.Y., B.K. Ha, T.H. Jun, E.Y. Hwang, V. Kyunjung, Y. Kuk, and S.H. Lee. 2004. Single nucleotide polymorphism discovery and linkage mapping of lipoxygenase-2 gene. *Euphytica*. 135 : 169-77.

Koch, E., B.M. Meier, H-G. Eiben, and A. Slusarenko. 1992. A lipoxygenase from leaves of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) is induced in response to plant pathogenic pseudomonads. *Plant Physiology*. 99 : 571-576.

Kondo, Y., Y. Kawai, , T. Hayashi, , M. Ohnishi, T. Miyazawa, , S. Itoh, and J. Mizutani. 1993. Lipoxygenase in soybean seedlings catalyzes the oxygenation of phospholipid and such activity changes after treatment with fungal elicitor. *Biochimica et Biophysica Acta*. 301-306.

Kruger, N.J. 2009. The bradford method for protein quantitation. *The Protein Protocols Handbook* 3rd edition. United Kingdom : Humana Press. 17-24.

Kumar, V., A. Rani, P. Jha, L. Hussain, V. Pal, V. Petwal, P. Kumar, and J. Dwivedi. 2017. Lipoxygenase and tocopherol profiling of soybean genotypes exposed to electron beam irradiation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 94 : 457-463.

Kumar, V., A. Rani, V. Mourya, and R. Rawal, 2011. Parental polymorphism survey of popular soybean varieties in combination with the source of null alleles of kunitz tryspin inhibitor and lipoxygenase-2 using linked SSR markers. Soybean Research. 9 : 72-78.

Levesque, R. 2007. SPSS Programming and Data Management: A Guide for SPSS and SAS Users, 4th edition. Chicago : Raynald Levesque and SPSS Inc. 22-189.

Macleod. G., J. Ames, and N.L. Betz. 2009. Soy flavor and its improvement. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 4 : 219-400.

Nagarajan, D., T. Kalaimagal, and E. Murugan, 2017. Evaluation of genetic parameters in M_4 generation of soybean mutant lines. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6 : 2902-2906.

Ohta, H., K. Shida, Y-L. Peng, I. Furusawa, J. Shishiyama, S. Aibara, and Y. Morita 1991. A Lipoxygenase pathway is activated in rice after infection with the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*. *Plant Physiology*. 97 : 94-98.

Okoye, M.N., C.O. Okwuagwu, and M.I. Uguru. 2009. Population improvement for fresh fruit bunch yield and yield components in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *American-Eurasian Journal of Scientific Research*. 4 : 59-63.

Permyakova, M.D. and V.A. Trufanov. 2010. Effect of soybean lipoxygenase on baking properties of wheat flour. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 47 : 315-320.

Reinprecht, Y., V.W. Poysa, I. Rajcan, G.R. Ablett, and K.P. Pauls. 2005. Agronomic performance of soybean with seed lipoxygenase nulls and low linolenic acid content. *Canadian Journal of Plant Science*. 379-387.

Reni, Y.P. and Y.K. Rao. 2013. Genetic variability in soybean [*Glycine max* (L) Merrill]. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Science*. 3 : 35-38.

Robinson, H.F., R.E. Comstock, and V.H. Horvey. 1949. Estimates of heritability and degree of dominance in Soybean. *Agronomy Journal*. 41 : 353-359.

Rongwen, J., M.S. Akkaya, A.A. Bhagwat, U. Lavi, and P.B. Cregan, 1995. The use of microsatellite DNA markers for soybean genotype identification. *Theoretical and Applied Genetics* 90 : 43-48.

Shivasubramanian, S. and M. Menon. 1973. Hetrosis and inbreed depration in soybean. *Madras Agricultural Journal*. 60 : 1139.

Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 1979. *Biometical Methods in Quantitative Genetic Analysis*. Kalyani Publishers.

Sirikesorn, L., W. Imsabai, S. Ketsa, and W.G. van Doorn. 2015. Ethylene-induced water soaking in *Dendrobium* floral buds, accompanied by increased lipoxygenase and phospholipase D (PLD) activity and expression of a PLD gene. *Postharvest Biology and Technology*. 108 : 48-53.

วันรับบทความ (Received date) : 23 ม.ค. 61
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 25 เม.ย. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 25 มิ.ย. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 239-249

การจำแนกชนิดและทดสอบการก่อโรคของเชื้อราสาเหตุโรคหัวและลำต้นเน่ามันสำปะหลัง

Identification and Pathogenicity Test of Fungi Causing Cassava Tuber and Stem Rot Disease

พรปวีณ์ ธิวัฒน์วรานิกุล[1] ภานุวัฒน์ มูลจันทะ[2] วรรณวิไล อินทนู[1] และจินตนา อันอาตม์งาม[1]*

Pornpawee Tiwatwaranikul[1], Phanuwat Moonjuntha[2], Wanwilai Intanoo[1] and Jintana Unartgam[1]*

บทคัดย่อ

โรคหัวและลำต้นเน่ามันสำปะหลังเป็นโรคที่สำคัญต่อการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย เกิดจากเชื้อราสาเหตุหลายชนิด ได้แก่ *Phytophthora palmivora*, *P. melonis*, *P. meadii, Pythium* spp., *Fusarium solani*, *F. oxysporum* และ *Neoscytalidium hyalinum* อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับเชื้อราสาเหตุและการก่อให้เกิดโรคในพื้นที่ปลูกที่สำคัญของประเทศไทยยังมีอยู่จำกัดการศึกษาครั้งนี้ได้เก็บรวบรวมตัวอย่างดินและมันสำปะหลังที่เป็นโรคหัวและลำต้นเน่าจากแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญในจังหวัดนครราชสีมา ระยอง และตากและนำมาแยกเชื้อด้วยวิธี Tissue transplanting method และ Baiting technique ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าสามารถจำแนกเชื้อราได้ทั้งหมด 3 สกุล จาก 16 ไอโซเลท และผลจากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS rDNA สามารถจำแนกเชื้อรา *Pythium* spp. (*P. acanthicum* และ *P. graminicola*) เชื้อรา *F. solani* และเชื้อรา *N. hyalinum* เมื่อนำเชื้อราทั้ง 3 สกุลนี้ไปทดสอบโรคกับมันสำปะหลังจำนวน 8 พันธุ์ พบว่าเชื้อรา *F. solani* และ *N. hyalinum* ก่อให้เกิดโรคและทำให้ต้นมันสำปะหลังตาย ในขณะที่เชื้อรา *Pythium* spp. ที่แยกจากดินไม่ก่อให้เกิดโรค ผลที่ได้จากการศึกษานี้เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการจัดการโรคและการปรับปรุงพันธุ์ต้านทานโรค

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง หัวเน่า ลำต้นเน่า *Neoscytalidium hyalinum*, *Fusarium solani*, *Pythium* spp.

Abstract

In Thailand, cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is considered as one of the most economically important crops. Tuber and stem rots are caused by several fungal species such as *Phytophthora palmivora*, *P. melonis*, *P. meadii, Pythium* spp., *Fusarium solani*, *F. oxysporum* and *Neoscytalidium hyalinum*. However, information on the biology and epidemiology of these fungal pathogens in production areas is still limited. Therefore, this study was conducted to collect samples of soil, tuber rot and stem rot of cassava from disease outbreaks in Nakhon Ratchasima, Rayong and Tak. Pathogen isolation from these samples was carried out by the tissue transplanting method and baiting technique. The fungal isolates were observed for morphological characteristics under a compound microscope. Three fungal genera, *Pythium*, *Fusarium* and *Neoscytalidium* were identified based on morphology. Sixteen isolates were identified as *Pythium* spp. (*P. acanthicum* and *P. graminicola*) *F. solani* and *N. hyalinum* based on ITS rDNA sequence analysis. Moreover, the pathogenicity of these three fungal genera was tested on eight cassava varieties. The results revealed that *F. solani* and *N. hyalinum* caused disease and cassava mortality. While all *Pythium* spp. isolates were nonpathogenic.These results were usable for disease management planning and disease resistant variety improvement.

Keyword: Cassava, Tuber rot, Stem rot, *Neoscytalidium hyalinum*, *Fusarium solani*, *Pythium* spp.

[1]ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2]ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง 320 ตำบลห้วยโป่ง อ.เมือง จ.ระยอง 21150

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

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมากเพราะทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีและใช้ปัจจัยในการผลิตน้อย สามารถผลิตได้แม้ในที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ในช่วงระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมาการผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยเปลี่ยนแปลงไปจากการปลูกเพื่อเป็นพืชอาหารสัตว์เป็นการปลูกเพื่ออุตสาหกรรม ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง เอทานอล และไบโอพลาสติก (ศานิต สวัสดิกาญจน์, 2557) เนื่องจากความต้องการของตลาดมันสำปะหลังสูงขึ้น ดังนั้นเกษตรกรปลูกติดต่อกันตลอดทั้งปี ส่งผลให้มีการสะสมและแพร่ระบาดของเชื้อสาเหตุโรคเพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งโรคมันสำปะหลังที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ โรคใบไหม้ (bacterial blight) โรคแอนแทรคโนส (anthracnose) โรคใบจุดสีน้ำตาล (brown leaf spot) โรคใบจุดไหม้ (blight leaf spot) โรคต้นและรากเน่า (stem and root rot disease) (สุทธิสา ดัชนีย์, 2558)

ปัจจุบันโรคหัวและลำต้นเน่าสร้างความเสียหายให้แก่ผลผลิตมันสำปะหลังโดยตรง ถ้าเชื้อเข้าทำลายต้นเล็กจะทำให้รากเป็นรอยช้ำสีน้ำตาลและเน่า เหี่ยวเฉา ถ้าเกิดกับหัวจะทำให้หัวเน่าอย่างรวดเร็วและมีกลิ่นเหม็น ใบเหี่ยวและร่วง ถ้าเกิดรุนแรงทำให้ต้นตาย ซึ่งสาเหตุของโรคหัวและลำต้นเน่า ในต่างประเทศและประเทศไทยนั้นมีการรายงานเชื้อราสาเหตุไว้หลายชนิด ได้แก่ *Phytophthora palmivora,P.melonis*, *P.crytogea*, *P.drechsleri*, *P. erythoseptica*, *Pythium* spp., *F. solani, F. oxysporum* และ *Neoscytalidium hyalinum* (Charaensatapon *et al*., 2014; Guo *et al*., 2012; Machado *et al*., 2014) อย่างไรก็ตามข้อมูลเชื้อราสาเหตุโรคในแหล่งปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยและการก่อให้เกิดโรคของเชื้อรายังมีอยู่อย่างจำกัดดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกชนิดของเชื้อราสาเหตุโรคหัวและลำต้นเน่าของมันสำปะหลังในแหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดระยอง และจังหวัดตาก โดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา การวิเคราะห์ด้วยลำดับนิวคลีโอไทด์ และการทดสอบโรค เพื่อให้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนการควบคุมและป้องกันโรค หรือการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังต้านทานโรคหัวและลำต้นเน่า

วิธีการศึกษา

การแยกและทำเส้นใยเดี่ยวเชื้อราก่อโรค

รวมรวบตัวอย่างโรคหัวเน่าและลำต้นเน่าจากพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังใน 3 แหล่งปลูก ได้แก่ จ. นครราชสีมา (อ. เสิงสาง) จ. ระยอง (ศูนย์วิจัยพืชไร่ จ. ระยอง) และ จ. ตาก (อ. เมืองตาก) นำมาแยกเชื้อราด้วยวิธี Tissue transplanting method (เบญจพล ศรีทองคำ, 2558) บนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) โดยตัดมันสำปะหลังบริเวณหัว และลำต้นที่เป็นโรค เป็นชิ้นขนาดเล็ก ล้างด้วย 10% Clorox จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อแล้วนำชิ้นพืชซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูนึ่งฆ่าเชื้อ นำชิ้นมันสำปะหลังวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA สำหรับการแยกเชื้อราจากดินใช้วิธี Baiting technique (Watanabe *et al*., 2008) โดยนำดินมาผึ่งให้แห้ง บดให้ละเอียดเทใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ ที่มีน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อจากนั้นนำเหยื่อล่อ คือ ชิ้นพืชอาศัยของเชื้อวางลงในจานเลี้ยงเชื้อ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้น นำชิ้นพืชล้างผ่านน้ำนำดินออก ซับให้แห้งด้วยทิชชูนึ่งฆ่าเชื้อ นำชิ้นพืชเลี้ยงบนอาหาร WA ทั้งสองวิธีนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง ภายใต้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนส์ 12 ชั่วโมง สลับกับความมืด 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 3-7 วัน จึงนำมาตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง จากนั้นแยกเส้นใยเดี่ยวโดยเติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อลงบนผิวหน้าอาหาร PDA ที่มีเชื้อราเจริญอยู่ ใช้แท่งแก้วรูปตัวแอล (L) ขูดผิวหน้าอาหาร ดูดสปอร์แขวนลอย 100 ไมโครลิตร นำไปเกลี่ยบนผิวหน้าอาหาร water agar (WA) บ่มไว้ 12-24 ชั่วโมง จึงนำมาตัดปลายเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด Stereo และย้ายปลายเส้นใยเดี่ยวไปเลี้ยงบน อาหาร PDA (เบญจพล ศรีทองคำ, 2558)

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

นำเชื้อราที่ได้จากการแยกปลายเส้นใย มาจำแนกชนิดโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา ลักษณะโคโลนี และศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound ที่กำลังขยาย 200 เท่า และ 400 เท่า โดยการทำสไลด์กึ่งถาวร ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราแต่ละชนิด ได้แก่ oogonium, oospore, sporangium, macroconidia, microconidia, conidia และ arthoconidia ลักษณะเหล่านี้มีลักษณะจำเพาะของแต่ละสกุลและชนิด บันทึกข้อมูลลักษณะต่างๆ สำหรับการจำแนก

จำแนกชนิดของเชื้อราด้วยการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์

การเตรียมเส้นใยเชื้อรา

เตรียมสปอร์แขวนลอย (spore suspension) จากเชื้อราที่เจริญบนอาหาร PDA โดยเติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เทลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ขูดผิวหน้าอาหารและดูดสปอร์แขวนลอยใส่ลงไปในอาหารเหลว potato dextrose broth (PDB) ที่บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ แล้วนำไปบ่มไว้พร้อมเขย่าเป็นเวลา 10-12 ชั่วโมง กรองเส้นใย และล้างเส้นใยด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาณ 300 มิลลิลิตร เก็บเส้นใยที่กรองได้ในแผ่นกระดาษกรอง Whatman No.1 นำไปทำให้แห้งด้วยวิธี freeze dry (lyophilization) เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง แล้วนำเส้นใยแห้งมาบดด้วยไนโตรเจนเหลว แบ่งใส่หลอดขนาด 1.5 มิลลิลิตร และเก็บไว้ที่ตู้เย็นอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

การสกัดดีเอ็นเอ

นำเส้นใยที่บดแล้ว ใส่ในหลอดขนาด 1.5 มิลลิลิตร ปริมาณ 0.5 กรัม เติม extraction buffer (50 mM Tris-HCl, 850 mM NaCl, 100 mM EDTA, 1% SDS) 500 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นเติม phenol 0.5 เท่า และ chloroform : isoamyl alcohol (IAA) (24:1) 0.5 เท่า นำมาหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสด้านบนย้ายใส่หลอดใหม่ เติม Rnase A (© 2017 Thermo Fisher Scientific, USA) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วเติม choloform : IAA อัตราส่วน 1 เท่า แล้วหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดส่วนใสด้านบนใส่หลอดใหม่และเติม ethanol 2 เท่า แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30 นาที จากนั้นนำมาหมุนเหวี่ยงเพื่อตกตะกอนดีเอ็นเอด้วยความเร็ว 13,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ล้างตะกอนดีเอ็นเอด้วย 70% ethanol 50-100 ไมโครลิตร และหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง เก็บตะกอนดีเอ็นเอที่แห้งแล้วไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ละลายตะกอนด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ (ดัดแปลงวิธีจาก เทิดศักดิ์ สวัสดิ์สุข, 2560)

การตรวจสอบคุณภาพและปริมาณดีเอ็นเอ

นำดีเอ็นเอที่สกัดได้มาทำการตรวจสอบบน 1% agarose gel electrophoresis ที่เติม 0.1% Gel star (SMOBIO®, DS1000, Taiwan) ใน 0.5% TBE buffer (89 mM Tris-borate, 2mM EDTA) และใช้กระแสไฟฟ้า 100 โวลต์ โดยใช้ DNA Ladder 100s (SMOBIO®, DM2100, Taiwan) เป็นดีเอ็นเอมาตรฐาน (standard DNA) จากนั้นตรวจสอบปริมาณและคุณภาพดีเอ็นเอบนเครื่อง Dark Reader®, Transilluminator DR-45M, USA

การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ internal transcribed spacer (ITS)

นำดีเอ็นเอของเชื้อรามาเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนบริเวณ ITS rDNA (ITS1-5.8S-ITS2) โดยใช้ไพร์เมอร์ ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') และ ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (White *et al*., 1990) ไพร์เมอร์ละ 10 pmole และมีส่วนผสมอื่นๆ ในการทำปฏิกิริยาได้แก่ 10X Taq buffer, 2.5mM $MgCl_2$, 1 Unit Taq DNA polymerase และ 0.2 mM dNTP โดยทำปฏิกิริยาที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที 1 รอบ จากนั้นทำปฏิกิริยาจำนวน 35 รอบ ที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที ที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาทีและที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาทีและรอบสุดท้ายที่ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำ PCR product มาทำการตรวจสอบบน 1% agarose gel ใน 0.5% TBE buffer (89 mM Tris-borate, 2mM EDTA) และใช้กระแส

ไฟฟ้า 100 โวลต์ เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้ DNA Ladder 100s (SMOBIO®, DM2100, Taiwan) เป็นดีเอ็นเอมาตรฐาน เพื่อเทียบขนาดของชิ้นส่วนดีเอ็นเอ แล้วนำ PCR product ปริมาตร 20 ไมโครลิตร ส่งให้บริษัท Solgent Sequencing Service, ประเทศเกาหลี วิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของชิ้นส่วนดีเอ็นเอ

การวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อราบริเวณ ITS กับลำดับเบสที่มีบันทึกไว้ในฐานข้อมูล GenBank (NCBI) โดยการเรียงลำดับนิวคลีโอไทด์ (alignment) ในโปรแกรมชุดคอมพิวเตอร์ MEGA7 จากนั้นนำข้อมูล alignment (M7:ClustaW Parameters) มาสร้าง Phylogenetic tree โดยจัดกลุ่มด้วยวิธี Neighbor-joining ทำการวิเคราะห์หาค่า bootstrap ด้วยโปรแกรมเดียวกันจำนวน 1,000 ซ้ำ

การทดสอบการก่อโรค

ปลูกเชื้อรา 3 สกุล โดยแยกกันปลูกเชื้อคนละการทดลอง ได้แก่ *Fusarium* sp., *Pythium* spp.และ *Neoscytalidium* sp. ลงบนพันธุ์มันสำปะหลัง 8 พันธุ์ ได้แก่ CMR25-105-47, CMR31-06-103, CM32-99-15, SM937-8, R9, R5, R60 และ 29-77-19 ที่ปลูกในถุงดำ ขนาด 15×30 นิ้ว อายุ 1 เดือน ทุกกรรมวิธีทำ 3 ซ้ำ โดยใช้สปอร์แขวนลอยที่ความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร เทราดลงไปในดินปลูกที่อบฆ่าเชื้อแล้ว บันทึกผลทุก 7 วัน โดยวัดความรุนแรงของการเกิดโรค (disease severity) จนมันสำปะหลังมีอายุ 3 เดือน หรือหลังปลูกเชื้อ 3 เดือน แบ่งระดับความรุนแรงของโรคที่แสดงออกที่ใบ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับ 1 พืชไม่แสดงอาการเหี่ยว ระดับ 2 พืชแสดงอาการเหี่ยวและระดับ 3 พืชตาย (Dianese *et al*., 1990) และแบ่งระดับความรุนแรงของโรคที่แสดงออกที่ลำต้น แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับ 1 = ไม่แสดงอาการ, ระดับ 2 = เกิดแผลน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลำต้น, ระดับ 3 = เกิดแผล 25-50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลำต้น, ระดับ 4 = เกิดแผล 50-75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลำต้นและระดับ 5 = เกิดแผลมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลำต้น (สุทธิสา ดัชนีย์, 2558)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การจำแนกลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เชื้อรา *Fusarium* spp. จำนวน 5 ไอโซเลท ได้แก่ RYG1, RYG2, RYG3, RYG4, TAK14 จาก จ.ระยอง และ จ.ตาก ที่แยกได้จากลำต้น โคโลนีของเชื้อมีลักษณะฟูสีขาวครีม ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อเมื่อตรวจดูใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 200 เท่า และ 400 เท่า พบว่า macroconidia มีลักษณะ ค่อนข้างสั้น โค้ง โดยมี 3-4 septa มีขนาด 27.7×4.0 ไมครอน ส่วน microconidia มีลักษณะคล้ายรูปไข่ หรือ กระสวย มี 0-1 septum มีขนาด 8.0×5.0 ไมครอน เชื้อราทั้ง 5 ไอโซเลท จำแนกได้เป็น *F. solani* (Figure 1) ซึ่งจากการศึกษาของ Zhang *et al*., (2014) ที่แยกเชื้อรา *F. solani* จากโรคเน่าแห้งของแครอทในประเทศจีน และได้ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อรา โดยการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่า macroconidia มีลักษณะ ค่อนข้างสั้น โค้ง มีขนาด 16.4-34.4×4.0-6.1 ไมครอน ส่วน microconidia มีลักษณะคล้ายรูปไข่ มีขนาด 6.7-10.7×3.0-4.9 ไมครอน สำหรับประเทศไทยข้อมูลของเชื้อรา *F. solani* ที่ก่อให้เกิดโรคลำต้นและรากเน่าบนมันสำปะหลังยังไม่มีรายงาน Worapong (2002) รายงานว่าเชื้อรา *F. oxysporum* ทำให้เกิดโรครากเน่าแห้งบนมันสำปะหลัง

เชื้อรา *Neoscytalidium* spp. จำนวน 8 ไอโซเลท ได้แก่ RYG5, RYG6, RYG7, TAK16, TAK17, TAK18, TAK19, TAK20 จาก จ.ระยอง และ จ. ตาก ที่แยกได้จากส่วนของลำต้นและหัว โคโลนีของเชื้อรามีลักษณะ เริ่มแรกเส้นใยมีสีขาวฟูเล็กน้อย เมื่อเส้นใยมีอายุมากขึ้นเส้นใยเปลี่ยนเป็นสีดำมีการสร้าง arthoroconidia คือ มีลักษณะสปอร์ต่อกันเป็นลูกโซ่ มีสีเข้ม conidia ระยะอ่อนเซลล์เดียวใสไม่มีสี แต่ต่อมาจะมีการสร้างผนังกัน แบ่งเป็น 2 เซลล์ โดยเซลล์ตรงกลางทึบสีน้ำตาล หัวท้ายใส ผนังจะหนาและเหนียวขึ้น มีขนาด 7.0×3.0 ไมครอน (Figure1) เชื้อราทั้ง 8 ไอโซเลท จึงจำแนกได้เป็นเชื้อรา *N. hyalinum*

ซึ่งจากการศึกษาของ สุทธิสา ดัชนีย์ (2558) ที่แยกเชื้อรา *Neoscytalidium* sp. จากโรคต้นและรากเน่าดำของมันสำปะหลัง และได้ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา โดยการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่า conidia ขนาดเล็ก มีลักษณะ 3 เซลล์ เซลล์ตรงกลางมีสีเข้ม หัวท้าย แหลม ซึ่งเมื่อแยกเชื้อราแล้วนำมาเลี้ยงบนอาหาร PDA มีโคโลนีสีดำ สร้างสปอร์เรียงต่อกัน และได้รายงานว่าเชื้อราชนิดนี้ คือ *N. hyalinum* สาเหตุของโรคต้นและรากเน่าดำของมันสำปะหลัง

สำหรับไอโซเลทของเชื้อราที่เหลือซึ่งแยกจากดินบริเวณต้นมันสำปะหลังมีลักษณะเหมือนเชื้อรา *Pythium* spp. แต่มีความแตกต่างกันซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ Pythium type 1 มี 2 ไอโซเลท (RYG8 และ NMR12) และ Pythium type 2 มี 1 ไอโซเลท (RYG10) เชื้อราทั้งสองกลุ่มนี้ เจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ภายใน 3 วัน โคโลนีของ Pythium type 1 ลักษณะโคโลนีรูปดอกไม้สีขาวคล้ายผงแป้ง oogonium ผนังกลมบางและผนังคล้ายหนาม ขนาดของ oogonium 14.0×14.0 ไมครอน sporangium รูปร่างแบบ subglobose ส่วน Pythium type 2 ลักษณะโคโลนี มีสีขาว เส้นใยฟู oogonium ผนังเรียบและกลม ขนาดของ oogonium 18.0×22.0 ไมครอน sporangium รูปร่างแบบ irregular complexes (Figure 1) สำหรับประเทศไทย มีรายงานเชื้อราสกุลนี้เป็นสาเหตุของโรคแต่ยังไม่มีการระบุชนิดของเชื้อรา อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ได้แยกเชื้อราสกุลนี้จากดินบริเวณต้นที่เป็นโรคซึ่งต้องนำไปพิสูจน์การก่อให้เกิดโรคกับต้นมันสำปะหลังต่อไป และการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์เพื่อระบุชนิดของเชื้อรา

Bandyopadhyay *et al*., 2006 กล่าวว่าโรครากเน่าเป็นโรคที่สำคัญที่สุดในบราซิล แต่ข้อมูลของโรคยังมีน้อยที่จะกล่าวถึงรายละเอียดของโรคที่เกี่ยวข้องกับโรครากเน่าและการกระจายตัว อย่างไรก็ตามในประเทศแอฟริกา เชื้อรา *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Nectria mauritiicola*, *Lasiodiplodia theobromae* และ *Neofusicoccum mangiferae* มีความสัมพันธ์กับโรครากเน่ามันสำปะหลัง

Table1 Fungal collection, fungi isolation of diseased cassava tissue and soil from cassava field.

Isolate No.	Fungal pathogen	Locality	Tuber	Soil	Stem	Accession number*
RYG1	*F. solani*	ระยอง			✓	LC332026
RYG2	*F. solani*	ระยอง			✓	LC332025
RYG3	*F. solani*	ระยอง			✓	LC332023
RYG4	*F. solani*	ระยอง			✓	LC332024
TAK14	*F. solani*	ตาก			✓	LC335885
RYG5	*N. hyalium*	ระยอง	✓			LC332033
RYG6	*N. hyalium*	ระยอง	✓			LC332031
RYG7	*N. hyalium*	ระยอง	✓			LC332032
TAK16	*N. hyalium*	ตาก	✓			LC335886
TAK17	*N. hyalium*	ตาก			✓	LC335887
TAK18	*N. hyalium*	ตาก			✓	LC335888
TAK19	*N. hyalium*	ตาก			✓	LC335889
TAK20	*N. hyalium*	ตาก			✓	LC355890
RYG8	*Pythium* spp.	ระยอง			✓	LC332027
RYG10	*Pythium* spp.	ระยอง		✓		LC332031
NMR12	*Pythium* spp.	นครราชสีมา		✓		LC332028

*Accession number of fungal nucleotide sequence in Genbank database.

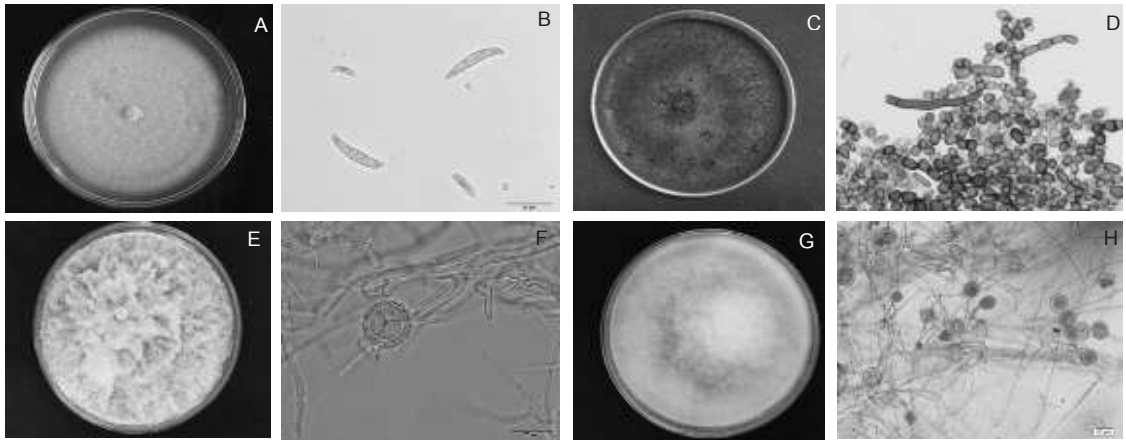


Figure 1 Morphology of colony and conidia of *F. solani* (A, B), *N. hyalinum* (C, D) and Pythium type 1 E, F) and Pythium type 2 (G, H).

การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS rDNA

เมื่อนำดีเอ็นเอของเชื้อรามาเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนบริเวณ ITS rDNA โดยใช้ไพรเมอร์ ITS1 และ ITS4 พบว่าเชื้อรา *Pythium* spp. ทั้ง 2 กลุ่ม มีขนาดของชิ้นส่วนดีเอ็นเอประมาณ 800 คู่เบส เมื่อนำข้อมูลลำดับเบสมาวิเคราะห์ร่วมกับลำดับเบสของเชื้อรา *Pythium* จากฐานข้อมูล NCBI ได้แก่ *P.graminicola* (AY598625 และ KU569294), *P. acanthicum* (KU209726 และ KU208874) และเชื้อรา *Phytophthora crytogea* (KP288372 และ KP288378) เชื้อรา *Pythium* spp. แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย ไอโซเลท RYG10 ซึ่งจัดเป็นกลุ่มเดียวกับเชื้อรา *P. graminicola* (AY598625 และ KU569294) ซึ่ง *Pythium* กลุ่มที่ 1 มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาแบบ Pythium type 1 สำหรับกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย ไอโซเลท RYG8 และ NMR12 ซึ่งจัดเป็นกลุ่มเดียวกับเชื้อรา *P. acanthicum* (KU209726 และ KU208874) ซึ่ง *Pythium* กลุ่มนี้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาแบบ *Pythium* type 2 โดยแต่ละกลุ่มมีค่าความเชื่อมั่นในการจัดกลุ่ม 100% (Figure 2) สำหรับการจำแนกชนิดเชื้อรา *P. graminicola* ที่แยกได้จากโรครากเน่าของสับปะรด โดย Pornsuriya (2008) มีการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS rDNA โดยใช้ บริเวณ ITS1 และ ITS2 ซึ่ง Matsumoto *et al.,* (1999) มีการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS rDNA ด้วยวิธี Maximum parsimony โปรแกรม heuristic search algorithm PAUP 3.1.1 ที่ bootstrap 1,000 ซ้ำ พบว่า *P. graminicola* มีความเหมือนกับ *P. arrhenomanes* ถึง 94%

สำหรับลำดับนิวคีโอไทด์ของเชื้อรา *Fusarium* spp. (RYG1, RYG2, RYG3, RYG4 และ TAK14) มีขนาดชิ้นส่วนประมาณ 600 คู่เบส โดยวิเคราะห์ร่วมกับเชื้อรา *F. solani* (EU982942, KP784419, DQ094641), *F. oxysporum* (GQ922565 และ GQ922563) และ *Cylindrocladium quinqueseptatum* (JQ347290 และ JQ347291) เชื้อรา *Fusarium* ทั้ง 5 ไอโซเลท จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับเชื้อรา *F. solani* โดยมีค่าความเชื่อมั่นในการจัดกลุ่ม 100% (Figure 3) สำหรับการรายงานชนิดของเชื้อรา *Fusarium* spp. ที่แยกได้จากโรคเน่าของมันสำปะหลังในต่างประเทศ ได้แก่ บราซิล โดย Vilas Boas *et al*., (2016) ได้วิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS rDNA พบว่าเชื้อราสาเหตุหลักคือ *Fusarium* spp. และลำดับรองลงมาคือ *Lasiodiplodia*, *Neocytalidium* และ *Diaporthe*/*Phomopsis* complex, *Phytophthora* และ *Corallomycetella* สำหรับเชื้อราในสกุล *Fusarium* spp. ที่เป็นสาเหตุโรครากเน่าแห้งมันสำปะหลังนั้นสามารถแบ่งกลุ่มได้ 6 กลุ่ม โดยไอโซเลทส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มของเชื้อรา *F. solani* (FSSC) และอีกกลุ่มคือ *F. oxysporum* (FOSC) โดย *F. solani* เป็นเชื้อราสาเหตุที่พบว่าเป็นสาเหตุ

ทั่วพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง นอกจากในประเทศบราซิลแล้วมีประเทศอื่นๆที่พบว่าเชื้อราชนิดนี้ระบาด ได้แก่ โคลัมเบีย อินเดีย มาเลเซีย ไนจีเรีย และ ปาปัวนิวกินี เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในทวีปแอฟริกา พบว่าเชื้อรา *F.oxysporum* เป็นเชื้อสาเหตุหลักของโรครากเน่ามันสำปะหลังและทำให้เกิดความเสียหายจำนวนมากกับผลผลิต สำหรับประเทศไทยยังไม่มีรายงานที่ระบุเชื้อรา *Fusarium* ในระดับสปีชีส์ที่เป็นสาเหตุของโรครากเน่าหัวเน่าและลำต้นเน่า จากผลการวิเคราะห์นี้สามารถจำแนกชนิดของเชื้อรา *Fusarium* ได้เป็น *F. solani* โดยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการวิเคราะห์ลำดับเบสบริเวณ ITS rDNA

เชื้อรา *N. hyalinum* มีขนาดชิ้นส่วนบริเวณ ITS rDNA ประมาณ 550 คู่เบส เมื่อวิเคราะห์ร่วมกับเชื้อรา *N.hyalinum* (KX098314 และ AT211564), *N. novaehollandiae* (MF511047 และ EF585540) และ *Lasidiodiplodia pseudotheobromae* (KJ607141 และ KF369264) เชื้อรา *Neoscytalidium* ทั้ง 8 ไอโซเลท (RYG5, RYG6, RYG7, TAK16, TAK17, TAK18, TAK19 และ TAK20) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับเชื้อรา *N. hyalinum* (KX098314 และ KT211564) ค่าความเชื่อมั่นในการจัดกลุ่ม 70% (Figure 4) จากการศึกษามีความสอดคล้องกับการศึกษาของ สุทธิสา ดัชนีย์ (2558) จากการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเบริเวณ ITS rDNA ด้วยไพร์เมอร์ ITS1/ITS4 มีขนาดของแถบดีเอ็นเอประมาณ 550 คู่เบส และจำแนกได้เป็นเชื้อรา *N. hyalinum* จากการศึกษาของ Vilas Boas *et al*., (2016) ได้แยกเชื้อราจากอาการรากเน่าดำทั้งหมด 15 ไอโซเลทที่จัดอยู่ใน Botrospaeriaceae 9 ไอโซเลทแยกเป็นกลุ่ม *Lasiodiplodia theobromae* และ 6 ไอโซเลทแยกเป็นกลุ่ม *Neoscytalidium hyalinum* ซึ่งมีต้นกำเนิดจากรัฐ Bahia Maranhão Paraiba และ Tocantins

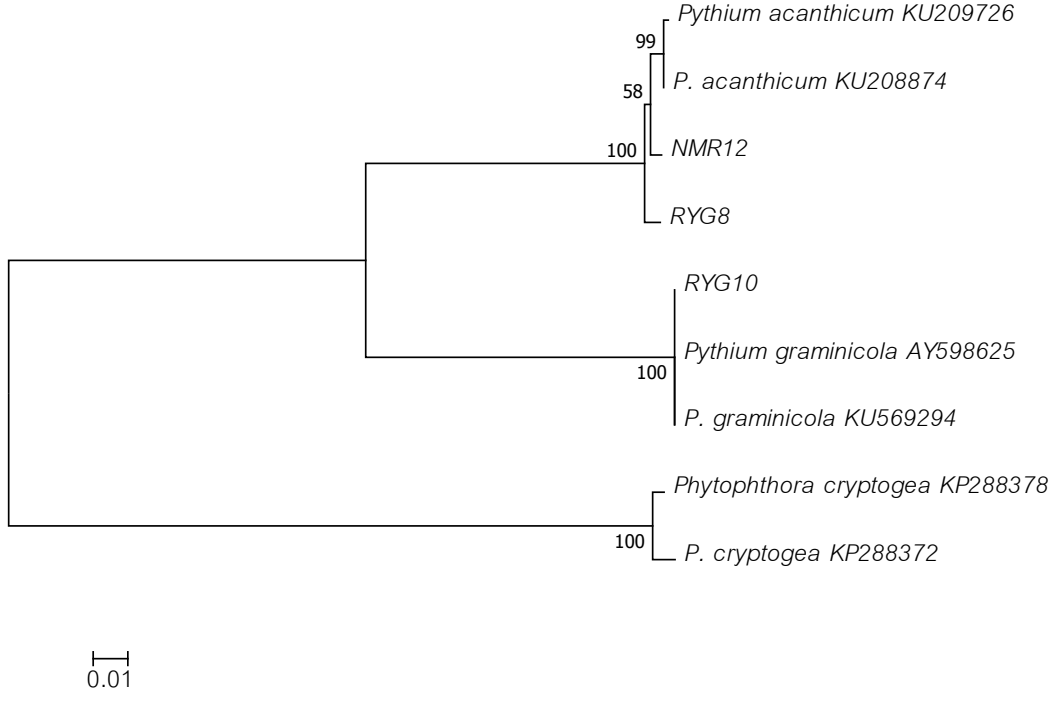


Figure 2 The neighbor-joining tree based on rDNA-ITS nucleotide sequence of *Pythium* spp. comparing with those of *Phythopthora cryptogea* from NCBI databases via MEGA program 7.0 (bootstrap 1000 replicates).

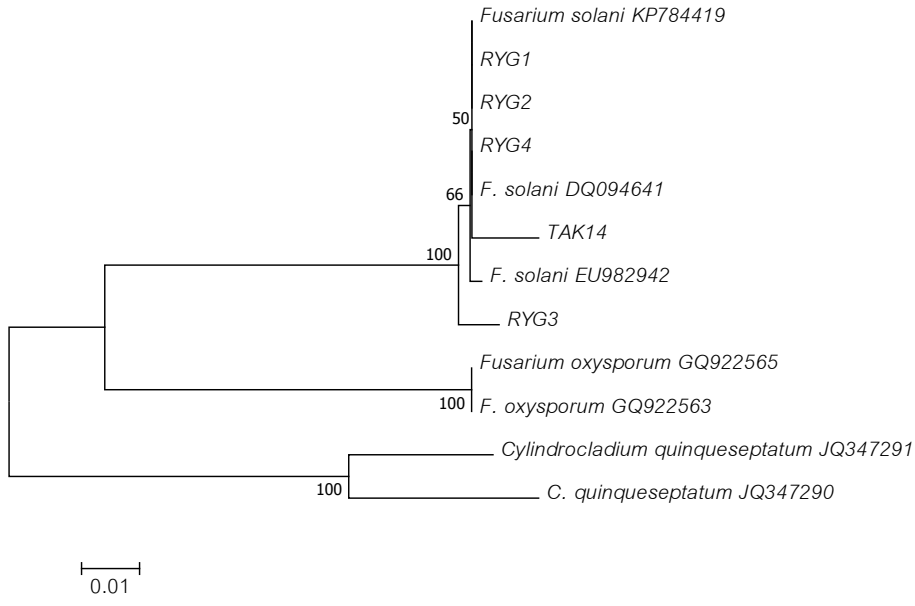


Figure 3 The neighbor-joining tree based on rDNA-ITS nucleotide sequence of *Fusarium solani* comparing with those of *F. oxysporum* and *Cylindrocladium quinqueseptatum* from NCBI databases via MEGA program 7.0 (bootstrap 1000 replicates).

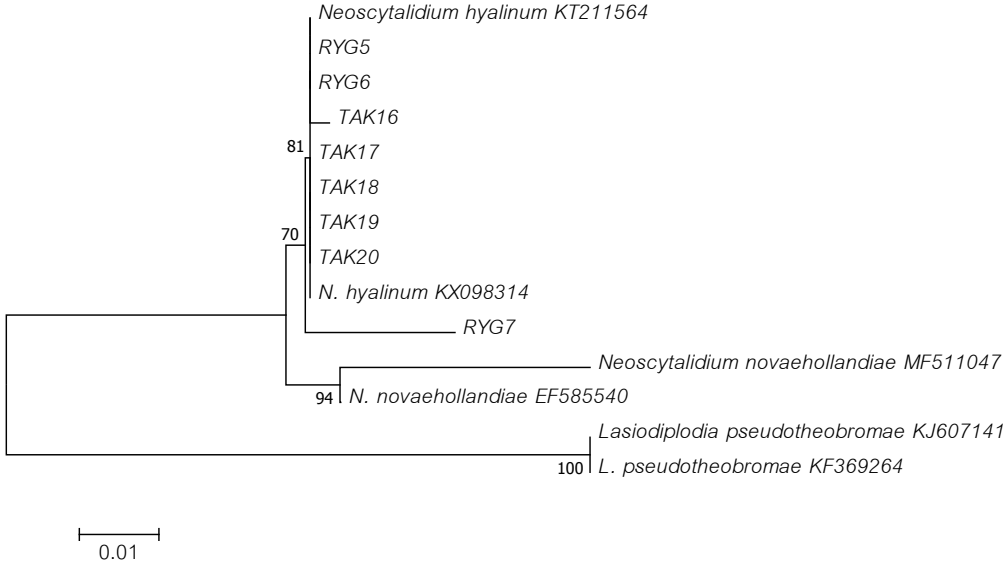


Figure 4 The neighbor-joining tree based on rDNA-ITS nucleotide sequence of *Neoscytalidium hyalinum* comparing with those of *N. novaehollandiae* and *Lasiodiplodia pseudotheobromae* from NCBI databases via MEGA program 7.0 (bootstrap 1000 replicates).

การทดสอบการก่อโรค

จากการทดสอบโรคบนมันสำปะหลังจำนวน 8 พันธุ์ ด้วยเชื้อราทั้ง 3 สกุล ได้แก่ *Fusarium* sp. *Neoscytalidium* sp. และ *Pythium* spp. พบว่า เกิดอาการของโรคลำต้นเน่ากับมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ CM32-99-15 และ CMR25-105-47 เมื่อปลูกเชื้อด้วยเชื้อรา *F. solani* (Figure 5) และ CM32-99-15 และ R9 เมื่อปลูกเชื้อ *N. hyalinum* โดยพบอาการหลังจากปลูกเชื้อได้ 7 วัน ลำต้นหยุดการเจริญเติบโต ใบเริ่มเหี่ยวและยืนต้นตาย เมื่อนำมาผ่าตรวจสอบเนื้อเยื่อภายในของท่อนพันธุ์ พบว่า ลักษณะภายนอกเปลือกมีสีดำและส่วนเนื้อเยื่อภายในมีสีน้ำตาลไม่มีกลิ่นเหม็น รากเน่ามีสีน้ำตาล ต้นตายในขณะที่ยังไม่สร้างหัว (Figure 6) ส่วนต้นที่ยังไม่แสดงอาการดูผลถึงอายุ 3 เดือน พบว่าต้นมันสำปะหลังไม่มีความผิดปกติและไม่เกิดโรค เมื่อนำท่อนมันสำปะหลังที่แสดงอาการมาแยกเชื้อบนอาหาร PDA พบ เชื้อ *F. solani* และ *N. hyalinum* และเชื้อราสาเหตุชนิดอื่นปนเปื้อนด้วย สำหรับการประเมินโรคบนใบของมันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ที่เกิดโรค อาการอยู่ในระดับ 3 คือ ต้นตาย ส่วนการประเมินโรคบนท่อนมันสำปะหลัง CM32-99-15 และ CMR25-105-47 เมื่อปลูกเชื้อ *F. solani* และ *N. hyalinum* อาการอยู่ระดับ 3 พบอาการและมีแผล 25-75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลำต้น ส่วนพันธุ์ R9 เมื่อปลูกเชื้อด้วยเชื้อรา *N. hyalinum* อาการอยู่ระดับ 2 แสดงอาการและมีแผลน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ลำต้น สำหรับการปลูกเชื้อด้วยเชื้อรา *Pythium* spp.ต้นมันสำปะหลังไม่มีความผิดปกติและไม่เกิดโรค เช่นเดียวกับกรรมวิธีควบคุม โดยเชื้อรา *Pythium* spp. ทุกไอโซเลทได้แยกมาจากดินซึ่งอาจเป็นเชื้อราทั่วไปในดินไม่ได้เป็นสาเหตุโรคเนื่องจากมีรายงานเชื้อ *Pythium* spp. เป็นพวกเกิดและอาศัยอยู่ในดิน (soil borne) ซึ่งมีความสามารถที่อยู่รอดด้วยการเป็นพวกแซปโพไฟท์ (saprophyte) (ทวี เก่าศิริ, 2549)

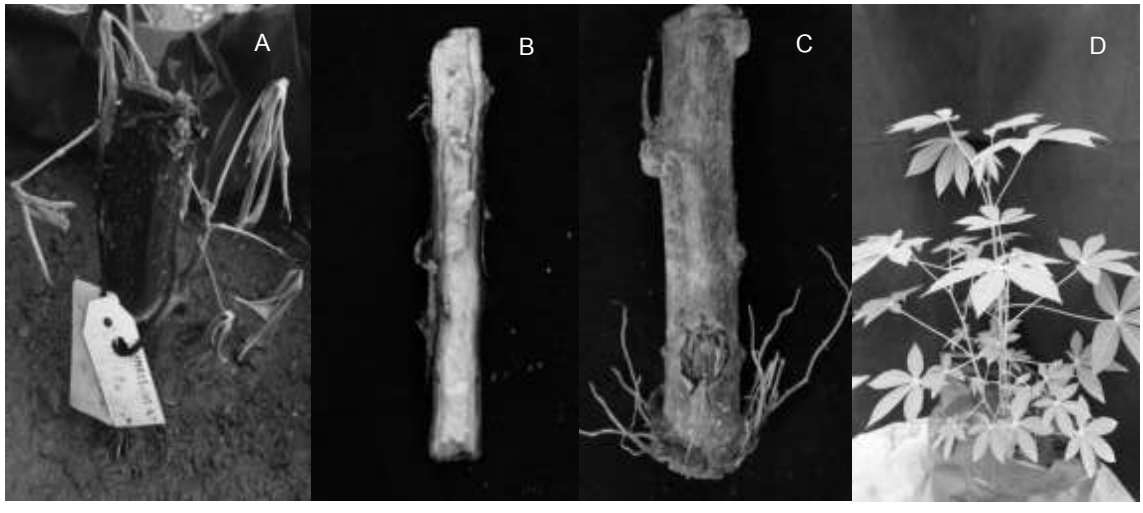


Figure 5 Symptoms of cassava at 7 days after inoculation with *F. solani*, A: Leaves wilting and sudden death B: Brown in central tissue C: Bloated at stem base and brown bruising D: Control

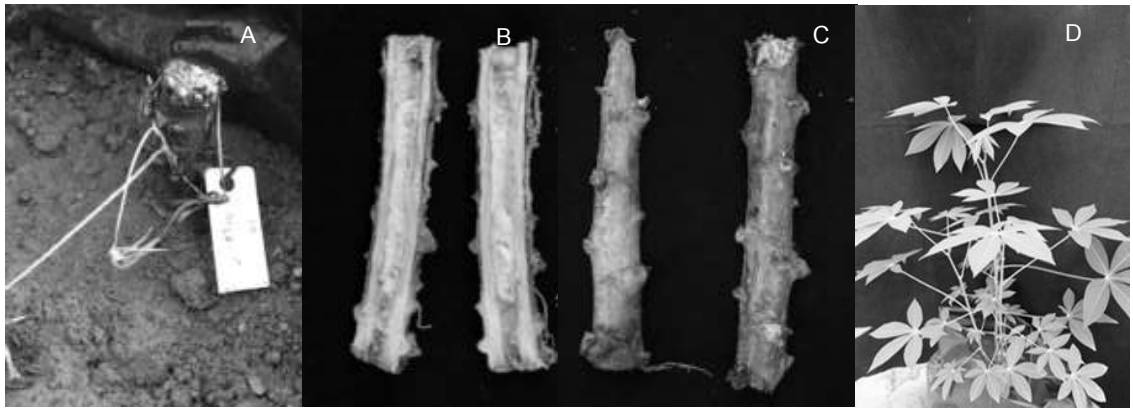


Figure 6 Symptoms of cassava at 7 days after inoculation with *N. hyalinum,* A: Leave wilting and sudden death B: Brown and dark in central tissue C: Rotted root and not germination D: Control

สรุปผลการศึกษา

จากการแยกตัวอย่างเชื้อราจากตัวอย่างมันสำปะหลังที่แสดงอาการโรคหัวและลำต้นเน่า และจากดินสามารถจำแนกเชื้อราสาเหตุทั้งหมดได้ 3 สกุล ได้แก่ *Pythium* spp., *Neoscytalidium hyalinum* และ *Fusarium solani* โดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานและเปรียบเทียบลำดับลำดับนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอบริเวณ ITS rDNA การทดสอบการก่อโรคและการประเมินโรคในเบื้องต้น พบว่า เชื้อรา *F. solani* และ *N. hyalinum* เป็นสาเหตุของโรคเน่าแห้งและเน่าดำของมันสำปะหลัง ในขณะที่เชื้อรา *Pythium* spp. ที่แยกจากดินไม่เป็นสาเหตุโรคหัวและลำต้นเน่า

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติประจำปี ๒๕๖๑ และขอขอบคุณ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ทวี เก่าศิริ. 2549. หน่วยที่ 10 ตอนที่ 10.1.1 ราสาเหตุโรคพืชที่สำคัญ. เอกสารประกอบการเรียนการสอนชุดวิชา ศัตรูพืชเบื้องต้น (Introduction to crop pests). หน่วยที่ 8-15. 10-8 - 10-22 น.

เทิดศักดิ์ สวัสดิ์สุข. 2560. การจำแนกลักษณะทางพันธุกรรมและการแปรปรวนของเชื้อราก่อโรคเมล็ดด่างข้าวในประเทศไทวิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม. 175 น.

เบญจพล ศรีทองคำ. 2558. ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของเชื้อรา *Fusarium* species โดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและข้อมูลอณูชีวโมเลกุล. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม. 134 น.

ศานิต สวัสดิกาญจน์. 2557. มันสำปะหลังในพืชอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. 1-162 น.

สุทธิสา ดัชนีย์. 2558. การระบุเชื้อราสาเหตุโรคต้นและรากเน่าดำของมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช. มหาวิทยลัยเทคโนโลยสุรนารี. 129 น.

Bandyopadhyay, R., M. Mwangi, S.O. Aigbe and J.F. Leslie. 2006. *Fusarium* species from the cassava root rot complex in West Africa. *Phytopathology*. 96: 673–676 p.

Charaensatapon, R., T. Saelee, U. Chulkod and S. Cheadchoo. 2014. *Phytophthora* Root and Tuber of cassava in Thailand. Field and renewable energy crops research institute. Department of agriculture, Thailand, In *Proceedings of 5th Asian Conference on Plant Pathology*. Chiang Mai, Thailand, 3-6 November.

Dianese, J. C., M. C. G. Dristig, and A. P. Cruzc. 1990. Susceptibility to wilt associated with *Pseudomonas solanacearum* among six species of Eucalyptus growing in equatorial Brazil. *Australasian Plant Pathology*. 19(3): 71-76 p.

Guo, H., C.P. Li., T.C. Shi, J. Fan and G.X. Huang. 2012. First report of *Phytophthora palmivora* causing root rot of cassava in China. *The American Phytopathological Society*. v.96. n.7. 1072 p.

Machado, A.R., D.B. Pinho, S.A.S. Oliveira and O.L. Pereira. 2014. New occurrences of Botryosphaeriaceae causing black root rot of cassava in Brazil. *Tropical Plant Pathology*. 39(6): 464-470 p.

Matsumoto, C., K. Kageyama, H. Suga and M. Hyakumachi. 1999. Phylogenetic relationships of *Pythium* species based on ITS and 5.8S sequences of the ribosomal DNA. *Mycoscience*. 40(4): 321-331 p.

Pornsuriya, C., H.K. Wang, F.C. Lin, and K. Soytong. 2008. First report of pineapple root rot caused by *Pythium graminicola*. *Journal of Agricultural Technology*. 4(1): 139-150 p.

Vilas Boas, A.S., S.A.S. Oliveira, C.A.D. Braganca, J.B. Ramos and J. Oliveira Eder. 2016. Survey of fungi associated with the cassava root rot from different producing regions in Brazil. *Scientia Agricola*. 74: 60–67 p.

Watanabe, H., K. Kageyama, Y. Taguchi, H. Horinouchi and M. Hyakumachi. 2008. Bait method to detect *Pythium* speciesthat grow at high temperatures in hydroponic solutions. *Journal of General Plant Pathology*. 74(6): 417-424 p.

White, T. J., Bruns, T., Lee, S. J. W. T., and Taylor, J. L. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications*. 18(1): 315-322.

Worapong, J. 2002. Isolation and Characterization of Root Rot Pathogens on Cassava (*Manihot esculenta*) in Nakorn Rachasima and Rayong. *The 3rd Conference on Starch Technology*. 435 p.

Zhang, X. Y., J. Hu, H. Y. Zhou, J. J. Hao, Y. F. Xue, H. Chen and B. G. Wang. 2014. First report of *Fusarium oxysporum* and *F. solani* causing *Fusarium* dry rot of carrot in China. *Plant Disease*. 98(9): 1273-1273 p.

วันรับบทความ (Received date) : 16 ม.ค. 61
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 25 มิ.ย. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 22 ส.ค. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 250-261

การสร้างเอนไซม์ของเชื้อราสาเหตุโรคทางใบของไม้ประดับ

Enzymes Production by Plant Pathogenic Fungi Causing Foliar Disease on Ornamental plants

อังค์วรา ดาราพาณิชย์[1] จุฬาลักษณ์ ตลับนาค[1] สุริยสิทธิ์ สมนึก[1]* และถนิมนันต์ เจนอักษร[1]
Angwara Darapanit[1], Chulalak Talubnak[1], Suriyasit Somnuek[1]* and Tanimnun Jaenaksorn[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสามารถของเชื้อราสาเหตุโรคทางใบของไม้ประดับในการสร้างเอนไซม์ย่อยสลายผนังเซลล์พืช (cellulase, pectinase) และเชื้อรา (chitinase) บนอาหารแข็ง ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยแยกเชื้อราจากใบพืชที่แสดงอาการโรค ทั้งหมด 13 วงศ์พืช (32 ไอโซเลท) ภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ และทำการทดสอบกิจกรรมการสร้างเอนไซม์ cellulase และ pectinase ประเมินโดย hydrolysis capacity (HC) value ซึ่งได้จากสัดส่วนของ hydrolysis zone และเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี ในขณะที่ chitinase ประเมินจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโซนสีม่วงบนอาหาร colloidal chitin จากผลการทดลอง พบว่าเชื้อราทดสอบทุกไอโซเลท (ยกเว้น Co 211-1) สามารถสร้าง cellulase ได้ในระดับต่ำ ซึ่งมีค่า HC value น้อยกว่า 1.00 สำหรับ pectinase พบการสร้างเอนไซม์ได้ในระดับต่ำ มีค่า HC value น้อยกว่า 1.00 ในทุกไอโซเลท ยกเว้น กลุ่มของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. 19 ไอโซเลท, *Bipolaris* sp. (Bi 21-2) และ *Nigrospora* sp. (Ni 12-4) ที่ไม่พบการสร้างเอนไซม์ดังกล่าว และการทดสอบ chitinase พบว่าเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ทุกไอโซเลท (ยกเว้น Co 211-1) และ *Alternaria* spp. จำนวน 2 ไอโซเลท สามารถสร้างเอนไซม์ได้ระดับปานกลาง ขณะที่เชื้อรา *Cuvularia* spp. จำนวน 4 ไอโซเลท และ *Bipolaris* sp. (Bi 21-2) พบกิจกรรมการสร้างเอนไซม์ในระดับต่ำ และไอโซเลทอื่นๆ ไม่พบกิจกรรมการสร้างเอนไซม์ chitinase จากนั้นทำการทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคโดยวิธี detached-leaf test ผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่า เชื้อราทดสอบ (จากพืชอาศัยที่ต่างกัน) ภายในสกุลเดียวกันมีศักยภาพในการสร้างเอนไซม์ที่ย่อยสลายผนังเซลล์พืชไม่แตกต่างกัน

คำสำคัญ: การสร้างเอนไซม์ necrothophic fungi ไม้ประดับ

Abstract

The research was carried out to investigate the ability of plant pathogenic fungi causing foliar diseases in producing cell wall degrading enzymes of plant (cellulase, pectinase) and Fungi (chitinase) on solid media. The tested pathogens (32 isolates) were isolated from diseased leaves of 13 Family of ornamental plants in the area of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. Activities of cellulase and pectinase enzymes were determined by hydrolysis capacity (HC) value which was the ratio of the hydrolysis zone and colony diameter. For chititnase, its activity was categorized based on relative increase in diameter as well as intensity of purple color on colloidal chitin medium. Results revealed that all tested fungal isolates (except Co 211-1) showed low potential to produce cellulase with HC value of less than 1.00. Regard to pectinase production, presence of activity with low HC value (<1.00) was detected in all tested fungal isolates except for all 19 isolates of *Colletotrichum* spp., *Bipolaris* sp. (Bi 21-2) and *Nigrospora* sp. (Ni 12-4). For chitinolytic enzyme, all tested isolates of *Colletotrichum* spp.

[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
*Corresponding author, Email: suriyasitsom@gmail.com

(except Co 211-1) and all 2 tested *Alternaria* spp. presented moderate activity whereas all 4 tested *Curvularia* spp. and *Bipolaris* sp. (Bi 21-2) showed low activity and the rest showed absent activity. Furthermore, pathogenicity test was conducted *in vitro* using detached-leaf inoculation. Conclusively, fungal isolates (from different host plants) within the same genera revealed the same potential to produce cell wall degrading enzymes.

Keyword: enzymes production, necrotrophic fungi, ornamental plants

บทนำ

โรคของไม้ประดับ (Ornamental plant diseases) ที่มีสาเหตุมาจาก necrotrophic fungi เป็นปัญหาที่สำคัญในการเพาะปลูกไม้ประดับทั้งในเรือนเพาะชำ และพื้นที่ปลูก ส่งผลให้พืชดังกล่าวสูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจ และไม่เป็นที่ต้องการของตลาด โดยเชื้อราสาเหตุโรคที่พบส่วนใหญ่ คือ เชื้อรา *Colletotrichum* spp. และ *Alternaria* spp. ซึ่งเชื้อราดังกล่าวมักจะเข้าทำลายใบของไม้ประดับ ทำให้เกิดอาการ necrosis เช่น โรคแอนแทรคโนส ใบไหม้ ใบจุด (Dicklow, 2013; Pegg *et al*., 2016; Coates *et al*., 2016) ในการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคพืชนั้น นอกจากจะสร้างโครงสร้างต่าง ๆ เพื่อแทงผ่านเนื้อเยื่อพืชแล้ว เชื้อรายังสร้างสารพิษและเอนไซม์ย่อยผนังเซลล์พืช (cell wall degrading enzymes) เพื่อให้เนื้อเยื่อพืชเกิดการเสื่อมสลาย และช่วยให้การเข้าทำลายพืชมีความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งเอนไซม์มีอยู่หลายชนิด เช่น cellulase และ pectinase (Dean and Timberlake, 1989; Fernando *et al*., 2001; Lorena *et al*., 2007; Anand *et al*., 2008; Hubballi *et al*., 2011) อีกทั้งยังมีการรายงานว่า ในช่วงเวลาก่อโรคกับพืชอาศัย เชื้อราสาเหตุโรคพืชสายพันธุ์ที่รุนแรงจะมีการสร้างเอนไซม์ในปริมาณที่มากกว่าเป็นสองเท่าของเชื้อราสายพันธุ์ที่ก่อโรคไม่รุนแรง ดังนั้นปริมาณการสร้างเอนไซม์ดังกล่าวจึงพอที่จะบ่งบอกถึงความรุนแรงในการก่อให้เกิดโรคกับพืชได้อีกเช่นกัน นอกจากเอนไซม์ที่กล่าวมาทั้ง 2 ชนิดแล้ว chitinase ก็เป็นเอนไซม์อีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเอนไซม์ดังกล่าวสามารถย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อราได้ ซึ่งโดยปกติแล้วเชื้อราที่สร้าง chitinase มักจะพบในกลุ่มเชื้อราปฏิปักษ์ (Agrawal and Kotasthane, 2012) และอาจจะสามารถพัฒนาเชื้อราที่สร้างเอนไซม์ดังกล่าว เป็นเชื้อราปฏิปักษ์ได้ ในการศึกษาการสร้างเอนไซม์ของเชื้อราสาเหตุโรคพืชในระดับห้องปฏิบัติการ มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การทดสอบในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว และนำไปวิเคราะห์ปริมาณการสร้างเอนไซม์ อีกวิธีหนึ่งคือ การทดสอบการสร้างเอนไซม์บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก ที่ทำให้ทราบความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ในเบื้องต้น จากที่กล่าวมาคณะผู้วิจัยจึงสนใจว่า ลักษณะอาการ necrosis ที่คล้ายกันที่เกิดขึ้นบนใบไม้ประดับต่างชนิดกันแต่อยู่ในพืชวงศ์เดียวกัน เชื้อราสาเหตุโรคดังกล่าวจะมีลักษณะการสร้างเอนไซม์แตกต่างกันหรือไม่ จึงทำการศึกษาการสร้างเอนไซม์ของเชื้อราสาเหตุโรคในกลุ่ม necrotrophic fungi ที่แยกจากไม้ประดับในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง และทดสอบความสามารถในการก่อโรคของเชื้อราที่แยกได้กับไม้ประดับวงศ์เดียวกันอีกด้วย

วิธีการศึกษา

เชื้อราสาเหตุโรคทางใบของไม้ประดับ

การแยกเชื้อราสาเหตุโรคและการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา โดยเก็บตัวอย่างใบของไม้ประดับ (Table 1) ที่แสดงอาการแผลตาย (necrosis) เช่น ใบจุด (leaf spot: S) และใบไหม้แอนแทรคโนส (anthracnose leaf blight: AB) ภายในบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มาทำการแยกเชื้อราสาเหตุโรคโดยใช้วิธี Tissue transplanting method จนได้เชื้อบริสุทธิ์ หลังจากนั้นทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ของเชื้อราที่แยกได้ โดยสังเกตการเจริญ สี ลักษณะของโคโลนีบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) และลักษณะ ขนาด รูปร่าง ของเส้นใย และ conidia ของเชื้อรา เพื่อทำการจัดจำแนกเชื้อรา

การทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อราสาเหตุโรคทางใบ

กิจกรรมของเอนไซม์ *cellulase*: ทดสอบโดย Plate assay method บนอาหารเลี้ยงเชื้อ carboxy methyl cellulose medium (CMC medium) ซึ่งประกอบด้วย $NaNO_3$ 2 กรัม, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 กรัม, K_2HPO_4 1 กรัม, KCl 0.5 กรัม, CMC 2 กรัม, peptone 0.2 กรัม และ agar 17 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร (Kasana *et al*., 2008) เทอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ลงจานเพาะเชื้อ จากนั้นย้ายชิ้นวุ้นเชื้อราทดสอบที่เลี้ยงบนอาหาร PDA อายุ 5 วัน โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะที่ขอบของโคโลนีเชื้อรา และนำมาวางกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ดังกล่าวข้างต้น ชุดควบคุมใช้อาหารไม่ปลูกเชื้อเป็น negative control และใช้ standard enzyme เป็น positive control บ่มทิ้งไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นตรวจสอบการสร้างเอนไซม์ cellulase โดยวิธี Iodine plate assay (Kasana *et al*., 2008) ด้วยการเทสารละลายไอโอดีน 10 มล. ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อทดสอบเป็นเวลา 5 นาที แล้วเทสารละลายไอโอดีนออก โดยสารละลายไอโอดีนจะแสดงสีบนอาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะบริเวณที่ยังมี cellulose อยู่ ส่งผลให้เห็นเป็นโซนใส (clear zone) บริเวณที่ cellulose ถูกเชื้อย่อยสลายไปแล้ว บันทึกผลโดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณโซนใส เพื่อคำนวณหา Hydrolysis capacity (HC) value (Taechapoempol *et al*., 2011) และจัดระดับการสร้างเอนไซม์

$$\text{HC value} = \frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณโซนใส}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อรา}}$$

โดยให้ระดับดังนี้

–	คือ ค่า HC value เท่ากับ 0 ; ไม่พบการสร้างเอนไซม์
+	คือ ค่า HC value <1.00 ; พบการสร้างเอนไซม์น้อย
++	คือ ค่า HC value 1.01-2.00 ; พบการสร้างเอนไซม์ปานกลาง
+++	คือ ค่า HC value 2.01-3.00 ; พบการสร้างเอนไซม์มาก
++++	คือ ค่า HC value >3.01 ขึ้นไป ; พบการสร้างเอนไซม์มากที่สุด

กิจกรรมของเอนไซม์ *pectinase*: ทดสอบโดย Plate assay method บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Czapek agar ซึ่งประกอบด้วย $NaNO_3$ 2 กรัม, K_2HPO_4 1 กรัม, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 กรัม, KCl 0.5 กรัม, 1% $ZnSO_4$ 1 มล., 0.5% $CuSO_4$ 1มล., sucrose 30 กรัม, agar 20 กรัม และ pectin 10 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร (Priya and Sashi, 2014) โดยทำการทดลองและตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์ pectinase เช่นเดียวกับการทดสอบ กิจกรรมของเอนไซม์ cellulase

กิจกรรมของเอนไซม์ *chitinase*: ทดสอบโดย Plate assay method บนอาหารเลี้ยงเชื้อ colloidal chitin medium ซึ่งประกอบด้วย $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.3 กรัม, $(NH_4)_2SO_4$ 3 กรัม, KH_2PO_4 2 กรัม, citric acid monohydrate 1 กรัม, agar 17 กรัม, tween 80 200 ไมโครลิตร, colloidal chitin 4.5 กรัม และ bromocresol purple 0.15 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร (Agrawal and Kotasthane, 2012) และปรับค่า pH เท่ากับ 4.7 ชุดควบคุมใช้การปลูกเชื้อรา *Trichoderma* sp. เป็น positive control เนื่องจากเชื้อราดังกล่าวได้รับรายงานว่าสามารถสร้างเอนไซม์ chitinase ได้เป็นอย่างดี (Agrawal and Kotasthane, 2012) ในการตรวจสอบการสร้างเอนไซม์นี้ประเมินโดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนสีม่วง ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยอาหาร colloidal chitin medium ที่ผสม bromocresol purple เมื่อปลูกเชื้อราที่สร้างเอนไซม์ chitinase ลงไป เอนไซม์ดังกล่าวจะไปย่อย chitin ให้เป็น N-acetyl glucosamine

ซึ่งสารดังกล่าวนี้จะทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนเป็นด่าง มีผลทำให้สีของอาหารเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีม่วง (Agrawal and Kotasthane, 2012)

โดยให้ระดับดังนี้ – คือ เส้นผ่านศูนย์กลางโซนสีม่วง 0 ซม.; ไม่เกิดการสร้างเอนไซม์
\+ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางโซนสีม่วง 0.1-2 ซม.; มีการสร้างเอนไซม์น้อย
++ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางโซนสีม่วง 2.1-4 ซม.; มีการสร้างเอนไซม์ปานกลาง
+++ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางโซนสีม่วง 4.1-6 ซม.; มีการสร้างเอนไซม์มาก
++++ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางโซนสีม่วง 6.1 ซม. ขึ้นไป; มีการสร้างเอนไซม์มากที่สุด

การทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรค (Pathogenicity test)

ทำการทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อแต่ละไอโซเลทด้วยวิธี Detached leaf test โดยกำหนดตัวแทนพืชทดสอบ 1 ชนิดต่อวงศ์ (Table 3) เริ่มต้นโดยเลี้ยงเชื้อราสาเหตุโรคแต่ละไอโซเลทบนอาหาร PDA เป็นเวลา 5 วัน แล้วใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบของโคโลนี และย้ายชิ้นวุ้นเชื้อราสาเหตุโรค วางบนใบพืช จำนวน 3 ใบ (ซ้ำ) ใบละ 4 จุด วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) สำหรับชุดควบคุมใช้อาหาร PDA จากนั้นนำใบพืชที่ปลูกเชื้อแล้ว (inoculated leaves) บ่มไว้ในสภาพชื้น (moist chamber) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผลเป็นเวลา 7 วัน และประเมินระดับคะแนนดังนี้ 0 = ไม่เกิดโรค; 1 = แผลขนาด 0.1-0.4 ซม.; 2 = แผลขนาด 0.41-0.8 ซม.; 3 = แผลขนาด 0.81-1.2 ซม.; 4 = แผลขนาดมากกว่า 1.21 ซม. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (Disease incidence; DI) และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค (Disease severity; DS) ตามสูตร

$$DI = \frac{\text{จำนวนใบที่แสดงอาการโรค}}{\text{จำนวนใบทั้งหมด}} \times 100$$

$$DS = \frac{\sum (\text{จำนวนใบที่แสดงอาการโรค} \times \text{ระดับอาการโรค})}{(\text{จำนวนใบทั้งหมด} \times \text{ระดับอาการสูงสุด})} \times 100$$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

เชื้อราสาเหตุโรคทางใบของไม้ดอกไม้ประดับ

จากการเก็บตัวอย่างอาการโรคทางใบของไม้ประดับ จำนวน 31 ชนิดพืช จาก 13 วงศ์ มาทำการแยกเชื้อราสาเหตุและจัดจำแนก พบว่า เชื้อราที่แยกได้ทั้งหมดมีจำนวน 32 ไอโซเลท โดยได้จากลักษณะอาการใบไหม้แอนแทรคโนส 21 ไอโซเลท และอาการใบจุด 11 ไอโซเลท สำหรับกลุ่มอาการใบไหม้แอนแทรคโนสแยกได้เชื้อรา *Colletotrichum* spp. 17 ไอโซเลท (จากพืชวงศ์ Agavaceae, Araceae, Arecaceae, Bromeliaceae, Combretaceae, Liliaceae, Olandraceae และ Palmae), เชื้อรา *Curvularia* spp. 2 ไอโซเลท (จากพืชวงศ์ Aspleniaceae และ Heliconiaceae), และเชื้อรา *Nigrospora* spp. 2 ไอโซเลท (จากพืชวงศ์ Araceae และ Palmae) ส่วนกลุ่มอาการใบจุด แยกได้เชื้อรา *Alternaria* spp. 2 ไอโซเลท (จากพืชวงศ์ Agavaceae และ Nymphaeaceae), เชื้อรา *Bipolaris* sp. 1 ไอโซเลท(จากพืชวงศ์ Cannaceae), เชื้อรา *Colletotrichum* spp. 2 ไอโซเลท

(จากพืชวงศ์ Araceae และ Orchidaceae), เชื้อรา *Curvularia* spp. 2 ไอโซเลท (จากพืชวงศ์ Arecaceae และ Costaceae), เชื้อรา *Helminthosporium* sp. 1 ไอโซเลท (จากพืชวงศ์ Palmae), เชื้อรา *Pestalotia* sp. 1 ไอโซเลท (จากพืชวงศ์ Aspleniaceae) และเชื้อรา Unknown 2 ไอโซเลท (จากพืชวงศ์ Agavaceae และ Palmae) (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานหลายฉบับ (Dicklow, 2013; Pegg *et al*., 2016; Coates *et al*., 2016) ที่ระบุว่าเชื้อรา *Colletotrichum* spp. และ *Alternaria* spp. เป็นเชื้อราที่พบเข้าทำลายพืชไม้ดอกไม้ประดับมากที่สุด ทั้งในโรงเรือนเพาะชำและพื้นที่ปลูก โดยลักษณะอาการโรคที่พบส่วนใหญ่ คือ โรคใบไหม้แอนแทรคโนส และโรคใบจุดสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังมีรายงานในประเทศไทยว่า เชื้อรา *Colletotrichum* spp. และ *Curvularia* spp. เป็นเชื้อราสาเหตุโรคของพืชตระกูลปาล์ม (Kittimorakul *et al*., 2013; Sunpapao *et al*., 2014)

การทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์ของเชื้อราสาเหตุโรคทางใบ

จากการทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์ cellulase, pectinase และ chitinase ของเชื้อราที่แยกได้จำนวน 32 ไอโซเลท บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (5 วันหลังการปลูกเชื้อ) พบว่า *การทดสอบกิจกรรมเอนไซม์ cellulase* เชื้อราที่ทดสอบทุกไอโซเลทสามารถสร้างเอนไซม์ดังกล่าวได้ โดยไอโซเลท Co 211-1 สร้างได้ในระดับปานกลาง มี HC value มากกว่า 1.01 และไอโซเลทอื่น ๆ สร้างอยู่ในระดับต่ำ มีค่า HC value น้อยกว่า 1 สำหรับ standard enzyme (positive control) มีค่า HC value มากกว่า 3.00 (Table 2, Figure 1) *สำหรับการทดสอบกิจกรรมเอนไซม์ pectinase* พบว่ามีเชื้อราเพียง 11 ไอโซเลทที่สร้างเอนไซม์นี้ โดย *Alternaria* spp., *Bipolaris* sp., *Curvularia* spp., *Helminthosporium* sp., *Nigrospora* sp.และ Unknown มีการสร้างเอนไซม์อยู่ในระดับต่ำ มีค่า HC value น้อยกว่า 1 ในขณะที่ standard enzyme (positive control) มีค่า HC value มากกว่า 3.00 (Table 2, Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานหลายฉบับ (Fernando *et al*., 2001; Lorena *et al*., 2007; Anand *et al*., 2008; Hubballi *et al*., 2011) ที่ระบุว่า เชื้อราสาเหตุโรคพืช ได้แก่ *Alternaria* spp. (สาเหตุโรคใบจุดต้นยอ และพริก), *Colletotrichum* spp. (สาเหตุโรคแอนแทรคโนสถั่วแขก, พริกและยางพารา) สามารถสร้างเอนไซม์ cellulase และ pectinase ได้ ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวจะทำให้การเข้าทำลายพืชมีความรุนแรงมากขึ้น โดยได้รายงานอีกว่าเชื้อราสาเหตุโรคพืชสายพันธุ์ที่ก่อโรครุนแรง (virulent strain) จะมีการสร้างเอนไซม์แตกต่างกับเชื้อราสายพันธุ์ที่ก่อโรคไม่รุนแรง (avirulent strain) กล่าวคือ ในช่วงเวลาที่เริ่มก่อโรค เชื้อราสาเหตุโรคพืชสายพันธุ์ที่ก่อโรครุนแรงจะมีการสร้างเอนไซม์เป็นปริมาณที่มากกว่าสองเท่าของเชื้อราสาเหตุโรคพืชสายพันธุ์ที่ไม่รุนแรงและจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ในขณะที่เชื้อราสายพันธุ์ไม่รุนแรงจะยังคงสร้างเอนไซม์เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของคณะผู้วิจัยครั้งนี้ไม่พบการสร้างเอนไซม์ pectinase ของเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ทุกไอโซเลทที่เลี้ยงบนอาหารแข็งเป็นเวลา 5 วัน ซึ่งแตกต่างจากการรายงานอื่น ๆ ที่ระบุว่า เชื้อรา *Colletotrichum lindemuthianum* ที่เลี้ยงด้วยอาหารเหลว 92 %-esterified pectin (Lorena *et al*., 2007) และ *C. capsici* ที่เลี้ยงด้วยอาหารเหลว Czapek-Dox ผสม 1 % pectin (Anand *et al*., 2008) สามารถสร้าง pectinase ได้เป็นอย่างดี โดยพบปริมาณการสร้างเอนไซม์สูงที่สุดที่ระยะเวลา 10 วันหลังการปลูกเชื้อ ดังนั้นพอสรุปได้ว่า อายุของเชื้อราเป็นปัจจัยที่สำคัญในการตรวจสอบปริมาณการสร้างเอนไซม์ pectinase และเวลาที่เหมาะสมควรจะเป็น 10 วัน แต่การทดลองบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งนั้นมีข้อจำกัด เนื่องจากเชื้อราโดยทั่วไปมักจะเจริญเต็มจานเพาะเลี้ยงเชื้อภายในเวลาไม่เกิน 7 วัน จึงส่งผลให้ปริมาณการสร้างเอนไซม์ pectinase ยังไม่ชัดเจน ในเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ทุกไอโซเลทที่นำมาทดสอบ ซึ่งจากที่กล่าวมาพอที่จะเป็นวิธีการทดสอบเบื้องต้นของเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้

Table 1 Isolates of necrotrophic fungi on ornamental plants.

Family	Plant	Leaf symptom[1/]	Fungal identification (Isolate)	Family	Plant	Leaf symptom[1/]	Fungal identification (Isolate)
Agavaceae	*Dracaena reflexa*	S	*Alternaria* sp. (Al 21-1)	Aspleniaceae	*Asplenium nidus*	S	*Pestalotia* sp. (Pe 21-3)
	Dracaena fragrans (L.)	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 11-4)			AB	*Curvularia* sp. (Cu 22-1)
	Cordyline fruticosa	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 12-2)	Bromeliaceae	*Aechmea fasciata*	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 113-1)
	Dracaena dermensis	S	Unknown (Un 21-1)	Cannaceae	*Canna indica* L.	S	*Bipolaris* sp. (Bi 21-1)
Araceae	*Philodendron* spp.	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 13-1)	Combretaceae	*Terminalia catappa*	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 214-4)
	Philodendron spp. (Sunlight)	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 14-1)	Costaceae	*Costus speciosus*	S	*Curvularia* sp. (Cu 13-1)
	Philodendron spp. (Xanadu)	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 15-1)	Heliconiaceae	*Heliconia* spp.	AB	*Curvularia* sp. (Cu 14-1)
	Aglaonema modestum	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 16-1)	Liliaceae	*Chlorophytum comosum*	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 115-1)
	Dieffenbachia spp.	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 17-2)	Nymphaeaceae	*Nymphaea* spp	S	*Alternaria* sp. (Al 12-1)
	Dieffenbachia picta	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 28-2)	Olandraceae	*Nephrolepis exaltata*	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 117-2)
	Aglaonema Modestum	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 19-1)	Orchidaceae	*Dendrobium* sp. 'sonia'	S	*Colletotrichum* sp. (Co 216-1)
	Scindapsus sp.	S	*Colletotrichum* sp. (Co 210-1)	Palmae	*Rhapis excelsa*	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 118-1)
	Anthurium andraeanum	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 211-1)		*Areca vestiaria*	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 119-3)
	Homalomena wallisii	AB	*Nigrospora* sp. (Ni 11-1)		*Dypsis lutescens*	S	*Helminthosporium* sp. (He 21-4)
Arecaceae	*Ravenea rivularis*	AB	*Colletotrichum* sp. (Co 112-3)		*Cyrtostachys renda*	AB	*Nigrospora* sp. (Ni 12-4)
	Elaeis guineensis	S	*Curvularia* sp. (Cu 21-1)		*Wodyetia bifurcate*	S	Unknown (Un 22-1)

[1/]Leaf symptom S = leaf spot; AB = anthracnose leaf blight

สำหรับการทดสอบกิจกรรมเอนไซม์ *chitinase* ซึ่งประเมินจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของการเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อ (เป็นสีม่วง) พบว่า เชื้อรา *Trichoderma* sp. (positive control) มีขนาดของโซนสีม่วงเต็มจานเพาะเชื้อ ในขณะที่เชื้อราสาเหตุโรคพืชที่ทดสอบส่วนใหญ่พบการสร้างเอนไซม์ chitinase ได้ในระดับปานกลาง ได้แก่ เชื้อรา *Colletotrichum* spp. (ยกเว้น Co 221-1 ซึ่งสร้างได้ในระดับต่ำ) และเชื้อรา *Alternaria* spp. ทุกไอโซเลท มีขนาดของโซนสีม่วง 2.1-4 ซม. ส่วนที่เหลือจำนวน 4 ไอโซเลท ไม่พบการสร้างเอนไซม์ดังกล่าวเลย ได้แก่ *Helminthosporium* sp. (He 21-4), *Nigrospora* spp. (Ni 11-1 และ Ni 12-4), *Pestalotia* sp. (Pe 21-3) และ เชื้อรา Unknown (Table 2, Figure 1) จากการทดลองครั้งนี้ เป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ที่พบว่าเชื้อราสาเหตุโรคพืช ได้แก่ *Colletotrichum* spp. และ *Alternaria* spp. สามารถสร้างเอนไซม์ chitinase ได้ ทั้ง ๆ ที่การสร้างเอนไซม์ดังกล่าวมักจะพบเฉพาะในกลุ่มของเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. (Agrawal and Kotasthane, 2012) และกลุ่มของเชื้อราที่ไม่เป็นสาเหตุของโรค เช่น non-pathogenic *Pythium* spp. (Talubnak *et al.*, 2015) อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาเอนไซม์ดังกล่าวข้างต้น พอที่จะสามารถนำเชื้อราไอโซเลทนั้น ๆ ไปศึกษาในการเป็นเชื้อราปฏิปักษ์ได้

จากการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างเอนไซม์ในครั้งนี้ ทำให้ทราบประเด็นเพิ่มเติม คือ เชื้อราสกุล (genus) เดียวกัน ถึงแม้จะแยกได้มาจากไม้ประดับต่างชนิดกัน (ต่างไอโซเลท) ก็ยังคงมีลักษณะการสร้างเอนไซม์ (cellulase, pectinase และ chitinase) ที่เหมือนกัน

Table 2 Production of cellulase, pectinase and chitinase by necrotrophic fungi on solid media.

Strain		Cellulase[1/]	Pectinase[1/]	Chitinase[2/]
Control	negative	-	-	-
	positive	++++	++++	++++
Alternaria spp.	Al 21-1	+	+	++
	Al 12-1	+	+	++
Bipolaris sp.	Bi 21-1	+	-	+
Colletotrichum spp.	Co 11-4	+	-	++
	Co 12-2	+	-	++
	Co 13-1	+	-	++
	Co 14-1	+	-	++
	Co 15-1	+	-	++
	Co 16-1	+	-	++
	Co 17-2	+	-	++
	Co 28-2	+	-	++
	Co 19-1	+	-	++
	Co 210-1	+	-	++
	Co 211-1	++	-	+
	Co 112-3	+	-	++
	Co 113-1	+	-	++
	Co 214-4	+	-	++
	Co 115-1	+	-	++
	Co 216-1	+	-	++
	Co 117-2	+	-	++
	Co 118-1	+	-	++
	Co 119-3	+	-	++
	Cu 21-1	+	+	+
	Cu 22-1	+	+	+
	Cu 13-1	+	+	+
	Cu 14-1	+	+	+
Helminthosporium sp.	He 21-4	+	+	-
Nigrospora spp.	Ni 11-1	+	+	-
	Ni 12-4	+	-	-
Pestalotia sp.	Pe 21-3	+	+	-
Unknown	Un 21-1	+	+	+
	Un 22-1	+	+	+

[1/]-, +, ++, +++, ++++ represent enzyme production frome absence to high regarding HC value.

[2/]-, +, ++, +++, ++++ represent enzyme production frome absence to high categorized based on relative increase in diameter as well as intensity of purple color on colloidal chitin medium.

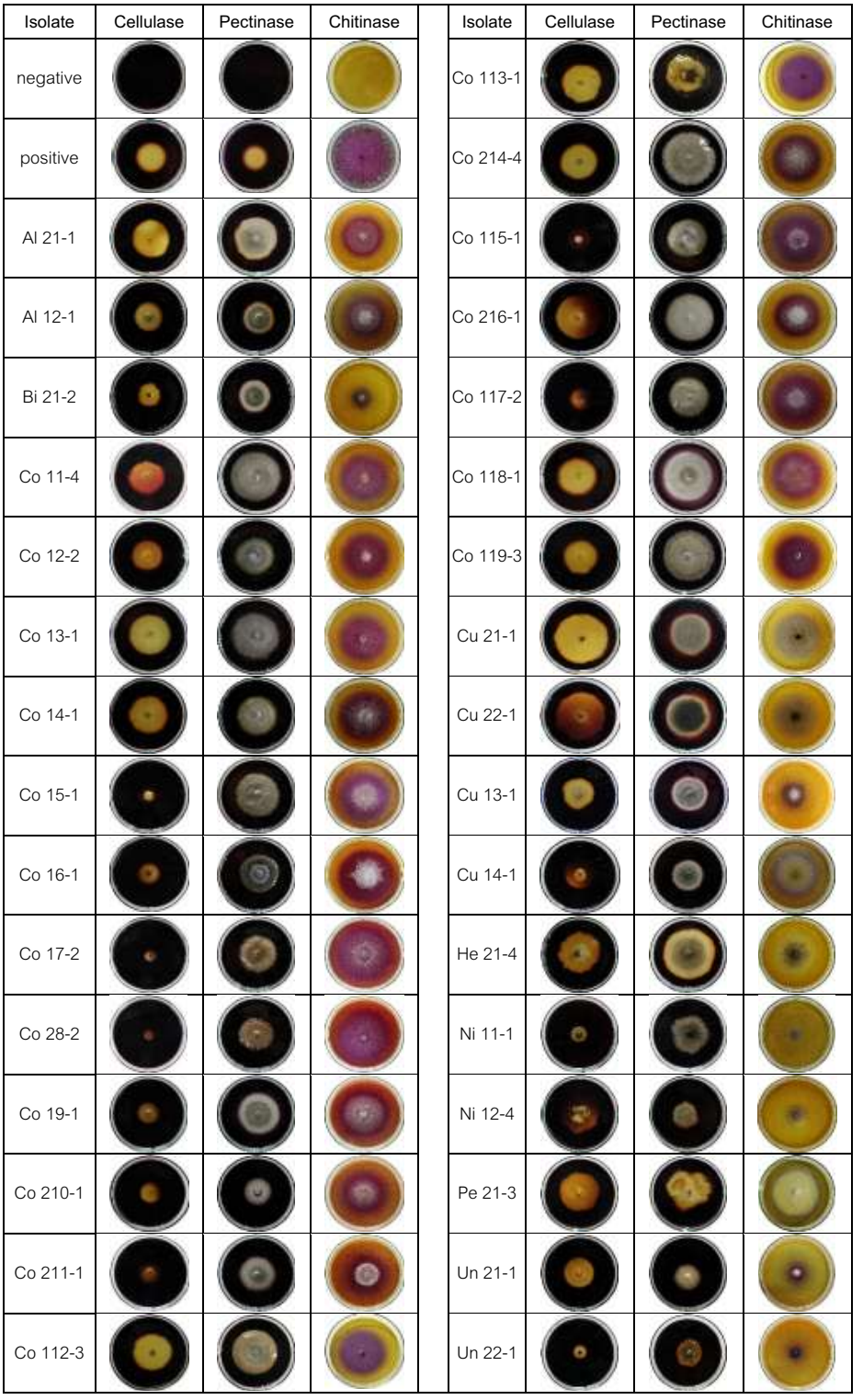


Figure 1 The hydrolyzed zone of cellulolytic, pectinolytic as well as purple color zone of chitinolytic enzymes by necrotrophic fungi on medium supplemented with CMC, pectin and colloidal chitin, respectively.

การทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรค (Pathogenicity test)

จากการทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อราที่แยกได้ จำนวน 32 ไอโซเลท โดยวิธี Detached leaf test พบว่า ในภาพรวม เชื้อราทดสอบทุกไอโซเลท ยกเว้น Co 11-4 และ Un 21-1 สามารถก่อให้เกิดโรคได้อย่างชัดเจน โดยกลุ่มแรกเป็นเชื้อราที่ทดสอบกับพืชอาศัยเดิม (original host) จำนวน 7 วงศ์พืช (เนื่องจากในพืชวงศ์นั้น แยกเชื้อราสาเหตุโรคได้ เพียง 1 ไอโซเลท) ได้แก่ เชื้อรา *Colletotrichum* spp. 6 ไอโซเลท (Co 113-1, Co 115-1, Co 117-2, Co 214-4 และ Co216-1), *Curvularia* sp. (Cu 14-1) และ *Alternaria* sp. (Al 12-1) แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (DI) ได้สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ และมีความรุนแรงของโรคอยู่ในช่วง 13.8-50.2 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเพียงไอโซเลทเดียว คือ Co214-4 ที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 66 เปอร์เซ็นต์ และมีความรุนแรงของโรค 13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเชื้อรา *Colletotrichum* spp. สามารถก่อให้เกิดโรคกับไม้ประดับที่ทดสอบได้หลายชนิด (Table 3) และใกล้เคียงกับการรายงานของ Dicklow (2013) ที่กล่าวว่า เชื้อรา *Colletotrichum* spp. และ *Alternaria* spp. เป็นเชื้อราสาเหตุโรคที่สำคัญของไม้ดอกไม้ประดับ เนื่องจากเชื้อราดังกล่าวมีพืชอาศัยกว้าง จึงสามารถเข้าทำลายไม้ดอกไม้ประดับได้หลายชนิด สำหรับกลุ่มที่สอง เป็นเชื้อราที่แยกได้มาจากไม้ประดับหลายชนิดแต่อยู่ในวงศ์พืชเดียวกัน เวลาทดสอบจึงต้องมีการกำหนดพืชตัวแทนในแต่ละวงศ์พืช เพื่อใช้เป็นพืชทดสอบ พบว่า ในภาพรวม เชื้อราทุกไอโซเลทที่ทดสอบในแต่ละวงศ์พืช สามารถก่อให้เกิดโรคกับพืชตัวแทน (given host) ได้รุนแรง โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (DI) สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างเช่น วงศ์พืช Araceae ที่มีคฑาเงิน (*Ag. modestum*) เป็นพืชทดสอบ พบว่า เชื้อรา *Colletotrichum* spp. 9 ไอโซเลท (Co19-1, Co13-1, Co14-1, Co 15-1, Co 16-1, Co 17-2, Co 28-2, Co 210-1 และ Co 211-1) และ *Nigrospora* sp. (Ni 11-1) สามารถก่อให้เกิดโรคได้สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (DI) และมีความรุนแรงโรคอยู่ในช่วง 16-45 เปอร์เซ็นต์ มีเพียง Co211-1 เท่านั้น ที่ก่อให้เกิดโรค (DI) 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในพืชวงศ์อื่น ๆ ผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน มีเพียงในวงศ์ Palmae ที่มีหมากแดง (*Cy. renda*) เป็นพืชทดสอบเท่านั้นที่เชื้อราทดสอบทุกไอโซเลท ได้แก่ *Colletotrichum* spp. (Co 118-1และ Co 119-3), *Nigrospora* sp. (Ni 12-4) และ *Helminthosporium* sp. (He 21-4) ก่อให้เกิดโรคได้เพียง 66 เปอร์เซ็นต์ และมีความรุนแรงของโรค 13.19-32.81 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเชื้อราที่แยกมาจากไม้ประดับต่างชนิดกันแต่อยู่ในวงศ์พืชเดียวกันมีแนวโน้มที่จะเข้าทำลายไม้ประดับชนิดอื่นในวงศ์เดียวกันที่ไม่ได้เป็นพืชอาศัยที่แท้จริง (original host) ได้ ดังจะเห็นได้จากเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ที่สามารถก่อให้เกิดโรคได้สูงและมีความรุนแรงของโรคไม่แตกต่างกัน ซึ่งใกล้เคียงกับการรายงานของ Kumara and Rawal (2004) ที่ได้ระบุว่า เชื้อ *C. gloeosporioides* ที่แยกได้จากมะละกอ สามารถก่อโรคกับพืชอาศัยอื่น ๆ ได้หลายชนิด เช่น กล้วย มะม่วง องุ่น และทับทิมได้ ในขณะที่ Phoulivong *et al*. (2012) รายงานว่า เชื้อรา *Colletotrichum* spp. ที่แยกจากพริก มะละกอ ส้ม ชมพู่ และมะม่วง สามารถก่อโรคข้ามพืชอาศัยได้เช่นกัน

Table 3 Pathogenicity test of necrotrophic fungi causing foliar disease on ornamental plants.

Tested plant (Family)	Isolate of necrotrophic fungi	DI[1/] (%)	DS[2/] (%)	Tested plant (Family)	Isolate of necrotrophic fungi	DI (%)	DS (%)
Group I: tested on original host				Group II: tested on given host			
Ae. fasciata	Control	0b[3/]	0b	*Co. fruticosa*	Control	0c	0c
(Bromeliaceae)	Co 113-1	100a	50.21a	(Agavaceae)	Co 12-2	100a	32.81a
Te. catappa	Control	0b	0b		Al 21-1	66.67b	16.56b
(Combretaceae)	Co 214-4	66.67a	13.85a		Co 11-4	0c	0c
Heliconia spp.	Control	0b	0b		Un 21-1	0c	0c
(Heliconiaceae)	Cu 14-1	100a	77.08a	*El. guineensis*	Control	0b	0b
Ch. comosum	Control	0b	0b	(Arecaceae)	Cu 21-1	100a	42.81a
(Liliaceae)	Co 115-1	100a	37.6a		Co 112-3	100a	44.69a
Nymphaea spp	Control	0b	0b	*Ag. modestum*	Control	0c	0d
(Nymphaeaceae)	Al 12-1	100a	100a	(Araceae)	Co 19-1	100a	24.48bc
Dendrobium sp.	Control	0b	0b		Co 13-1	100a	45.1a
(Orchidaceae)	Co 216-1	100a	47.5a		Co 14-1	100a	23.65bc
Ne. exaltata	Control	0b	0b		Co 15-1	100a	24.48bc
(Olandraceae)	Co 117-2	100a	17.81a		Co 16-1	100a	22.5bc
					Co 17-2	100a	18.23bc
					Co 28-2	100a	21.56bc
					Co 210-1	100a	29.27b
					Co 211-1	50b	7.5d
					Ni 11-1	100a	16.25bc
				As. nidus	Control	0b	0c
				(Aspleniaceae)	Cu 22-1	100a	20b
					Pe 21-3	100a	31.15a
				Co. speciosus	Control	0b	0c
				(Costaceae)	Cu 13-1	100a	52.19a
					Bi 21-2	100a	38.13b
				Cy. renda	Control	0b	0b
				(Plamae)	Ni 12-4	66.67b	21.88a
					Co 118-1	66.67b	32.81a
					Co 119-3	66.67b	13.85ab
					He 21-4	66.67b	32.19a
					Un 22-1	0b	0b

[1/]DI = Disease incidence, [2/]DS = Disease severity

[3/]Values are means of five replicates. Values in each column with in each plant family followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($P > 0.05$).

สรุปผลการศึกษา

จากการแยกและจัดจำแนกเชื้อราสาเหตุโรคที่มีลักษณะอาการโรคคล้ายกันจากไม้ประดับ 31 ชนิด (13 วงศ์พืช) พบเชื้อราทั้งหมด 32 ไอโซเลท โดยลักษณะอาการใบไหม้แอนแทรคโนสแยกได้จำนวน 21 ไอโซเลท ได้แก่ เชื้อรา *Colletotrichum* spp. 17 ไอโซเลท, เชื้อรา *Curvularia* spp. 2 ไอโซเลท, และเชื้อรา *Nigrospora* spp. 2 ไอโซเลท ส่วนกลุ่มอาการใบจุดแยกได้เชื้อรา *Alternaria* spp. 2 ไอโซเลท, เชื้อรา *Bipolaris* sp. 1 ไอโซเลท, เชื้อรา *Colletotrichum* spp. 2 ไอโซเลท, เชื้อรา *Curvularia* spp. 2 ไอโซเลท, เชื้อรา *Helminthosporium* sp. 1 ไอโซเลท, เชื้อรา *Pestalotia* sp. 1 ไอโซเลท และเชื้อรา Unknown 2 ไอโซเลท จากนั้นทดสอบการสร้างเอนไซม์ cellulase, pectinase และ chitinase ของเชื้อราที่แยกได้ บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง พบว่า เชื้อราทุกไอโซเลทสามารถสร้างเอนไซม์ cellulase ได้ในระดับต่ำ (HC value น้อยกว่า 1) ในขณะที่การทดสอบการสร้างเอนไซม์ pectinase พบเชื้อรา 11 ไอโซเลท ที่สร้างเอนไซม์ดังกล่าวได้ คือ *Alternaria* spp. (Al 21-1 และ Al 12-1), *Curvularia* spp. (Cu 21-1, Cu 22-1, Cu 13-1 และ Cu 14-1), *Helminthosporium* sp. (He 21-4), *Nigrospora* sp. (Ni 12-4), *Pestalotia* sp. (Pe 21-3) และ Unknown (Un 21-1 และ Un 22-1) แต่ไม่พบการสร้างเอนไซม์ pectinase ในเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ทุกไอโซเลท ส่วนการสร้างเอนไซม์ chitinase พบว่าเชื้อรา *Colletotrichum* spp. และ *Alternaria* spp. ทุกไอโซเลท สามารถสร้างเอนไซม์ดังกล่าวได้ เมื่อนำไปทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อราที่แยกได้กับพืชในวงศ์เดียวกันนั้น พบว่าเชื้อราที่ทดสอบส่วนใหญ่สามารถก่อโรคได้ (เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 66-100 เปอร์เซ็นต์) และมีความรุนแรงของโรค อยู่ในช่วง 16-100 เปอร์เซ็นต์ ยิ่งไปกว่านั้นแล้วยังพบอีกว่า เชื้อรา *Colletotrichum* spp. ทุกไอโซเลท สามารถก่อให้เกิดโรคกับพืชตัวแทนที่กำหนดได้ และมีความรุนแรงไม่แตกต่างกัน ซึ่งน่าจะเป็นข้อที่ควรระวัง ไม่ควรปลูกไม้ประดับวงศ์เดียวกันในพื้นที่นั้น ๆ เนื่องจากเชื้อราดังกล่าวสามารถเข้าทำลายไม้ประดับในวงศ์เดียวกันได้ จากที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่า เชื้อราสกุลเดียวที่แสดงอาการโรคคล้ายกันจากพืชต่างชนิดกันนั้น มีลักษณะการสร้างเอนไซม์ได้เหมือนกัน แต่อย่างไรก็ตาม ในการทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งนั้นมีข้อจำกัด จึงควรทำการทดสอบในอาหารเหลว เพื่อให้ผลของการสร้างเอนไซม์แสดงได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

Agrawal, T. and A.S. Kotasthane. 2012. Chitinolytic assay of indigenous *Trichoderma* isolates collected from different geographical locations of Chhattisgarh in Central India. *Springer Plus* 1(73): 1-10.

Anand, T., R. Bhaskaran, T. Raguchander, G. Karthikeyan, M. Rajesh and G. Senthilraja. 2008. Production of cell wall degrading enzymes and toxins by *Colletotrichum capsici* and *Alternaria alternata* causing fruit rot of chillies. *Journal of Plant Protection Research* 48(4): 437-451.

Coates, L., T. Cooke and L. Forsberg. 2016. The biology and management of Colletotrichum diseases in production nurseries. Available: https://www.ngia.com.au/Attachment?Action=Download&Attachment_id=1829. Accessed Dec. 23, 2017.

Dean, R.A. and E. Timberlake. 1989. Production of cell wall-degrading enzymes by *Aspergillus nidulans*: a model system for fungal pathogenesis of plants. *American Society of Plant Physiologists* 1:265-273.

Dicklow, M.B. 2013. *Leaf spot diseases of floricultural crops*. Available: https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/leaf-spot-diseases-of-floricultural-crops. Accessed Dec. 23, 2017.

Fernando, T.H.P.S., C.K Jayasinghe and R.L. Wijesundera.C. 2001. Cell wall degrading enzyme secretion by *Colletotrichum acutatum*, the causative fungus of secondary leaf fall of *Hevea brasiliensis*. *Mycological Research* 2: 195-201.

Hubballi, M., A. Sornakili, S. Nakkeeran, T. Anand, and T. Raguchader. 2011. Virulence of *Alternaria alternata* infecting noni associated with production of cell wall degrading enzymes. *Journal of Plant Protection Research* 51(1): 87-92.

Kasana, R.C., R. Salwan, H. Dhar, S. Dutt and A. Gulati. 2008. A rapid and easy method for the detection of microbial cellulases on agar plates using gram's iodine. *Current Microbiology* 57: 503-507.

Kittimorakul, J., C. Pornsuriya, A. Sunpapao and V. Petcharat. 2013. Survey and incidence of leaf blight and leaf spot diseases of oil palm seedling in southern Thailand. *Plant Pathology Journal* 12(3): 149-153.

Kumara, K.L.W. and R.D. Rawal. 2004. Cross infectivity and survivability of *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from papaya. In *Proceedings of The Second Academic sessions* : 27-32.

Lorena, H., P. Carlos, C. Horacio, M.Z. Guadalupe, A. Ismael and L. Everardo. 2007. Comparison of fungal growth and production of extracellular pectin lyase activity by pathogenic and non-pathogenic races of *Colletotrichum lindemuthianum* cultivaed under different conditions. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 70: 88-95.

Pegg, K., J. Duff and A. Manners. 2016. *Alternaria* diseases in production nurseries. Available: https://www.ngia.com.au/Attachment?Action=Download&Attachment_id=1838. Accessed Dec. 23, 2017.

Phoulivong, S., E.H.C. McKenzie and K.D. Hyde. 2012. Cross infection of *Colletotrichum* species; a case study with tropical fruits. *Current Research in Environmental & Applied Mycology* 2(2): 99–111.

Priya, V. and V Sashi. 2014. Pectinase enzyme producing microorganisms. *International Journal of Scientific and Research Publications* 4(3): 1-4.

Sunpapao, A., J. Kittimorakul and C. Pornsuriya. 2014. Disease note: identification of *Curvularia oryzae* as cause of leaf spot disease on oil palm seedling in nurseries of Thailand. *Phytoparasitica* 42(4): 529-533.

Taechapoempol, K., T. Sreethawong, P. Rangsunvigit, W. Namprohm, B. Thamprajamchit, S. Rengpipat and S. Chavadej. 2011. Cellulase-producing bacteria from Thai higher termites, *Microcerotermes* sp.: enzymatic activities and ionic liquid tolerance. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 164: 204-219.

Talubnak, C., Parinthawong, N. and T. Jeanaksorn. 2015. *In Vitro* Production of Cell Wall Degrading Enzymes by *Pythium* Species Isolated from Asymptomatic and Symptomatic Lettuce Root. 165-167. *In*: *Proceeding 2nd International symposium on Agricultural Technology (ISAT)*. July 1-3, 2015. Pattaya Thailand.

วันรับบทความ (Received date) : 28 ธ.ค. 60
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 25 ต.ค. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 13 พ.ย. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 262-273

ผลของ BA และ NAA ต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ และผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ

Effects of BA and NAA on Growth and Development of *Musa sapientum* (ABB group) cv 'Kluai Hin' *in vitro* and Effects of Substrate on Growth *in vivo*

นุชจรี ทัดเศษ [1]* การันต์ ผึ่งบรรหาร[1] และลลิดา อุดธา[1]

Nootjaree Tudses[1]*, Karun Phungbunhan[1], and Lalida Audta[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของ BA (6-benzyladenine) และ NAA (1-Naphthaleneacetic acid) ต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อและผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตในสภาพธรรมชาติ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อ สูตรอาหารที่ใช้ในการชักนำการเกิดยอด ชักนำการเกิดราก และวัสดุปลูกที่เหมาะสมในการย้ายปลูกในสภาพธรรมชาติ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) จากผลการศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อบริเวณปลายยอดของกล้วยหินด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ จำนวน 3 วิธี เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลานาน 4 สัปดาห์ พบว่า การฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เป็นเวลา 10 นาที มีอัตราการรอดชีวิตสูงสุดเท่ากับ 100.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) เมื่อนำต้นกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อที่มีอายุ 1 เดือน มาชักนำให้เกิดยอด เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 6 ระดับ ได้แก่ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่า อาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดยอดเท่ากับ 41.67±4.17 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) เกิดรากเท่ากับ 16.67±4.17 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) และทำให้จำนวนใบสูงสุดเท่ากับ 1.33±0.17 ใบ ($p<0.05$) สำหรับการชักนำการเกิดรากของกล้วยหินที่มีอายุ 6 เดือน เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม NAA ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 0, 0.5, 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า อาหารแข็งสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากสูงสุดเท่ากับ 71.43±18.44 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) สำหรับการย้ายออกปลูกในสภาพธรรมชาติ ทำการทดสอบในวัสดุปลูกแตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ พีทมอส ทราย และทรายผสมขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 เพาะปลูกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า วัสดุปลูกพีทมอสมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุดเท่ากับ 83.33±16.67 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$)

คำสำคัญ : กล้วยหิน การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

Abstract

The effects of BA (6-benzyladenine) and NAA (1-Naphthaleneacetic acid) on growth and development of *Musa sapientum* (ABB group) cv 'Kluai Hin' *in vitro* and effects of substrate on growth *in vivo* were studied. The purposes were studied sterilization method, cultured medium on shoot formation, root formation and substrate media. The experimental design was Completely Randomized Design (CRD). From the method of treating shoot tips with 3 solutions of sodium hypochlorite was cultured for 4 weeks found that sterilization with 5% (v/v) of sodium hypochlorite for 10 minutes had the highest survival rate as 100.00±0.00% ($p>0.05$). After plants were grow up *in vitro* for 1 month, plants were induced shoot formation by culturing in solid MS media with BA at 6 different concentrations: 0, 1, 2, 3, 4, 5 and 6 mg/L for 20 weeks.

[1]สาขาวิชาเอกพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000

* Corresponding author, Email: indom4@hotmail.com

The results showed that MS medium supplemented with BA 1 mg/L gave the highest shoot formation, root formation and number of leaves were 41.67±4.17 ($p<0.05$), 16.67±4.17 ($p>0.05$), and 1.33±0.17 ($p<0.05$) percentage, respectively. For root induction in the 6 months of banana was used NAA at 4 different concentrations: 0, 0.5, 1 and 2 mg/L for 4 weeks. It was found that MS medium supplemented with NAA at 1 mg/L gave the highest root formation was 71.43±18.44 percentage ($p>0.05$). For transplanting in natural conditions, three different substrate cultures were used: peat moss, sand and sand mixed with coconut flake at 1: 1 ratio for 4 weeks. The peat moss content gave the highest survival rate was 83.33 ± 16.67 percentage ($p>0.05$).

Keywords : *Musa sapientum* (ABB group) cv 'Kluai Hin', Plant tissue culture, Plant Growth Regulators

คำนำ

กล้วยหิน (*Musa sapientum* (ABB group) cv Kluai Hin) เป็นพืชท้องถิ่นของจังหวัดยะลา โดยพบทั่วไปตามธรรมชาติบริเวณหินกรวดริมฝั่งแม่น้ำปัตตานีซึ่งกล้วยสายพันธุ์อื่นไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จึงถูกเรียกว่า "กล้วยหิน" ปัจจุบันมีพื้นที่เพาะปลูกทั้งจังหวัดยะลาและสงขลารวมทั้งสิ้น 4,699 ไร่ ผลผลิตรวม 6,239 ตัน (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2558) ลักษณะเด่นของกล้วยหินเป็นกล้วยที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินทุกประเภท ทนแล้ง ลำต้นสูงประมาณ 3-4 เมตร เปลือกหนา มีใบสีเขียวเข้ม ปลีมีรูปทรงป้อม ปลายมน ลักษณะผลจะมี 5 เหลี่ยมอย่างชัดเจน ผลขนาดกลางถึงใหญ่ ผลส่วนเนื้อในจะมีสีขาวอมเหลือง (เบญจมาศ ศิลาย้อย, 2558) เมื่อผลสุกจะมีสีเหลือง รสชาติเปรี้ยว จึงไม่นิยมบริโภคสุกเกษตรกรจึงนิยมนำมาแปรรูป (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2544) จังหวัดเพชรบูรณ์ได้นำกล้วยหินมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น กล้วยฉาบสอดไส้ด้วยมะขามกวน กล้วยฉาบรสต่างๆ ทั้งเค็ม หวาน และรสอื่นๆ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ OTOP ในวิสาหกิจชุมชน เช่น วิสาหกิจชุมชนบ้านยาวี อำเภอเมือง วิสาหกิจชุมชนบ้านเนิน อำเภอหล่มเก่า และวิสาหกิจชุมชนอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นต้น ส่งผลให้ความต้องการและราคาของกล้วยหินในท้องถิ่นเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

สำหรับการปลูกกล้วยหินในปัจจุบันเกษตรกรอาศัยการขยายพันธุ์ด้วยวิธีการเพาะเมล็ดและหน่อซึ่งใช้ระยะเวลาที่ยาวนาน ใช้พื้นที่ในการขยายพันธุ์มาก อีกทั้งโอกาสในการกระจายตัวของเชื้อไวรัสในท่อนพันธุ์นั้นสูงขึ้นด้วย ดังนั้นเทคโนโลยีที่สามารถตอบสนองความต้องการของเกษตรกรและได้ต้นพันธุ์ที่ปราศจากโรค คือ เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เนื่องจากทำให้ได้ต้นพันธุ์จำนวนมาก ใช้ระยะเวลาสั้น ต้นพันธุ์ที่ได้ปลอดโรคไวรัส มีลักษณะทางพันธุกรรมเหมือนต้นแม่ตรงตามพันธุ์ ขนาดต้นมีความสม่ำเสมอ และสามารถให้ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้คราวละมากๆ ในเวลาเดียวกัน (Rahman *et al*., 2002: Singh *et al*., 2011: ราฮีมา วาแมดีซา และสะมะแอ ดือราแม, 2554) ทั้งนี้การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชยังสามารถช่วยในการเก็บรักษาต้นพันธุ์ได้อีกทางหนึ่ง (Hassan et al., 2004: Cha-um and Kirdmanee, 2007: Tokoporo et al. 2013)

ปัญหาการผลิตกล้วยในประเทศไทย คือ การส่งออกไปต่างประเทศน้อย เนื่องจากคุณภาพกล้วยที่ปลูกไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนด ปริมาณการผลิตยังไม่คงที่ และปัญหาเรื่องการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากกล้วยมีอายุการรักษาที่สั้นทำให้การขนส่งทางเรือหรือทางรถยนต์ทำได้ลำบาก ทั้งนี้กล้วยที่ผลิตจะต้องเป็นกล้วยปลอดสารพิษเท่านั้น นอกจากนี้พันธุ์กล้วยที่ปลูกไม่เหมาะสมกับตลาดต่างประเทศ และอ่อนแอต่อโรคทั้งโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และไวรัส โรคของกล้วยสามารถทำให้เกิดการผิดปกติทั้งราก ต้น ใบ และผล เช่น โรคตายพลายหรือโรคเหี่ยว (Fusarium wilt) จากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* โรคแอนแทรกโนส (Antracnose) เกิดจากเชื้อรา *Collectotricum music* โรคขั้วเน่า (crow rot) เกิดจากเชื้อหลายชนิด โรคยอดกล้วยเป็นพุ่ม

(Bunchy top) เกิดจากเชื้อไวรัส BBTV (Banana Bunchy Top Virus) และโรคใบด่าง (Cucumber mosaic) เกิดจากเชื้อไวรัส CMV (Cucumber Mosaic Virus) เป็นต้น ดังนั้นการส่งเสริมและพัฒนากล้วยหินเชิงคุณภาพเพื่อพัฒนาคุณภาพกล้วยหินตามที่ตลาดต้องการนั้นจึงเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรและสามารถลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้อีกทางหนึ่ง

คณะวิจัยจึงสนใจศึกษาการพัฒนาคุณภาพต้นพันธุ์กล้วยหินปลอดเชื้อด้วยการศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อ สูตรอาหารที่เหมาะสมในการผลิตต้นพันธุ์กล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ และศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมของกล้วยหินในสภาพธรรมชาติ เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยและการปรับปรุงพันธุ์ในอนาคต

วิธีการศึกษา

ศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ

นำหน่อกล้วยหินชนิดใบดาบ (sword sucker) ตัดปลายยอดขนาด 10 เซนติเมตร มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจาน และล้างด้วยน้ำไหล เป็นระยะเวลา 5 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด และนำไปฟอกฆ่าเชื้อด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน 3 วิธี ดังนี้ วิธีที่ 1 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เป็นระยะเวลา 10 นาที วิธีที่ 2 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เป็นระยะเวลา 10 นาที และวิธีที่ 3 สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 นาที และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เป็นระยะเวลา 5 นาที ทุกวิธีหยดสารจับใบ (Tween-20) จำนวน 2-3 หยด ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที จากนั้นตัดแต่งเนื้อเยื่อที่เป็นสีน้ำตาลรวมทั้งลอกกาบใบออกเหลือเฉพาะบริเวณปลายยอดที่มีขนาด 0.3 มิลลิเมตร ตัดเนื้อเยื่อออกเป็น 2 ส่วน ตามความยาวของลำต้น นำเนื้อเยื่อส่วนปลายยอด จำนวน 1 ชิ้นต่อขวด เพาะเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร ร่วมกับการเติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA (6-benzyladenine) ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เติมผงถ่าน 0.1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) และผงวุ้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.6-5.8 เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อพัฒนาเป็นต้นที่สมบูรณ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำๆ ละ 10 ชิ้น บันทึกเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต หลังจากการฟอกฆ่าเชื้อเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเกิดยอดสำหรับกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ

ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำการเกิดยอดของกล้วยหิน นำต้นอ่อนกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อจากการทดลองที่ 1 อายุ 1 เดือน เพาะเลี้ยงบนสูตรอาหารดัดแปลง MS เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโต BA (6-benzyladenine) ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 6 ระดับ ดังนี้ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร อาหารดัดแปลงทุกสูตรเติมผงถ่าน 0.1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) และผงวุ้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.6-5.8 เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำๆ ละ 10 ชิ้น เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด การเกิดราก และจำนวนใบ

ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเกิดรากสำหรับกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ

ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการชักนำให้เกิดรากของกล้วยหิน นำต้นอ่อนกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อที่เพาะเลี้ยงบนอาหารดัดแปลง MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ที่ระดับความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร อายุ 6 เดือน เพาะเลี้ยงบนสูตรอาหารดัดแปลง MS เติมน้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA (1-Naphthaleneacetic acid) ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ ดังนี้ 0, 0.5, 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร อาหารดัดแปลงทุกสูตรเติมผงถ่าน 0.1 เปอร์เซ็นต์ (w/v) และผงวุ้น 0.8 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง

เท่ากับ 5.6-5.8 เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 1,000 ลักซ์ เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำๆ ละ 10 ชิ้น เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 สัปดาห์ บันทึกเปอร์เซ็นต์การเกิดราก

ศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมของกล้วยหินในสภาพธรรมชาติ

ศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมของกล้วยหินในสภาพธรรมชาติ นำต้นอ่อนกล้วยหินที่เจริญเติบโตสมบูรณ์จากการทดลองที่ 3 มีรากและใบ 1-2 ใบ อายุ 7 เดือน ในสภาพปลอดเชื้อมาปรับสภาพอุณหภูมิห้องและความชื้น โดยการวางขวดเนื้อเยื่อที่อุณหภูมิห้อง คลายฝาขวดเล็กน้อย เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำต้นกล้วยหินออกจากขวด ล้างอาหารวุ้นที่ติดอยู่บริเวณรากออกให้หมดด้วยน้ำสะอาด นำไปแช่ในสารละลายป้องกันเชื้อรา เป็นเวลา 10 นาที นำต้นอ่อนไปทดลองปลูกในวัสดุที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ 1) พีทมอส 2) ทราย และ 3) ทรายร่วมกับขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นหุ้มด้วยถุงพลาสติกใสที่เจาะรู หลังจากย้ายปลูกนำยางมัดปากถุงเพื่อควบคุมความชื้น เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ให้น้ำทุกๆ 3 วัน หลังจากนั้นจึงเปิดปากถุง วางแผนการทดลองแบบ CRD แต่ละสิ่งทดลองมี 3 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น บันทึกเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต ภายหลังจากการย้ายปลูกเป็นเวลา 4 สัปดาห์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนสถิติ Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลของวิธีการฟอกฆ่าเชื้อที่แตกต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ

ผลการทดลองวิธีการฟอกฆ่าเชื้อส่วนปลายยอดของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อที่แตกต่างกัน เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า การฟอกฆ่าเชื้อทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แต่การฟอกฆ่าเชื้อ วิธีที่ 1 ประกอบด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 นาที มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุดเท่ากับ 100.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ (p>0.05) ในขณะที่การฟอกฆ่าเชื้อ วิธีที่ 2 ประกอบด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 1 เปอร์เซ็นต์ นาน 10 นาที เท่ากับ 93.33±6.67 เปอร์เซ็นต์ และการฟอกฆ่าเชื้อ วิธีที่ 3 ประกอบด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 10 นาที และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เป็นระยะเวลา 5 นาที มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตน้อยที่สุดเท่ากับ 86.67±3.33 เปอร์เซ็นต์ (Table 1, Figure 1)เนื่องจากการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์

Table1 Effect of sterilization method on survival rate of *Musa sapientum in vitro* cultured for 4 weeks.

Sterilization method	Survival rate (%)			
	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks
5% (v/v) sodium hypochlorite for 10 min	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00
1% (v/v) sodium hypochlorite for 10 min	96.67±3.33	96.67±3.33	93.33±6.67	93.33±6.67
1% (v/v) sodium hypochlorite for 10 min and 0.5% (v/v) sodium hypochlorite for 5 min	100.00±0.00	96.67±3.33	93.33±3.33	86.67±3.33
F-test	NS	NS	NS	NS

Means within the same column followed by the same letters are not significantly different at 95%. Each value is expressed as mean±standard deviation (SD), n=3. NS= non-significant.

Figure 1 shoot Survival of *Musa sapientum* were cultured on for 4 weeks.

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด เปอร์เซ็นต์การเกิดราก และจำนวนใบของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ

เปอร์เซ็นต์การเกิดยอดของกล้วยหิน

ผลการทดลองสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่า การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบริเวณปลายยอดของกล้วยหินที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ทุกกรรมวิธี มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการทดลองพบว่า เนื้อเยื่อบริเวณปลายยอดของกล้วยหินที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดสูงสุดเท่ากับ 41.67±4.17 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 3.00 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอดต่ำสุดที่ 16.67±4.17 เปอร์เซ็นต์ (Table 2 และ Figure 2)

เปอร์เซ็นต์การเกิดรากของกล้วยหิน

ผลการทดลองสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่า การเกิดรากของกล้วยหินที่เพาะเลี้ยงในอาหารแข็ง MS ที่เติม BA ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยเนื้อเยื่อปลายยอดของกล้วยหินที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 0 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มการเกิดรากสูงสุดเท่ากับ 16.67±4.17 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระดับความเข้มข้นที่ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับ 12.50±12.50 เปอร์เซ็นต์ และระดับความเข้มข้นที่ 2, 3 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากน้อยที่สุดเท่ากับ 4.17±4.17 เปอร์เซ็นต์ (Table 2 และ Figure 2)

จำนวนใบของกล้วยหิน

ผลการทดลองสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อเป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่า ต้นอ่อนของกล้วยหินที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ทุกกรรมวิธีมีจำนวนใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการทดลองพบว่า ต้นอ่อนของกล้วยหินที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบต่อต้นสูงสุดเท่ากับ 2.17±0.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 0, 1, 4 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบต่อต้นเท่ากับ 1.83±0.73, 1.33±0.17, 1.33±0.17 และ 1.17±0.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร มีจำนวนใบต่อต้นน้อยที่สุด เท่ากับ 0.17±0.17 เปอร์เซ็นต์ (Table 2 และ Figure 2)

Table 2 Effects of BA on percentage of shoot formation, root formation, and number of leaves of *Musa sapientum* (ABB group) cv 'Kluai Hin' *in vitro* after cultured for 20 weeks.

Concentration (mg/L)	Shoot formation (%)	Root formation (%)	Number of leaves
0	33.33±8.33^{ab}	16.67±4.17	1.83±0.73^{a}
1	41.67±4.17^{a}	16.67±4.17	1.33±0.17^{ab}
2	33.33±4.17^{ab}	4.17±4.17	1.17±0.60^{ab}
3	16.67±4.17^{b}	4.17±4.17	0.17±0.17^{b}
4	37.50±0.00^{a}	4.17±4.17	1.33±0.17^{ab}
5	37.50±7.22^{a}	12.50±12.50	2.17±0.67^{a}
F-test	*	NS	*

Means within the same column followed by the same letters are not significantly different at 95%. Each value is expressed as mean±standard deviation (SD), n=3. NS= non-significant, * = $p<0.05$

A B C D E F

Figure 2 Shoot formation of *Musa. sapientum* (ABB group) cv 'Kluai Hin' *in vitro* after cultured on MS medium supplemented with different concentrations of BA for 20 weeks. A) 0 mg/L BA, B) 1 mg/L BA, C) 2 mg/L BA, D) 3mg/L BA, E) 4 mg/L BA, and F) 5 mg/L BA.

ผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันต่อการชักนำการเกิดรากของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ

ผลของการทดลองสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันของกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า การชักนำการเกิดรากของกล้วยหินบนอาหาร MS ที่เติม NAA ในระยะเวลา 1-3 สัปดาห์ ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากการทดลองพบว่า ต้นอ่อนกล้วยหินที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มการเกิดรากสูงสุดในระยะเวลา 2 และ 3 สัปดาห์ เท่ากับ 28.57±18.44 และ 42.86±20.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่การเพาะเลี้ยงต้นอ่อนกล้วยหินที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ทุกกรรมวิธีเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการทดลองพบว่า ต้นอ่อนกล้วยหินที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากสูงสุดเท่ากับ 71.43±18.44 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดรากน้อยที่สุดเท่ากับ 14.29±14.29 เปอร์เซ็นต์ (Table 3 และ Figure 3)

Table 3 Effect of different NAA concentration on percentage of root formation of *Musa sapientum* (ABB group) cv 'Kluai Hin' *in vitro* after cultured for 4 weeks.

Concentration (mg/L)	Percentage of root formation (%)			
	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks
0	0.00±0.00	28.57±18.44	28.57±18.44	28.57±18.44^{ab}
0.50	14.29±14.29	14.29±14.29	14.29±14.29	28.57±18.44^{ab}
1	0.00±0.00	28.57±18.44	42.86±20.20	71.43±18.44^{a}
2	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	14.29±14.29^{b}
F-test	NS	NS	NS	*

Means within the same column followed by the same letters are not significantly different at 95%. Each value is expressed as mean±standard deviation (SD), n=3. NS= non-significant, * = $p<0.05$

Figure 3 Root formation of *Musa sapientum* (ABB group) cv 'Kluai Hin' *in vitro* after cultured on MS medium supplemented with different concentrations of NAA for 4 weeks. A) 0.00 mg/L NAA, B) 0.50 mg/L NAA, C) 1.00 mg/L NAA, and D) 2.00 mg/L NAA.

ผลของวัสดุปลูกที่แตกต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของกล้วยหินในสภาพธรรมชาติ

ผลการทดลองวัสดุปลูกที่แตกต่างกันต่อเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของกล้วยหินอายุ 7 เดือน ที่ปลูกในสภาพปลอดเชื้อ เพาะปลูกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า การย้ายปลูกต้นอ่อนกล้วยหินลงในวัสดุปลูกในระยะเวลา 1-2 สัปดาห์ ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากการทดลองพบว่า ต้นอ่อนกล้วยหินที่เพาะปลูกลงในวัสดุปลูกพีทมอส มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุดในระยะเวลา 1 และ 2 สัปดาห์ เท่ากับ 100.00±100.00 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ต้นอ่อนกล้วยหินที่เพาะปลูกลงในวัสดุปลูกทุกกรรมวิธีเป็นระยะเวลา 3-4 สัปดาห์ มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการทดลองพบว่า ต้นอ่อนกล้วยหินที่เพาะปลูกลงในวัสดุปลูกพีทมอส มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุดในระยะเวลา 3 และ 4 สัปดาห์ เท่ากับ 83.33±16.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ทรายมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตต่ำสุดที่ 0.00±0.00 เปอร์เซ็นต์ (Table 4 และ Figure 4)

Table 4 Effect of different substrate media on percentage of survival of *Musa sapientum* (ABB group) cv 'Kluai Hin' *in vivo* after cultured for 4 weeks.

Media	Percentage of survival (%)			
	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks
Peat moss	100.00±0.00	100.00±0.00	83.33±16.67[a]	83.33±16.67[a]
Sand	100.00±0.00	83.33±16.67	33.33±16.67[b]	0.00±0.00[c]
Sand + coconut coir dust (1:1)	100.00±0.00	83.33±16.67	50.00±0.00[ab]	50.00±0.00[b]
F-test	NS	NS	*	*

Means within the same column followed by the same letters are not significantly different at $p<0.05$. Each value is expressed as mean±standard deviation (SD), n=3. NS= non-significant, * = $p<0.05$

A B C

Figure 4 *Musa sapientum* (ABB group) cv 'Kluai Hin' survival were cultured *in vivo* on different substrate mediaafter cultured for 4 weeks. A) Peat moss, B) Sand, and C) Sand + coconut coir dust (1:1).

Figure 4 *Musa sapientum* (ABB group) cv 'Kluai Hin' were cultured on peat moss for 3-4 months.

การศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยหิน เริ่มต้นจากการศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อกล้วยหินโดยใช้หน่อกล้วยชนิดใบดาบ (sword sucker) บริเวณปลายยอดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 3 ระดับ เพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ที่ระดับความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ชิ้นส่วนที่ฟอกด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เป็นระยะเวลา 10 นาที มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของเจนจิรา ชุมภูคำ และคณะ (2559) ได้ศึกษาวิธีการฟอกฆ่าเชื้อของมัลเบอร์รี่ โดยการฟอกฆ่าเชื้อ มี 5 วิธี พบว่า การฟอกฆ่าเชื้อด้วยคลอร็อกซ์ 10 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 และ 15 นาที มีเปอร์เซ็นต์ที่ไม่เกิดการปนเปื้อนของเมล็ดสูงสุด คือ 96.67 เปอร์เซ็นต์ ต่อมา อรพิน เสละคร (2559) ได้ศึกษาการฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง พบว่า การฟอกฆ่าเชื้อชิ้นส่วนกล้วยน้ำว้ามะลิอ่องด้วยสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 20 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์น้อยที่สุด ซึ่งขั้นตอนของเทคนิคปลอดเชื้อนับเป็นหัวใจสำคัญของความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สำหรับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์เป็นสารฟอกขาวที่ช่วยในการชะล้างทำความสะอาดเนื้อเยื่อให้เกิดความสะอาด การใช้ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและชิ้นส่วนที่นำมาฟอกฆ่าเชื้อ เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความทนทานต่อสารฟอกฆ่าเชื้อแตกต่างกัน และชิ้นส่วนที่นำมาฟอกฆ่าเชื้อมีอัตราการเจริญพัฒนาที่แตกต่างกัน นอกจากนี้แหล่งที่มาของพืชก็มีผลต่อการฟอกฆ่าเชื้อ เนื่องจากพืชที่มาจากธรรมชาติจะมีสิ่งปนเปื้อนมากกว่าต้นพืชที่มาจากการเพาะเลี้ยงในระบบไร้ดิน ถ้าชิ้นส่วนพืชมีสิ่งปนเปื้อนน้อยความเข้มข้นของสารฟอกฆ่าเชื้อที่ใช้จะมีความเข้มข้นต่ำ แต่ถ้ามีสิ่งปนเปื้อนมากจะใช้ความเข้มข้นสูงในการฟอกฆ่าเชื้อเนื้อเยื่อ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของกล้วยหินบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 6 ระดับ ได้แก่ 0 1 2 3 4 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า อาหารที่เติม BA ที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด การเกิดราก และจำนวนใบสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ นิพิจ พินิจผล และพีระศักดิ์ ฉายประสาท (2551) ได้ศึกษาการเกิดยอดของกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง โดยเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 3 ระดับ ร่วมกับผงถ่านความเข้มข้น 2 ระดับ ภายหลังจากการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า อาหารสูตรที่เติม BA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่เติมผงถ่าน มีจำนวนยอดสูงสุด ต่อมาราฮีมา วาแมดีซา และสะมะแอ ดือราแม (2554) ได้ศึกษาการขยายพันธุ์กล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ ซึ่งเพาะเลี้ยงในสูตรอาหาร MS ที่เปรียบเทียบการใช้อาหารเหลวและอาหารแข็งโดยการเพิ่มสารควบคุมการเจริญเติบโต BA มีระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่า หลังจากเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 35 วัน บนอาหารแข็งที่เติม BA ความเข้มข้น 8 มิลลิกรัมต่อลิตร เกิดจำนวนยอดเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 0.7 ยอด และยอดมีความยาวเฉลี่ยสูงสุด 11.7 มิลลิเมตร สำหรับการเกิดราก พบว่า อาหารแข็งที่เติมน้ำมะพร้าว 450 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนรากเฉลี่ยสูงสุด 0.57 ราก สำหรับการทดลองของอรพิน เสละคร (2557) ได้ศึกษาผลของ BA ในการเพิ่มปริมาณหน่อของผักหวานป่า โดยเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้นแตกต่างกัน เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่า อาหารสูตรที่เติม BA ความเข้มข้น 4 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเพิ่มปริมาณหน่อมากที่สุด เฉลี่ย 5.40 หน่อต่อชิ้น ดังนั้นสารควบคุมการเจริญเติบโต BA มีผลทำให้เนื้อเยื่อนั้นสามารถเกิดยอด เกิดราก และจำนวนใบได้ อรุณี ม่วงแก้วงาม (2558) ได้ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ปลายยอดกล้วยหินที่เลี้ยงบนอาหารที่เติม BA ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้อัตราการเกิดยอดรวมและจำนวนยอดสูงสุด 58.35 เปอร์เซ็นต์ และ 3.25 ยอด ตามลำดับ

จากการศึกษาอิทธิพลของสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ในการชักนำการเกิดยอด เนื่องจากสารควบคุมการเจริญเติบโต BA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มไซโตไคนิน ซึ่งมีคุณสมบัติกระตุ้นการแบ่งเซลล์ควบคุมการสร้างอวัยวะ กระตุ้นการแตกตาข้างและการเกิดยอด จึงทำให้ชิ้นส่วนเนื้อเยื่อมีการพัฒนาและเจริญเติบโต การใช้

ความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ในพืชนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชว่าพืชนั้นๆ ต้องการสารควบคุมการเจริญเติบโต BA มากน้อยเพียงใด ซึ่งถ้าหากได้สารควบคุมการเจริญเติบโต BA มากเกินไป มีผลทำให้พืชหยุดชะงักการเจริญเติบโตหรือถ้าได้น้อยเกินไปอาจทำให้พืชเจริญเติบโตช้าได้

สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของกล้วยหินบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ที่ระดับความเข้มข้น 4 ระดับ ได้แก่ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า อาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ความเข้มข้นที่ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากสูงสุด ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับเยาวพา และขวัญจิตต์ (2552) ได้ศึกษาการชักนำการเกิดรากของต้นสร้อยสายเพชร โดยใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน ได้แก่ IAA, IBA และ NAA ซึ่งเป็นกลุ่มของสารควบคุมการเจริญเติบโตที่กระตุ้นให้เกิดรากในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื้อพืช ยงศักดิ์ ขจรผดุงกิตติ และอัญชลี จาละ (2557) ได้ศึกษาการชักนำให้เกิดรากของพรมมิโดยเพาะเลี้ยงบนสูตรอาหารแข็ง MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ความเข้มข้นแตกต่างกัน 5 ระดับ พบว่า อาหารแข็งสูตร MS ที่เติม NAA ความเข้มข้นที่ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดรากสูงสุด สุมิตรา สุปินราช และอิศร์ สุปินราช (2557) ได้ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต BA และ NAA ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าเอื้องผึ้งในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ร่วมกับ NAA ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า อาหารสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้จำนวนราก จำวนวนใบ จำนวนหน่อ และน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด และสุมิตรา สุปินราช และอิศร์ สุปินราช (2557) ได้ศึกษาผลของสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA และ NAA ต่อการชักนำการเกิดรากของต้นอ่อนกล้วยไม้ช้างการ์ตูนในสภาพปลอดเชื้อ โดยเพาะเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม NAA และ IBA ที่ความเข้มข้นต่างกัน เป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ พบว่า อาหารสูตรที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร และอาหารสูตรที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับสารควบคุมการเจริญเติบโต IBA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถชักนำให้เกิดราก ความยาวราก และน้ำหนักสดดีที่สุด

สารควบคุมการเจริญเติบโต NAA มีอิทธิพลในการชักนำการเกิดราก เนื่องจากสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตในกลุ่มออกซิน ซึ่งกระตุ้นการเกิดรากและการขยายขนาดของเซลล์ จึงทำให้ชิ้นส่วนเนื้อเยื่อมีการพัฒนาและเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม การใช้ NAA ในระดับความเข้มข้นที่สูงเกินไป อาจมีผลทำให้พืชยับยั้งการเจริญเติบโตได้

สำหรับการศึกษาเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตจากการย้ายปลูกกล้วยหินในสภาพธรรมชาติที่ปลูกในวัสดุปลูกที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ พีทมอส ทราย และทรายผสมขุยมะพร้าว เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า กล้วยหินที่ปลูกในวัสดุปลูกพีทมอส มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุด ในขณะที่ทรายมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตน้อยสุด จากการทดลองของอุบล สมทรง และคณะ (2556) ได้ศึกษาการปลูกมันเสาที่เป็นเวลา 2 เดือน ย้ายปลูกในวัสดุทรายอย่างเดียวและทรายผสมถ่านแกลบ อัตราส่วน 1:1 พบว่ามีการรอดชีวิตสูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการย้ายปลูกในทรายผสมขุยมะพร้าว มีการรอดชีวิต 95 เปอร์เซ็นต์ มุกดา (2547) กล่าวว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากทรายมีการระบายน้ำดี แต่เก็บความชื้นได้ไม่ดี ไม่มีแร่ธาตุอาหาร เมื่ออยู่ในสภาวะที่อากาศร้อนหรือความชื้นต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ทำให้พืชอ่อนแอ สมเพียร เกษมทรัพย์ (2524) กล่าวว่า พีทมอสสามารถดูดยึดธาตุอาหารได้ดี ทำให้พืชสามารถนำน้ำและธาตุอาหารไปใช้ได้อย่างเต็มที่ และมีความพรุนสูงทำให้พืชได้รับอากาศและดูดซับธาตุอาหารเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้ดี ส่วนทรายผสมกับขุยมะพร้าวนั้น ขุยมะพร้าวสามารถอุ้มน้ำได้มาก มีความยืดหยุ่นตัวดี ไม่อัดแน่นง่าย เมื่อผสมกับทรายแล้ว จึงทำให้สามารถอุ้มน้ำได้ดี นอกจากนี้อาจเกิดจากสาเหตุอื่น เช่น ในขณะที่นำ

ต้นกล้วยหินออกจากขวดมาล้างอาหารวุ้นออกจากรากทำให้ส่วนต่างๆ ของต้นพืชมีความบอบช้ำหรืออาจล้างอาหารวุ้นออกไม่หมด และพบว่าต้นกล้วยหินที่ตายเกิดจากโคนเน่า เนื่องจากขณะย้ายปลูกวัสดุปลูกอาจมีความชื้นมากเกินไปหรือเก็บไว้ในห้องที่ร้อนเกินไป รวมทั้งรากอาจกระทบกระเทือนเกิดบาดแผลขณะย้ายปลูกจึงทำให้จุลินทรีย์เข้าทำลายได้

สรุปผลการศึกษา

1. วิธีการฟอกฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับเนื้อเยื่อปลายยอดของกล้วยหินด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เป็นเวลา 10 นาที ส่งผลให้มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงที่สุด

2. สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อบริเวณปลายยอดของกล้วยหินบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 20 สัปดาห์ ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดยอด การเกิดราก และจำนวนใบสูงสุด

3. สูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับการชักนำการเกิดรากของกล้วยหิน คือ การเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติมสารควบคุมการเจริญเติบโต NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากสูงสุด

4. วัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการย้ายปลูกกล้วยหินในสภาพธรรมชาติ คือ พีทมอส ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2560 ประเภทสร้าง สะสมองค์ความรู้ที่มีศักยภาพ (PCRU_2560_N025)

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร.2544. กล้วย. แหล่งที่มา:http://www.doae.go.th/lobrary/html/detail/ banana/ index1.html, 14 มิถุนายน 2560.

เจนจิรา ชุมภูคำ, นนทกร พรธนะวัฒน์, ณัฐพงศ์ จันจุฬา, ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์, เบ็ญจารัชด ทองยืน และมาริษา สุขปานแก้ว. 2559. วิธีการฟอกฆ่าเชื้อ การงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของมัลเบอรี่ในสภาพปลอดเชื้อ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*. 5(3): 265-272.

นิพิจ พินิจผล และพีระศักดิ์ ฉายประสาท. 2551. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยน้ำว้ามะลิอ่อง. *วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร*. 39(3) (พิเศษ): 116-119.

เบญจมาศ ศิลาย้อย. 2558. *กล้วย*. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 512 น.

ยงศักดิ์ ขจรผดุงกิตติ และอัญชลี จาละ. 2557. อิทธิพลของ BA และ NAA ที่มีต่อการเพิ่มจำนวนยอดต้นพรมมิโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*. 3(1): 7-14.

เยาวพา จิระเกียรติกุล และขวัญจิตต์ บุญหา. 2552. การเพิ่มจำนวนต้นและชักนำการเกิดรากในสภาพปลอดเชื้อของต้นสร้อยสายเพชร. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 17(3): 61-67.

ราฮีมา วาแมดีซา และ สะมะแอ ดือราแม. 2554. การเพิ่มจำนวนกล้วยหินในสภาพปลอดเชื้อ. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*. 3(3): 47-59.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2558. *สถานการณ์การปลูกกล้วยหิน ปี 2558*. ระบบสารสนเทศการผลิตทางด้านเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. http://production,doae.go.th/, 28 เมษายน 2558.

สุมิตรา สุปินราช และ อิศร์ สุปินราช. 2557. ศึกษาผลของ BA และ NAA ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าเอื้องผึ้งในสภาพปลอดเชื้อ. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*. 19(2): 85-92.

สุมิตรา สุปินราช และอิศร์ สุปินราช. 2557. ผลของ IBA และ NAA ต่อการชักนำให้เกิดรากของต้นอ่อนกล้วยไม้ช้างการ์ตูนในสภาพปลอดเชื้อ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 22(4): 507-514.

สมเพียร เกษมทรัพย์. 2524. *ไม้ดอกกระถาง*. อักษรพิทยา, กรุงเทพฯ.

อรุณี ม่วงแก้วงาม. 2557. การขยายพันธุ์กล้วยหินด้วยวิธีการเพาะลี้ยงเนื้อเยื่อปลายยอด. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*. 1(3): 24-27.

อุบล สมทรง, วรรณา กอวัฒนาวรานนท์ และไสว แจ่มแจ้ง. 2556. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมันเสา. *วารสารวิทยาศาสตร์ แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี*. 30-39.

อรพิน เสละคร. 2557. ผลของ BA และ IBA ต่อการเพิ่มปริมาณหน่อและการออกรากของผักหวานป่าในสภาพปลอดเชื้อ. *ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร*. 16(1): 86-93.

อรพิน เสละคร. 2559. การขยายพันธุ์กล้วยน้ำว้ามะลิอ่องด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, น. 193-198. *ใน การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14*. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

Cha-um, S., C. Kirdmanee, P. X. Huyen, and T. Vathany. 2007. Disease-free production and preservation of *in vitro* banana (*Musa* spp.). *Acta Horticulturae*. 760: 233-240.

Hassan, N. S. 2004. Storage of *in vitro* banana shoot cultures at low temperature or under mineral oil layer. *International Journal of Agriculture and Biology* 6(2): 303-306.

Rahman, Md. M., Md. G. Rabbani, M. A. Rahman, and Md. F Uddin. 2002. *In vitro* shoot multiplication and rooting of banana cv Sabri. *Pakistan Journal of Biological Science*. 5(2): 161-164.

Singh, H.P., S. Selvarajan, R. Uma., and J. L. Karihaloo. 2011. Micropropagation for production of quality banana planting material in Asia-Pacific. *Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology (APCoAB)*, New Delhi, India. p. 92.

Tokoporo, G. L., A. A. Elhassan, and M. A. Ali. 2013. Effect of nutrient medium concentration and temperature on short-term *in vitro* conservation of shoot-tip explants of banana. *JONARES*. 1: 37-40.

วันรับบทความ (Received date) : 19 ม.ค. 60
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 13 มิ.ย. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 18 ก.ย. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 274-283

การเปลี่ยนแปลงความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) หลังการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับฟอสฟอรัส

Change of Germination, Vigour and Seedling Growth of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) After Seed Pelleting with Phosphorus

จักรพงษ์ กางโสภา[1] และบุญมี ศิริ[1]*

Jakkrapong Kangsopa[1] and Boonmee Siri[1]*

บทคัดย่อ

เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมีรูปร่างเรียวแบน และอาหารสะสมในเมล็ดน้อย การพอกเมล็ดพันธุ์โดยเฉพาะการพอกร่วมกับธาตุอาหารพืชเป็นวิธีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้สูงขึ้น ทำให้ต้นกล้ามีความแข็งแรงมากขึ้น งานวิจัยนี้เพื่อค้นหาอัตราส่วนของธาตุฟอสฟอรัสที่เหมาะสมสำหรับการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยนำเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมาพอกโดยใช้ calcium sulfate 250 กรัม เป็นวัสดุพอกร่วมกับ $NaH_2PO_4H_2O$ ที่อัตราแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัม ใช้ Carboxylmethyl cellulose (CMC) เป็นวัสดุประสาน 0.3% โดยน้ำหนัก ต่อเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 10 กรัม จากนั้นตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับ $NaH_2PO_4H_2O$ ทุกอัตราไม่มีผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ การพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ $NaH_2PO_4H_2O$ อัตรา 0.4 และ 0.6 กรัม เมื่อตรวจสอบทั้งหลังการพอกเมล็ดและหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์พบว่า ทำให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม ทั้งความยาวต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าผักกาดหอมได้ดีมากกว่าวิธีการอื่นๆ

คำสำคัญ: ธาตุอาหารพืช คุณภาพเมล็ดพันธุ์ การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การเคลือบเมล็ดพันธุ์

Abstract

Lettuce seeds are flat in shape and small in size with small amounts of stored food reserves. Especially, seed pelleting with plant nutrient is method for enhancing germination uniformity and seedling vigour. This research was conducted to find ratio of phosphorus appropriate for seed pelleting with lettuce seeds. The experiment was conducted at Seed Quality Testing Laboratory, Seed Processing Plant, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. Calcium sulfate was used as filler material at 250 g pelleted seeds with $NaH_2PO_4H_2O$ three different rates, 0.2, 0.4 and 0.6 g. Carboxylmethyl cellulose (CMC) was used as binder with concentration of 0.3% by weight per 10 g. lettuce seed weight. Then the seeds quality was examined both in the laboratory and greenhouse conditions and found that the pelleted seed with $NaH_2PO_4H_2O$ at all rates did not affect the germination. Seed pelleting with $NaH_2PO_4H_2O$ 0.4 and 0.6 g and after accelerate aging of such seeds resulted in increasing seedling growth in terms shoot length, root length, fresh weight and dry weight better than other methods.

Keywords: Plant nutrient, seed quality, seed enhancement, seed coating

[1]สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตรคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40002

*Corresponding author, Email: boonmee@kku.ac.th

คำนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เป็นพืชที่ได้รับความนิยมและมีการเพาะปลูกกันทั่วโลก (Kim *et al.,* 2017) โดยผู้ผลิตผักกาดหอมรายใหญ่ที่สุดของโลกคือประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน รองลงมาคือ สหรัฐอเมริกา และประเทศยุโรปตะวันตก ตามลำดับ (Mou, 2008) อย่างไรก็ตามการผลิตผักกาดหอมชนิดต่างๆ ให้ได้คุณภาพดี การเพาะกล้าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในระบบการผลิต เนื่องจากเมล็ดผักกาดหอมมีขนาดเล็ก รูปร่างแบน และอาหารสะสมในเมล็ดน้อย จึงจำเป็นอย่างมากที่จะต้องอนุบาลต้นกล้าให้การงอกสม่ำเสมอ (จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ, 2558) จากปัญหาดังกล่าว เทคโนโลยีการพอกเมล็ดพันธุ์ (seed pelleting) จึงมีความสำคัญอย่างมากสำหรับการปรับปรุงลักษณะเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา หรือมีรูปร่างไม่แน่นอน โดยวิธีการทำให้เมล็ดพันธุ์ถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุพอก หรือสารเติมเต็มชนิดต่างๆ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีขนาดใหญ่ขึ้น มีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม มีขนาดและรูปร่างแน่นอนตามที่ต้องการ เพื่อความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูก ให้สามารถใช้ง่าย และสะดวกมากยิ่งขึ้น (Zenk, 2004; Maynard and Hochmuth, 2007; Gregg and Billups, 2010)

นอกจากนี้ข้อดีของการพอกเมล็ดพันธุ์คือสามารถเพิ่มธาตุอาหารพืชให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ได้ เนื่องจากธาตุอาหารพืชมีส่วนช่วยดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในเซลล์ หรือกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืชให้เป็นไปอย่างปกติเช่น การใช้และเก็บสะสมพลังงาน การสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก และการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ เป็นต้น (Abel *et al*., 2002; Vance *et al.,* 2003; Roy *et al.,* 2006) โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส เนื่องจากโดยทั่วไปปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดินมักมีปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช เพราะเป็นธาตุที่ถูกตรึงหรือเปลี่ยนเป็นสารประกอบได้ง่าย อีกทั้งละลายน้ำยาก ทำฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลง เนื่องจากฟอสฟอรัสมีผลต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากในระยะกล้า ทำให้ต้นกล้ามีพัฒนาการที่เจริญเติบโตเร็วขึ้น (Baas *et al.,* 2016) อีกทั้งช่วยให้รากสามารถดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมได้ดียิ่งขึ้น (George *et al.,* 2016) การพอกเมล็ดพันธุ์อาจจำเป็นสำหรับการเตรียมความพร้อมให้กับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม โดยมีธาตุอาหารพืชติดไปกับเมล็ดพันธุ์ ทำให้ต้นกล้าได้รับปริมาณธาตุอาหารที่จำเพาะด้วยอัตราที่เหมาะสม จึงทำให้ต้นกล้าสามารถนำไปใช้ได้ทันทีหลังการงอก จากข้อดีดังกล่าว Sharples and Gentry (1980) รายงานว่าการใช้ phosphorus ร่วมกับการทำ seed tablets มีผลทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมเจริญเติบโตและมีลำต้นที่แข็งแรงเพิ่มมากกว่าปกติ

ดังนั้นเพื่อยกระดับความงอกของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนของธาตุฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความงอกของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดพันธุ์

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ และโรงเรือนทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน พ.ศ. 2559 ส่วนเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม พันธุ์ RUTLL 58-1 ได้รับความอนุเคราะห์จาก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนาลำปาง ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

การพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับธาตุอาหารพืช

นำเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่มีขนาดเล็กมาพอกด้วย calcium sulfate อัตรา 250 กรัม ให้ได้ขนาดประมาณ 0.3-0.4 มิลลิเมตร โดยใช้ Carboxylmethyl cellulose (CMC; Sigma Aldrich) อัตรา 0.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นวัสดุประสาน ต่อเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 10 กรัม สารประกอบของธาตุฟอสฟอรัสที่ใช้คือ $NaH_2PO_4.H_2O$ (P)

(J.T.Baker) โดยแบ่งกรรมวิธีที่ศึกษา 5 วิธีการประกอบด้วย เมล็ดไม่ได้พอก (T1); เมล็ดที่พอกด้วย calcium sulfate (T2); เมล็ดที่พอกด้วย calcium sulfate ผสม (P) อัตรา 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัม (T3, T4 และ T5 ตามลำดับ) (หลังการเตรียมใช้ปริมาตร 20 มิลลิลิตร/กรรมวิธีการพอกเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช) โดยทำการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมด้วยเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์แบบถังหมุน (rotary drum) รุ่น SKK12 แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกมาลดความชื้นโดยใช้เครื่องลดความชื้นด้วยระบบลมร้อน รุ่น SKK09 ให้มีความชื้นเท่ากับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนพอก (6-7%) และสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังจากการพอกร่วมกับธาตุอาหารอัตราต่างๆ โดยการสุ่มตัวอย่างเมล็ดพอก ไม่พอก และการพอกเมล็ดในแต่ละกรรมวิธี จำนวนกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ มาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

การตรวจสอบความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ ทำโดยสุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการพอกและไม่พอก จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 50 เมล็ด มาทดสอบความงอกโดยวิธี Top of Paper (TP) โดยวางในกล่องพลาสติกสำหรับเพาะความงอก (110 มิลลิเมตร (กว้าง) × 110 มิลลิเมตร (ยาว) × 30 มิลลิเมตร (สูง)) จากนั้นนำไปไว้ในตู้เพาะความงอกอุณหภูมิสลับ (8 ชั่วโมง 30 °C และ 16 ชั่วโมง 20°C) แล้วตรวจนับความงอกหลังการเพาะครั้งแรกที่ 4 วัน (first count) และ 7 วันหลังเพาะ (final count) โดยนำมาประเมินผลการตรวจสอบความงอกตามวิธีของ ISTA (2013)

การตรวจสอบความงอกในสภาพเรือนทดลอง สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการพอกและไม่พอกจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 50 เมล็ด มาทดสอบความงอกในถาดหลุม ซึ่งใช้พีทมอส (peatmoss) เป็นวัสดุเพาะต้นกล้า แล้วประเมินผลการงอกที่ 4-7 วัน เช่นเดียวกันกับวิธีการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

การตรวจสอบความเร็วในการงอก โดยนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติและจำนวนวันที่งอกตั้งแต่เริ่มเพาะ (first count) จนถึงวันสุดท้าย (final count) แล้วนำผลการนับมาคำนวณหาความเร็วในการงอกตามหลักสากล (ISTA, 2013)

การตรวจสอบความยาวต้นและความยาวราก โดยประเมินที่ 14 วัน หลังปลูก (เป็นช่วงระยะเวลาการย้ายต้นกล้าสำหรับเตรียมการเพาะปลูกพืช) ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง ทั้งหมดทำ 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น การประเมินในสภาพห้องปฏิบัติการใช้ถุงเพาะความงอก (growth pouch bag) การประเมินในสภาพเรือนทดลองโดยการตัดที่ต้นพืชบริเวณโคนต้นชิดวัสดุปลูก ทั้งหมดทำ 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น จากนั้นนำต้นกล้าที่ได้จากการสุ่มมาประเมินตรวจวัดโดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

การตรวจสอบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต้นกล้า ทำโดยหลังจากการตรวจวัดความยาวต้นและความยาวรากแล้ว นำต้นกล้าไปตรวจสอบน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นกล้า โดยทำ 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้นเช่นเดียวกัน โดยการประเมินหาน้ำหนักแห้งทดสอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ โดยการนำเมล็ดที่ผ่านการพอกและไม่พอก (ชุดควบคุม) ใส่ในถุงผ้าขนาด 10x20 เซนติเมตร วางลงบนตะแกรงที่อยู่ในกล่องเร่งอายุ ภายในกล่องมีน้ำปริมาณ 100 มิลลิลิตร โดยให้ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าตะแกรง 2 เซนติเมตร ปิดกล่องให้สนิทแล้วนำไปไว้ในตู้เร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบความงอก และความเร็วในการงอก

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลของการพอกเมล็ดต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) แปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Arcsine transformation เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืช

เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมเป็นเมล็ดขนาดเล็กที่มีรูปร่าง เรียวแบน และน้ำหนักเบา ทำให้การยกระดับคุณเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์มีความจำเป็นต่อการปรับปรุงสภาพของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม อีกทั้งการเพิ่มธาตุอาหารพืชด้วยชนิดและอัตราที่เหมาะสมจะทำให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเพาะปลูกดีขึ้น ซึ่งจากงานวิจัยนี้ผลการทดลองพบว่าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ไม่พอกและพอกด้วยกรรมวิธีต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์ความงอก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1a,1c) ทั้งผลการทดลองในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง ทั้งนี้การใช้ calcium sulfate เป็นวัสดุพอก และ carboxylmethyl cellulose เป็นวัสดุประสาน ทำให้สูตรสารพอกเหล่านี้ไม่มีผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ แต่มีผลข้างเคียงเพียงเล็กน้อยต่อความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม โดยจากการตรวจสอบความเร็วในการงอก ในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ไม่ผ่านการพอก (T1) มีความเร็วในการงอกดีที่สุด คือ 24.36 ต้น/วันรองลงมาคือการพอกเมล็ดร่วมกับ (P) อัตรา 0.6 กรัม (T5) มีความเร็วในการงอก 24.07 ต้น/วัน ซึ่งมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์วิธีอื่นๆ

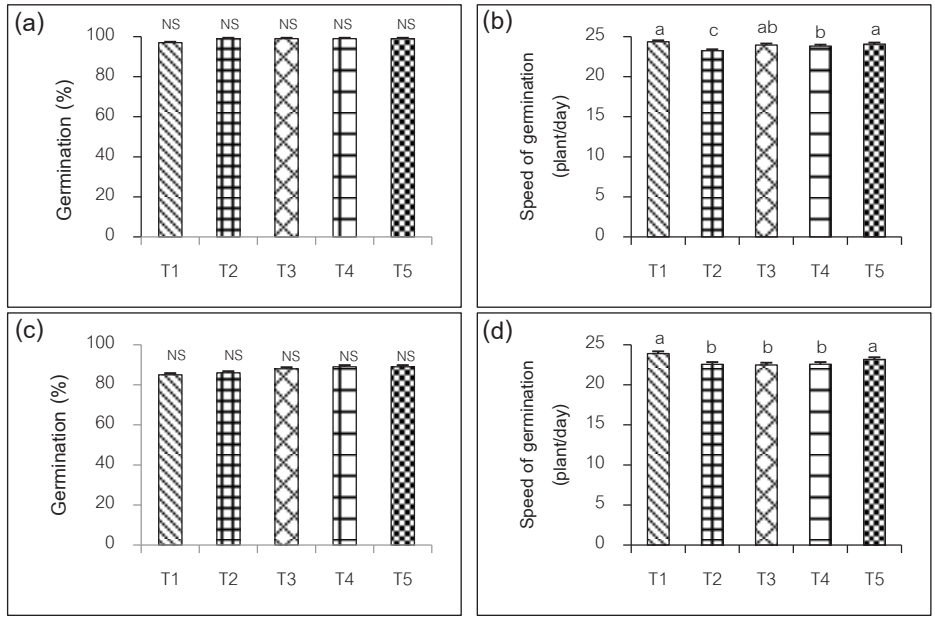


Figure 1 Germination percentage and speed of germination of pelleted lettuce seeds tested under laboratory (a,b) and greenhouse condition; (c,d), control (T1); pelleted seed (T2); pelleted seeds mixed with $NaH_2PO_4H_2O$ rate 0.2 g., 0.4 g., 0.6 g./10 g.seeds (T3, T4, T5) respectively.

ผลการตรวจสอบความเร็วในการงอกในสภาพเรือนทดลองพบว่า เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมไม่พอก (T1) มีความเร็วในการงอกดีที่สุด คือ 23.90 ต้น/วัน (Figure 1b) รองลงมาคือ การพอกเมล็ดร่วมกับ (P) อัตรา 0.6 กรัม (T5) คือ 23.17 ต้น/วัน (Figure 1d) และมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทดลองอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมีขนาดเล็ก เปลือกหุ้มเมล็ดบาง ทำให้เมล็ดพันธุ์ดูดน้ำได้เร็วกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่าน

การพอก อีกทั้งเมล็ดที่ผ่านการพอกถูกสารพอกห่อหุ้มอยู่รอบๆ เมล็ด จึงทำให้ต้องใช้เวลาในการงอก เพื่อให้รากของต้นกล้าแทงทะลุผ่านสารพอกที่ห่อหุ้มต้นกล้า จึงมีผลต่อความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมเพื่อเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าปกติ ซึ่ง บุญมี ศิริ (2558) ได้อธิบายว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอก และขนาดของก้อนพอกมีผลต่อความเร็วในการงอกช้าเร็วแตกต่างกัน นอกจากนี้ Main and Nafziger (1994) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่าขนาดและรูปร่างของเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกันจะมีผลต่อประสิทธิภาพการดูดน้ำ ทำให้ความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกัน อีกทั้งอาจส่งผลต่อความสม่ำเสมอในการงอกและพัฒนาการที่ดีของต้นกล้าได้ (Seiwa, 2000) อย่างไรก็ตามวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับฟอสฟอรัสทุกอัตราในงานวิจัยนี้ เป็นวิธีการปฏิบัติต่อเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกและความสม่ำเสมอในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับธาตุฟอสฟอรัส

เมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมในสภาพห้องปฏิบัติการหลังการพอกเมล็ดร่วมกับธาตุฟอสฟอรัสพบว่า การพอกเมล็ดร่วมกับ (P) อัตรา 0.6 กรัม (T5) ทำให้ต้นกล้ามีความสูงต้น สูงที่สุดคือ 34.27 มิลลิเมตร และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าจากการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการอื่นๆ (Table 1) ส่วนการตรวจสอบความยาวราก พบว่ากรรมวิธีการพอกเมล็ดร่วมกับ (P) ทุกอัตราทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมมีความยาวรากมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีไม่ได้พอกเมล็ดพันธุ์ และการพอกเมล็ดเพียงอย่างเดียว (Figure 2A) จากนั้นตรวจสอบน้ำหนักสดของต้นกล้า พบว่าการพอกเมล็ดร่วมกับ (P) อัตรา 0.6 กรัม (T5) มีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าดีที่สุด และมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ กรรมวิธีไม่ได้พอกเมล็ดพันธุ์ จากนั้นตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าในสภาพเรือนทดลองพบว่า การพอกเมล็ดร่วมกับ (P) อัตรา 0.6 กรัม (T5) ยังคงมีความสูงต้นกล้าดีที่สุดคือ 40.29 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักพบว่า น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักแห้งต้นของกรรมวิธีการพอกเมล็ดร่วมกับ (P) อัตรา 0.6 กรัม (T5) ยังคงดีที่สุดและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ (Table 1)

Table 1. Shoot length, root length, seedling fresh weight and seedling dry weight of lettuce seeds tested under laboratory and greenhouse conditions after pelleting process.

Treatment[1/]	Laboratory condition				Greenhouse condition		
	Shoot length (mm)	Root length (mm)	Seedling fresh weight (g)	Seedling dry weight (g)	Shoot length (mm)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)
T_1	31.41 b[2/]	84.87 b	0.2813 b	0.0135 c	27.59 d	0.3321 d	0.0198 c
T_2	31.74 b	93.09 b	0.2855 b	0.0169 b	32.33 c	0.5096 c	0.0277 b
T_3	32.59 ab	105.52 a	0.2882 b	0.0201 a	34.80 bc	0.5880 b	0.0289 b
T_4	32.97 ab	103.67 a	0.2912 b	0.0209 a	36.77 b	0.6663 a	0.0319 b
T_5	34.27 a	104.91 a	0.3809 a	0.0212 a	40.29 a	0.7182 a	0.0360 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	4.52	6.08	6.17	7.59	6.65	8.44	11.52

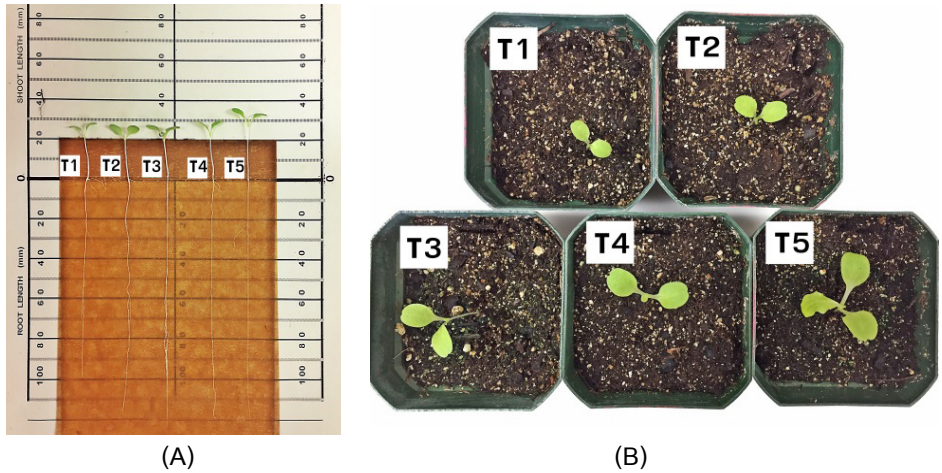
**: significantly different at $P \leq 0.01$.

[1/]Control (T1); pelleted seed (T2); pelleted seeds mixed with $NaH_2PO_4.H_2O$ rate 0.2 g., 0.4 g., 0.6 g./10 g.seeds (T3, T4, T5) respectively.

[2/]Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.01$ by DMRT

ดังนั้นจากผลการทดลองเห็นได้ว่า หลังการพอกเมล็ดร่วมกับธาตุอาหารพืชมีการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ดีมากกว่าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมชุดควบคุมอย่างชัดเจน (Figure 2B)เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบที่เรียกว่า ฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$ และ HPO_4^-) (Uchida, 2000) โดยส่วนมากสารประกอบของฟอสฟอรัสมีอยู่เป็นจำนวนมากในดินทั่วไป แต่ส่วนใหญ่ละลายน้ำได้ยากทำให้ต้นกล้าพืชได้รับธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณน้อย (George *et al.,* 2016) ฉะนั้นการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที ทำให้ต้นกล้าหลังการงอกสามารถนำธาตุฟอสฟอรัสที่ติดอยู่กับสารพอกไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ทำให้การพอกเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่มีความจำเป็นต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าเป็นอย่างมาก โดยธาตุฟอสฟอรัสจะไปส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากพืช ทั้งรากแก้ว รากฝอย และรากแขนง (Smith and Read, 1997) โดยจะช่วยกระตุ้นการสร้างสารที่มีผลต่อการงอกของราก เช่น glucose, auxins, ethylene, cytokinins, nitric oxide (NO) และ reactive oxygen species (ROS) (Niu *et al*., 2013)นอกจากนี้ยังช่วยสนับสนุนให้รากสามารถดูดธาตุโพแทสเซียมจากดินมาใช้เป็นประโยชน์ได้มากขึ้นกว่าเดิม อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความต้านทานต่อโรคบางชนิด และส่งเสริมให้ต้นกล้าแข็งแรง ไม่ล้มง่าย และช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากพืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไป (Scott, 1998; Schachtman *et al.* 1998; Uchida, 2000; McCauley *et al*., 2009; Thavarajah *et al*., 2010)

อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปพืชจะต้องการฟอสฟอรัสประมาณ 0.3-0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง เพื่อให้การเจริญเติบโตทางใบเป็นปกติ แต่หากได้รับในปริมาณที่สูงกว่า 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้งจะเกิดความเป็นพิษต่อพืช (Grant *et al*., 2001) ดังนั้นการคัดเลือกอัตราที่เหมาะสมของฟอสฟอรัสสำหรับนำมาใช้พอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมจึงเป็นหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญเพื่อการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้มีการรายงานจากนักวิจัยคนอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่นจากการรายงานของ Rebafka *et al*. (1993) พบว่าการเคลือบเมล็ด ร่วมกับ ammonium dehydrogenase phosphate (ADP) อัตรา 1 มิลลิกรัม P/เมล็ด 1 กิโลกรัม สามารถช่วยยกระดับการเจริญเติบโตของต้นกล้า pearl millet ได้ ต่อมา Zelonka *et al*. (2005) รายงานว่าการเคลือบเมล็ดบาร์เลย์ร่วมกับ ธาตุฟอสฟอรัสมีผลทำให้กิจกรรมทางสรีรวิทยาของเมล็ดดีมากขึ้นเช่นเดียวกับผลผลิตของข้าวบาร์เลย์เพิ่มมากขึ้น 3-91% จากเดิม นอกจากนี้ Rathod *et al.* (2005) รายงานว่า เมื่อทดสอบพอกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองร่วมกับ phosphate ในอัตรา 3.0 กรัม พบว่า สามารถช่วยให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม



(A) (B)

Figure 2 Effect of seed pelleting mixed $NaH_2PO_4H_2O$ on seedling growth tested under laboratory (A) and greenhouse (B) conditions: Control (T1); pelleted seed (T2); pelleted seeds mixed with $NaH_2PO_4H_2O$ rate 0.2 g., 0.4 g., 0.6 g./10 g.seeds (T3, T4, T5) respectively.

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์พืช

การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลองเห็นได้ชัดเจนว่าการพอกเมล็ดทุกกรรมวิธีทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกมากกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอกและมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (T1) (Figure 3a,c) แต่ความเร็วในการงอก ของเมล็ดพันธุ์ไม่พอก ยังคงงอกได้เร็วมากกว่าวิธีการพอกเมล็ดทุกกรรมวิธี (Figure 3b,d) อย่างไรก็ตามเมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีมีการเปลี่ยนแปลงด้านการเจริญเติบโตของต้นกล้ามากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่พอก (T1) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ P อัตรา 0.4 (T4) และ 0.6 กรัม (T5) มีการเจริญเติบโตด้านความยาวต้น ความยาวราก น้ำหนักสดต้นกล้า และน้ำหนักแห้งต้นกล้าดีมากกว่าวิธีการอื่นๆ ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับ (P) อัตรา 0.4 กรัม (T4) มีความยาวต้นดีที่สุดคือ 24.26 มิลลิเมตร และการพอกเมล็ดร่วมกับ P อัตรา 0.6 กรัม (T5) ทำให้น้ำหนักสดต้นดีที่สุดคือ 0.2011 กรัม และแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ ส่วนการตรวจสอบน้ำหนักแห้งต้นพบว่าการพอกเมล็ดร่วมกับ P อัตรา 0.2, 0.4 และ 0.6 กรัม (T3, T4, T5) มีน้ำหนักแห้งต้นดีที่สุดและแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์เพียงอย่างเดียว (T2) และเมล็ดไม่ได้พอกเมล็ดพันธุ์ (T1) (Table 2)

การเร่งอายุเมล็ดพันธุ์พัฒนาขึ้นโดย Delouche and Baskin (1973) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์พืช โดยความงอกของเมล็ดพันธุ์จะลดลงช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เพราะการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์จะอยู่ภายใต้สภาพอุณหภูมิสูง ทำให้เมล็ดพันธุ์ถูกเร่งกระบวนการหายใจ (การใช้อาหาร) แล้วเมล็ดจะปลดปล่อยพลังงานความร้อนและความชื้น ทำให้เมล็ดเสื่อมสภาพเร็วมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่าวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์ช่วยปกป้องเมล็ดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ เปรียบเสมือนการสวมเกาะป้องกันให้กับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม ทำให้ช่วยชะลอความร้อนและความชื้นในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ได้

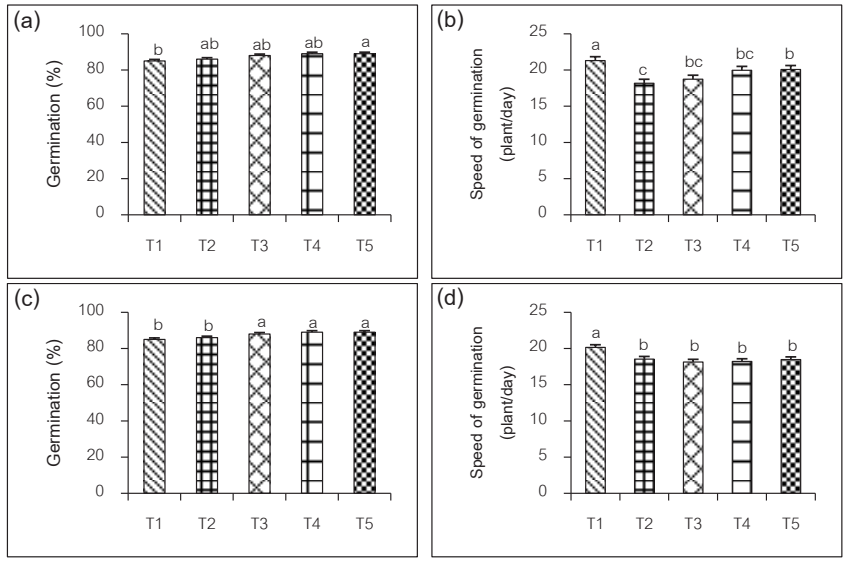


Figure 3 Effect of accelerate ageing on germination percentage and speed of germination of lettuce seeds tested under laboratory (a,b) and greenhouse condition; (c,d), control (T1); pelleted seed (T2); pelleted seeds mixed with $NaH_2PO_4H_2O$ rate 0.2 g., 0.4 g., 0.6 g./10 g.seeds (T3, T4, T5) respectively.

Table 2. Shoot length, root length, seedling fresh weight and seedling dry weight of lettuce tested under laboratory and greenhouse conditions after pelleting process and accelerated aging.

Treatment[1/]	Laboratory condition				Greenhouse condition		
	Shoot length (mm)	Root length (mm)	Seedling fresh weight (g)	Seedling dry weight (g)	Shoot length (mm)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)
T_1	27.25 b	80.16 d	0.1830 c	0.0118 d	19.82 c	0.1576 c	0.0109 b
T_2	29.70 b	88.24 c	0.2517 b	0.0153 c	21.97 b	0.1564 c	0.0116 b
T_3	31.56 a	93.61 c	0.2583 b	0.0175 b	23.25 ab	0.1784 b	0.0125 a
T_4	32.36 a	109.57 a	0.2833 a	0.0197 a	24.26 a	0.1816 b	0.0129 a
T_5	32.44 a	101.75 b	0.2755 a	0.0193 a	23.74 ab	0.2011 a	0.0131 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C V (%)	2.78	3.95	2.21	4.90	5.52	3.51	7.82

**: significantly different at P≤0.01.

[1/]Control (T1); pelleted seed (T2); pelleted seeds mixed with $NaH_2PO_4.H_2O$ rate 0.2 g, 0.4 g, 0.6 g./10 g seeds (T3, T4, T5) respectively.

[2/]Means within a column followed by the same letter are not significantly different at p≤0.01 by DMRT.

จากการทดลองเห็นได้ชัดว่าวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกมากกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก และมีความแตกต่างกันในทางสถิติ นอกจากนี้เมื่อเมล็ดพันธุ์งอกเป็นต้นกล้าปกติยังสามารถนำธาตุอาหารที่อยู่กับสารพอกไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ ดังนั้นการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชจึงทำให้ต้นกล้าหลังการทดสอบด้วยวิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ยังคงมีการเจริญเติบโตที่มากกว่าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ไม่ได้ผ่านการพอก ซึ่งสอดคล้องกับ Gawande et al. (1980) รายงานว่าการพอกเมล็ดจะช่วยป้องกันเมล็ดพันธุ์จากสภาวะความเครียดจากความร้อนโดยลดอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรอบเมล็ดได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังมีรายงานการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบพบว่าเมล็ดพันธุ์ยาสูบที่ผ่านการพอก มีเปอร์เซ็นต์ความงอกดีกว่าเมล็ดพันธุ์ยาสูบที่ไม่ได้พอก (จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ) นอกจากนี้ ศศิประภา บัวแก้ว และบุญมี ศิริ (2559) รายงานว่าหลังจากการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม การพอกเมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความเร็วในการงอกดีมากกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่ได้พอก ทั้งในการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง

สรุปผลการศึกษา

การพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับธาตุฟอสฟอรัสไม่มีผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ และการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ ธาตุฟอสฟอรัสทุกอัตรา ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมอย่างชัดเจน โดยอัตราส่วนของ $NaH_2PO_4H_2O$ อัตรา 0.4 และ 0.6 กรัม เป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม โดยมีผลทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมมี ความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าดีมากกว่าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมไม่พอก เมื่อตรวจสอบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (รหัสทุน พวอ. PHD58I0007) และภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณโรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนในด้านสถานที่และวัสดุอุปกรณ์ในการทำงานทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. 2557. ผลของชนิดสารพอกเมล็ดต่อความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ยาสูบ. *แก่นเกษตร* 42, (3): 283-292.

จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. 2558. ศักยภาพของการใช้ carboxymethyl cellulose และ hydroxypropyl methylcellulose เป็นวัสดุประสาน สำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม. *แก่นเกษตร* 43(1) (พิเศษ): 268-273.

บุญมี ศิริ. 2558. *การปรับปรุงสภาพและยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์*. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศศิประภา บัวแก้ว และบุญมี ศิริ. 2559. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย Methylhydroxy Ethylcellulose และ Polyvinyl pyrrolidone เป็นวัสดุประสานต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม. *แก่นเกษตร* 44(1) (พิเศษ): 356-361.

Abel, S., C.A. Ticconi, and C.A. Delatorre. 2002. Phosphate sensing in higher plants. *Physiologia Plantarum* 115(1): 1-8.

Baas, P., C. Bell, L.M. Mancini, M.N. Lee, R.T. Conant, and M.D. Wallenstein. 2016. Phosphorus mobilizing consortium Mammoth PTM enhances plant growth. *Peer J* 4: e2121.

Buakaew, S. and B. Siri. 2016. Effects of seed pelleting with methylhydroxy ethylcellulose and polyvinylprrolidone as binder on seed quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Khon Kaen Agriculture Journal* (Supplement) 41(1): 356-361.

Delouche, J.C. and C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. and Tech* 1: 427-452.

Gawande, M., S.C. Mohapatra and W.H. Johnson. 1980. Effect of seed size and pelletization on tobacco seed germination under varying temperature regimes. *Tob Sci* 24: 49-52.

George, T.S., P. Hinsinger, and B.L. Turner. 2016. Phosphorus in soils and plants–facing phosphorus scarcity. *Plant and Soil* 401(1): 1-6.

Grant, C.A., D.N. Flaten, D.J. Tomasiewicz, and S.C. Sheppard. 2001. The importance of early season phosphorus nutrition. *Can J Plant Sci* 81(2): 211-224.

Gregg, B.R. and G.L. Billups. 2010. *Seed Conditioning*. Volume 2 Technology Part-A. CRC Press, Boca Raton.

International Seed Testing Association (ISTA). 2013. *International Rules for Seed Testing*, Edition 2003 International Seed Testing Association, Bassersdorf.

Kim, M.J., Y. Moona, J.C. Toub, B. Mouc, and N.L. Waterlanda. 2017. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Composition and Analysis* 49: 19–34.

Maynard, D.N. and G. J. Hochmuth. 2007. *Knott's Handbook for Vegetable Growers*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ.

McCauley, A., C. Jones and J. Jacobsen. 2009. *Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms*. Nutrient Management Module No. 9. Montana State University, Bozeman MT.

Mian, M.A.R. and E.D. Nafziger. 1994. Seed size and water potential effects on germination and seedling growth of winter wheat. *Crop Science*, 34(1): 169-171.

Mou, B. 2008. Lettuce. In: Prohens, J., Nuez, F. (Eds.), *Handbook of Plant Breeding*, Vol. I: Vegetables I: Asteraceae, -Brassicaceae, Chenopodicaceae, and Cucurbitaceae. Springer, New York, NY, USA (pp. 75–116).

Niu, Y.F., R.S. Chai, G.L. Jin, H. Wang C.X. Tang and Y.S. Zhang. 2013. Responses of root architecture development to low phosphorus availability: a review. *Annals of Botany* 112(2): 391-408.

Olson, R.A. and A.F. Dreier. 1956. Fertilizer placement for small grains in relation to crop stand and nutrient efficiency in Nebraska. *Soil Science Society of America Journal* 20(1): 19-24.

Rathod, T.H., A.B. Padvi, B.N., Patil, and R.R. Rathod. 2005. Effect of seed pelleting on seed quality and dry matter production in soybean. *Annals of Plant Physiology* 19(2): 220-223.

Rebafka, F.P., A. Bationo and H. Marschner. 1993. Phosphorus seed coating increases phosphorus uptake, early growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) grown on an acid sandy soil in Niger, West Africa. *Fertilizer Research* 35(3): 151-160.

Richards, J.E., T.E. Bates and S.C. Sheppard. 1985. The effect of broadcast P applications and small amounts of fertilizer placed with the seed on continuously cropped corn (*Zea mays* L,). *Fertilizer Research* 6(3): 269-277.

Roy, J., D.M. Shakleya, P.S. Callery and J.G. Thomas. 2006. Chemical constituents and antimicrobial activity of a traditional herbal medicine containing garlic and black cumin. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines* 3(2): 1-7.

Schachtman, D.P., R.J. Reid and S.M. Ayling. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiology* 116(2): 447-453.

Scott, J.M. 1998. Delivering fertilizers through seed coatings. *Journal of Crop Production* 1(2): 197-220.

Seiwa, K. 2000. Effects of seed size and emergence time on tree seedling establishment: importance of developmental constraints. *Oecologia* 123(2): 208-215.

Sharples, G.C. and J.P. Gentry. 1980. Lettuce emergence from vermiculite seed tablets containing activated carbon and phosphorus. *HortScience* 15(1): 73-75.

Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, San Diego, CA.

Soares, M.M., T. Sediyama, J.C.L., Neves, H.C. Santos Júnior and L.J.da. Silva. 2016. Nodulation, growth and soybean yield in response to seed coating and split application of phosphorus. *Journal of Seed Science* 38(1): 30-40.

Thavarajah, D., P. Thavarajah, C.T. See and A. Vandenberg. 2010. Phytic acid and Fe and Zn concentration in lentil (*Lens culinaris* L.) seeds is influenced by temperature during seed filling period. *Food Chemistry* 122(1): 254-259.

Uchida, R. 2000. Essential nutrients for plant growth: nutrient functions and deficiency symptoms. pp.31-55. In: J. A. Silva and R. Uchida (eds.). *Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils*. Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Manoa.

Vance. C.P., C. Uhde-Stone and D.L. Allan. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytologist* 157: 423-447.

Zelonka, L., V. Stramkale and M. Vikmane. 2005. Effect and after-effect of barley seed coating with phosphorus on germination, photosynthetic pigments and grain yield. *Acta Universitatis Latviensis* 691: 111-119.

Zenk, P. 2004. *Seed coatings get serious*. (Online). Available: http://goo.gl/zpRR8j (February 1, 2004).

วันรับบทความ (Received date) : 15 พ.ย. 60
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 14 ก.พ. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 8 มิ.ย. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 284-292

การใช้ประโยชน์น้ำเสียและกากตะกอนหม้อกรองจากโรงงานน้ำตาล ในการปลูกข้าวโพดหวาน

Utilization of Wastewater and Filter Cake from Sugarcane Factory for Corn Cultivation

กนกภรณ์ ดอนเจดีย์[1] คณิตา ตังคณานุรักษ์[1]* และนิพนธ์ ตังคณานุรักษ์[1]

Kanockporn Donjedee[1], Kanita Tungkananuruk,[1]* and Nipon Tungkananuruk[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ของเสียจากโรงงานผลิตน้ำตาลทรายให้เป็นประโยชน์ในทางการเกษตร โดยใช้น้ำเสียจากบ่อบำบัดฟัคคัลทีฟบ่อที่ 1, 2 และ 3 ของระบบบำบัดแบบบ่อปรับเสถียร และกากตะกอนหม้อกรอง รวมทั้งใช้มูลสุกรแทนปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวโพด สำหรับการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ *ไฮบริกซ์ 3* วางแผนการทดลองโดยจัดกลุ่มทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์แปลงทดลอง 19 แปลง ที่อัตราปุ๋ยเคมีตั้งแต่ 25 – 0 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับกากตะกอนหม้อกรอง และมูลสุกร และใช้น้ำเสียจากบ่อฟัคคัลทีฟที่แตกต่างกัน พบว่าในแต่ละแปลงที่ใช้น้ำเสียจากบ่อฟัคคัลทีฟบ่อเดียวกัน ที่ใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตดีที่สุด นอกจากนั้นผลจากการวิเคราะห์ของดินหลังจากการปลูกข้าวโพดพบว่าความเป็นกรด – ด่าง อินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ของทุกแปลงทดลองซึ่งใช้กากตะกอนหม้อกรองและมูลสุกร มีค่าสูงกว่าแปลงควบคุมที่ใช้เพียงปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ และปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกแปลงทดลอง กากตะกอนหม้อกรองและมูลสุกรเป็นวัสดุปรับปรุงดินและช่วยลดการเสื่อมสลายของดินได้ ดังนั้นน้ำเสียจากบ่อฟัคคัลทีฟสามารถใช้แทนน้ำธรรมชาติ และกากตะกอนหม้อกรองและมูลสุกรสามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวโพดได้

คำสำคัญ: น้ำเสียบ่อฟัคคัลทีฟ กากตะกอนหม้อกรอง มูลสุกร ข้าวโพด

Abstract

This research aims to apply the waste from the sugar factory to the benefits of agriculture by using wastewater from the 1st, 2nd and 3rd facultative ponds (FP) of stabilization pond treatment system and filter cake (FC) including using pig manure (PM) instead of chemical fertilizer for *Hi-brix 3* sweet corn cultivation. The nineteen experimental treatments were designed by completely randomized design (CRD) at rates of CF from 25 to 0 kg/Rai and in different FP wastewater. The results revealed that the same FP wastewater at rate of 20 kg of CF/rai gave the best productivity. Moreover, the analytical results of soil after planting showed that pH, organic matter, total-nitrogen, of all treatments which using FC and PM were higher than the control treatment which only used CF 25 kg/Rai. Thus, FC and PM were soil amendments and reduced the soil degradation. Therefore, the FP wastewater could be used replace natural water and FC and PM could be used replace CF in corn cultivation.

Keywords: wastewater of facultative pond, filter cake, pig manure, corn

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพ ฯ 10900

*Corresponding author, Email: kkanita.kt@gmail.com

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยส่งออกข้าวโพดหวานในรูปแบบต่าง ๆ สูงเป็นอันดับ 4 ของโลก รองจากสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และฮังการี ยอดส่งออกข้าวโพดหวานของประเทศไทยมีการเติบโตอย่างก้าวกระโดดมาตลอด ปัญหาสำคัญในการปลูกข้าวโพดของเกษตรกร คือ ต้นทุนที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะปุ๋ยเคมี (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่เกษตรกรรู้จักดี และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถยกระดับปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินสำหรับพืชได้ดี สะดวกในการจัดการ แต่ปุ๋ยเคมีมีข้อเสียในด้านความสมดุลของธาตุอาหารในดิน ปุ๋ยเคมีทำลายสมดุลของระบบนิเวศดิน และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดิน ปุ๋ยเคมีจะเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุ ทำให้โครงสร้างของดินเสื่อมลง ดินจึงกระด้าง ไม่อุ้มน้ำซึ่งจะส่งผลกระทบต่อพืช อีกทั้งการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุไนโตรเจนมากๆ จะทำให้ดินเป็นกรด จนธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดินแปรสภาพไปจากเดิม ซึ่งพืชนำมาใช้ไม่ได้ (วิฑูรย์ ปัญญากุล, 2547) ประกอบกับในประเทศไทยมีอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลเป็นจำนวนมาก มีกากตะกอนหม้อกรอง (filter cake) เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำตาลทราย (by product) ในปริมาณมากเช่นเดียวกันกับน้ำตาลทราย และมีสมบัติทางเคมีที่สำคัญ เช่น อินทรียวัตถุ ธาตุไนโตรเจน ซึ่งสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางการเกษตรได้ ขณะเดียวกันยังมีน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมากที่ต้องได้รับการบำบัดก่อนปล่อยออกสู่ชุมชน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สูง นอกจากนี้ยังมีการใช้ปุ๋ยคอก คือ มูลสุกร ซึ่งมีธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งไนโตรเจน และฟอสฟอรัส การใช้ปุ๋ยคอกมีผลต่อการปรับปรุงดินทั้งในด้านคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ ทางชีววิทยา และในด้านการเพิ่มผลผลิต (Fulhage, 2000) โดยผู้วิจัยมุ่งหวังเพื่อช่วยสนับสนุนการจัดการของเสียแบบเป็นศูนย์ (zero waste) ของโรงงานน้ำตาล จากผลการศึกษาทำให้โรงงานลดขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียและลดการใช้น้ำ ส่วนเกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยเคมีและลดต้นทุนการผลิต และยังเป็นการช่วยลดภาวะทางสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืนได้อีกด้วย

วิธีการทดลอง

การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลอง ณ อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี โดยเก็บดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร ทั้งหมด 15 จุด นำมาคลุกเคล้าให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ผึ่งในที่ร่มจนดินแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด2.0 และ0.5 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างไว้วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้วิเคราะห์สภาพความเป็นกรดด่างของดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter, OM) โดยวิธี Walkley Black ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total nitrogen, TN) โดยวิธี Kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available phosphorous) โดยวิธี Bray II และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium) (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, 2542)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกากตะกอนหม้อกรองและมูลสุกร

นำตัวอย่างของกากตะกอนหม้อกรองและมูลสุกร มาวิเคราะห์สภาพความเป็นกรด - ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter, OM) โดยวิธี Walkley Black ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen, TN) โดยวิธี Kjeldahl method และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorous) โดยวิธี Bray II (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, 2542)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของน้ำที่ใช้ทดลอง

นำตัวอย่างน้ำที่ใช้ทดลองคือ น้ำจากแหล่งธรรมชาติ (น้ำจากบ่อบาดาล) น้ำเสียจากบ่อฟักคัลทีฟบ่อที่ 1 (FP 1), 2 (FP 2) และ 3 (FP 3) จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรของโรงงานผลิตน้ำตาลทราย ดัง Figure 1 มาวิเคราะห์ ค่าบีโอดี (Biochemical oxygen demand, BOD) ค่าซีโอดี (Chemical oxygen demand, COD)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำ (Total phosphorous) โดยวิธี Sulfuric acid-Nitric acid Digestion/Ascorbic acid Method (นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์, 2550)

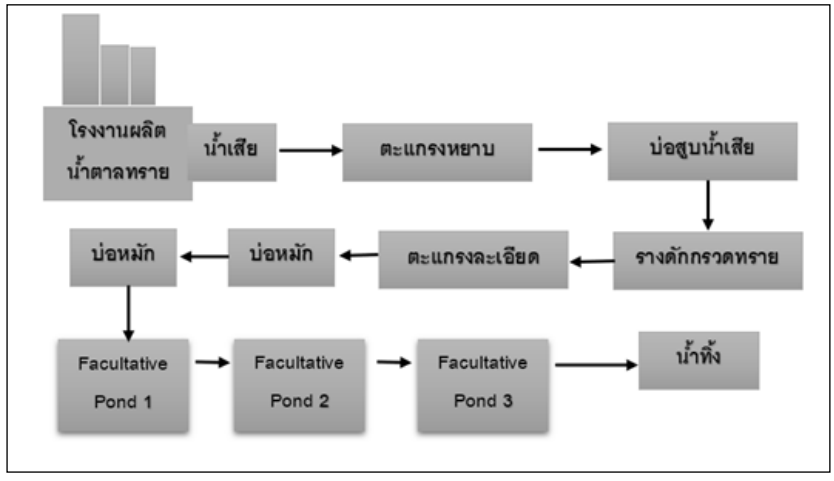


Figure 1 Stabilization pond wastewater treatment system.

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองโดยจัดกลุ่มแบบแฟคเทอเรียล 3x6+1 ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ประกอบด้วยปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของแหล่งน้ำที่นำมาใช้รดต้นข้าวโพดมี 3 ชนิด คือ น้ำจากบ่อ FP 1, FP 2 และ FP 3 ปัจจัยที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมี (CF) กากตะกอนหม้อกรอง (FC) และมูลสุกร (PM) 6 รูปแบบ โดยใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครั้งละ 25 กิโลกรัม/ไร่ และลดอัตราการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งละ 5 กิโลกรัมเป็น 20, 15, 10, 5 และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี แบ่งการใส่ปุ๋ยเป็น 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ปุ๋ยเคมีสูตร (16-20-0) และครั้งที่ 2-3 ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ประกอบด้วยอัตราส่วนดังนี้ 1. CF 25 kg/Rai 2. CF 20 kg/Rai + FC + PM 3. CF 15 kg/Rai + FC + PM 4.CF 10 kg/Rai + FC + PM 5.CF 5 kg/Rai + FC + PM และ 6.ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี CF 0 kg/Rai + FC + PM และแปลงควบคุมที่ใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา25 กิโลกรัม/ไร่ และน้ำจากแหล่งธรรมชาติ

โดยในแปลงทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี (16-20-0 และ 46-0-0) กากตะกอนหม้อกรอง และมูลสุกร ให้มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมี (16-20-0 และ 46-0-0) ที่ใช้ปุ๋ยเคมีอัตราครั้งละ 25 กิโลกรัม/ไร่ แบ่งการใส่ปุ๋ยเป็น 3 ครั้ง พร้อมการหยอดเมล็ด เมื่อข้าวโพดอายุ 20 วันและข้าวโพดอายุ 40 วัน โดยแปลงทดลองทั้งหมดประกอบด้วย 19 แปลง แต่ละแปลงทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

การเตรียมแปลงทดลอง

เตรียมแปลงการทดลองย่อยจำนวน 38 แปลง แปลงทดลองมีพื้นที่ 1.5 ตารางเมตร (กว้าง 1 เมตร และยาว 1.5 เมตร) โดยในขั้นตอนแรกทำการไถด้วยผานสาม 1 ครั้ง ลึก 20 - 30 เซนติเมตร ตากดิน 7 - 10 วัน พรวนด้วยผานเจ็ด 1 ครั้ง ทั้งพื้นที่หลังจากนั้นทำการขึ้นแปลงของแต่ละแปลง พร้อมกับปรับดินให้พื้นที่มีความสม่ำเสมอ เพื่อรักษาสภาพพื้นที่ให้เหมาะสมแก่การเพาะปลูกข้าวโพด

การเพาะปลูกข้าวโพด

การทดลองนี้ใช้ข้าวโพดพันธุ์ไฮบริกซ์ 3 โดยนำเมล็ดข้าวโพดไปปลูกด้วยมือด้วยการหยอดใส่หลุมละ 2 เมล็ด มีระยะระหว่างต้น 25 เซนติเมตร และทำการกลบด้วยดินบนแปลงทดลองขนาด 1.5 ตารางเมตร จำนวน 38 แปลง ที่เตรียมไว้ เมื่อข้าวโพดหวานอายุประมาณ 14 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม

การใส่ปุ๋ยและการดูแลรักษา

ผสมปุ๋ยเคมี กากตะกอนหม้อกรอง และมูลสุกรตามอัตราส่วนต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 1 และ 2 จากนั้นทำการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ในระยะแรกพร้อมกับการปลูก ในขณะที่ครั้งที่ 2 ใส่เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 20 วันและครั้งที่ 3 ใส่เมื่อข้าวโพดหวานมีอายุ 40 วัน โดยวิธีการใส่ปุ๋ยจะใช้การโรยปุ๋ยที่ข้างต้นข้าวโพดแล้วพรวนกลบ และใช้แรงงานคนในการให้ปุ๋ยเพื่อให้มีความสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่ นอกจากนี้ทำการดูแลแปลงทดลอง ได้แก่ การให้น้ำโดยข้าวโพดมีความต้องการน้ำประมาณ 500 มิลลิลิตร/ไร่/ฤดูกาลปลูก (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ซึ่งใช้น้ำจากแหล่งธรรมชาติและน้ำจากแหล่งอุตสาหกรรม มีการจัดการปริมาณน้ำให้เท่าๆ กันในแต่ละแปลงทดลองโดยการนำน้ำใส่ถังที่มีความจุเท่ากันและต่อท่อต่อสู่แปลงทดลองโดยตรง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนต่อแปลงทดลองอื่น ๆ โดยทำการให้น้ำข้าวโพดหวานในระยะแรกอย่างน้อย 2 วัน/ครั้ง และเมื่อข้าวโพดตั้งต้นได้อาจให้เพียง 3 วัน/ครั้ง ในอัตราที่ดินไม่แฉะ และน้ำไม่ท่วมขัง และอาจมีการใช้สารเคมีตามความเหมาะสม (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

การเก็บเกี่ยวผลผลิตและตรวจวัดผลผลิต

ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด 20 วัน หลังจากวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ ใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวและนำฝักข้าวโพดไปวิเคราะห์องค์ประกอบผลผลิตในแต่ละแปลงทดลอง การศึกษาครั้งนี้ทำการวัดผลผลิตทางด้านส่วนสูงของลำต้น ความยาวฝัก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก น้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก จำนวนแถวเมล็ดต่อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว และผลผลิตต่อไร่ในแต่ละแปลงการทดลอง

การเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลองขนาด 1.5 ตารางเมตร ทั้งหมด 38 แปลง โดยในแต่ละแปลงทดลองทำการเก็บตัวอย่างดินแปลงทดลองละ 3 จุด ที่ความลึก 15 เซนติเมตรและนำตัวอย่างดินทั้ง 3 จุดมาผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน หลังจากนั้นนำมาผึ่งในที่ร่มจนดินแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างดินที่ได้ในแต่ละแปลงทดลอง ในถุงพลาสติกที่ระบุหมายเลขแปลงทดลองอย่างชัดเจน และนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์สภาพ ความเป็นกรดด่างของดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter, OM) โดยวิธี Walkley Black ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available phosphorous) โดยวิธี Bray II (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, 2542) เพื่อทำการเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดินในแต่ละแปลงทดลอง

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ดังแสดงใน Table 1 พบว่าดินในพื้นที่ทำการศึกษามีความเป็นกรด - ด่าง เท่ากับ 7.5 ค่าการนำไฟฟ้า 4.0 เดซิซีเมนต์/เมตร ดินมีคุณสมบัติเค็มปานกลางและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด ปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 1.80 % โดยมวล ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.043 % โดยมวล ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 48.35 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 32.97 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งตามปทานุกรมปฐพีวิทยาจัดได้ว่าดินในพื้นที่การศึกษานี้มีความเป็นด่างอ่อน ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำมาก และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

Table 1 Some properties of soil before planting.

property	Value
1. pH	7.50
2. EC (dS/m)	4.00
3. OM (%w/w)	1.80
4. TN (%w/w)	0.043
5. Available P (mg/kg)	48.35
6. Exchangeable K (mg/kg)	32.97

สมบัติทางเคมีของกากตะกอนหม้อกรองและมูลสุกร

กากตะกอนหม้อกรอง มีลักษณะทางกายภาพเป็นผงสีน้ำตาล ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของกากตะกอนหม้อกรอง พบว่ากากตะกอนหม้อกรองมีค่าความเป็นกรด – ด่างเท่ากับ 6.7 ค่าการนำไฟฟ้า 1.25 เดซิซีเมนต์/เมตร ปริมาณอินทรียวัตถุที่สูงถึง 42.03 %โดยมวล ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 2.13 % โดยมวล และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.52 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนมูลสุกรเป็นปุ๋ยคอกชนิดหนึ่งมีลักษณะสีน้ำตาล ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2549) ผลวิเคราะห์พบว่ามูลสุกรมีค่าความเป็นกรด - ด่าง 5.8 ค่าการนำไฟฟ้า 2.30 เดซิซีเมนต์/เมตร ปริมาณอินทรียวัตถุที่สูงถึง 35.21 % โดยมวลปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 2.69 % โดยมวล และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 8.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Some properties chemical of filter cake and pig manure.

property	Value	
	filter cake	pig manure
1. pH	6.70	5.80
2. EC (dS/m)	1.25	2.30
3. OM (%w/w)	42.03	35.21
4. TN (%w/w)	2.13	2.69
5. Available P (mg/kg)	2.52	8.45

สมบัติทางเคมีของน้ำที่นำมาใช้ทดลอง

จากการศึกษาของน้ำที่ใช้ทดลองแสดงดัง Table 3 พบว่า น้ำจากแหล่งธรรมชาติและน้ำที่มาจากระบบบำบัดในบ่อฟัคคัลทีฟ บ่อ 1, 2 และ 3 มีค่า BOD เท่ากับ <2.00, 22.00, 13.00 และ 7.75 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ COD เท่ากับ 15.20, 289.00, 213.00 และ 190.00 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.63, 6.20, 6.71, และ 9.07 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ และพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.17, 1.59, 1.36 และ 1.70 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับซึ่งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มาจากบ่อบำบัดมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 3 บ่อ และมีค่ามากกว่าน้ำที่มาจากแหล่งธรรมชาติดังนั้นจึงได้นำน้ำจากบ่อบำบัดมาใช้ทดแทนน้ำจากแหล่งธรรมชาติเพื่อลดขั้นตอนในการบำบัด และใช้น้ำเสียให้เกิดประโยชน์

Table 3 Some properties chemical of watering.

property	Value			
	Natural water	FP 1	FP 2	FP 3
1. BOD (mg/l)	<2.00	22.00	13.00	7.75
2. COD (mg/l)	15.20	289.00	213.00	190.00
3. Total Nitrogen (mg/l)	0.63	6.20	6.71	9.07
4. Total Phosphorous (mg/l)	0.17	1.59	1.36	1.70

ผลผลิตของข้าวโพด

เมื่อศึกษาผลผลิตของข้าวโพด ทดสอบด้วยวิธีทางสถิติ โดยใช้ F-test โดย ปัจจัยน้ำจากบ่อ FP1, FP2, และ FP 3 พบว่า ปริมาณผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อศึกษาปัจจัยปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า อัตราปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัม/ไร่ ให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่มากที่สุด และไม่แตกต่างกับการใช้อัตราปุ๋ยเคมี 25 กิโลกรัม/ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อัตราปุ๋ยเคมี 15 10 5 กิโลกรัม/ไร่ และไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อศึกษาคุณภาพของข้าวโพด พบว่า อัตราปุ๋ยเคมีที่ต่างกัน ไม่ส่งผลต่อขนาดความยาวฝักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของฝักข้าวโพด พบว่า อัตราปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัม/ไร่ ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือ อัตราปุ๋ยเคมี 25 และ 15 กิโลกรัม/ไร่ นอกจากนี้ยังพบว่า ในอัตราปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัม/ไร่ ให้จำนวนเมล็ดต่อแถว และ จำนวนแถวต่อฝักสูงสุด แต่ไม่ต่างกับการใช้อัตราปุ๋ยเคมี 25 กิโลกรัม/ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Effect of various proportion of fertilizer and different source of used watering on productivity.

Treatment	Ear fresh wt. (g/ear)	Ear without husk fresh wt.(g/ear)	Yield (kg/rai)	Ear length (cm)	Ear diameter (cm)	No. of kernels per row	No. of kernels per ear
Watering							
1. Natural water	489.60	379.50	4,177.92	22.10	6.15	43.00	22.00
2. FP 1	470.94	372.91	4,031.43	21.60	7.05	40.00	19.00
3. FP 2	479.30	386.78	4,090.03	22.00	6.05	42.58	20.33
3. FP 3	473.82	381.24	4,043.24	22.05	6.01	41.00	19.33
Fertilizer							
1. CF 25 kg/rai	494.20^{e}	385.00^{ab}	4,217.17	22.15	6.13^{c}	43.67^{b}	22.00^{b}
2. CF 20 kg/rai + FC + PM	499.27^{e}	390.67^{b}	4,260.41	22.20	6.27^{d}	46.00^{b}	21.30^{b}
3. CF 15 kg/rai + FC + PM	484.20^{d}	371.00^{a}	4,131.84	21.72	6.10^{c}	40.00^{a}	18.67^{a}
4. CF 10 kg/rai + FC + PM	471.80^{c}	380.48^{ab}	4,026.03	21.67	6.00^{b}	40.00^{a}	18.67^{a}
5. CF 5 kg/rai + FC + PM	458.83^{b}	378.37^{ab}	3,940.98	21.68	5.97^{b}	39.30^{a}	18.67^{a}
6. CF 0 kg/rai + FC + PM	439.80^{a}	376.33^{ab}	3,752.96^{a}	21.87	5.70^{a}	38.17^{a}	18.00^{a}
F-test							
Watering	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilizer	**	ns	**	ns	**	**	**
CV (%)	5.0	3.0	45.0	2.0	3.0	8.0	9.0

** significant at 0.05 significant level; ns non-significant

The same letter in the same column are not significantly different by LSD at 0.05 significant level

การปรับปรุงคุณภาพดิน

จากการวิเคราะห์คุณภาพดินก่อนปลูก และหลังปลูก แสดงดัง Table 5 พบว่า ปัจจัยน้ำจากบ่อ FP1, FP2, และ FP 3 ไม่ส่งผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อศึกษาปัจจัยปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกันพบว่า การลดอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีทุกอัตราส่วน สามารถปรับปรุงคุณภาพของดินได้ ทั้งสภาพความเป็นกรดด่างของดิน ค่าการนำไฟฟ้า และนอกจากนี้ส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการผลิตข้าวโพดหวานโดยลดการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยชะลอการลดลงของเสื่อมโทรมของดิน ตลอดจนช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของดิน (อานัฐ ตันโช, 2549) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่มีปริมาณลดลง เนื่องจากข้าวโพดต้องการธาตุอาหารเพื่อการพัฒนาและสร้างผลผลิต นำไปใช้ในกระบวนการทางสรีรวิทยาและการสะสมสังเคราะห์ในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด และข้าวโพดต้องการธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในปริมาณที่สูง ส่วนธาตุอื่น ๆ

ต้องการในปริมาณที่ไม่มากนักขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วย (คณาจารย์ภาควิชาไร่นา, 2542) ข้าวโพดต้องการฟอสฟอรัสในช่วงตั้งแต่เริ่มงอกและต้องการสูงสุดจนถึงระยะข้าวโพดแก่ (ราเชนทร์ ถิรพร, 2539) อาจเป็นสาเหตุให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง

Table 5 Some chemical properties of soil after planting.

Treatment	Parameters						
	pH	EC (dS/m)	OM (%w/w)	TN (%w/w)	NH_4-N (mg/kg)	NO_3-N (mg/kg)	Avai. P (mg/kg)
Watering							
1. Natural water	7.90	2.80	1.89	0.05	1.31	28.32	42.33
2. FP 1	8.18	2.45	2.63	0.20	0.51	35.81	27.69
3. FP 2	8.22	2.38	2.67	0.21	0.53	36.46	27.87
3. FP 3	8.22	2.28	2.66	0.20	0.44	36.22	28.38
Fertilizer							
1. CF 25 kg/Rai	8.13^{ab}	2.73^{d}	1.91^{a}	0.06^{a}	1.23^{e}	27.84^{a}	40.79^{f}
2. CF 20 kg/Rai + FC + PM	8.23^{b}	2.53^{c}	2.33^{b}	0.12^{b}	0.89^{d}	29.51^{b}	35.03^{e}
3. CF 15 kg/Rai + FC + PM	8.00^{a}	2.43^{c}	2.65^{c}	0.16^{c}	0.47^{c}	32.24^{c}	31.65^{d}
4. CF 10 kg/Rai + FC + PM	8.27^{bc}	2.37^{bc}	2.76^{d}	0.26^{d}	0.25^{b}	35.47^{d}	27.85^{c}
5. CF 5 kg/Rai + FC + PM	8.40^{c}	2.23^{b}	2.94^{e}	0.28^{e}	0.11^{ab}	42.74^{e}	21.24^{b}
6. CF 0 kg/Rai + FC + PM	8.20^{b}	1.93^{a}	3.33^{f}	0.33^{f}	0.02^{a}	49.18^{f}	11.32^{a}
F-test							
Watering	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Fertilizer	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	2.0	12.0	18.0	50.0	92.0	22.0	36.0

** significant at 0.05 significant level; ns non-significant

The same letter in the same column are not significantly different by LSD at 0.05 significant level

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์น้ำเสียและกากตะกอนหม้อกรองจากโรงงานน้ำตาลร่วมกับมูลสุกรในการปลูกข้าวโพดหวาน สามารถสรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1. การใช้น้ำจากบ่อฟักคัลทีฟของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำตาลทรายทั้ง 3 บ่อ มาทดแทนการใช้น้ำจากแหล่งธรรมชาติในการปลูกข้าวโพด พบว่าไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพด และการปรับปรุงคุณภาพดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การนำกากตะกอนหม้อกรองและมูลสุกรมาใช้ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตข้าวโพด โดยอัตราปุ๋ยเคมี 20 กิโลกรัม/ไร่ ให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่และคุณภาพของข้าวโพดสูงสุด และไม่แตกต่างกับการใช้อัตราปุ๋ยเคมี 25 กิโลกรัม/ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การนำกากตะกอนหม้อกรองและมูลสุกรมาใช้ประโยชน์ร่วมกับปุ๋ยเคมีและลดอัตราการใช้ปุ๋ยเคมี ส่งผลต่อความเป็นกรดของดิน ค่าการนำไฟฟ้า การเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยจากผลการวิเคราะห์กากตะกอนหม้อกรองพบว่า กากตะกอนหม้อกรองมีความเป็นกลาง และมีปริมาณธาตุอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณอินทรียวัตถุ ส่วนมูลสุกรมีปริมาณไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูง ดังนั้นเมื่อนำกากตะกอนหม้อกรองและมูลสุกรมาใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจึงส่งผลต่อการเพิ่มแหล่งธาตุอาหารในดิน พร้อมทั้งปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีของดิน และการนำน้ำจากบ่อฟักคัลทีฟของระบบบำบัดน้ำเสียทั้ง 3 บ่อ สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์และทดแทนน้ำจากแหล่งธรรมชาติได้ โดยจากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำจากระบบบำบัดน้ำเสีย และการนำกากตะกอนหม้อกรองและมูลสุกรมาใช้ประโยชน์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรพร้อมกับเป็นแนวทางในการจัดการของเสียจากภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ ได้รับการการสนับสนุนการวิจัยจากทุนวิจัยเพื่อพัฒนาบัณฑิตศึกษา คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2549. *การไถกลบตอซังเพื่อปรับปรุงดินและเพิ่มผลผลิตข้าว*. แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/menu_/POSTER/rice/rice.htm. LECO Corporation; Saint Joseph, Michigan USA. Instrument: TruSpec N., 2 กันยายน 2560.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. *คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ*. โครงการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพมหานคร:

กรมวิชาการเกษตร. 2547. *ข้าวโพดฝักสด*. เอกสารวิชาการข้าวโพดฝักสด. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2542. *พืชเศรษฐกิจ*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. *แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช*. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และ คณิตา ตังคณานุรักษ์. 2550. *หลักการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี*. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ราเชนทร์ ถิรพร. 2539. *ข้าวโพด*. ภาควิชาพืชไร่นา สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิฑูรย์ ปัญญากุล. *เกษตรยั่งยืน วิถีการเกษตรเพื่ออนาคต*. กรุงเทพ. มูลนิธิสายใยแผ่นดิน, 2547. แหล่งที่มา:https://www.bloggang.com/mainblog.php?id=coffeeis&month=02-11-2010&group=6&gblog=4, 5 สิงหาคม 2560.

อานัฐ ตันโช. 2549. *การวิเคราะห์และประเมินผลสำเร็จของการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอินทรียวัตถุ ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมักและวัสดุปรับปรุงดินในประเทศไทย*. แหล่งที่มา:http://www.dld.go.th/nutrition/exhibition/Resesrch/research_full/2531/, 5 สิงหาคม 2560.

Fulhage, D. C. 2000. *Land Application Consideration for Animal Manure*. Available from http://muextention.missouri.edu/xplor/envgual/egg0202, 13 August 2017.

วันรับบทความ (Received date) : 17 พ.ย. 60
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 16 มี.ค. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 4 พ.ค. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 293-302

ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับซิลิคอนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย

Effect of Combined Application of Chemical Fertilizer and Silicon on Yield and Yield Components of Sugarcane

ยศพันธ์ สดคมขำ[1] ชัยสิทธิ์ ทองจู[1]* จุฑามาศ ร่มแก้ว[2] ณภัทร กำธรสิริวิมล และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย

Yodsaphan Sodkomkam[1], Chaisit Thongjoo[1]*, Jutamas Romkaew[2], Napat Kamthonsiriwimol[3] and Tawatchai Inboonchuay[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับซิลิคอนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์ลำปาง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่มีผลให้ผลผลิตอ้อยสด ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักต่อลำ จำนวนปล้องต่อลำ ค่า CCS ผลผลิตน้ำตาล ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่หรือการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ยังมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุซิลิคอนที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปุ๋ย ซิลิคอน อ้อย

Abstract

This study was to investigate the effect of combined application of chemical fertilizer and silicon on yield and yield components of sugarcane *var.* Lampang. Experimental design was randomized complete block (RCBD) consisted of 9 treatments. The study revealed that the application of 110% of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 40 kg/rai of Si gave the highest fresh yields, stalk heights, stalk diameters, weight/stalk, number of internode/stalk, CCS, sugar yields and concentrations of N, P, K in stalk which was not different from the application of 110% of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 30 or 20 kg/rai of Si. Furthermore, the application of 110% of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 40 kg/rai of Si gave the highest concentration of Si in stalk, followed by that the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 40 kg/rai of Si and the application of 110% of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 30 kg/rai of Si which was not different from the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 30 kg/rai of Si.

Keywords: fertilizer, silicon, sugarcane

[1]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[3]ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

* Corresponding author, Email: agrcht@ku.ac.th และ thongjuu@yahoo.com

คำนำ

อ้อยเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่มีสำคัญในอุตสาหกรรมน้ำตาล โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2558) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อย 9.96 ล้านไร่ ได้ผลผลิตอ้อยสด 109.86 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 11.03 ตัน/ไร่ ซึ่งความต้องการอ้อยภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่มีข้อจำกัดทั้งด้านการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกและผลผลิต ดังนั้น แนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตของอ้อย คือ การเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้น โดยการปรับปรุงและการคัดเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับแหล่งปลูก การเลือกฤดูกาลปลูกและการศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม เป็นต้น ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญต่อการยกระดับผลผลิตของพืชผลทางการเกษตร (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2551) ในแต่ละปีประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีในปริมาณที่สูงขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2559 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีปริมาณมากถึง 4.88 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 49,301 ล้านบาท (ยุคเลศร์ อุ่นใจ, 2559) ด้วยมูลค่าของปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้น การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยที่สอดคล้องกับราคาปุ๋ย แล้วปรับใช้ให้เหมาะสมกับค่าวิเคราะห์ดิน จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะเสริมสร้างความเข้มแข็งของระบบการผลิตของเกษตรกรไทยได้ (ระวิวรรณ โชติพันธ์ และคณะ, 2552; ศิริสุดา บุตรเพชร และคณะ, 2552) ซิลิคอน เป็นธาตุเสริมประโยชน์ (beneficial element) โดยร้อยละ 60 จะอยู่ในรูปของซิลิกา (SiO_2) ซึ่งพืชไม่สามารถดูดใช้ได้ ส่วนรูปกรดมอนอซิลิซิก (monosilicic acid) คือรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ ซึ่งมีสูตรทางเคมี คือ H_4SiO_4 หรือ $Si(OH)_4$ แต่พบในดินปริมาณน้อยมาก (ปิยะ ดวงพัตรา, 2556; Savant *et al*., 1997) Guntzer *et al*. (2012) รายงานว่าซิลิคอนช่วยเพิ่มความต้านทานโรคและแมลงในอ้อย ช่วยชักนำให้พืชดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมได้ดีขึ้น รวมทั้งทำให้พืชทนต่อภาวะความเครียดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะในสภาพที่ขาดแคลนน้ำ (Haynes, 2014) อย่างไรก็ตาม หากอ้อยได้รับซิลิคอนไม่เพียงพอจะเกิดจุดวงกลมสีขาวหรือเป็นกระบริเวณใบและมีความรุนแรงมากในใบแก่ ส่งผลให้อ้อยตอมีการแตกกอน้อย (McCray *et al*., 2013; Rice *et al*., 2010) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้ซิลิคอนเพื่อการผลิตพืชไร่เศรษฐกิจในประเทศไทยมีค่อนข้างน้อย จึงเกิดแนวความคิดว่าควรมีการศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับซิลิคอนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยในสภาพแปลง ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลที่สำคัญ และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรในการเลือกใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับธาตุเสริมประโยชน์สำหรับการผลิตอ้อยในอนาคตต่อไป

วิธีการศึกษา

ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับซิลิคอนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์ลำปาง ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559-เดือนมกราคม พ.ศ. 2560 โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1 water) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณซิลิคอนที่สกัดได้ และเนื้อดิน สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 1 งานทดลองนี้ประกอบด้วย 27 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 7.5 เมตร ยาว 6.0 เมตร จำนวน 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 1.5 เมตร เก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 4.5 x 4.0 ตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ 9 ตำรับทดลอง โดยรายละเอียดของตำรับทดลองได้แสดงไว้ใน Table 2

Table 1 Chemical and physical properties of initial soil.

Properties	Results	Rating
pH (1:1)	7.15	neutral
EC_e (dS/m)	1.40	non-saline
Organic matter (%)[1/]	1.51	moderately
Available P (mg/kg)[2/]	81.83	very high
Exchangeable K (mg/kg)[3/]	67.73	moderately
Exchangeable Ca (mg/kg)[3/]	2,005	high
Exchangeable Mg (mg/kg)[3/]	138.88	high
Exchangeable Na (mg/kg)	26.21	-
Extractable Si (mg/kg)	10.35	low
Texture[4/]	sandy loam	-

Note [1/] = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934) [2/] = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

[3/] = Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965) [4/] = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558)

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (42 %P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลอง ที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก โดยตำรับทดลองที่ 2-5 ใส่อัตรา 12, 3 และ 6 กก.N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ส่วนตำรับทดลองที่ 6-9 ใส่อัตรา 13.2, 3.3 และ 6.6 กก.N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าวิเคราะห์ดิน) สำหรับการใส่ปุ๋ยซิลิคอน (แคลเซียมซิลิเกต, Ca_2SiO_4) แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลอง (ผสมคลุกเคล้าและใส่ร่วมไปกับปุ๋ยเคมี) ที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก โดยใส่อัตรา 20, 30 และ 40 กิโลกรัมต่อไร่ในตำรับทดลองที่ 3 กับ 7 ตำรับทดลองที่ 4 กับ 8 และตำรับทดลองที่ 5 กับ 9 ตามลำดับ

การเก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ผลผลิตต่อไร่ จำนวนลำต่อไร่ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักต่อลำ จำนวนปล้องต่อลำ ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาล นอกจากนี้ วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำ ได้แก่ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามที่ได้อธิบายไว้โดยทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข (2542) และความเข้มข้นของธาตุซิลิคอนตามวิธีของ Nayer *et al*. (1975) โดยข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT)

Table 2 Detail of treatments.

Treatments	Describes	Symbols	Quantity of major elements (kgN-P_2O_5-K_2O per rai)
T_1	no chemical fertilizer	control	0-0-0
T_2	the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis	$IF_{DOA_100\%}$	12-3-6
T_3	the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 20 kg/rai of Si	$IF_{DOA_100\%}$+Si_{20}	12-3-6
T_4	the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 30 kg/rai of Si	$IF_{DOA_100\%}$ + Si_{30}	12-3-6
T_5	the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 40 kg/rai of Si	$IF_{DOA_100\%}$ + Si_{40}	12-3-6
T_6	the application of 110% of chemical fertilizer based on soil chemical analysis	$IF_{DOA_110\%}$	13.2-3.3-6.6
T_7	the application of 110% of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 20 kg/rai of Si	$IF_{DOA_110\%}$ + Si_{20}	13.2-3.3-6.6
T_8	the application of 110% of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 30 kg/rai of Si	$IF_{DOA_110\%}$ + Si_{30}	13.2-3.3-6.6
T_9	the application of 110% of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 40 kg/rai of Si	$IF_{DOA_110\%}$ + Si_{40}	13.2-3.3-6.6

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับซิลิคอนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์ลำปาง ปรากฏผลดังนี้

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย

ผลผลิตและจำนวนลำต่อไร่

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับซิลิคอนอัตราต่างๆ มีผลให้ผลผลิตอ้อยสดและจำนวนลำต่อไร่ของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%}$ + Si_{40}) มีผลให้ผลผลิตของอ้อยมากที่สุด (22.69 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%}$ + Si_{30}) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%}$ + Si_{20}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิตอ้อยสดของอ้อยต่ำที่สุด (13.63 ตัน/ไร่) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_100\%}$ +Si_{20}) มีผลให้จำนวนลำต่อไร่ของอ้อยมากที่สุด (10,645 ลำ/ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA_100\%}$) และตำรับควบคุม (control) ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA_110\%}$) มีผลให้จำนวนลำต่อไร่ของอ้อยน้อยที่สุด (9,013 ลำ/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_100\%}$ + Si_{30}) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_100\%}$ + Si_{40})

ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักต่อลำ และจำนวนปล้องต่อลำ

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับซิลิคอนอัตราต่างๆ มีผลให้ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักต่อลำ และจำนวนปล้องต่อลำของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3 และ Table 4) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%}$ + Si_{40}) มีผลให้ความยาวลำของอ้อยมากที่สุด (313.61 เซนติเมตร) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%}$ + Si_{30}) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%}$ + Si_{40}) ยังมีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำและน้ำหนักต่อลำของอ้อยมากที่สุด (3.17 เซนติเมตร และ 2.35 กก./ลำ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%}$ + Si_{30}) การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%}$ + Si_{20}) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_100\%}$ + Si_{40}) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_100\%}$ + Si_{30}) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%}$ + Si_{40}) มีผลให้จำนวนปล้องต่อลำของอ้อยมากที่สุด (31.43 ปล้อง/ลำ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%}$ + Si_{30}) การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%}$ + Si_{20}) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_100\%}$ + Si_{40}) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_100\%}$ + Si_{30}) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA_110\%}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักต่อลำ และจำนวนปล้องต่อลำของอ้อยน้อยที่สุด (268.37 เซนติเมตร, 2.51 เซนติเมตร, 1.36 กก./ลำ และ 24.59 ปล้อง/ลำ ตามลำดับ)

Table 3 Yields, number of stalks/rai, stalk heights and stalk diameters of sugarcane at 12 MAP.

Treatments	yields (ton/rai)	numbers of stalk (stalk/rai)	stalk heights (cm)	stalk diameters (cm)
T_1 = control	13.63$^{e\ 1/}$	10,021$^{c\ 1/}$	268.37$^{f\ 1/}$	2.51$^{e\ 1/}$
$T_2 = IF_{DOA_100\%}$	18.42^{d}	10,351^{b}	285.29^{e}	2.87^{d}
$T_3 = IF_{DOA_100\%} + Si_{20}$	19.48^{d}	10,645^{a}	290.36^{de}	2.93^{cd}
$T_4 = IF_{DOA_100\%} + Si_{30}$	20.23^{cd}	9,156^{e}	297.51^{c}	3.05^{abc}
$T_5 = IF_{DOA_100\%} + Si_{40}$	20.56^{bcd}	9,182^{e}	301.53^{bc}	3.08^{ab}
$T_6 = IF_{DOA_110\%}$	19.64^{d}	9,013^{e}	295.30^{cd}	3.01^{bc}
$T_7 = IF_{DOA_110\%} + Si_{20}$	21.87^{abc}	9,594^{d}	305.42^{b}	3.11^{ab}
$T_8 = IF_{DOA_110\%} + Si_{30}$	22.34^{ab}	9,588^{d}	308.55^{ab}	3.15^{a}
$T_9 = IF_{DOA_110\%} + Si_{40}$	22.69^{a}	9,658^{d}	313.61^{a}	3.17^{a}
F-test	**	**	**	**
C V (%)	15.72	15.22	13.18	12.27

$^{1/}$ mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

* indicated significant difference at P< 0.05 ** indicated significant difference at P< 0.01

ค่า commercial cane sugar (CCS) และผลผลิตน้ำตาล

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับซิลิคอนอัตราต่างๆ มีผลให้ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%} + Si_{40}$) มีผลให้ค่า CCS ของอ้อยมากที่สุด (11.83 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%} + Si_{30}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%} + Si_{20}$) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%} + Si_{40}$) ยังมีผลให้ผลผลิตน้ำตาลของอ้อยมากที่สุด (2.68 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%} + Si_{30}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยน้อยที่สุด (8.49 เปอร์เซ็นต์ และ 1.16 ตัน/ไร่ ตามลำดับ)

Table 4 Weight/stalk, number of internode/stalk, CCS and sugar yield of sugarcane at 12 MAP.

Treatments	Weight/stalk (kg)	number of internode/stalk	CCS (%)	Sugar yields (ton/rai)
T_1 = control	1.36$^{d\ 1/}$	24.59$^{c\ 1/}$	8.49$^{d\ 1/}$	1.16$^{f\ 1/}$
$T_2 = IF_{DOA_100\%}$	1.78^{c}	28.53^{b}	10.10^{c}	1.86^{e}
$T_3 = IF_{DOA_100\%} + Si_{20}$	1.83^{c}	28.76^{b}	10.21^{c}	1.99^{de}
$T_4 = IF_{DOA_100\%} + Si_{30}$	2.21^{ab}	30.62^{a}	10.78^{bc}	2.18^{c}
$T_5 = IF_{DOA_100\%} + Si_{40}$	2.24^{ab}	30.83^{a}	10.81^{bc}	2.22^{c}
$T_6 = IF_{DOA_110\%}$	2.18^{b}	30.51^{a}	10.65^{bc}	2.09^{cd}
$T_7 = IF_{DOA_110\%} + Si_{20}$	2.28^{ab}	31.11^{a}	11.36^{ab}	2.48^{b}
$T_8 = IF_{DOA_110\%} + Si_{30}$	2.33^{ab}	31.26^{a}	11.60^{a}	2.59^{ab}
$T_9 = IF_{DOA_110\%} + Si_{40}$	2.35^{a}	31.43^{a}	11.83^{a}	2.68^{a}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	13.87	13.31	13.88	12.02

$^{1/}$ mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

** indicated significant difference at P< 0.01

ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อย

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับซิลิคอนอัตราต่างๆ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และซิลิคอนที่สะสมในท่อนลำของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%} + Si_{40}$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด (0.250, 0.085 และ 0.455 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%} + Si_{30}$) การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%} + Si_{20}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA_110\%}$) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%} + Si_{40}$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุซิลิคอนที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด (2.28 mg/kg) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_100\%} + Si_{40}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_110\%} + Si_{30}$) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่($IF_{DOA_100\%} + Si_{30}$) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และซิลิคอนที่สะสมในท่อนลำของอ้อยน้อยที่สุด (0.091 เปอร์เซ็นต์, 0.042 เปอร์เซ็นต์, 0.357 เปอร์เซ็นต์ และ 0.53 mg/kg ตามลำดับ)

Table 5 Concentrations of plant nutrients and Si in stalk of sugarcane at 12 MAP.

Treatments	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)	Total Si (mg/kg)
T_1 = control	0.091$^{d\ 1/}$	0.042$^{d\ 1/}$	0.357$^{e\ 1/}$	0.53$^{f\ 1/}$
$T_2 = IF_{DOA_100\%}$	0.218^{c}	0.062^{c}	0.424^{d}	0.77^{e}
$T_3 = IF_{DOA_100\%} + Si_{20}$	0.226^{bc}	0.066^{bc}	0.430^{cd}	1.36^{d}
$T_4 = IF_{DOA_100\%} + Si_{30}$	0.227^{bc}	0.068^{b}	0.432^{cd}	1.63^{c}
$T_5 = IF_{DOA_100\%} + Si_{40}$	0.230^{b}	0.071^{b}	0.435^{bcd}	2.14^{b}
$T_6 = IF_{DOA_110\%}$	0.241^{a}	0.079^{a}	0.443^{abc}	0.83^{e}
$T_7 = IF_{DOA_110\%} + Si_{20}$	0.242^{a}	0.080^{a}	0.448^{ab}	1.42^{d}
$T_8 = IF_{DOA_110\%} + Si_{30}$	0.246^{a}	0.083^{a}	0.451^{a}	1.68^{c}
$T_9 = IF_{DOA_110\%} + Si_{40}$	0.250^{a}	0.085^{a}	0.455^{a}	2.28^{a}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	12.69	13.72	12.73	13.98

$^{1/}$ mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

** indicated significant difference at P< 0.01

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับซิลิคอน มีแนวโน้มให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต รวมทั้งความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อยดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่เพียงอย่างเดียว ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (control) มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต รวมทั้งความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อยต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการสร้างผลผลิตของพืช (ชัยสิทธิ์ ทองจู และปาจรีย์ แน่นหนา, 2552; นรีรัตน์ ชูช่วย และคณะ, 2553; วิษณุ จีนยิ้ว และคณะ, 2556; ชัยสิทธิ์ ทองจู และคณะ, 2560) นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับซิลิคอนในอัตราที่สูงขึ้น (ตำรับทดลองที่ 6-9) มีผลให้ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อยโดยภาพรวมสูงกว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับซิลิคอนในอัตราที่ต่ำกว่า (ตำรับทดลองที่ 2-5)

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับซิลิคอนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่มีผลให้ผลผลิตอ้อยสด ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักต่อลำ จำนวนปล้องต่อลำ ค่า CCS ผลผลิตน้ำตาล ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่หรือการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ยังมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุซิลิคอนที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมาก

ที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยซิลิคอนอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำปุ๋ยเคมีใช้ร่วมกับซิลิคอนสำหรับการปลูกอ้อย ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยโดยภาพรวมค่อนข้างดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินในช่วงที่ทำการศึกษาด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการวิจัย ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) รวมทั้งบริษัท วาย.วี.พี เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด ที่สนับสนุนปุ๋ยเคมีตลอดระยะการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. 21-24 น. ใน เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ชัยสิทธิ์ ทองจู และปาจรีย์ แน่นหนา. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปีที่ 1). วารสารดินและปุ๋ย. 31 (1) : 6-26.

ชัยสิทธิ์ ทองจู, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ศุภชัย อำคา และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2560. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้ของโรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตอ้อย และสมบัติของดิน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 6 (1) : 21-32.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นรีรัตน์ ชูช่วย ชัยสิทธิ์ ทองจู และศุภชัย อำคา. 2553. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโต
และผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 21-32. ใน การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2556. สารปรับปรุงดิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยุคเลศร์ อุ่นใจ. 2559. สถิติปริมาณปุ๋ยเคมีนำเข้า. วารสารดินและปุ๋ย. 38 (1-4) : 84.

ระวิวรรณ โชติพันธ์ ชัยสิทธิ์ ทองจู กุมุท สังขศิลา จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์.2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝน, น. 60-71. ใน การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

วิษณุ จีนยิ้ว ชัยสิทธิ์ ทองจู ศุภชัย อำคา ทศพล พรพรหม และศิริสุดา บุตรเพชร. 2556. การใช้ประโยชน์ของ
วัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของอ้อย, น. 86-99. ใน การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ศิริสุดา บุตรเพชร ชัยสิทธิ์ ทองจู กุมุท สังขศิลา จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์. 2552. การจัดการ

ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝน, น. 51-62. *ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ,* นครปฐม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2556-2558. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.

Guntzer, F., C. Keller and J.D. Meunler. 2012. Benefits of plant silicon for crops: a review. Agron. Sustain. Develop. 32: 201-213.

Haynes, R.J. 2014. A contemporary overview of silicon availability in agricultural soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 177: 831-834.

McCray, J.M., R.W. Rice, L.V. Ezenwa, T.A. Lang and L. Beucum. 2013. Sugarcane plant nutrient diagnosis. Agronomy Department, Florida.

Nayer, P.K., Misra, A.K. and K.S. Patnai. 1975. Rapid microdetermination of silicon in rice plant. Plant and Soil. 42: 491-494.

Pratt, P.F. 1965. Potassium. p. 1022-1030. In C.A. Black, ed. Methods of Soil Analysis. Part II. Amer. Soc. of Agron, Inc. Madison, Wisconsin.

Rice, R.W., R.A. Gilbert and J.M. McCray. 2010. Nutritional requirements for Florida sugarcane. Agronomy Department, Florida.

Savant, N.K., L.E. Dantnoff and G.H. Synder. 1997. Depletion of plant available silicon in soil: a possible cause of declining rice yields. Common. Soil Sci. Plant Anal. 28: 1245-1252.

Soil Survey Staff. 2003. Key to Soil Taxonomy: Ninth Edition. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C. 332 p.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

วันรับบทความ (Received date) : 2 พ.ย. 60
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 23 ก.พ. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 8 มิ.ย. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 303-312

การศึกษาดินที่มีลักษณะรีดอกซ์ในบริเวณช่วงต่อระหว่างที่ลุ่มและที่ดอนของแอ่งโคราช

A Study of Soils with Redoximorphic Features in Lowland-Upland Transition Zone of Khorat Basin

มัชฌิมา คำลอย[1] เสาวนุช ถาวรพฤกษ์[1]* ณัฐพล จิตมาตย์[1] และเอิบ เขียวรื่นรมณ์[1]

Muchima Kamloy[1], Saowanuch Tawornpruek[1]*, Natthapol Chittamart[1] and Irb Kheoruenromne[1]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้คัดเลือกดินที่เป็นตัวแทน 6 พีดอน เพื่อนำมาวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของดิน สมบัติทางฟิสิกส์ เคมี จุลสัณฐานวิทยาและแร่วิทยา ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน จำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน และจำแนกความเหมาะสมของที่ดินต่อการใช้ปลูกพืชเศรษฐกิจ พบว่า แอ่งโคราชเป็นแอ่งตื้นลูกคลื่นลอนลาด สูงจากระดับทะเลปานกลางในพิสัย 100-200 เมตร ดินมีพัฒนาการสูง และ มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ วัตถุต้นกำเนิดส่วนใหญ่มาจากตะกอนน้ำพา วัสดุตกค้างจากหินทรายและตะกอนล้างผิวดิน พีดอน 1 ไม่พบลักษณะรีดอกซ์ พีดอน 2-3 พบที่ความลึก 90 และ 72 เซนติเมตร ตามลำดับ พีดอน 4-6 พบตั้งแต่ผิวดินลงไป อยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Kandiustults, Kandiustalfs, Plinthaquults, Plinthaqualfs และ Endoaqualfs ความหนาแน่นรวมของดินค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูง (1.34-1.71 Mg m^{-3}) ค่าความจุความชื้นสนามในพิสัยร้อยละ 41-72 จุดเหี่ยวถาวรพิสัยร้อยละโดยน้ำหนัก 40-61 ค่าน้ำใช้ประโยชน์ได้พิสัยร้อยละโดยน้ำหนัก 3-10 ดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นกลาง (pH 4.04-6.76) อินทรียวัตถุต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ (0.67-13.46 g kg^{-1}) ไนโตรเจนรวมต่ำมาก (0-0.49 g kg^{-1}) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมากถึงสูง (0.70-32.67 mg kg^{-1}) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก (2.36-28.45 mg kg^{-1}) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (1-11 cmol kg^{-1}) เบสที่สกัดได้ต่ำถึงต่ำมาก (0.14-6.72 cmol kg^{-1}) กรดที่สกัดได้ต่ำมากถึงปานกลาง (0.25-4.99 cmol kg^{-1}) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำถึงสูง (4-97%) สมบัติทางแร่วิทยาในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว พบว่าทุกพีดอนไม่มีแร่ใดเป็นแร่เด่น ลักษณะจุลสัณฐานที่แสดงถึงสภาพรีดอกซ์ คือมีการเคลือบของเหล็กตามผนังช่องว่างและการสะสมของเหล็กและ/หรือแมงกานีสออกไซด์ในเนื้อพื้น ซึ่งพบในพีดอน 2-6 จำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์เป็น Ldakme, SLdakme, Lgakme และ Lgkme และมีชั้นความเหมาะสมของดินต่อการปลูกพืชเศรษฐกิจโดย พีดอน 1-2 ไม่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว (N) แต่มีความเหมาะสมเล็กน้อยถึงปานกลางต่อการปลูกพืชไร่และยางพารา (S3-sn และ S2-sn) สำหรับพีดอน 3-6 เนื่องจากมีสภาพการขังน้ำ จึงสามารถปลูกข้าวได้ (S3-sn และ S2-sn)

คำสำคัญ: อัลทิซอล แอลฟิซอล สมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ดิน ความเหมาะสมของดิน การใช้ที่ดิน

Abstract

A study of soils with redoximorphic features in lowland-upland transition zone of Khorat Basin was carried out on six representative areas for their morphology, physicochemical properties, micromorphological and mineralogical characteristics to assess fertility level, fertility capability soil classification and land suitability for economic crops. Results revealed that Khorat Basin has undulating surface on an elevation range of 100-200 m MSL. All soils are highly developed having low fertility. They developed on wash over residuum from sandstone, wash, alluvium, alluvium over residuum. Pedon 1 does not have redoximorphic features. Pedons 2 and 3 show the features at a depth of 90 and 72 cm,

[1]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

respectively. Pedons 4-6 show redoximorphic features starting from the soil surface. The soils are Kandiustults, Kandiustalfs, Plinthaquults, Plinthaqualfs and Endoaqualfs. Bulk density of the soils ranges from moderately low to moderately high (1.34-1.71 Mg m^{-3}), field capacity at 41-72% by weight., permanent wilting point at 40-61% by weight moisture content, available water capacity 3-10% by weight. The soils pH are extremely acid to neutral (pH 4.04-6.76) and they have very low to moderately low organic matter (0.67-13.46 g kg^{-1}), very low total nitrogen (0-0.49 g kg^{-1}), very low to high available phosphorus (0.70-32.67 mg kg^{-1}), very low available potassium (2.36-28.45 mg kg^{-1}), moderately low to moderate cation exchange capacity (1-11 cmol kg^{-1}), very low to low total extractable bases (0.14-6.72 cmol kg^{-1}), very low to moderate extractable acidity (0.25-4.99 cmol kg^{-1}) and low to high base saturation percentages (4-97 %). In clay fraction, all soils have mixed mineralogy. Micromorphologically, the features indicative of redoximorphic feature are intrusive and impregnative in Pedons 2-6. The soils fertility capability units include Ldakme, SLdakme, Lgakme, Lgkme. Pedons 1-2 are not suitable (N) for paddy rice but marginally to moderately suitable (S3-sn to S2-sn) for growing upland crops and para rubber. Pedons 3-6 that have aquic condition which are marginally to moderately suitable (S3-sn to S2-sn) for paddy rice.

Keyword: Ultisols, Alfisols, Fertility capability classification, Soil suitability, Land use

คำนำ

ลักษณะรีดอกซ์ (redoximorphic features) ของดินสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้สภาพความชื้นของดินในบริเวณที่พบได้ โดยจะชี้บ่งถึงสภาพการขังน้ำ (aquic condition) สภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำ (water saturation) การลดลงและเพิ่มขึ้นของออกซิเจน (redox) ในระบบดิน (Vepraskas, 2004) ลักษณะรีดอกซ์ของดินจึงเป็นลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากสภาวะการขังน้ำ ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไป ดินที่มีสีเทาหรือมีค่ารงค์ (chroma) ≤ 2 สามารถใช้บอกสภาพการอิ่มตัวด้วยน้ำ และการลดออกซิเจนได้ หรือมีสีจุดประของเหล็ก 2.5YR หรือ 5Y เป็นตัวบ่งชี้

ในปัจจุบันการเลือกพืชปลูกในบริเวณช่วงต่อระหว่างที่ลุ่มและที่ดอนของแอ่งโคราชจะเลือกพืชปลูกตามสถานการณ์ราคาของพืชในปัจจุบัน ซึ่งสภาพขังน้ำของดินอาจเป็นข้อจำกัดในการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด แต่เพราะขอบเขตของบริเวณช่วงต่อระหว่างที่ลุ่มและที่ดอนของแอ่งโคราชรวมถึงการจำแนกดินบริเวณดังกล่าวนี้ยังไม่ชัดเจน จึงยังไม่สามารถทราบสภาพความชื้นของดินที่ชัดเจนได้ ฉะนั้นข้อมูลดังกล่าวจึงมีความจำเป็น เพื่อเป็นทางเลือกในการเพาะปลูกได้อย่างเหมาะสม เป็นการเพิ่มศักยภาพทางการเกษตรในพื้นที่ โดยเฉพาะการวางแผนเลือกพืชปลูกให้ถูกช่วงเวลาของความชื้นที่เหลืออยู่ โดยในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะ และสมบัติของดินบริเวณช่วงต่อระหว่างที่ลุ่มและที่ดอนของแอ่งโคราช อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด เพื่อประเมินศักยภาพทางการเกษตรของดิน และเสนอแนะแนวทางในการจัดการดินในพื้นที่ที่ศึกษา

วิธีการศึกษา

วางแผนก่อนออกสำรวจภาคสนามโดยการศึกษาชนิด ปริมาณ และการแจกกระจายของดิน ในบริเวณที่ศึกษา โดยใช้แผนที่ดินมาตราส่วน 1:100,000 ของกองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจดิน, 2531) พร้อมทั้งศึกษาข้อมูลด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาพการขังน้ำในบริเวณที่ศึกษา แล้วคัดเลือกจุดที่จะทำการเก็บตัวอย่างดิน

จากนั้นเลือกเก็บตัวอย่างดินทั้งแบบที่ถูกรบกวนและไม่ถูกรบกวน โดยตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนจะนำมาศึกษาลักษณะการนำน้ำของดิน (hydraulic conductivity) และศึกษาจุลสัณฐานวิทยาของดิน (soil micromorphology) (เอิบ เขียวรื่นรมณ์, 2548; Buol *et al*., 2011) วิเคราะห์แร่วิทยา (Jackson, 1965; Whittig, 1965) สมบัติทางฟิสิกส์ วิเคราะห์การกระจายของขนาดอนุภาค (particle size distribution) (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) (Blake and Hartge, 1986; National Soil Survey Center, 1996) สภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity) ความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) และความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available water capacity, AWC) (Klute, 1965) สมบัติทางเคมี วิเคราะห์พีเอชดิน (soil pH) (National Soil Survey Center, 1996) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon) (Nelson and Sommers, 1996) ไนโตรเจนรวม (total nitrogen) (Jackson, 1965) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) (Pratt, 1965) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity: CEC) (Chapman, 1965) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผล (effective cation exchange capacity) (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996) เบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) สภาพกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) (Peech *et al*., 1974)อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage) (National Soil Survey Center, 1996) ภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) (Richards, 1954; Faithfull, 2002) อะลูมินัมที่สกัดได้ (extractable Al) (Thomas, 1982)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพพื้นที่และสัณฐานวิทยา

สภาพพื้นที่ศึกษาทั้ง 6 พีดอน (Figure 1, Table 1) เป็นลูกคลื่นลอนลาด สูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 100-200 ม. ดินมีพัฒนาการสูง ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ วัตถุต้นกำเนิดเป็นวัสดุตกค้างจากหินทราย ตะกอนล้างผิวดินท้องถิ่น ตะกอนน้ำพา และตะกอนน้ำพาบนวัสดุตกค้างจากหินตะกอน พบจุดประซึ่งบอกถึงระดับการเคลื่อนที่ขึ้นลงของน้ำใต้ดินและลักษณะที่เกิดจากการขังน้ำหรือลักษณะรีดอกซ์ภายในหน้าตัดดิน พบดินเหนียวปริมาณตั้งแต่เล็กน้อยถึงค่อนข้างมากเป็นสะพานเชื่อมระหว่างเม็ดดิน โดยจะมีปริมาณการสะสมเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทราย มีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนและก้อนกึ่งเหลี่ยมมุมคมที่มีความคงทนเล็กน้อยถึงปานกลาง

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แสดงถึงสภาพรีดอกซ์ของดิน เริ่มพบในพีดอน 2 และ 3 ที่ความลึก 90 และ 72 ซม.ตามลำดับ พีดอน 4-6 พบตั้งแต่ผิวดิน โดยพบว่าสีพื้นมีค่ารงค์ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 2 (10YR5/1, 10YR4/1, 7.5YR7/2, 7.5YR6/2, 7.5YR5/2, 7.5YR5/1, 7.5YR4/1, 5YR7/2, 5YR7/1, 5YR6/2) ร่วมกับการพบจุดประสีน้ำตาลเข้ม (7.5YR5/8) สีแดงปนเหลือง (5YR5/8) สีแดง (2.5YR5/8) สีน้ำตาลแดง (2.5YR3/4) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากเหล็กออกไซด์ที่มีอยู่ในดินและพบจุดประสีดำ (7.5YR2.5/1) ที่ได้รับอิทธิพลจากแมงกานีสออกไซด์ ในพีดอน 5 และ พีดอน 6 นอกจากนี้ในพีดอน 1 และ 2 ยังพบว่าที่ช่วงความลึก 130-175 ซม. และ 20-90 ซม. ตามลำดับ อาจจะเป็นบริเวณที่มีการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินเพราะพบ จุดประสีแดง สีแดงปนเหลืองและสีน้ำตาลเข้มด้วย ซึ่งสอดคล้องกับที่ Vepraskas (2004) ได้รายงานไว้

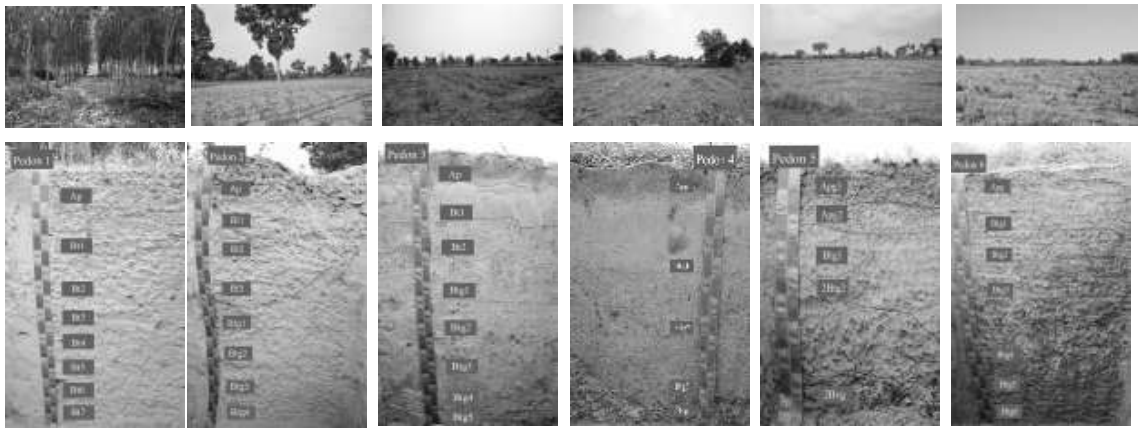


Figure 1 The soil profiles and present land uses of the studied sites.

Table 1 Environmental setting of the studied sites.

Pedon	Ap (cm)	Depth (cm)	Soil Horizon	Slope (%)	Geography	Physiography	Parent material
Pedon 1	30	200	Ap-Bt	5	Undulating	Residual hill	Residuum derived from sandstone
Pedon 2	20	200+	Ap-Bt	2-3	Undulating	Lower part of residual hill	Local wash
Pedon 3	20	200+	Ap-Bt-Btg	0-1	Rearly flat	Low terrace	Alluvium
Pedon 4	15	180	Apg-Btg-Bvg	1	Nearly flat	Low terrace	Alluvium
Pedon 5	15	100+	Apg- Btg-2Btg-2Bvg	1	Nearly flat	Low terrace	Alluvium over residuum derived from sedimentary rock
Pedon 6	12	175+	Apg-Btg	1	Nearly flat	Low terrace	Alluvium

สมบัติทางฟิสิกส์

การแจกกระจายของดิน (Figure 2) พบว่า ส่วนใหญ่มีการแจกกระจายอนุภาคขนาดทรายมากกว่าอนุภาคขนาดอื่น อยู่ในพิสัย 607-830 ก./กก. พบในชั้นดินบนมากกว่าในชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เนื่องจากอิทธิพลการกร่อนโดยน้ำ และการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ร่วมกับการชะอนุภาคขนาดเล็กจากชั้นดินบนไปสะสมในชั้นดินล่างโดยน้ำ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Buol *et al*., 2011) แสดงให้เห็นว่าดินมีพัฒนาการสำหรับพีดอน 6 ซึ่งมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายทรายแป้งมากกว่าทุกพีดอนอย่างชัดเจน อยู่ในพิสัย 267-582 ก./กก. แสดงให้เห็นว่าเป็นดินค่อนข้างใหม่ เนื่องจากพีดอน 6 เป็นตะกอนน้ำ ซึ่งมีการตกตะกอนในแนวดิ่ง ตะกอนที่มีน้ำหนักมากกว่าจะตกสู่ท้องธารก่อนส่วนพวกที่มีน้ำหนักเบาจะตกภายหลัง (อัญชลี สุทธิประการ และคณะ, 2555) จนเมื่อน้ำแห้งไปก็จะพบเป็นดินเนื้อละเอียดซึ่งยังเป็นดินที่ยังมีธาตุอาหารที่เป็นเบสหลงเหลืออยู่ หรืออีกนัยหนึ่งว่า พีดอน 6 ยังผ่านกระบวนการพุพังมาไม่มาก

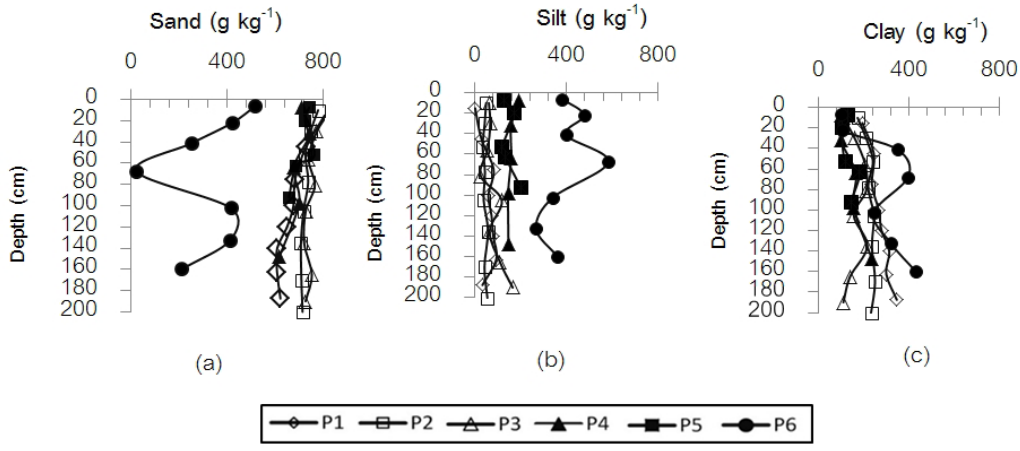


Figure 2 Depth function diagram of (a) sand (b) silt and (c) clay content within soils profiles.

ค่าความหนาแน่นรวมของดินส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื่องจากดินบนมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าดินล่างจึงส่งผลให้ดินบนมีความหนาแน่นรวมน้อยกว่า อีกทั้งมีการเคลื่อนย้ายดินเหนียวสู่ชั้นดินล่าง ทำให้ดินมีแนวโน้มอัดตัวกันมากขึ้นตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (Weil and Brady, 2016) ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินปานกลางถึงเร็วมาก (พิสัย 2.52-56.52 ซม./ซม.) สอดคล้องกับค่าความหนาแน่นรวมของดิน และยังสอดคล้องกับการแจกกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดินซึ่งอยู่ในกลุ่มเนื้อดินทรายเป็นส่วนใหญ่ ทำให้การซึมผ่านของน้ำเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว

จาก Figure 3 ค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้มีค่าสูงในพีดอน 4-6 จะเห็นว่าพีดอน 6 มีปริมาณดินเหนียวและทรายแป้งสูงกว่าทุกพีดอน ซึ่งอนุภาคทั้งสองขนาดนี้จะมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดกลางที่สามารถกักเก็บความชื้นได้มาก ในขณะที่พีดอน 4-5 มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายใกล้เคียงพีดอน 1-3 แต่พีดอน 4-5 จะมีปริมาณดินเหนียวน้อยกว่า ทำให้มีช่องว่างขนาดเล็กที่กักเก็บความชื้นได้สูงน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพีดอน 4-5 อยู่ในที่ลุ่มต่ำกว่าพีดอน 1-3 จึงมีค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ที่สูงกว่า

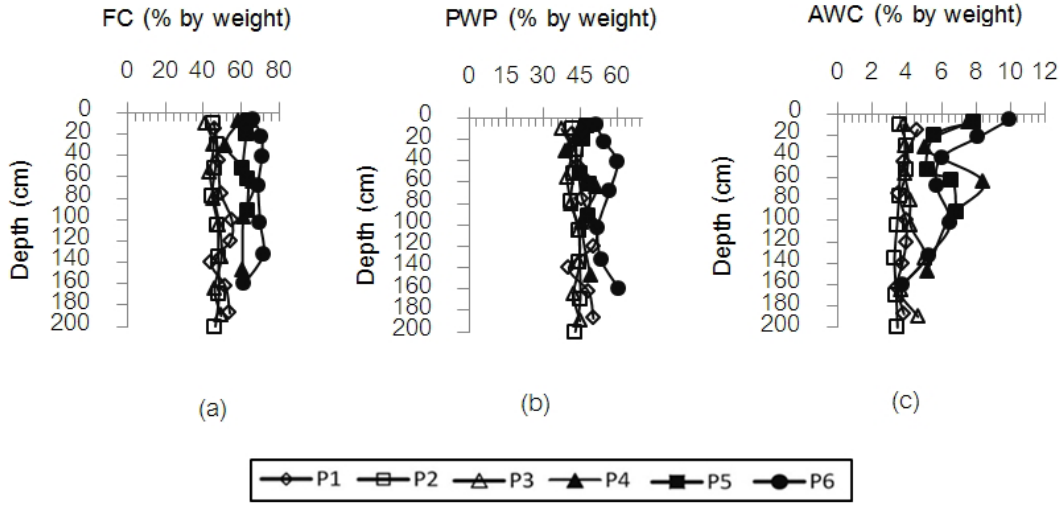


Figure 3 Depth function of (a) field capacity (b) permanent wilting point and (c) available water capacity within soils profiles.

สมบัติทางเคมี

ดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นกลาง (pH 4.04-6.76) โดยส่วนใหญ่เป็นกรดจัด และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ (Figure 4(a)) เนื่องมาจากดินมีพัฒนาการค่อนข้างดี และมีการชะละลายสูง (Sanchez, 1976) อีกทั้งเป็นดินในกลุ่มเนื้อหยาบ มีแร่ดินเหนียวกิจกรรมต่ำ ทำให้มีการสูญเสียแคตไอออนที่เป็นด่างซึ่งเคยมีอยู่ในระบบดินออกไปได้ง่าย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Bloom and Grigal, 1985; Ulrich, 1991; Bloom, 2000; Weil and Brady, 2016) ส่งผลให้ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ และยังมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำมาก ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปในดินเขตร้อน โดยสภาพอากาศร้อนชื้นจะเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน (เอิบ เขียวรื่นรมณ์, 2548) ในพีดอน 1, 3 และ 4 ดินมีอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำกว่าร้อยละ 35 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ส่วนในพีดอน 2, 5 และ 6 ดินมีอัตรา ร้อยละความอิ่มตัวเบสสูงกว่าร้อยละ 35 (Figure 4(b)) แสดงว่าการชะละลายยังไม่เต็มที่ทำให้เหลือธาตุประจุบวกที่เป็นด่างสะสมอยู่ในชั้นหน้าตัดดิน ซึ่งทำให้ดินมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากมีเบสหลงเหลืออยู่มาก (Buol *et al*., 2011)

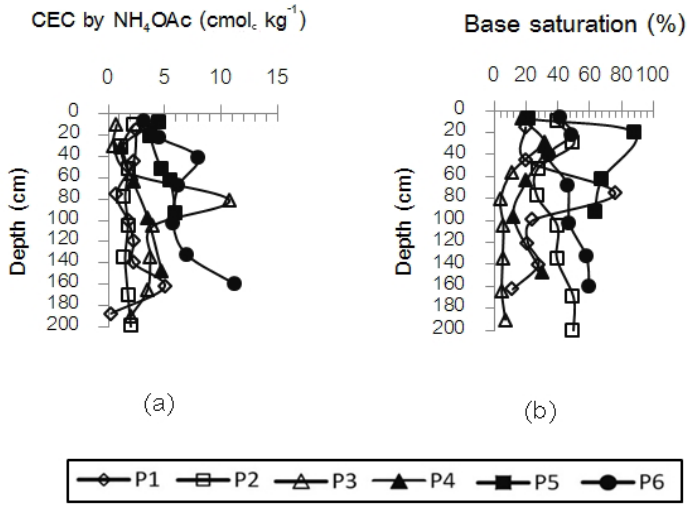


Figure 4 Depth function diagrams of some chemical properties for each soil (a) CEC by NH_4OAc ($cmol_c$ kg^{-1}) (b) Base saturation (%).

ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยา

ดินส่วนใหญ่มีโครงสร้างเป็นแบบอนุภาคละเอียดล้อมรอบอนุภาคหยาบ (Pellicular grain structure) และโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky structure) พบแร่ควอตซ์ที่มีเหล็กออกไซด์เข้าไปแทรกในรอยแตก (runniquartz) และในพีดอน 6 จะพบช่องว่างขนาดใหญ่ (vughs) และพบว่าส่วนใหญ่สัดส่วนของอนุภาคหยาบสูงกว่าอนุภาคละเอียด ยกเว้นพีดอนที่ 6 ที่มีสัดส่วนของอนุภาคละเอียดสูงกว่าอนุภาคหยาบ (Bullock *et al*., 1985)

ลักษณะที่แสดงถึงสภาพรีดอกซ์ ในพีดอน 1 พบร่องรอยการเคลื่อนที่ของน้ำในชั้นดินล่างเนื่องจากพบจุดประสีแดงปนเหลือง ในพีดอน 2 และ 3 พบร่องรอยการขังน้ำในชั้นดินล่าง ส่วนพีดอน 4-6 พบตั้งแต่ชั้นดินบนลงไป มีการเคลือบของเหล็กออกไซด์ตามผนังช่องว่าง (intrusive) (Figure 5(a)) พบในพีดอน 4 ชั้น Btg2 พีดอน 5 ชั้น 2Btg2 และในพีดอน 6 ชั้น Btg1-Btg4 กับการสะสมแบบ hypocoating (Figure 5(b)) ซึ่งจะพบในทุกชั้นดินที่มีการสะสมแบบ intrusive ที่มีการแยก/สะสมเหล็กและ/หรือแมงกานีสออกไซด์ในเนื้อพื้น (impregnative) (Figure 5(c)) ซึ่งเป็น

ลักษณะที่แทบจะพบในทุกชั้นดินของพีดอน 3-6 และยังพบในชั้นดินบนของพีดอน 4-6 ด้วย ซึ่งลักษณะนี้จะส่งผลให้เนื้อพื้นบริเวณข้างเคียงเป็นสีเทา (Figure 5(d))

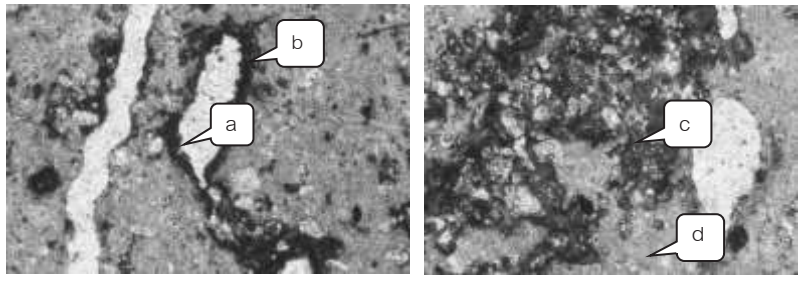


Figure 5 Micromorphological features in plane light in Pedon 5 of 2Btg2.

ลักษณะเชิงแร่วิทยาของดิน

องค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว ของพีดอน 1-4 พบว่ามีแร่เด่นเป็น kaolinite พีดอน 5-6 พบ kaolinite ระดับปานกลางและไม่มีแร่เด่น แร่อื่น ๆ ได้แก่ แร่ smectite พบเพียงเล็กน้อยในพีดอน 2-4 และพบระดับปานกลางในพีดอน 5-6 แร่ quartz พบในพีดอน 2-6 ในปริมาณน้อยถึงน้อยมาก

การจำแนกดิน

พีดอนที่ 1 Fine-loamy, mixed, isohyperthermic Typic Kandiustult

พีดอนที่ 2 Fine-loamy, mixed, isohyperthermic Typic Kandiustalf

พีดอนที่ 3 Fine-loamy, mixed, isohyperthermic Aquic Kandiustult

พีดอนที่ 4 Coarse-loamy, mixed , subactive, isohyperthermic Kanhaplic Plinthaquult

พีดอนที่ 5 Coarse-loamy, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Plinthaqualf

พีดอนที่ 6 Fine, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Endoaqualf

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยใช้ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมี (กองสำรวจดิน, 2523) พบว่าดินส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ยกเว้นในดินบนของพีดอนที่ 2, 3 และ 6 เท่านั้นมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง เนื่องจากปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง ร่วมกับมีปริมาณร้อยละการอิ่มตัวด้วยเบสที่สูง ในขณะที่ชั้นดินในพีดอนอื่น ๆ มีค่าเหล่านี้ต่ำ

จำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Sanchez *et al.*, 2003) ทุกพีดอนจะมีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มดินร่วน (L) ยกเว้นดินชั้นบนของพีดอน 3 ที่มีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มดินทราย (S) โดยที่พีดอน 1-3 เป็นดินแห้งมีระบอบความชื้นแบบ ustic (d) โดยมีข้อจำกัดคือ ดินมีความเป็นกรด (a) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (k) คาร์บอนอินทรีย์ (m) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและค่าเบสที่สกัดได้ (e) ต่ำ ประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ได้ดังนี้ พีดอน 1-2 และดินชั้นล่างของพีดอน 3 เป็น Ldakme ส่วนดินชั้นบนของพีดอน 3 เป็น SLdakme พีดอน 4-6 มีระบอบความชื้นเป็นแบบ aquic (g) ดินบนมีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มดินร่วน (L) โดยมีข้อจำกัดคือ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (k) คาร์บอนอินทรีย์ (m) ความจุ แลกเปลี่ยนแคตไอออนและค่าเบสที่สกัดได้ (e) ต่ำ ดินมีความเป็นกรด (a) สามารถประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ได้เป็น Lgakme ยกเว้นพีดอน 5 ประเมินชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ได้เป็น Lgkme

การประเมินความเหมาะสมของที่ดิน สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจ (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2542) (Table 2) ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง อ้อยและยางพารา พบว่าพีดอน 1-2 ไม่เหมาะสมในการปลูกข้าวเพราะมีการระบายน้ำที่ดีเกินไป แต่มีความเหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลัง อ้อย และ ยางพารา โดยอยู่ในชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) ยกเว้นในพีดอน 2 อ้อยมีความเหมาะสมอยู่ในชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) พีดอน 3-6 สามารถปลูกข้าวได้ โดยพีดอน 3, 4 และ 6 อยู่ในชั้นเหมาะสมเล็กน้อย (S3) พีดอน 5 อยู่ในชั้นเหมาะสมปานกลาง (S2) แต่ไม่เหมาะสมปลูกอ้อย มันสำปะหลังและยางพารา เนื่องด้วยข้อจำกัดในเรื่องการขังน้ำ ซึ่งพบตั้งแต่ผิวหน้าดิน ทั้งนี้ความเหมาะสมของดินในชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) จะพบข้อจำกัดในเรื่อง ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร และธาตุอาหารที่กักเก็บได้ เช่นเดียวกับความเหมาะสมของดินชั้นปานกลาง (S2) เพียงแต่ชั้นความเหมาะสมปานกลาง (S2) จะมีความเหมาะสมในการปลูกพืชนั้น ๆ มากกว่าชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย (S3)

Table 2 Soil suitability classification for Economic plan.

Pedon	Rice	Sugarcane	Cassava	Rubber
Pedon 1	N	S3-sn	S3-sn	S3-sn
Pedon 2	N	S3-sn	S2-sn	S3-sn
Pedon 3	S3-sn	N	N	N
Pedon 4	S3-sn	N	N	N
Pedon 5	S2-sn	N	N	N
Pedon 6	S3-sn	N	N	N

Remark: S2 = Moderately suitable, S3 = Marginally suitable, N = Not suitable, s = nutrient availability, n = nutrient retention.

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาลักษณะรีดอกซ์ของดิน จะพบว่าในพีดอนที่ 4 ถึงพีดอนที่ 6 มีการปลูกข้าวนั้นได้ปรากฏลักษณะรีดอกซ์ ตั้งแต่ผิวดินลงไป ในพีดอนที่ 1 ที่มีการปลูกยางพารา ไม่พบลักษณะรีดอกซ์ภายในหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา ในพีดอนที่ 2 มีการปลูกมันสำปะหลัง พบลักษณะรีดอกซ์ที่ 72 เซนติเมตร ส่วนพีดอนที่ 3 พบลักษณะรีดอกซ์ ที่ 90 เซนติเมตร ในพีดอนดังกล่าวมีการปลูกข้าว จะเห็นได้ว่าบริเวณที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอนนี้ลักษณะรีดอกซ์ ที่เกิดขึ้นมีสัมพันธ์กับสภาพภูมิประเทศและลักษณะเลือกใช้ที่ดิน ดังจะเห็นว่าเกษตรกรในพื้นที่เลือกปลูกพืชได้เหมาะสมกับสภาพความชื้นของพื้นที่นั้น หากแต่ควรมีการเพิ่มเติมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่าง ๆ คือ ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลัก รวมไปถึงอินทรียวัตถุ และปริมาณธาตุอาหารที่กักเก็บได้ ซึ่งได้แก่ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและค่าเบสที่สกัดได้ ทั้งนี้ก็เพื่อรักษาผลิตภาพของดินและเพิ่มกำลังผลิตของดิน

เอกสารอ้างอิง

กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2542. *คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองสำรวจดิน. 2523. *คู่มือจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ*. กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 76 น.

กองสำรวจดิน. 2531. *แผนที่จังหวัดร้อยเอ็ด มาตราส่วน 1:100,000*. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 น.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2548. *การสำรวจดิน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 733 น.

อัญชลี สุทธิประการ, เอิบ เขียวรื่นรมณ์, เสาวนุช ถาวรพฤกษ์ และ ศุภิฌา ธนะจิตต์. 2555. *คู่มือปฏิบัติการธรณีวิทยาเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. *In* A. Klute, ed. *Methods of Soil Analysis*. *Part 1*. Amer. Soc.of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Bloom, P.R. and D.F. Grigal. 1985. Modeling soil response to acidic deposition in non-sulfate adsorbing soils. *J. Environ. Qual*. 14: 481-495.

Bloom, P.R. 2000. Soil pH and pH Buffering, pp. B333-B352. *In* M.E. Sumner, ed. *Handbook of Soil Science*. CRC Press LLC.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in Soil. Soil Science Society of America Journal 59: 39-45.

Bullock, P., N. Fedoroff, A. Jongerius, G. Stoops, T. Turisna, U. Bablel, J. Agrilar, H.J. Altemullar, E.A. Fitzpatrick, S.T. Kowalinski, G.K. Rutherford and E.A. Yarilova. 1985. *Handbook for Thin Section Description*. Waine Research, Albrighton, United Kingdom.

Buol, S.W., R.J. Southard., R.C. Graham. and P.A. McDaniel. 2011. *Soil Genesis and Classification*, 6th ed., Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company, Iowa.

Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis*. *Part II*. Monograph No.9. American Society of Agronomy Inc., Amdison, Wisconsin.

Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis Part I*. Agronomy, No. 9. Soc. of Agron. Inc., Madisoin, Wisconsin, USA.

Faithfull, N.T. 2002. *Methods in Agricultural Chemical Analysis*. CAB International, Wallingford, UK.

Jackson, M.L. 1965. *Soil Chemical Analysis-Advanced Course*. Department of Soils, University of Wisconsin.

Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soils. *Soil Science Society of America Journal* 68: 15-24.

Klute, A. 1965. Laboratory Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Soils, pp. 210-220. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis*. *Part I*. Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. *Soil Survey Investigations Report No.42*, Version 3.0. Natural Conservation Service, United States Department of Agriculture.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter, pp. 961-1010. *In* D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Poeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. *Methods of Soil Analysis, Part 3*. Chemical Methods. Agronomy No. 5. SSSA Book Series. Madison, WI.

Peech, M., L.T. Alexander, L.A. Dean and J.F. Reed. 1974. *Methods of Soil Analysis for Fertility Investigation*. U.S. Dept. Agric. Cric, Madison, Wisconsin, USA.

Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis*. *Part II*. Monograph No.9. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Richards, L.A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soil*. US Salinity Laboratory, US Dept. Agr. Hbk. 60.

Sanchez, P.A. 1976. *Properties and Management of Soils in the Tropics*. Wiley, New York.

Sanchez, P.A., C.A. Palm and S.W. Buol. 2003. Fertility Capability Classification: a tool to assess soil quality in the tropics. *Geoderma*. 114: 157-185.

Thomas, G.W. 1982. Exchange cations, pp. 159-165. *In* A.L. Page ed. *Methods of Soil Analysis. Part II*. 2nd ed., Amer. Soc. of Agron., Inc., Madison, USA.

Ulrich, B. 1991. An ecosystem approach to soil acidification, pp. 28-79. *In* B. Ulrichand, M.E. Sumner, eds. *Soil Acidity*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

Vepraskas, M.J. 2004. Redoximorphic Feature for Identifying Aquic Condition. *Tech. Bull. 301*. NC Agric. Res. Serv. Raleigh, NC.

Weil, R.R. and N.C. Brady. 2016. The Nature and Properties of soils. 15th ed. Pearson Education. Inc., New Jersey. Whittig, L.D. 1965. X-ray diffraction technique for minerals identification and mineralogical composition, pp. 671-698. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis. Part II*. Monograph No. 9. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wiscocsin.

วันรับบทความ (Received date) : 16 มี.ค. 61
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 25 เม.ย. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 16 พ.ค. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 313-323

ลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อโคนมเพศผู้และโคกำแพงแสนเพศผู้ขุน

Carcass Characteristics, Meat Quality and Consumer Satisfaction of Feedlot Dairy and Kamphaeng Saen Steers

คงปฐม กาญจนเสริม[1] ภูมพงศ์ บุญแสน[1] อัญชลี คงประดิษฐ์[1] ชนณภัส หัตถกรรม[3] และสุริยะ สะวานนท์[1,2*]

Kongpatom Karnjanasirm[1], Phoompong Boonsaen[1], Anchalee Khongpradit[1], Chonnapat Hattakum[3] and Suriya Sawanon[1,2*]

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อโคนมลูกผสมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชี่ยนกับเนื้อโคกำแพงแสนเพศผู้ตอน จำนวนสายพันธุ์ละ 15 ตัว (รวม 30 ตัว) ที่ทำการเลี้ยงขุนด้วยอาหารผสมครบส่วนที่มีอาหารข้น (14 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) และมีต้นข้าวโพดหรือหญ้าเนเปียร์หมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบในสัดส่วน 80 ต่อ 20 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง จนกระทั่งโคอ้วนสมบูรณ์เต็มที่และมีน้ำหนักตัวมากกว่า 600 กิโลกรัม โดยใช้การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างโคสองสายพันธุ์ด้วยวิธี T-test การศึกษาลักษณะซากพบว่าเปอร์เซ็นต์ซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซากเย็น และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกของโคกำแพงแสนมีค่าเฉลี่ยมากกว่าโคนมเพศผู้ขุน แต่โคกำแพงแสนมีเปอร์เซ็นต์หัวใจ ไต ปอด และกระเพาะทั้งสี่ส่วนน้อยกว่าโคนมเพศผู้ (P<0.05) ในขณะที่โคนมเพศผู้ขุนมีปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสันนอกมากกว่า (P<0.05) และมีค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุง และมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อน้อยกว่าโคกำแพงแสน (P<0.01) เมื่อทำการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคพบว่าในเนื้อสดผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจกับเนื้อโคนมเพศผู้ขุน (62.12 %) มากกว่าเนื้อโคกำแพงแสน (37.88 %) ส่วนเนื้อย่างผู้บริโภคมีความพึงพอใจกับเนื้อโคนมเพศผู้ขุน (59.51 %) มากกว่าเนื้อโคกำแพงแสน (40.49 %)

คำสำคัญ : โคนมเพศผู้ โคกำแพงแสน คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ความพึงพอใจของผู้บริโภค

Abstract

This study was conducted aiming to compare the carcass characteristics, meat quality and consumers' satisfaction on meat from fattening crossbred Holstein-Friesian and Kamphaeng Saen steers. Thirty steers (15 Holstein and 15 Kamphaeng Saen) were fed with TMR (14% protein concentrate and maize or Napier grass silage was the source of roughage at the ratio of 80:20 % DM) until the finishing weight over 600 kg. Differences in the mean between groups were analyzed by the T-test. Dressing percentage, cold carcass yield (%) and loin eye area of Kamphaeng Saen steers were higher than that of dairy steers (P<0.01), but lower in heart, kidney, lung and stomach percentage (P<0.05). Dairy steers had significantly higher in marbling score (P<0.05) and lower in cooking loss and shear force than Kamphaeng Saen (p<0.01). On the consumer satisfaction survey, the majority of consumers were satisfied with the fresh meat from dairy steers (62.12%) rather than Kamphaeng Saen (37.88%). On the grilled meat, the consumers also preferred the dairy steers (59.51%) rather than Kamphaeng Saen (40.49%).

Keywords: dairy steers, Kamphaeng Saen steers, carcass characteristic, meat quality, consumer satisfaction

[1]ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2]ศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหาร สถาบันวิทยาการขั้นสูงแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[3]ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ อ.เมือง จ. นครสวรรค์ 60000

*Corresponding author, E-mail: agrsusa@ku.ac.th

คำนำ

การเลี้ยงโคขุนเพื่อผลิตเนื้อคุณภาพหรือเนื้อโคที่มีไขมันแทรกสูง โคที่นำมาเลี้ยงขุนส่วนใหญ่เป็นโคลูกผสมที่มีสายเลือดโคเมืองหนาว เช่น โคลูกผสมชาร์โรเลส์ โคลูกผสมแองกัส โคลูกผสมวากิว เป็นต้น รวมทั้งโคเนื้อที่ปรับปรุงพันธุ์ขึ้นในประเทศไทย เช่น โคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน โคเนื้อพันธุ์ตาก โคเนื้อพันธุ์กบินทร์บุรี ในขณะที่โคนมเพศผู้เป็นโคที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมไม่ต้องการ เนื่องจากโคนมเพศผู้ส่วนใหญ่เป็นโคลูกผสมสายเลือดผสมพันธุ์โฮลสไตน์-ฟรีเซี่ยนที่ปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำนมในปริมาณมาก ในขณะที่ความสามารถในการสร้างกล้ามเนื้อและอัตราการเปลี่ยนอาหารไปเป็นน้ำหนักตัวของโคนมเพศผู้ด้อยกว่าโคเนื้อ (ทวีพร เรืองพริ้ม และคณะ, 2516) จากข้อมูลของกรมปศุสัตว์รายงานว่าในปี พ.ศ. 2559 มีโคนมเพศผู้ เพียงร้อยละ 20 ของโคนมทั้งหมดเท่านั้นที่ถูกนำมาเลี้ยงเพื่อผลิตเป็นเนื้อโค อย่างไรก็ตามด้วยภาวะราคาโคเนื้อมีชีวิตในปัจจุบัน (พ.ศ. 2560) มีราคาเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2554 มากกว่าหนึ่งร้อยเปอร์เซ็นต์ (กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ, 2560) ส่งผลให้โคเนื้อและเนื้อโคไม่เพียงพอต่อความต้องการบริโภคภายในประเทศ ดังนั้นจึงเป็นโอกาสดีที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมหรือผู้เลี้ยงโคเนื้อจะได้นำเอาลูกโคนมเพศผู้มาเลี้ยงเพื่อผลิตเนื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาเลี้ยงขุนเพื่อผลิตเนื้อโคคุณภาพ (เนื้อโคที่มีความนุ่มและมีไขมันแทรกสูง)

โคพันธุ์กำแพงแสนหรือโคกำแพงแสน เป็นโคเนื้อที่มีการปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณสมบัติทางด้านความสมบูรณ์พันธุ์ ได้แก่ การเป็นสัดเร็ว ผสมติดง่าย มีขนาดรูปร่างใหญ่ มีการสร้างมัดกล้ามเนื้อและอัตราการเจริญเติบโตที่ดี นอกจากนี้เนื้อยังมีคุณภาพดี (ศรเทพ สังข์ทอง, 2549) โคกำแพงแสนเป็นโคเนื้อที่ดีพันธุ์หนึ่งของประเทศไทยที่สามารถเลี้ยงได้ในสภาพภูมิอากาศของไทย และให้เนื้อที่มีคุณภาพดี มีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสันนอกในระดับปานกลางระดับไขมันแทรกเฉลี่ย 2 (Boonsaen *et al*., 2017) ในขณะที่โคนมเพศผู้เป็นโคที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมไม่ต้องการเนื่องจากเป็นภาระในการจัดการเลี้ยงดู เกษตรกรจึงจำหน่ายออกจากฟาร์มในราคาถูกตั้งแต่แรกเกิด ดังนั้นการนำเอาโคนมเพศผู้มาเลี้ยงขุนเพื่อผลิตเนื้อโคที่มีคุณภาพให้เพียงพอกับความต้องการของตลาดจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับเกษตรกรและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มในทางเศรษฐกิจ (ชนณภัส หัตถกรรม และคณะ, 2560; มรกต เหล็กดี และคณะ, 2560; อัญชลี คงประดิษฐ์ และคณะ, 2560) โดยเฉพาะโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน เป็นโคที่มีความสามารถในการสะสมไขมันแทรกภายในกล้ามเนื้อได้ดีกว่าโคเนื้อเมืองร้อน ถ้าหากมีการเลี้ยงและการจัดการที่ดีตั้งแต่หลังคลอดจนกระทั่งขุน (สุริยะ สะวานนท์, 2555) เพื่อให้โคนมเพศผู้สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มศักยภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะโคขุนจำเป็นอย่างยิ่งที่โคจะต้องได้รับอาหารข้นหรืออาหารพลังงานสูงร่วมกับการให้อาหารหยาบในสัดส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้โคมีการเจริญเติบโตและสร้างมัดกล้ามเนื้อที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพดี คือ เนื้อมีความนุ่มและมีการสะสมของไขมันแทรกสูง อย่างไรก็ตามโคนมเพศผู้ขุนจะมีเปอร์เซ็นต์ซากต่ำกว่าโคเนื้อสายพันธุ์ต่างๆ (Dannenberger *et al*., 2006; Pfuhl *et al*., 2007; Moreno *et al*., 2008) ในกระบวนการผลิตและการแปรรูปเนื้อโคขุนคุณภาพต้องมีการควบคุมการผลิตและการแปรรูปทุกขั้นตอนเพื่อให้ผู้บริโภคเกิดความมั่นใจในสินค้า เนื้อโคขุนคุณภาพโดยทั่วไปจะผ่านกระบวนการแช่เย็น (Chill) ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 7 ถึง 14 วันก่อนจำหน่าย เพื่อให้เนื้อโคมีความนุ่มและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะซาก คุณภาพเนื้อ และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อโคนมเพศผู้และเนื้อโคกำแพงแสนเพศผู้ขุน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเนื้อโคนมเพศผู้ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง

โคนมเพศผู้ตอนที่มีระดับสายเลือดของโคนมสายพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยนไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักเข้าฆ่าเฉลี่ย 613.73±16.21 กิโลกรัม จำนวน 15 ตัว และโคกำแพงแสนเพศผู้ตอนน้ำหนักเฉลี่ย 607.71±18.16 กิโลกรัม

จำนวน 15 ตัว รวมทั้งสิ้น 30 ตัว โคทั้งสองกลุ่มได้รับการเลี้ยงขุนด้วยอาหารผสมครบส่วนที่มีอาหารข้น (14 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) และมีต้นข้าวโพดหรือหญ้าเนเปียร์หมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบในสัดส่วน 80 ต่อ 20 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ทำการเลี้ยงโคขุนในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ภายใต้ระบบโรงเรือนเปิดพื้นคอนกรีต คอกขังเดี่ยวขนาดพื้นที่ 2.5 x 4 ตารางเมตร มีรางอาหารและอ่างน้ำสำหรับโคทุกคอกโคได้รับอาหารทดลองกินอย่างเต็มที่ ทำการเลี้ยงโคจนกระทั่งโคมีน้ำหนักตัวมากกว่า 600 กิโลกรัม และโคมีอายุเมื่อเข้าฆ่าใกล้เคียงกัน (เฉลี่ย 30 เดือน) โดยทำการทดลองเลี้ยงสัตว์ภายใต้มาตรฐานการเลี้ยงสัตว์ทดลองของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ACKU60-AGK-004)

ลักษณะซาก

หลังจากสิ้นสุดการขุน โคทุกตัวถูกนำเข้าฆ่าเพื่อเก็บข้อมูลในโรงฆ่าสัตว์ที่ได้มาตรฐานตามวิธีการฆ่าที่ถูกต้องตามหลักสากล และตัดแต่งซากโคแบบสากล (มัทนา โอสถหงษ์, 2551) เพื่อศึกษาลักษณะซาก และชั่งน้ำหนักซาก ได้แก่ น้ำหนักก่อนเข้าฆ่าหลังจากอดอาหารอย่างน้อย 18 ชั่วโมง น้ำหนักซากอุ่น (Hot carcass weight) เปอร์เซ็นต์ซาก (dressing percentage) เปอร์เซ็นต์ไขมันหุ้มไต (KPH fat percentage) และเปอร์เซ็นต์อวัยวะภายในส่วนต่างๆ ตามวิธีของ (สัญชัย จตุรสิทธา, 2547) จากนั้นทำการบ่มซากที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน และทำการประเมินปริมาณไขมันแทรกในมัดกล้ามเนื้อบนพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 12 และ 13 โดยกำหนดคะแนนระดับไขมันแทรกตามมาตรฐานของ มกอช.6001-2547 (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2547)โดยใช้เจ้าหน้าที่ของสหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อ จำกัด ที่มีความเชี่ยวชาญจำนวน 3 คนเป็นผู้ประเมิน

คุณภาพเนื้อ

การศึกษาคุณภาพเนื้อโดยใช้ชิ้นเนื้อจากกล้ามเนื้อสันนอก ซีกซ้ายระหว่างซี่โครงซี่ที่ 12 และ 13 ภายหลังการเก็บรักษาไว้ที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 7 วัน โดยสุ่มตัดตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกประมาณ 2,000 กรัม เพื่อทำการศึกษาดังต่อไปนี้

1. การวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของกล้ามเนื้อสันนอก บริเวณระหว่างซี่โครงที่ 12-13 ของซากซีกขวาที่เวลา 1, 24 ชั่วโมง และ 7 วันภายหลังจากสัตว์ตาย ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (Mettler Toledo GmbH Im Langacher 44 8606 Greifensee, Switzerland)

2. การวัดสีของเนื้อ (Meat colour) เก็บชิ้นส่วนกล้ามเนื้อสันนอกจากซากซีกซ้าย ตัดเนื้อที่ความหนา 2.5 เซนติเมตร ให้เนื้อสัมผัสกับอากาศที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลานาน 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าสี L* a* b* ในระบบสี Hunter ด้วยเครื่องวัดค่าสี (Miniscan รุ่น Hunterlab, USA) ในการวัดจะทำการวัดบนชิ้นเนื้อตัวอย่าง ๆ ละ 3 ตำแหน่ง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย

3. การวัดเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (Drip loss) เก็บชิ้นส่วนกล้ามเนื้อสันนอก (100 กรัม) จากซากซีกซ้ายที่มีความหนาประมาณ 2.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น และนำไปชั่งน้ำหนักที่ถูกต้องก่อนการเก็บรักษา จากนั้นห่อด้วยผ้าขาวบาง และแขวนไว้ที่อุณหภูมิ 2 - 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักภายหลังการเก็บรักษา เพื่อหาผลต่างของน้ำหนักหลังจากการเก็บรักษา และคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญหายน้ำระหว่างการเก็บรักษา ตามวิธีของ Barton-Gade *et al*. (1993)

4. การวัดเปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (cooking loss) ใช้ตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก (100 กรัม) จากซากซีกซ้ายที่มีความหนาประมาณ 2.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น นำไปชั่งน้ำหนักที่ถูกต้องแล้วบรรจุในถุงพลาสติกพร้อมปิดปากถุงแบบสุญญากาศ เพื่อไม่ให้น้ำที่ใช้ในการต้มเข้าไปสัมผัสกับตัวอย่างเนื้อ จากนั้นนำเนื้อไปทำให้สุกโดยการให้ความร้อนด้วยไอน้ำเป็นเวลา 15 นาที และทำการวัดอุณหภูมิภายในโดยใช้แท่งเหล็กที่ใช้วัดอุณหภูมิเนื้อเสียบคาไว้กับเนื้อ โดยรอให้เนื้อมีอุณหภูมิใจกลางที่ 72 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นและทำการชั่งน้ำหนักที่

ถูกต้องอีกครั้ง เพื่อหาผลต่างของน้ำหนักที่สูญหายไป และคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง ตามวิธีของ Barton-Gade *et al*. (1993)

5. การวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) โดยนำตัวอย่างเนื้อสันนอกที่ผ่านการวัดการสูญเสียระหว่างปรุงมาทำการตัดให้ได้ขนาด 1×1 ตารางเซนติเมตร จำนวน 5 ชิ้น แล้วนำไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่องทดสอบคุณสมบัติทางกล (Instron Universal Testing Machine)

6. การวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) วัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันระหว่างซี่โครงที่ 12-13 ซีกขวาของโค โดยใช้แผ่นใสลอกลาย จากนั้นทำการลอกลงบนกระดาษลอกลาย จำนวน 3 ซ้ำ และนำไปวัดพื้นที่ ด้วยเครื่อง LI-3100 CArea Meter (LI-3100, Li-COR Biosciences, Lincoln, NE, USA) ตามวิธีของ Cacere *et al*. (2014)

7. การวัดความหนาไขมันสันหลัง (fat thickness) วัดระหว่างซี่โครงที่ 12-13 ของซากซีกขวาจุดที่ ¾ ของความยาวกล้ามเนื้อสัน จากกระดูกสันหลัง และตั้งฉากกับผิวชั้นนอกของไขมัน (สัญชัย จตุรสิทธา, 2547)

8. การวิเคราะห์หาความชื้นในเนื้อ และปริมาณไขมันรวมในเนื้อ (total fat) ด้วยวิธี proximate analysis (AOAC, 1990)

การประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภค

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ ผู้เข้ามารับประทานอาหารที่ร้านแม็กบีฟ (สาขาบางเขน และกำแพงแสน) ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงธันวาคม พ.ศ. 2560

การเตรียมตัวอย่าง นำเนื้อโคนมเพศผู้ขุน และเนื้อโคกำแพงแสน อายุ 30 เดือน ที่บ่มซากที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน และมีปริมาณไขมันแทรกในมัดกล้ามเนื้อสันนอกใกล้เคียงกัน (เกรด 2) โดยการเตรียมตัวอย่างเพื่อการทดสอบใน 2 รูปแบบ คือ

1) การทดสอบความพึงพอใจในรูปของเนื้อสด โดยใช้เนื้อจาก 3 ส่วน คือ ริบอาย (rib eye) ใบพาย (chuck eye) และเนื้อฝาครอบซี่โครง (cap rib) ทำการหั่นชิ้นเนื้อเดียวกันในรูปแบบการสไลด์หนา 2.5 มิลลิเมตร วางบนถาดที่อุณหภูมิ 4-8 องศาเซลเซียส โดยไม่ได้ระบุว่าเป็นเนื้อจากโคสายพันธุ์ใด (เนื้อ A และเนื้อ B) และให้ผู้เข้ามารับประทานอาหารในร้าน จำนวน 660 คน เป็นผู้ประเมินความพึงพอใจและทำการเลือกชิ้นเนื้อสไลด์ที่ชอบที่สุดไปบริโภค

2) การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อย่าง โดยโดยใช้เนื้อจาก 4 ส่วน คือ เนื้อหัวไหล่ (chuck sholder) ริบอาย (rib eye) ใบพาย (chuck eye) และเนื้อฝาครอบสันนอก (ribeye cap) ทำการหั่นชิ้นเนื้อเดียวกันในรูปแบบการสไลด์หนา 2.5 มิลลิเมตร แล้วนำไปย่างให้สุกพอประมาณ แล้วนำไปให้ผู้บริโภค จำนวน 699 คน ได้ทดสอบความนุ่ม กลิ่น รสชาติ ความชุ่มฉ่ำ สี คุณลักษณะของเนื้อสัมผัสเมื่อเคี้ยว/กลืน และความพอใจโดยรวมของเนื้อโค โดยที่ผู้บริโภคไม่สามารถรับรู้ได้ว่าเป็นเนื้อย่างจากโคสายพันธุ์ใด (เนื้อ A และเนื้อ B)

การเก็บข้อมูล ทำการออกแบบสอบถามเพื่อเป็นเครื่องมือในการสัมภาษณ์ผู้บริโภค กำหนดให้ผู้ที่เข้ามารับประทานอาหารที่ร้านได้รับเนื้อโคในรูปเนื้อสด และเนื้อย่าง จากนั้นทำการกรอกแบบสอบถามตามหัวข้อที่กำหนดให้ โดยข้อมูลความพึงพอใจของผู้บริโภค แบ่งเป็นมาตรฐานส่วนประเมินคำตอบประยุกต์ตามแบบของ Likert scale question (วิเชียร เกตุสิงห์, 2538) แต่ละคำถามมีคำตอบให้เลือกโดยกำหนดค่าน้ำหนักของการประเมินดังนี้ ระดับ 1 = พึงพอใจน้อยที่สุด ระดับ 2 = พึงพอใจน้อย ระดับ 3 = พึงพอใจ ระดับ 4 = พึงพอใจมาก และ ระดับ 5 = พึงพอใจมากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ ทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างโคสองสายพันธุ์โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี T- test

การวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภค นำข้อมูลจากแบบสอบถามที่ได้จากการประเมินความพึงพอใจ

ของผู้บริโภค ทั้งค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย โดยค่าความพึงพอใจใช้ในการแปลค่าเฉลี่ยของคะแนนจากมาตรฐานส่วนประเมินค่าชนิด 5 ระดับ และใช้การแบ่งช่วงการแปลผลตามหลักของการแบ่งอันตรภาคชั้น โดยใช้ค่าสูงสุดลบด้วยค่าต่ำสุด แล้วหารด้วยจำนวนที่ศึกษา ดังนั้นค่าความห่างของแต่ละช่วงจึงเท่ากับ 0.8 สามารถแบ่งช่วงได้ดังนี้ คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยในช่วง 4.21-5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด 3.41-4.20 หมายถึง พึงพอใจมาก 2.61-3.40 หมายถึง พึงพอใจ 1.81-2.60 หมายถึง พึงพอใจน้อย และ 1.00-1.80 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะซากโค (carcass characteristics)

จากการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะซากโคนมลูกผสมโฮสไตน์ฟรีเชี่ยน กับโคกำแพงแสนเพศผู้ตอนเมื่อขุนด้วยอาหารผสมครบส่วนที่มีอาหารข้น (14 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) และมีต้นข้าวโพดหรือหญ้าเนเปียร์หมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบในสัดส่วน 80 ต่อ 20 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง จนกระทั่งโคอ้วนสมบูรณ์เต็มที่และมีน้ำหนักตัวมากกว่า 600 กิโลกรัม พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและซากเย็นของโคกำแพงแสนมีค่าเท่ากับ 60.84±1.20 และ 58.85±1.22 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ มากกว่าโคนมเพศผู้ขุนมีค่าเท่ากับ 56.44±1.93 และ 54.12±1.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 1) เนื่องจากโคกำแพงแสนเป็นโคเนื้อที่ถูกพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ขึ้นเพื่อให้มีคุณลักษณะของการให้เนื้อที่ดี คือ โครงร่างใหญ่และมีมัดกล้ามเนื้อที่สมบูรณ์ มีปริมาณเนื้อมาก และทนทานต่อสภาพแวดล้อมในเมืองไทยได้ดี (สุริยะ สะวานนท์, 2556) จึงส่งผลให้ลักษณะเปอร์เซ็นต์ซากอุ่นและซากเย็นของโคกำแพงแสน มีค่ามากกว่าโคนม (นันทนา ช่วยชูวงศ์ และคณะ, 2540) แต่ในทางตรงกันข้ามสัดส่วนของอวัยวะภายใน เช่น **หัวใจ ไต ม้าม ปอด กระเพาะหมัก+กระเพาะรังผึ้ง กระเพาะสามสิบกลีบ และกระเพาะแท้ รวมทั้งปริมาณไขมันที่ถูกกำจัดออกจากซาก เช่น ไขมันหุ้มไต ไขมันในช่องท้อง ไขมันที่ห่อหุ้มระบบทางเดินอาหารของโคนมเพศผู้**เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวมีสัดส่วนที่มากกว่าโคกำแพงแสน เนื่องจากโคนมถูกปรับปรุงพันธุ์มาเพื่อให้สามารถกินอาหารได้ในปริมาณมากและสามารถนำสารอาหารไปใช้ในการเปลี่ยนเป็นผลผลิตน้ำนมได้ดี (ไม่ได้สะสมไว้ในร่างกายเหมือนโคเนื้อ) จึงทำให้ระบบทางเดินอาหารรวมทั้งอวัยวะภายในเมื่อคิดเป็นสัดส่วนของร่างกายทั้งหมดมีขนาดใหญ่กว่าโคเนื้อ

คุณภาพเนื้อ (meat quality)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของบริเวณกล้ามเนื้อสันนอก พบว่าที่เวลา 1 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตาย ค่า pH ของโคทั้งสองสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง และ 7 วัน พบว่าโคกำแพงแสนเพศผู้มีค่า pH 5.59±0.07 และ5.47±0.10 ตามลำดับ ต่ำกว่า ค่า pH ของโคนมเพศผู้ (5.73±0.13 และ 5.68±0.21 ตามลำดับ) (Table 2) นั่นแสดงให้เห็นในทางอ้อมว่าโคกำแพงแสนมีการสะสมของไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมากกว่าโคนมเพศผู้ เพราะในขณะที่บ่มซากโคไว้ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส ไกลโคเจนที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อจะเกิดกระบวนการสลายไกลโคเจนและได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติก ถ้าเนื้อที่มีการสะสมของไกลโคเจนไว้มากจะมีการผลิตกรดแลคติกออกมามากและทำให้ ค่า pH ลดต่ำลง (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และญาณิน โอภาสพัฒนากิจ, 2548)

ค่าสีเนื้อโคในรูปค่าความสว่างของเนื้อ L* (lightness) พบว่าค่า L* ของเนื้อโคทั้งสองสายพันธุ์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าสีเนื้อในรูป a* (redness) และ b* (yellowness) พบว่าโคนมเพศผู้มีค่า a* และ b* น้อยกว่าโคกำแพงแสน (Table 2) เนื่องจากโคกำแพงแสนเป็นโคที่ปรับปรุงพันธุ์มากจากโคพันธุ์ชาโรเล่ส์ จากรายงานของ Chambaz *et al*. (2003) พบว่าเนื้อโคพันธุ์ชาโรเล่ส์ มีปริมาณฮีมมากกว่าโคสายพันธุ์อื่น และภายในฮีมจะมีธาตุเหล็กที่จับกับออกซิเจนได้ดีและทำให้เนื้อเปลี่ยนเป็นสีแดง ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าเนื้อโคกำแพงแสนที่มีค่าสีแดงมากกว่าเนื้อโคนมมาจากเนื้อโคกำแพงแสนมีฮีมในปริมาณที่มากกว่า ในขณะที่ค่าสีเหลือง (b*) จะมีความสัมพันธ์กับค่า pH เมื่อค่า pH ลดลงจะทำให้เนื้อมีสีเหลืองมากขึ้น (Page *et al*., 2001)

Table 1 Carcass characteristics and composition of crossbred Holstein and Kamphaeng Saen steers.

Item	Crossbred Holstein	Kamphaeng Saen	*P*-value
Slaughter weight (kg)	613.73± 16.21	607.71± 18.16	0.641
Hot carcass weight (kg)	347.65± 14.41	369.76± 14.60	0.001
Dressing percentage (%)	56.44±1.93	60.84±1.20	0.001
Cold carcass weight (kg)	332.15±12.27	357.63±17.90	0.001
Cold carcass yield (%)	54.12±1.52	58.85±1.22	0.001
Fat trimming (%)	8.35±1.52	7.42±1.94	0.078
KPH fat (%)	2.91±0.56	2.48±0.56	0.026
Heart (%)	0.36±0.04	0.32±0.03	0.001
Liver (%)	1.21±0.10	1.18±0.11	0.219
Kidney (%)	0.19±0.03	0.16±0.02	0.001
Spleen (%)	0.19±0.03	0.22±0.02	0.001
Lung (%)	0.83±0.09	0.72±0.09	0.001
Rumen + Reticulum (%)	1.67±0.26	1.33±0.15	0.001
Omasum (%)	0.41±0.12	0.31±0.06	0.001
Abomasum (%)	0.38±0.12	0.30±0.06	0.011
Intestine (%)	1.96±0.43	1.85±0.30	0.216

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อโคทั้งสองสายพันธุ์พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อโคทั้งสองสายพันธุ์ไม่แตกต่างกัน แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของเนื้อโคกำแพงแสนมีค่าเท่ากับ 39.53±1.03 มากกว่าเนื้อโคนม 35.77±1.80 (Table 2) เนื่องจากค่า pH ของโคกำแพงแสนที่ลดลงทำให้เกิดการดึงดูดกันระหว่างโปรตีนกับโปรตีน (protein-protein interaction) มากกว่าโปรตีนกับน้ำ ทำให้เนื้อโคกำแพงแสนเมื่อนำมาทำให้สุกโดยการต้มจะมีการสูญเสียน้ำในขณะถูกความร้อนมากกว่าโคนม ส่งผลให้เนื้อที่สุกแล้วมีลักษณะค่อนข้างแข็ง แห้ง และอาจไม่เป็นที่นิยมเมื่อเทียบกับเนื้อโคนม (อิ่มเอิบ พันสด, 2549)

ค่าแรงตัดผ่านเนื้อพบว่าเนื้อโคนม มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าเนื้อโคกำแพงแสน (Table 2) แสดงให้เห็นว่าเนื้อโคนมมีความนุ่มมากกว่าเนื้อโคพันธุ์กำแพงแสน ในขณะที่ปริมาณไขมันแทรก (การเกรดซากด้วยสายตา) และการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าเนื้อโคนมเพศผู้มีไขมันสะสมในกล้ามเนื้อมากกว่าเนื้อโคกำแพงแสน ส่วนหนึ่งจึงทำให้เนื้อโคนมมีความนุ่มมากกว่าโคกำแพงแสน เนื่องจากเนื้อโคที่มีไขมันแทรกมากจะทำให้ค่าแรงตัดผ่านน้อยกว่าเนื้อที่มีไขมันแทรกน้อย (Gregory *et al*., 1994) นอกจากนี้สาเหตุอีกส่วนหนึ่งอาจจะมาจากลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อของโคกำแพงแสนมีลักษณะหยาบ (ใหญ่) กว่าเนื้อโคนม เนื่องจากโคกำแพงแสนมีสายเลือดโคเมืองร้อนสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โคนมที่เลี้ยงในประเทศไทยในปัจจุบันมีสายเลือดโคเมืองร้อนน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์

พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกพบว่าโคกำแพงแสนมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกใหญ่กว่าโคนมเพศผู้ขุนประมาณ 20 ตร.ซม. (Table 2) ซึ่งเป็นลักษณะด้อยหรือข้อจำกัดของการนำโคนมเพศผู้มาเลี้ยงขุนจะทำให้มีพื้นที่และปริมาณเนื้อสันนอกเล็กกว่าโคกำแพงแสน ดังนั้นการนำโคนมเพศผู้มาเลี้ยงขุนเพื่อจำหน่ายเป็นเนื้อโคเกรดพรีเมี่ยมที่จะนำไปปรุงอาหารแบบตะวันตก (สเต็ก) จำเป็นอย่างยิ่งที่จะเลี้ยงขุนโคให้มีน้ำหนักตัวมากกว่า 600 กิโลกรัม ก่อนนำเข้าฆ่าเพื่อ

ให้ได้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันที่เหมาะต่อการนำไปปรุงอาหารแบบตะวันตก

ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อโคสด

จากการทดสอบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อสด จำนวน 3 ชิ้นส่วน (rib eye, ใบพาย(chuck eye) และเนื้อฝาครอบซี่โครง(cap rib)) ในด้านความสดใหม่ สีของเนื้อ กลิ่นของเนื้อ ลายไขมันแทรกที่ปรากฏ และความพอใจโดยรวม จำนวน 660 คน ดังแสดงในTable 3 พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในด้านต่างๆ กับเนื้อโคนมเพศผู้ขุนมากกว่าเนื้อโคกำแพงแสน และเมื่อให้ผู้ทดสอบเลือกเนื้อที่ชอบที่สุดเพื่อให้นำกลับไปปรุงอาหารทานพบว่าผู้ทดสอบเลือกเนื้อโคนมเพศผู้ขุนจำนวน 410 ราย หรือคิดเป็น 62.12 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เลือกเนื้อโคกำแพงแสน จำนวน 250 ราย หรือคิดเป็น 37.88 เปอร์เซ็นต์ นั่นแสดงว่าผู้บริโภคเมื่อดูเนื้อสดด้วยสายตาหรือทดสอบทางจมูก (กลิ่น) ผู้บริโภคชอบเนื้อโคนมเพศผู้มากกว่าเนื้อโคกำแพงแสน สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากเนื้อโคนมเพศผู้ขุนมีปริมาณไขมันแทรกหรือลายไขมันดีกว่าเนื้อโคกำแพงแสน (Table 2) ทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือดเนื้อที่มีลายไขมันแทรกมากกว่าเนื้อที่มีลายไขมันแทรกน้อย

Table 2 Meat quality characteristics of crossbred Holstein and Kamphaeng Saen steers.

Traits	Crossbred Holstein	Kamphaeng Saen	P-value
pH			
1h	6.37±0.20	6.31±0.18	0.136
24h	5.73±0.13	5.59±0.07	0.001
7d	5.68±0.21	5.47±0.10	0.001
Meat colour			
Lightness (L*)	43.01±4.37	44.51±4.93	0.199
Redness (a*)	14.50±2.10	19.72±3.65	0.001
Yelloness (b*)	14.56±2.40	18.23±3.34	0.001
Drip loss (%)	2.87±2.33	2.24±0.46	0.159
Thawing loss (%)	1.86±0.91	1.07±0.25	0.002
Cooking loss (%)	35.77±1.80	39.53±1.03	0.001
Shear force (N)	37.62±15.26	55.72±19.01	0.004
Shear force (kg)	3.84±1.56	5.69±1.94	0.004
Marbling score	1.80±0.68	1.29±0.47	0.025
Loin eye area (cm^2)	83.83±8.86	103.04±8.47	0.003
Meat composition			
Moisture (%)	63.32±3.84	70.57±2.08	0.001
Fat (%DM)	26.92±7.16	14.57±5.89	0.001
Fat (%Fresh)	9.85±3.73	4.37±2.02	0.001

ความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อโคปรุงสุก (เนื้อย่าง)

จากการทดสอบประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อโคย่างจากเนื้อ 4 ชิ้นส่วน (เนื้อหัวไหล่ เนื้อริบอาย เนื้อใบพาย และเนื้อฝาครอบเนื้อสัน) โดยทำการประเมินความพึงพอใจในด้านความนุ่ม กลิ่น รสชาติ ความชุ่มฉ่ำ สี คุณลักษณะของเนื้อสัมผัสเมื่อเคี้ยว/กลืน และความพึงพอใจโดยรวม ดังแสดงในTable 4 พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในด้านต่างๆ ต่อเนื้อย่าง ทั้งจากเนื้อโคนมเพศผู้ขุนและเนื้อโคกำแพงแสนเพศขุนอยู่ในระดับ "พึงพอใจมาก" หรือมีค่าเฉลี่ยของคะแนนอยู่ในช่วง 3.40-4.00 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อให้ผู้ประเมินเลือกเนื้อที่รับประทานแล้วชอบมากที่สุด พบว่าผู้ประเมินเลือกเนื้อโคนมเพศผู้ย่าง จำนวน 416 ราย หรือคิดเป็น 59.51 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เลือกเนื้อโคกำแพงแสน จำนวน 283 ราย หรือคิดเป็น 40.49 เปอร์เซ็นต์ นั่นแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคเมื่อได้ทานเนื้อย่าง (ประสาทสัมผัสทางปาก ลิ้น จมูก) ชอบเนื้อโคนมเพศผู้มากกว่าเนื้อโคกำแพงแสน สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากเนื้อโคนมเพศผู้ขุนมีปริมาณไขมันแทรกมากกว่าโคกำแพงแสน (Table 2) และผู้บริโภคที่เข้ามารับประทานอาหารที่ร้านอาหารของสหกรณ์เครือข่ายโคเนื้อ จำกัด (ร้านแม็กบีฟ) เป็นร้านที่จำหน่ายเนื้อโคที่มีไขมันแทรกสูง ผู้บริโภคที่เข้ามารับประทานอาหารที่นี้จึงเป็นผู้ที่นิยมบริโภคเนื้อที่มีไขมันแทรกสูงอยู่ก่อนแล้ว

Table 3 Consumer satisfaction on fresh meat from crossbred Holstein and Kamphaeng Saen steers.

Fresh meat	Item[a]					Customer (%)[b]
	Freshness	Colour	Odour	Marbling	Overall satisfaction	
Rib eye (n=442)						
A	4.04	3.95	3.68	3.53	3.76	176 (39.82)
B	4.10	4.06	3.71	3.79	3.89	266 (60.18)
Chuck eye (n=173)						
A	3.92	3.75	3.69	3.84	3.87	66 (38.15)
B	4.24	4.17	3.74	3.78	4.14	107 (61.85)
Ribeye cap (n=45)						
A	3.91	4.04	3.76	3.33	3.78	8 (17.78)
B	4.11	4.15	3.83	4.20	4.13	37 (82.22)

Noted A = Kamphaeng Saen steers, B = Crossbred Holstein steers

[a] Satisfaction score (1-5) : 1 = Highly unsatisfactory , 2 = Unsatisfactory , 3 = Neutral
4 = Satisfactory , 5 = Highly satisfactory

[b] Number of customer pick on that item (%)

Table 4 Consumer satisfaction on cooked (grilled) meat from crossbred Holstein and Kamphaeng Saen steers.

Cooked meat	Item[a]							Customer (%)[b]
	Tenderness	Odour	Taste	Juiciness	Colour	Texture	Overall satisfaction	
Chuck shoulder (n=198)								
A	3.54	3.49	3.56	3.40	3.58	3.42	3.53	95 (47.98)
B	3.55	3.51	3.53	3.52	3.62	3.49	3.57	103 (52.02)
Rib eye (n=277)								
A	3.66	3.66	3.71	3.59	3.64	3.67	3.73	99 (35.74)
B	3.83	3.75	3.82	3.83	3.86	3.83	3.90	178 (64.2)
Chuck eye (n=178)								
A	3.66	3.63	3.75	3.68	3.80	3.63	3.72	76 (42.70)
B	3.70	3.63	3.75	3.67	3.78	3.66	3.71	102 (57.30)
Ribeye cap (n=46)								
A	3.48	3.63	3.76	3.54	3.59	3.54	3.70	13 (28.26)
B	3.85	3.93	3.85	3.98	3.98	4.00	4.00	33 (71.74)

หมายเหตุ A = Kamphaeng Saen steers, B = Crossbred Holstein steers

[a] Satisfaction score (1-5) : 1 = Highly unsatisfactory , 2 = Unsatisfactory , 3 = Neutral 4 = Satisfactory , 5 = Highly satisfactory

[b] Number of customer pick on that item (%)

จากการศึกษาลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อโคนมเพศผู้ รวมทั้งการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อโคนมเพศผู้ขุนสูงกว่าเนื้อโคกำแพงแสน หรือเนื้อโคลูกผสมชาร์โรเล่ส์ แสดงให้เห็นว่าโคนมเพศผู้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่จะนำมาเลี้ยงขุนเพื่อผลิตเนื้อคุณภาพ คือ เนื้อมีไขมันแทรกสูง และเนื้อมีความนุ่ม เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่นิยมการปรุงอาหารแบบตะวันตก (สเต็ก) หรือปิ้งย่างแบบญี่ปุ่น รวมทั้งชาบูแบบเกาหลี แต่ต้องมีวิธีการเลี้ยง การจัดการ และการให้อาหารที่ดีและเหมาะสมเพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ามากที่สุด เช่น สัตว์มีอัตราการเจริญเติบโตและมีประสิทธิภาพในการใช้อาหารที่ดี (ต้นทุนต่ำ) และให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพ เพราะโคนมเป็นโคที่ถูกปรับปรุงพันธุ์มาเพื่อให้ผลผลิตน้ำนมในปริมาณมาก และไม่ทนต่อสภาพอากาศที่ร้อนชื้นมาก ดังนั้นเกษตรกรต้องมีวิธีการเลี้ยง การจัดการ และการให้อาหารที่ดีและเหมาะสมเพื่อให้โคนมเพศผู้แสดงสมรรถภาพที่ดีได้

สรุปผลการศึกษา

โคนมและโคกำแพงแสนเพศผู้ตอน เมื่อนำมาขุนจนกระทั่งมีน้ำหนักตัวก่อนเข้าฆ่าเฉลี่ย 613.73 และ 607.71 กิโลกรัมตามลำดับ พบว่าโคนมเพศผู้จะมีเปอร์เซ็นต์ซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซากเย็น และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกน้อยกว่าโคกำแพงแสน ในขณะที่โคนมเพศผู้ขุนมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสันนอก การอุ้มน้ำของเนื้อ และเนื้อมีความนุ่มมากกว่าโคกำแพงแสน เมื่อทำการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อสดและเนื้อย่างพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในเนื้อโคนมเพศผู้และเนื้อโคกำแพงแสนอยู่ในระดับ “พึงพอใจมาก” แต่ถ้าให้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่งผู้บริโภคจะเลือกเนื้อโคนมเพศผู้ขุนมากกว่าเนื้อโคกำแพงแสน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการ การผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงจากโคนมเพศผู้ขุน (ST33) ภายใต้โครงการ Innovation Hub-Agriculture & Food เพื่อสร้างเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมของประเทศตามนโยบายประเทศไทย 4.0 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติ. 2560. *สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนโคนมและเกษตรกรผู้เลี้ยง*. ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และญาณิน โอภาสพัฒนากิจ. 2548. ผลผลิตและผลิตภัณฑ์จากสัตว์. แหล่งที่มา: http://www.nsru.ac.th/e-learning/animal/lesson10 1.php, 10 กุมภาพันธุ์ 2560.

ชนณภัส หัตถกรรม คงปฐม กาญจนเสริม ภูมพงศ์ บุญแสน และสุริยะ สะวานนท์. 2560. ผลของระดับอาหารข้นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและต้นทุนการผลิตโคนมเพศผู้ตอนในระยะรุ่น. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (ฉบับพิเศษ)* 48(2) : 572-579

ทวีพร เรืองพริ้ม จรัญ จันทลักขณา ผกาพรรณ สกุลมั่น และเมธา วรรณพัฒน์. 2546. การเปรียบเทียบการขุนโคนมโคเนื้อและกระบือปลัก. หน้า 363-371. *ใน*: *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41*.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นันทนา ช่วยชูวงศ์ ชัยณรงค์ คันธพนิต และปรารถนา พฤกษะศรี. 2540. การเปรียบเทียบสมรรถภาพการขุน ปริมาณและคุณภาพผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคเนื้อ 5 สายพันธุ์ที่มีอยู่ในประเทศไทย, น. 288-297. *ใน*: *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 35 (สาขาสัตวแพทยศาสตร์)* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ .

มรกต เหล็กดี ปติญญา จ้อยร่อย ศิรวัจน์ ปิณฑะดิษ และ สุริยะ สะวานนท์. 2560. ผลของระดับโปรตีนและปริมาณของอาหารข้นที่ได้รับต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของโคนมเพศผู้ตอนในระยะโครุ่น. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (ฉบับพิเศษ)* 48(2) : 116-123

มัทนา โอสถหงษ์. 2551. *คู่มือการตัดแต่งเนื้อโคแบบโพนยางคำ*. อมรินทร์, กรุงเทพฯ.

วิเชียร เกตุสิงห์. 2538. ค่าเฉลี่ยกับการแปลความหมาย: เรื่องง่ายๆ ที่บางครั้งก็พลาดได้. *วารสารข่าวสารวิจัยการศึกษา* 18(3): 11-18.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2547. *การจัดการเนื้อสัตว์*. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สุริยะ สะวานนท์. 2555. โคนมเพศผู้: ความเป็นไปได้ในการนำมาผลิตเนื้อโคคุณภาพ. *วารสารปศุสัตว์เกษตรศาสตร์* 39 (153): 32-40.

สุริยะ สะวานนท์.2556. *การผลิตโคเนื้ออินทรีย์*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช). 2547. *มาตรฐานสินค้าอาหารและเกษตรแห่งชาติ : เนื้อโค*. มกอช. 6001-2547.

ศรเทพ สังข์ทอง. 2549. โคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน. ชมรมผู้เลี้ยงโคกำแพงแสน, กรุงเทพฯ.

อิ่มเอิบ พันสด. 2549. การฆ่าและการตัดแต่ง. เทคโนโลยีเนื้อและผลิตภัณฑ์. แหล่งที่มา: http://elearning.nsru.ac.th/web_elearning/meattech/lesson/less6_8.html, 5 กุมภาพันธุ์ 2560.

อัญชลี คงประดิษฐ์ วาณี ชัยวัฒนสิน ภูมพงศ์ บุญแสน และสุริยะ สะวานนท์. 2560. ผลของระดับโปรตีน และปริมาณอาหารข้นต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนมเพศผู้ตอนในระยะโครุ่นที่ได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งของอาหารหยาบ. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (ฉบับพิเศษ)* 48(2) : 124-132

A.O.A.C. 1990. *Official Method of analysis of AOAC International*.16th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, U.S.A.

Barton-Gade, P.A., D. Demeyer, K.O. Honikel, R.L. Joseph, E. Poulame, M. Severini, F.J. Smulder and E. Tonberg. 1993. *Reference method for water holding capacity in meat and meat products. Procedure recommended by an OECD working group. 39th International Congress of Meat Scienceand Technology*. August 1-6 (1993) Calgary Alberta, Canada

Boonsaen, P., N. Winn Soe, W. Maitreejet, S. Majarune, T. Reungprim and **S. Sawanon**. 2017. Effects of protein levels and energy sources in total mixed ration on feedlot performance and carcass quality of KamphaengSaen steers. *Agr. Nat. Resour.* 51(1): 57-61.

Cacere R.A.S., M.G. Morais, F.V. Alves, G.L.D. Feijó, C.C.B.F. İtavo, L.C.V. İtavo, L.B. Oliveira, C.B. Ribeiro. 2014. Quantitative and qualitative carcass characteristics of feedlot ewes subjected to increasing levels of concentrate in the diet. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 66 1601-1610.

Chambaz A., M. R. L.Scheeder, M. Kreuzer and P. A. Dufey. 2003. Meat quality of Angus,Simnental,Charolais and Limousin steers compared at the sameintramuscular fat content. *Meat Sci.* 63: 491-500.

Dannenberger, D., K. Nuernberg, G. Nuernberg and K. Ender. 2006. Carcass- and meat quality of pasture vs concentrate fed German Simmental and German Holstein bulls. Arch. Tierz., Dummerstorf 49 (4) : 315-328

Gregory, K.E., L.V. Cundiff, R.M. Koch, M.E. Dikeman, and M. Koohmaraie. 1994. Breed effect retained heterosis and estimates of genetic and phenotypic parameters for carcass and meat traits of beef cattle. *J. Anim. Sci* 72: 1174-1183.

Moreno, T., M.G. Keane, F. Noci, and A.P. Moloney. 2008. Fatty acid composition of *M. Longissimus dorsi* from Holstein–Friesian steers of New Zealand and European/American descent and from Belgian Blue · Holstein–Friesian steers, slaughtered at two weights/ages. *Meat Science* 78: 157–169.

Page, J.K., D.M. Wulf and T.R. Schwotzer. 2001. A surivey of beef muscle color and pH. *J. Anim. Sci* 73: 678-687.

Pfuhl, R., O. Bellmann, C. Kühn, F.Teuscher, K. Ender, and J. Wegner. 2007. Beef versus dairy cattle: a comparison of feed conversion, carcass composition, and meat quality. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 50(1): 59-70.

วันรับบทความ (Received date) : 15 มี.ค. 61
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 30 พ.ค. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 16 ส.ค. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 324-331

ผลของระยะเวลาสอดอุปกรณ์เหนี่ยวนำต่อระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน เอสตราไดออล อัตราการเป็นสัด และการตั้งท้องในโคเนื้อ

Effect of Time Insertion Periods Control Internal Drug Release Device on Progesterone Estradiol Level Estrus and Pregnancy Rate in Beef Cattle

วีรพันธุ์ ปัญญา[1] พยุงศักดิ์ อินต๊ะวิชา[1]* ธรรมนูญ ธานี[1] สุรีย์พร แสงวงศ์[1]
มนตรี ปัญญาทอง[2] ชยุต ดงปาลีธรรม์[3] และจือเฉิง จู[4]
Weerapan Panya[1] Payungsuk Intawicha[1]* Thummanoon Tane[1] Sureeporn Saengwong[1],
Montri Punyatong[2] Chayut Dongpaleethun[3] and Jyh Cherng Ju[4]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของจำนวนวันสอดอุปกรณ์เหนี่ยวนำต่อระดับฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (Progesterone, P_4) เอสตราไดออล (Estradiol, E_2) อัตราการเป็นสัด และการตั้งท้อง ทำการศึกษาในโคเนื้อ ที่ไม่แสดงอาการเป็นสัดหลังคลอดลูกเกิน 60 วัน จำนวน 47 ตัว โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มสอดอุปกรณ์เหนี่ยวนำ Co-Synch+controlled internal drug release device (CIDR) เป็นเวลา 7 วัน (n=27) และกลุ่มสอดอุปกรณ์เหนี่ยวนำ CIDR เป็นเวลา 14 วัน (n=20) ในวันที่ถอด CIDR แม่โคได้รับฮอร์โมนโพรสตาแกลนดิน (Prostaglandin $F2_{\alpha}$,$PGF2_{\alpha}$) และทำการผสมเทียมในชั่วโมงที่ 55 พร้อมกับฉีดฮอร์โมนโกนาโดโทรปินรีลีสซิ่ง (Gonadotropin releasing hormone, GnRH) หลังวันถอด CIDR ตัวอย่างเลือดถูกเก็บเพื่อหาความเข้มข้นของฮอร์โมน P_4 และ E_2 ในวันที่สอด CIDR วันที่ถอด CIDR และวันที่ผสมเทียม หากแม่โคไม่แสดงอาการกลับสัดจึงทำการตรวจท้องในวันที่ 60 หลังวันผสมเทียม จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบด้วยโปรแกรม R โดยใช้แผนการทดลองแบบ two-independent sample t-test ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% (P=0.05) พบว่า ระดับ P_4 ในวันสอดอุปกรณ์ ถอดอุปกรณ์ และในวันผสมเทียมไม่แตกต่างกัน ระหว่างกลุ่ม 7 วัน (16.41±1.05, 17.0±1.60 และ 13.12±1.09 ng/ml, ตามลำดับ) กับ 14 วัน (13.68±0.95, 16.93±1.19 และ 16.41±1.61 ng/ml ตามลำดับ) (P > 0.05) ระดับ E_2 ในวันที่สอดอุปกรณ์และถอดอุปกรณ์ระหว่างกลุ่ม 7 วัน (7.38±2.16, 6.48±2.04 และ 8.70±2.08 ng/ml ตามลำดับ) และ 14 วัน (5.39±1.10, 4.82±0.57 และ 5.76±0.55 ng/ml ตามลำดับ) ไม่แตกต่างในทางสถิติเช่นกัน (P > 0.05) อัตราการเป็นสัดในแม่โคกลุ่ม 7 วันมีค่าเท่ากับ 96.29% (26/27) สูงกว่ากลุ่ม 14 วัน 85% (17/20) และอัตราการตั้งท้องกลุ่ม 7 วัน 40.74% (11/27) สูงกว่ากลุ่ม 14 วัน 25% (5/20) (P >0.05) สรุปได้ว่าการเหนี่ยวด้วยวิธี Co-Synch+CIDR 7 วัน และ Co-Synch+CIDR 14 วัน ไม่มีความแตกต่างในระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน P_4 และ E_2 อัตราการเป็นสัด และอัตราการตั้งท้อง วิธีการเหนี่ยวนำการเป็นสัดสามารถแก้ปัญหาแม่โคไม่แสดงอาการเป็นสัดหลังคลอด

คำสำคัญ: อุปกรณ์เหนี่ยวนำ โปรเจสเตอโรน เอสโตรเจน การเป็นสัด การตั้งท้อง

Abstract

The objective of this study to compare the effect of time insertion with control internal drug release device on progesterone (P_4) level, estradiol (E_2) level, estrus and pregnancy rates in beef cattle. Forty-seven beef cows not showing estrus after 60 days after birth were used in this study. Two groups cows were inserted CIDR on day 0, and then removed on day 7 (n=27) or day 14 (n=20) followed by $PGF_{2\alpha}$ injection. Cows were artificial inseminated (AI) at 55 hours after CIDR removal with injection of Gonadotropin releasing hormone. Blood samples were taken to determine concentrations of P_4 and E_2 on

[1] สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา อ.เมือง จ.พะเยา 56000
[2] ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
[3] ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์พะเยา อ.เมือง จ.พะเยา 56000
[4] Graduate Institute of Biomedical Sciences, China Medical University, Taichung, Taiwan, ROC
* Corresponding Author, Email: payungsuk.in@up.ac.th or payungsuk@hotmail.com

the day of insert, removal CIDR and AI. The pregnancy diagnosis was performed on days 45 and 90 after AI. Data were analyzed by R-program with two-independent sample t-test at 95% confidence interval (P = 0.05). The P_4 level on the day of insertion removal and AI were not significantly different of Co-Synch+CIDR 7 days group (16.41±1.05, 17.00±1.60 and 13.12±1.09 ng/ml, respectively) *vs* Co-Synch+CIDR 14 days group (13.68±0.95, 16.93±1.19 and 16.41±1.61 ng/ml, respectively, $P > 0.05$). Similarly, E_2 level on the day of insertion remove and AI had no difference between 7 days group (7.38±2.16, 6.48±2.04 and 8.70±2.08 ng/ml, respectively) *vs* (13.68±0.95, 16.93±1.19 and 16.41±1.61 ng/ml, respectively). Estrus rate of Co-Synch+CIDR 7 days group was higher than 96.29% (26/27) vs Co-Synch+CIDR 14 days 85% (17/20) ($P > 0.05$). The pregnancy rate on Co-Synch+CIDR 7 days group being 40.74% (11/27) was higher value than in Co-Synch+CIDR 14 days groups (25%, 5/20). In conclusion, synchronization protocols using Co-Synch+CIDR 7 *vs* 14 days were not significantly different of P_4 and E_2 levels. Pregnancy rate of Co-Synch+CIDR 7 days group have better potential than Co-Synch+CIDR 14 days group. Co-Synch+CIDR can be applied to solve the problem of anestrous cows after calving.

Keyword: CIDR, Progesterone, Estrogen, Estrus, Pregnancy

คำนำ

จังหวัดพะเยาเป็น 1 ใน 7 จังหวัดนำร่องในการผลิตโคเนื้อคุณภาพ โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณจัดสร้างโรงฆ่าสัตว์มาตรฐานขึ้นสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนผลิตโคขุนคุณภาพดีให้กลุ่มเกษตรกรในภาคเหนือตอนบนภายใต้ชื่อตราสินค้า “สหกรณ์โคขุนดอกคำใต้ จำกัด” เพื่อจำหน่ายเนื้อโคขุนในประเทศ (พยุงศักดิ์ อินต๊ะวิชา และคณะ 2560) วิธีการผลิตลูกโคเนื้อเพื่อให้ได้โคขุนคุณภาพที่เกษตรกรนิยมทำคือ ผสมเทียมด้วยน้ำเชื้อพ่อพันธุ์สายเลือดยุโรป เช่น ชาร์โรเล่ส์ และแองกัส เพื่อผลิตลูกโคเนื้อสำหรับเลี้ยงเป็นโคขุนที่มีคุณภาพเนื้อดีเป็นที่ต้องการของตลาด (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพการผลิตปศุสัตว์, 2558) อย่างไรก็ตามแม่โคอินเดียจะมีระยะการตั้งท้องนานกว่าแม่โคยุโรป คือ 293 วันในโคอินเดีย และ 282 วันในโคยุโรป (Bó *et al*., 2003) ปัญหาที่พบในการเลี้ยงโคของเกษตรกรคือ หลังจากที่แม่โคคลอดลูกแล้ว ไม่กลับมาแสดงอาการเป็นสัด ใน 60 วัน การเริ่มต้นใหม่ของวงรอบการเป็นสัดล่าช้าทำให้อัตราการตั้งท้องลดลงและมีความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจ (Bó *et al*., 2007) การเหนี่ยวนำการเป็นสัดแล้วผสมเทียมให้กับแม่พันธุ์โคเนื้อที่คลอดลูกมาแล้ว 45±15 วัน สามารถเพิ่มอัตราการตั้งท้องที่สิ้นสุดฤดูการผสมพันธุ์ (กลุ่มเหนี่ยวนำแล้วผสมเทียม 77.0% เทียบกับ กลุ่มไม่เหนี่ยวนำ 71.0%) ดังนั้น การใช้โปรแกรมการผสมเทียมแบบกำหนดเวลาในช่วงต้นฤดูการผสมพันธุ์สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบสืบพันธุ์ในแม่โค (Sá Filho *et al*., 2013) เพื่อให้แม่โคตั้งท้องโดยเร็วหลังจากการคลอดลูก โดยไม่ปล่อยให้แม่โคท้องว่างนานเกิน 90 วัน (Rodgers *et al*., 2012) และการเหนี่ยวนำยังช่วยให้แม่โคที่ไม่แสดงอาการเป็นสัดหลังคลอดหรือเป็นสัดเงียบสามารถผสมเทียมได้ (Lamb *et al*., 2010) ซึ่งการใช้ฮอร์โมนเหนี่ยวนำให้แม่โคแสดงอาการเป็นสัดเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหาลดจำนวนวันท้องว่างในแม่โคได้ (Pursley *et al*.,1995) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเหนี่ยวนำ คือ CIDR ร่วมกับฮอร์โมน GnRH และฮอร์โมน $PGF_{2\alpha}$ (El-Zarkounv *et al*., 2004) เพื่อให้แม่โคแสดงอาการเป็นสัดและตกไข่หลังจากนั้นทำการผสมเทียมให้กับแม่โค (Kasimanickam *et al*., 2014; Palomares *et al*., 2015) โดยมีวิธีการใช้ฮอร์โมนและระยะเวลาสอด CIDR ที่แตกต่างกัน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการใช้อุปกรณ์สอดช่องคลอดร่วมกับการฉีดฮอร์โมน GnRh และ $PGF2_{\alpha}$ โดยเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระดับฮอร์โมน P_4 และ E_2 การแสดงอาการเป็นสัดและอัตราการตั้งท้องในโคเนื้อที่เคยให้ลูกมาแล้วในฟาร์มของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อจังหวัดพะเยา

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง

ทำการศึกษาในแม่โคเนื้อลูกผสมพื้นเมือง-บราห์มัน สายเลือด 50% อายุ 3-5 ปีที่ไม่แสดงอาการเป็นสัดหลังคลอดลูกเกิน 60 วัน จำนวน 47 ตัว ในฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อแม่พันธุ์จังหวัดพะเยาในเขตอำเภอดอกคำใต้ และอำเภอเชียงม่วน โดยแบ่งแม่โคออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่ม Co-Synch+CIDR 7 วัน (27 ตัว) และกลุ่ม Co-Synch+CIDR 14 วัน (20 ตัว) ทำการเหนี่ยวนำการเป็นสัด โดยใช้วิธี Co-Synch+CIDR ดังแสดงใน Figure 1

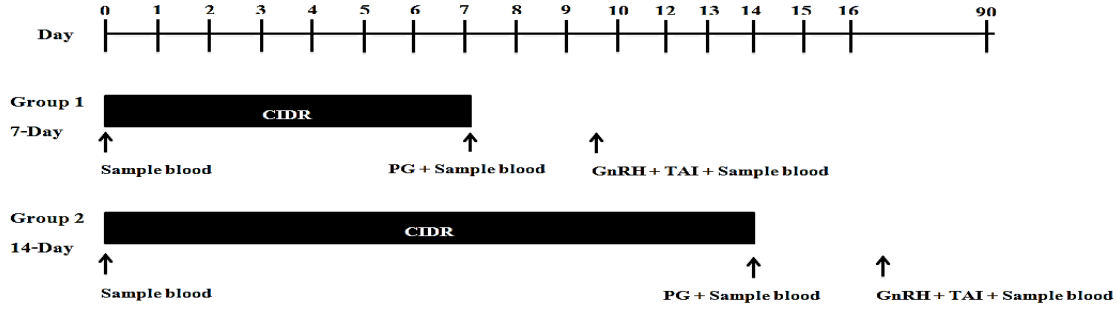


Figure. 1. The experimental protocol for estrus synchronization of beef cattle. CIDR: controlled internal drug release device; GnRh: gonadotropin-releasing hormone; $PGF2_{\alpha}$: prostaglandin $F2_{\alpha}$ and TAI : timed artificial insemination

การตรวจความเข้มข้นของฮอร์โมน P_4 และ E_2

เก็บตัวอย่างเลือดจากแม่โคเนื้อครั้งละ 2 มิลลิลิตร สำหรับศึกษาความเข้มข้นของฮอร์โมน P_4 และ E_2 โดยเจาะเลือดบริเวณเส้นเลือดดำที่คอ (Jugular vein) ในวันสอด CIDR วันถอด CIDR และวันผสมเทียม (Figure 1) จากนั้นนำเลือดปั่นเหวี่ยงที่ 2900 × g อุณหภูมิห้องเป็นเวลานาน 30 นาที เมื่อเสร็จแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ –20 °C สำหรับตรวจหาความเข้มข้นของฮอร์โมน P_4 และ E_2 โดยใช้ชุด RIA kit monoclonal Antibody-Progesterone (CL425; UC davis university) ใช้โค้ทเพลทอัตราส่วน 1 : 4,000 ในสารละลาย coating buffer 5 มิลลิลิตร ปริมาตร 50 ไมโครลิตรต่อหลุม Progesterone-3CMO-horseradish peroxidase อัตราส่วน 1 : 40, 000 ในสารละลาย assay buffer 6 มิลลิลิตร ปริมาตร 50 ไมโครลิตรต่อหลุม Polyclonal anti-Estradiol (R4972; UC davis university) ใช้โค้ทเพลท อัตราส่วน 1 : 5,000 ในสารละลาย coating buffer 5 มิลลิลิตร ปริมาตร 50 ไมโครลิตรต่อหลุม Estradiol-17β -horseradish peroxidase ใช้ 1 : 40,000 ในสารละลาย assay buffer 6 มิลลิลิตรปริมาตร 50 ไมโครลิตรต่อหลุม

การผสมเทียม

ทำการผสมเทียมในชั่วโมงที่ 55 หลังการฉีดฮอร์โมน $PGF_{2\alpha}$ ก่อนทำการผสมเทียมต้องตรวจดูแม่โคที่เป็นสัดจะยืนนิ่งให้ตัวอื่นขึ้นทับและมีเมือกใสไหลจากช่องคลอด จากนั้นทำการล้างบริเวณอวัยวะเพศภายนอกด้วยน้ำสะอาดและเช็ดให้แห้ง แล้วทำการละลายน้ำเชื้อที่รีดจากพ่อโคเนื้อของกรมปศุสัตว์ และเตรียมปืนฉีดน้ำเชื้อเพื่อผสมเทียมให้กับแม่โค การผสมเทียมดำเนินการโดยเจ้าหน้าผสมเทียมจากสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพะเยา

การตรวจการตั้งท้อง

ทำการตรวจท้องแม่โคที่ได้รับการผสมเทียมแล้ว ในแม่โคตัวที่ครบวงรอบการเป็นสัดแต่ไม่แสดงอาการเป็นสัดในวันที่ 60 หลังจากทำการผสมเทียม โดยเจ้าหน้าผสมเทียมของสำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพะเยา ทำการหาอัตราการตั้งท้อง

ทั้งสองกลุ่มทดลองที่ผสมติดในครั้งแรก ผสมครั้งที่ 2 และมากกว่า 2 ครั้ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรม R (64-bit) ทำการศึกษาเปรียบเทียบระดับฮอร์โมน P_4 และ ฮอร์โมน E_2 ตั้งแต่วันสอด CIDR วันถอด CIDR และวันผสมเทียม โดยข้อมูลถูกเปรียบเทียบโดยใช้ two-independent sample t-test ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% (P=0.05) ถือว่ามีนัยสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ทั้งหมด การตอบสนองต่อการแสดงอาการเป็นสัด อัตราการตั้งท้อง เปรียบเทียบโดยใช้ค่าร้อยละโดยใช้ Chi-square test

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมน P_4 ที่ทำการเหนี่ยวนำการเป็นสัดด้วยวิธี Co-Synch+CIDR โดยใช้ระยะเวลาในการสอดอุปกรณ์แตกต่างกัน 7 วัน เปรียบเทียบกับ 14 วัน และทำการเจาะเลือดแม่โคเพื่อทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฮอร์โมนในแต่ละช่วง จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของ P_4 ในวันที่ สอด CIDR พบว่า กลุ่ม Co-Synch+CIDR 7 วัน มีระดับฮอร์โมนเท่ากับ 16.41±1.05 ng/ml สูงกว่า กว่ากลุ่ม Co-Synch+CIDR 14 วัน (13.68±0.95 ng/ml) แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ (P >0.05) ดังแสดงใน Figure 2 เมื่อเปรียบเทียบกับ 14 วัน เมื่อถึงวันถอด CIDR ระดับของฮอร์โมน P_4 ในกลุ่ม 7 วัน (17.00±1.60 ng/ml) สูงกว่ากลุ่ม 14 วัน (16.93±1.19 ng/ml) ซึ่งการที่ระดับฮอร์โมน P_4 ในวันถอด CIDR เพิ่มสูงขึ้นทั้งสองกลุ่มเป็นเพราะแม่โคได้รับฮอร์โมน P_4 จาก CIDR ที่สอดอยู่เป็นระยะเวลา 7 และ 14 วัน แต่เมื่อถอด CIDR ออกแล้วระดับของ P_4 ลดลง เมื่อถึงวันผสมเทียมกลุ่ม Co-Synch+CIDR 7 วัน มีค่าเท่ากับ 13.12±09 ng/ml ต่ำกว่ากลุ่ม Co-Synch+CIDR 14 วัน (16.41±61 ng/ml; P >0.05; Figure 2) สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Santos *et al*. (2004) ที่รายงานว่าหลังจากที่แม่โคได้รับการสอด CIDR ความเข้มข้นของฮอร์โมน P_4 ที่หมุนเวียนในร่างกายเพิ่มขึ้น และลดลงในวันที่ผสมเทียม การที่ P_4 ลดลงในช่วงผสมเทียมเป็นผลมาจากการฉีด $PGF2_\alpha$ ซึ่งทำให้เกิดกระบวนการสลายของคอร์ปัสลูเทียม (luteolysis) ที่รังไข่ซึ่งเป็นแหล่งผลิตฮอร์โมน P_4 ในร่างกายของแม่โค

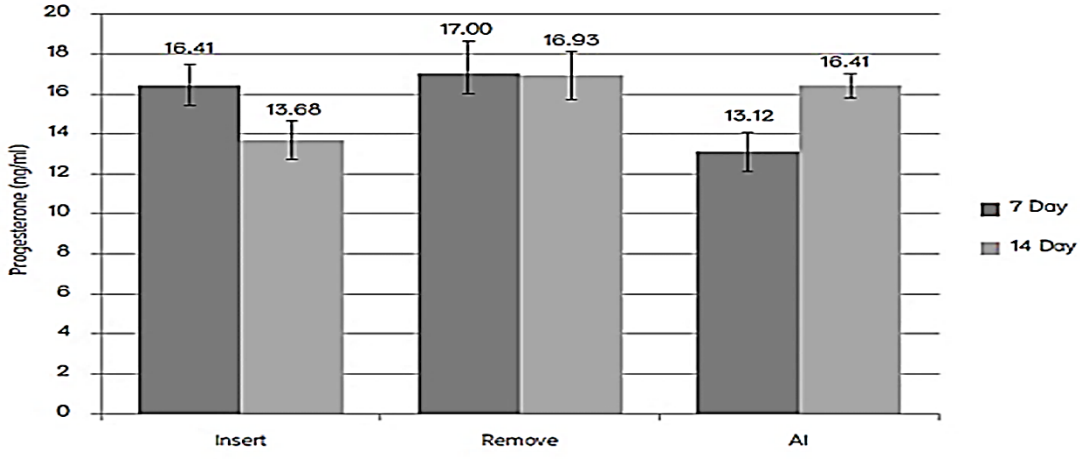


Figure 2. Progesterone (P_4) concentrations (ng/ml from Co-Synch+CIDR for 7 or 14 day at the time insertion and removal CIDR and timed artificial insemination (AI) in beef cattle. There were no significant differences between groups (P >0.05).

ระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน E_2 ในการศึกษาครั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงของ E_2 ในวันที่สอด CIDR กลุ่ม Co-Synch+CIDR 7 วัน มีค่าเท่ากับ (7.38±2.16 ng/ml) สูงกว่ากลุ่ม 14 วัน (5.39±1.10 ng/ml) (P >0.05; Figure 3) ไม่แตกต่างกันในทางสถิติในวันที่ถอด CIDR กลุ่ม Co-Synch+CIDR 7 วัน มีค่าเท่ากับ (6.48±2.04 ng/ml) สูงกว่ากลุ่มทดลอง 14 วัน มีค่าเท่ากับ (4.82±0.57 ng/ml) ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ (P >0.05; Figure 3) ในกลุ่ม Co-Synch+CIDR 7 วัน เมื่อเปรียบเทียมระดับฮอร์โมน E_2 ในวันที่สอด ถอด และผสมเทียม เฉลี่ยอยู่ที่ (7.38±2.16), (6.48±2.04) และ (8.70±2.08) ng/ml ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P=0.684; Figure 4) และในกลุ่ม Co-Synch+CIDR 14 วัน เมื่อเปรียบเทียมระดับฮอร์โมน E_2 ในวันที่สอด ถอด และผสมเทียม เฉลี่ยอยู่ที่ (5.39±1.10), (4.82±0.57) และ (5.76±0.55) ng/ml ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P=0.514; Figure 5)

การใช้วิธีเหนี่ยวนำการเป็นสัดเมื่อถึงวันถอด CIDR แม่โคถูกฉีดฮอร์โมน $PGF_{2\alpha}$ ในวันเดียวกัน เพื่อทำให้เกิดการสลายของคอร์ปัสลูเทียมในรังไข่ ซึ่งทำให้แม่โคเริ่มขบวนการเป็นสัด (Estrous cycle) ในรอบใหม่ ภายใต้การควบคุมของ Follicle Stimulating Hormone ที่ทำหน้าที่ในการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของฟอลลิเคิล (Roberto *et al*., 2015) ในวันผสมเทียมกลุ่ม Co-Synch+CIDR 7 วัน มีความเข้มข้นของฮอร์โมน E_2 เท่ากับ (8.70±2.08 ng/ml) สูงกว่ากลุ่ม Co-Synch+CIDR 14 วัน (5.76±0.55 ng/ml) ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (P >0.05; Figure 3) ความเข้มข้นของฮอร์โมน E_2 จะถูกผลิตจากฟอลลิเคิลขนาดใหญ่ (dominant follicle) ในรังไข่ สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Kasimanickam *et al*. (2014) พบว่า ระดับฮอร์โมน E_2 สูงในช่วงผสมเทียม และผลการศึกษาของ Roberto *et al*. (2015) ที่พบว่า ความเข้มข้นของฮอร์โมน E_2 ในกลุ่ม 4 วัน (3.85 ng/ml) ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับกลุ่ม 5 วัน (2.53 ng/ml) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ความเข้มข้นของฮอร์โมน E_2 วันผสมเทียมในกลุ่ม Co-Synch+CIDR 7 วัน (8.70 ng/ml) และ 14 วัน (5.76 ng/ml) ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นของฮอร์โมน E_2 ในวันผสมเทียมเพิ่มขึ้นจากวันถอด CIDR สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้า (Martin *et al*., 2014)

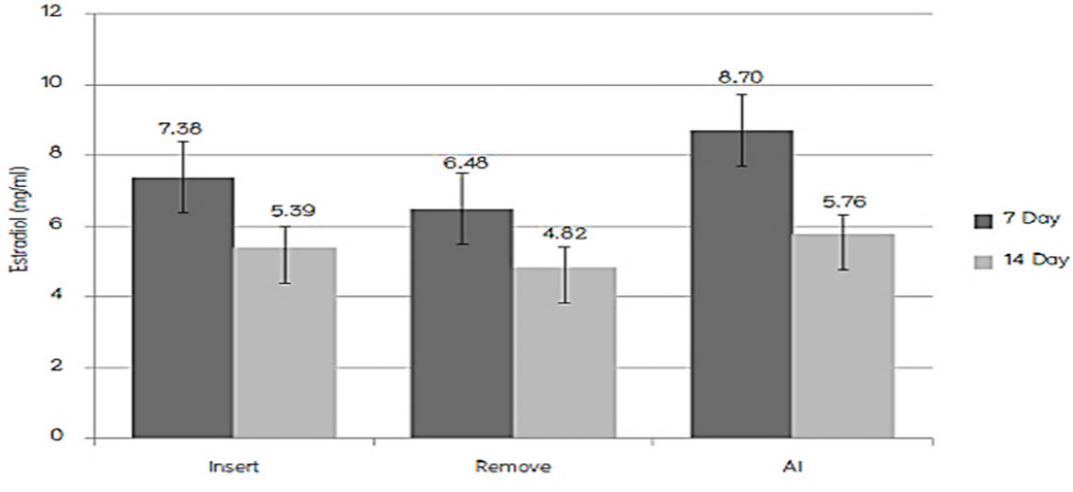


Figure 3. Estradiol (E_2) concentrations (ng/ml) of Co-Synch+CIDR 7 or 14 days at insert and remove CIDR and timed artificial insemination (AI) in beef cattle. There were no significant differences between groups (P >0.05).

การแสดงอาการเป็นสัดเป็นผลมาจากฮอร์โมน E_2 ซึ่งฮอร์โมนนี้จะเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของฟอลลิเคิล และเกิดการตกไข่ ส่งผลให้มีการปฏิสนธิของตัวอ่อน และการฝังตัวที่มดลูก (Roberto *et al*., 2015) ซึ่งแม่โคกลุ่ม Co-Synch+CIDR 7 วัน มีอัตราการเป็นสัดสูง (96.29 %) และมีการตั้งท้องจากการผสมครั้งแรกเท่ากับ 40.7% (11/27) สูงกว่ากลุ่ม Co-Synch+CIDR 14 วัน ที่แสดงอาการเป็นสัดต่ำกว่า (85%) และมีอัตราการตั้งท้อง 25.0% (5/20) หากแม่โคผสมไม่ติดจะแสดงอาการเป็นสัดในช่วง 18-22 วันหลังการผสมเทียมดังแสดงใน Table 1 วิธีการเหนี่ยวนำการเป็นสัดยังช่วยให้เกษตรกรได้ลูกโคเนื้อลูกผสมสายเลือดยุโรปสำหรับขายให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคขุนต่อไป และสอดคล้องกับรายงานของ **พยุงศักดิ์ อินต๊ะวิชา และคณะ** (2560) ที่กล่าวว่าเกษตรกรมีความสนใจผลิตลูกโคเนื้อคุณภาพด้วยวิธีการผสมเทียม มีรายงานว่าแม่โคที่ไม่แสดงอาการเป็นสัดสามารถใช้ฮอร์โมนเหนี่ยวนำมาช่วยแก้ไขปัญหาในแม่โคได้ (Pursley *et al*.,1995) อย่างไรก็ตามการผสมติดมีปัจจัยหลายอย่าง เช่น คะแนนสภาพร่างกาย การจัดการด้านอาหารและน้ำดื่ม และสุขภาพของแม่โค หากเกษตรกรมีการจัดการอย่างดีจะส่งผลให้แม่โคมีความสมบูรณ์พันธุ์เพิ่มขึ้น

Table 1. Estrus and pregnancy rates after removal of CIDR between 7 and 14 days Co-Synch+CIDR treatments.

Treatment	Show estrus after removal of CIDR, %	Cow pregnant after 1st AI,%	Cow pregnant after 2 and AI, %	Cow pregnant after >2nd AI, %
7-day Co-synch + CIDR (n=27)	96.30 (26/27)	40.74 (11/27)	48.15 (13/27)	11.10 (3/27)
14-day Co-synch + CIDR (n=20)	85.00 (17/20)	25.00 (5/20)	55.00 (11/20)	20.00 (4/20)

There were no significant differences between groups (P >0.05).

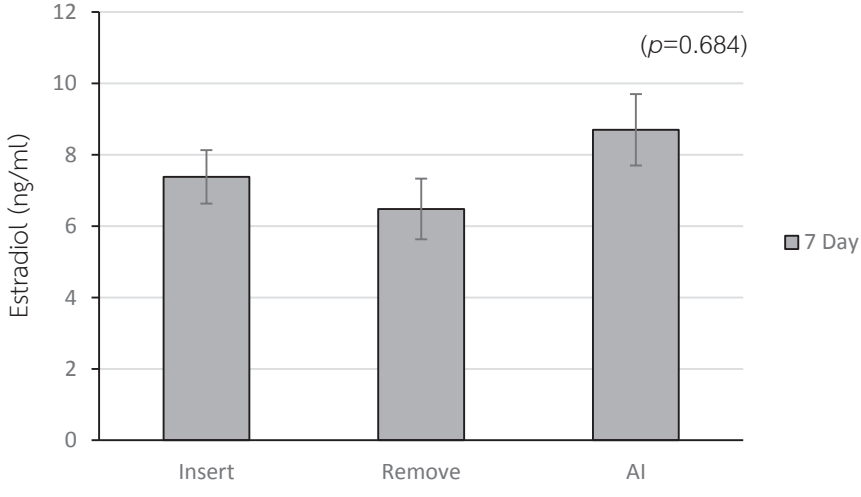


Figure 4. Show E2 level on insertion, removal and AI day.

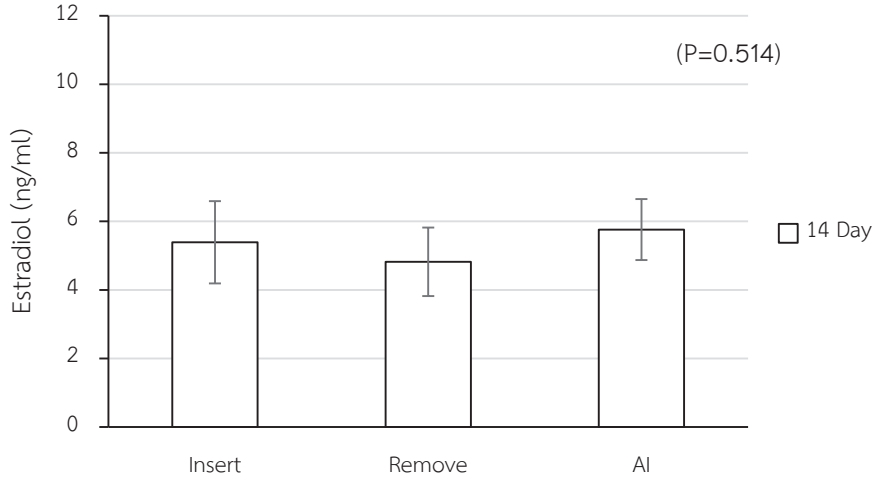


Figure 5. Show P4 level on insertion, removal and AI day.

สรุปผลการศึกษา

การเปรียบเทียบผลของจำนวนวันสอดอุปกรณ์เหนี่ยวนำต่อระดับฮอร์โมนพบว่า การเหนี่ยวด้วยวิธี Co-Synch+CIDR 7 วัน และ Co-Synch+CIDR 14 วัน ไม่มีความแตกต่างในระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน P_4 และ E_2 อัตราการเป็นสัดและการผสมติดกลุ่ม Co-Synch+CIDR 7 วัน มีแนวโน้มค่าเฉลี่ยอัตราการเป็นสัดและการตั้งท้องสูงกว่ากลุ่ม Co-Synch+CIDR 14 วัน ส่วนวิธีการเหนี่ยวนำการเป็นสัดสามารถแก้ปัญหาแม่โคท้องว่างนานเกิน 60 วัน ที่ไม่แสดงอาการเป็นสัด

ข้อเสนอแนะ

เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อแม่พันธุ์ควรตั้งเป้าหมายให้แม่พันธุ์คลอดลูกปีละตัว โดยให้ความสำคัญกับการปลูกสร้างแปลงหญ้าอาหารสัตว์เสริมให้โคเนื้อแม่พันธุ์อย่างเพียงพอตลอดทั้งปี มีการจัดเตรียมแร่ธาตุก้อนและแหล่งน้ำที่สะอาดให้แม่โคได้กินอย่างเพียงพอ เมื่อแม่โคคลอดลูกแล้วควรมีการเสริมอาหารข้นเพื่อให้ได้รับโภชนะที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ควรมีการดูแลสุขภาพ เช่น การถ่ายพยาธิ ให้วิตามิน และควรสังเกตอาการเป็นสัดของแม่โคหลังจากคลอดลูกมาแล้วมากกว่า 45 วันถ้าพบอาการเป็นสัดควรดำเนินการแจ้งเจ้าหน้าที่ผสมเทียมให้มาดำเนินการ หากแม่โคไม่แสดงอาการเป็นสัดเกิน 90 วันหลังการคลอด ควรปรึกษาเจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ในพื้นที่ให้มาดำเนินการแก้ไข หรือใช้โปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดกับแม่โคเพื่อให้แม่โคผลิตลูกปีละตัว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในเขตพื้นที่จังหวัดพะเยา ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์พะเยา สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพะเยาที่ให้ความช่วยเหลือในการออกพื้นที่ผสมเทียม ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมนในสัตว์ (laboratory of hormonal analysis in animals) สวนสัตว์เชียงใหม่ที่ให้ความช่วยเหลือในการตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมน คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา สถานที่วิเคราะห์ข้อมูลและดำเนินการวิจัยตลอดการทดลอง กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพ มหาวิทยาลัยพะเยา ให้การสนับสนุนทุนโครางการการบริการวิชาการแก่สังคม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 (สัญญาเลขที่ บ030059209011)

เอกสารอ้างอิง

พยุงศักดิ์ อินต๊ะวิชา, ศักดิ์ชัย เครือสาร, สุพัฒน์ เขื่อนวัง, ธรรมนูญ ธานี, สมชาติ ธนะ, โชค โสรัจกุล และ ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ. 2560.สภาพการเลี้ยงแม่พันธุ์โคเนื้อและความพึงพอใจของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอเมืองแม่ใจ ดอกคำใต้และภูกามยาว จังหวัดพะเยา. *ว.วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร* 33: 26-34.

สำนักเทคโนโลยีชีวภาพการผลิตปศุสัตว์กรมปศุสัตว์. 2558. การพัฒนาโคเนื้อคุณภาพไทย-แบล็ค. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา http://biotech.dld.go.th/index.php/th/2013-02-24-09-51-33/173-2013-02-23-14-46-48 (4 พฤศจิกายน 2560).

Bó, G.A., P.S. Baruselli and M.F. Martinez. 2003. Pattern and manipulation of follicular development in Bos indicus cattle. *Anim. Reprod. Sci*. 78: 307-326.

Bó, G.A., L. Cutaia, L.C. Peres, D. Pincinato, D. Maraña and P.S. Baruselli. 2007. Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of Bos indicus cattle.*Soc.Reprod. Fertil. Suppl* 64: 223-236.

El-Zarkouny, S.Z., J.A. Cartmill, B.A. Hensley and J.S. Stevenson. 2004. Pregnancy in dairy cows after synchronized ovulation regimens with or without presynchronization and progesterone. *J Dairy Sci* 87: 1024-1037.

Kasimanickam, R.K., P. Firth, G.M. Schuenemann, B.K. Whitlock, J.M. Gay and D.A. Moore. 2014. Effect of the first GnRH and two doses of $PGF2_{\alpha}$ in a 5-day progesterone-based Co-Synch protocol on heifer pregnancy. *Theriogenology* 81: 797-804.

Lamb G.C., C.R. Dahlen and J.E. Larson. 2010. Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle: a review. *J. Anim Sci*. 88: 181-192.

Martin, N.T., J. M. Thomas, J. M. Nash, D. A. Mallory, M. R. Ellersieck, S. E. Poock, M. F. Smith, and D. J. Patterson. 2014. Comparison of a 16-versus a 19-Day Interval between Controlled Internal Drug Release Removal and Prostaglandin Following a 14-Day Controlled Internal Drug Releasetreatment and Fixed-Time Artificial Insemination in Postpartum Beef Cows. *J Anim Sci*. 92: 1759-1767.

Palomares, A. R., J. Heidi Fishman, L. Arthur Jones, S. Maria Ferrer, Mathews Jenerette and Aimee Vaughn. 2015. Comparison of 4- versus 5-day Co-Synch Þ controlled internal drug release (CIDR) Þ timed arti Fi cial insemination protocols in dairy heifers. *Theriogenology*. 84: 868-874.

Pursley J.R., M.O. Meez, and M.C. Wiltbank.1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2alpha and GnRH. *Theriogenology*. 4: 915-923.

Roberto, A., H. Palomares, J. Fishman, L. Arthur, M. Jones, S. Ferrer, J. Mathews and V. Aimee. 2015. Comparison of 4- versus 5-day Co-Synch + controlledinternal drug release (CIDR) + timed artificial insemination protocols in dairy heifers. *Theriogenology*. 84: 868-874.

Rodgers, JC, S.L. Bird, J.E. Larson, N. Dilorenzo and C.R. Dahlen, A. Dicostanzo and G.C. Lamb. An economic evaluation of estrous synchronization and timed artificial insemination in suckled beef cows. *J Anim Sci*. 12: 4055-4062.

Santos, J.E.P., S.O. Juchem, R.L.A. Cerri, K.N. Galvao, R.C. Chebel and W.W. Thatcher. 2004. Effect of bST and reproductive management on reproductive performance of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci* 87: 868-881.

Sá Filho M.F., L. Penteado, E.L. Reis, T.A. Reis, K.N. Galvão, P.S. Baruselli. 2013. Timed artificial insemination early in the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows. *Theriogenology* 79: 625-632.

วันรับบทความ (Received date) : 15 มี.ค. 61
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 30 พ.ค. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 16 ส.ค. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 332-341

การหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้ Central Composite Design (CCD) เพื่อการผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *Rhodotorula rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพดแบบการหมักแห้ง

Optimization Using Central Composite Design (CCD) for the Carotenoid Production from *Rhodotorula rubra* MJU18 on Corn Dust by Solid State Fermentation

ณัฐพร จันทร์ฉาย[1]* อภิรดี เสียงสืบชาติ[1] และศันศนีย์ บุญเกิด[1]
Nuttaporn Chanchay[1]* Apiradee Siangsuepchart[1] and Sunsanee Boonkerd[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาการผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *Rhodotorula rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพดแบบการหมักแห้ง ในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตแคโรทีนอย์จากยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพดเพื่อที่จะนำไปเป็นแหล่งแคโรทีนอยด์ในอาหารสัตว์ โดยที่อาหารสัตว์เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตสัตว์ เพื่อให้ได้การเจริญเติบโตที่ดี และผลผลิตที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังเป็นการลดปริมาณของเสียจากทางเกษตร และลดปัญหามลพิษทางอากาศจากการ เผาไหม้ฝุ่นข้าวโพดของเกษตรกรอีกด้วย โดยสภาวะเริ่มต้นที่ใช้ในการหมัก คือ ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ 7 กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่ 0.1 กรัม (ปริมาตรต่อปริมาตร) โดยใช้แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ 0.01 กรัม (ปริมาตรต่อปริมาตร) และใช้สารสกัดจากยีสต์เป็นปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตที่ 0.01 กรัม (ปริมาตรต่อปริมาตร) พบว่าการเจริญเติบโต และปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุดในชั่วโมงที่ 96 ของการหมัก โดยมีปริมาณเซลล์เท่ากับ 18.79 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 22.60 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง และจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการผลิตแคโรทีนอยด์ โดยการออกแบบการทดสอบแบบ Central Composite Design (CCD) พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.5 มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่ปริมาณ 15 กรัมต่อกิโลกรัม มีแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ปริมาณ 2 กรัมต่อกิโลกรัม มีสารสกัดจากยีสต์เป็นปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตที่ปริมาณ 2 กรัมต่อกิโลกรัม และอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส โดยมีการเติบโตเท่ากับ 58.32 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 61.12 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง ดังนั้น จึงสามารถนำฝุ่นข้าวโพดที่หมักร่วมกับเชื้อยีสต์ *R.rubra* MJU18 ไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องศึกษาในระดับอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการลดปัญหาหมอกควัน และสามารถเพิ่มมูลค่าของเสียทางการเกษตรได้อีกด้วย

คำสำคัญ: แคโรทีนอยด์ *Rhodotorula rubra* MJU18 ฝุ่นข้าวโพด Central Composite Design (CCD)

Abstract

The study on the production of carotenoid from *Rhodotorula rubra* MJU18 yeast in dry fermented corn dust was aimed to produce carotenoid from *R. rubra* MJU18 yeast in corn dust. Carotenoids in animal feed is not only an important factor in the production of animals to get good growth and increased productivity, it also reduces the amount of agricultural waste air pollution from burn corn dust of farmers. The initial conditions used for fermentation were 50 percent humidity, 30 °C, pH 7, glucose as a carbon source at 0.1 grams (volume/volume) using ammonium sulphate as a nitrogen source at 0.01g. (volume/volume) and yeast extract was used as a growth promoter at 0.01 g. (volume/volume). The maximum carotenoid content in 96 hours of fermentation was 18.79 g/g corn dust. And the carotenoids content was

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อ.ร้องกวาง จ.แพร่ 54140
*Corresponding author, Email: nuttapornchanchay@gmail.com

22.60 µg/g dry weight corn dust. From study of the optimal conditions for growth and carotene production by Central Composite Design (CCD), it was found that the optimum pH value was 5.5., glucose was the carbon source at 15 g/kg., ammonium sulphate was a nitrogen source at 2 g/kg., Yeast extract was a growth promoter at 2 g/kg. And temperature at 30 °C with a growth of 58.32 g/g corn dust. The amount of carotenoid was 61.12 µg/g dry weight corn dust, so it can be used to ferment corn dust with *R. rubra* MJU18 yeast. However, it is necessary to study at the industrial level, to reduce the haze and to increase the value of agricultural waste.

Keywords: carotenoid, *Rhodotorula rubra* MJU18, corn dust, Central Composite Design (CCD)

คำนำ

ในปัจจุบันมีการเพาะปลูกข้าวโพดอาหารสัตว์เพิ่มขึ้นมากทุก ๆ ปี อันเนื่องจากความต้องการของตลาดทางด้านอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ทำให้มีปริมาณของฝุ่นข้าวโพดที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำฝุ่นข้าวโพดมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ แต่ส่วนใหญ่ถูกนำไปให้เป็นอาหารสัตว์ (มนัสนันท์ โรจนกมลสันต์ และคณะ, 2548)

อาหารสัตว์เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตสัตว์เพื่อให้ได้การเจริญเติบโตที่ดี และผลผลิตที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นแหล่งโภชนะที่สัตว์จะนำไปใช้ ซึ่งอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ในปัจจุบันได้มีการผสมแคโรทีนอยด์ในอาหาร เช่น อาหารไก่และอาหารปลา เป็นต้น เพื่อเป็นการเพิ่มสีของเนื้อหรือไข่แดงให้มีสีที่เข้มขึ้น และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค แต่ปัญหาการใช้แคโรทีนอยด์ในปัจจุบัน คือใช้แคโรทีนอยด์ที่ได้จากการสังเคราะห์จากทางเคมี ซึ่งมีราคาแพง เนื่องจากนำเข้าจากต่างประเทศทำให้แคโรทีนอยด์จากธรรมชาติมีความสำคัญ และได้รับความต้องการในปริมาณที่สูง การใช้จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสร้างแคโรทีนอยด์ได้นั่นคือ เชื้อยีสต์ *Rhodotorula rubra* ที่มีคุณสมบัติในการสร้างสารสีแคโรทีนอยด์โดยสามารถนำไปใช้ทดแทนสารสีสังเคราะห์จากทางเคมีได้ (สาวิตรี ลิ่มทอง, 2549)

ดังนั้น การใช้ฝุ่นข้าวโพดผสมแคโรทีนอยด์ที่ได้จากยีสต์ *R. rubra* MJU18 ไปเป็นอาหารสัตว์โดยตรงสามารถลดปัญหาของค่าใช้จ่ายในด้านอาหารที่สูงได้ สามารถเพิ่มคุณค่าโภชนาการของฝุ่นข้าวโพด และลดปัญหามลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ฝุ่นข้าวโพดของเกษตรกรอีกด้วย เป็นอีกหนึ่งทางเลือกของการเพาะเลี้ยงสัตว์ที่เกษตรกรควรหันมาใส่ใจมากขึ้น และยังเป็นการนำเอาของเสียทางการเกษตรมาใช้ให้เป็นประโยชน์ แต่การผลิต แคโรทีนอยด์นั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยจำนวนมาก จึงได้ทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธี central composite design ; CCD ซึ่งเป็นการออกแบบที่สามารถระบุปัจจัยที่ใช้ในการทดลองได้หลายปัจจัย และยังเป็นการออกแบบที่มีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถืออีกด้วย (Vazquez, 2001)

การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นการใช้ฝุ่นข้าวโพดให้เกิดประโยชน์โดยใช้เป็นสารอาหารสำหรับเลี้ยงยีสต์ *R. rubra* MJU18 เพื่อเป็นการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงยีสต์ในการผลิตแคโรทีนอยด์ ด้วยการออกแบบการทดลองด้วยวิธี CCD และเพื่อนำไปสู่การพัฒนาสู่ระดับอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18

เตรียมเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 จากห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ โดยทำการเลี้ยงลงในสูตรอาหารมาตรฐานซึ่งประกอบด้วย น้ำตาลกลูโคส 10 กรัม $(NH_4)_2SO_4$ 1 กรัม KH_2PO_4 2 กรัม $MgSO_4.7H_2O$ 1 กรัม Yeast extract 1 กรัม ปรับ pH ของอาหารเป็น 5.5 นำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 15 ปอนต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที และนำมาเลี้ยงเชื้อ *R. rubra* MJU18 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การศึกษาระยะเวลาการเจริญของยีสต์ *R. rubra* MJU18

ศึกษาระยะเวลาการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด ทำการหมักเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด โดยปิเปตเชื้อ 10^8 เซลล์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และใส่ในอาหารฝุ่นข้าวโพด 10 กรัม คลุกให้เข้ากัน (ความชื้น 50 เปอร์เซ็นต์ ; ฝุ่นข้าวโพด 10 กรัม ในน้ำ 30 มิลลิลิตร) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 110 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุก ๆ 0, 24, 48, 72, 96 และ 110 ชั่วโมง จากนั้น วิเคราะห์การเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักของฝุ่นข้าวโพดทั้งก่อนหมัก และหลังจากการหมัก เพื่อหาน้ำหนักของเซลล์ที่เจริญเติบโต และวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์เริ่มต้นโดยทำตามวิธี Foss *et al.* (1984) ทดลอง 3 ซ้ำ และเลือกระยะเวลาที่ดีที่สุดทำการศึกษาต่อในเรื่องเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์

การศึกษาความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด

การศึกษาเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ *R.rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด โดยให้ความชื้นของฝุ่นข้าวโพดเริ่มต้นเท่ากับ 40, 45, 50, 55 และ 60 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงในชั่วโมงที่เหมาะสมจากข้อ 2. เก็บตัวอย่างเพื่อไปวิเคราะห์การเจริญเติบโต โดยการชั่งน้ำหนักของฝุ่นข้าวโพดทั้งก่อนหมัก และหลังจากการหมัก เพื่อหาน้ำหนักของเซลล์ที่เจริญเติบโต และวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์เริ่มต้นโดยทำตามวิธี Foss *et al.* (1984) ซึ่งทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเลือกความชื้นที่ดีที่สุดเพื่อทำการศึกษาต่อในเรื่องปริมาณแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ของยีสต์ *R. rubra* MJU18

การศึกษาแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด

การศึกษาแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมของยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด โดยเปรียบเทียบระหว่าง กลูโคส และ ซูโครส ที่ปริมาณ 0.1 กรัม เลี้ยงในชั่วโมงที่เหมาะสมจากข้อ 2. และเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมจากข้อ 3. เก็บตัวอย่างเพื่อไปวิเคราะห์การเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักของฝุ่นข้าวโพดทั้งก่อนหมัก และหลังจากการหมัก เพื่อหาน้ำหนักของเซลล์ที่เจริญเติบโต และวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์เริ่มต้นโดยทำตามวิธี Foss *et al.* (1984) ซึ่งทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเลือกแหล่งคาร์บอนที่ดีที่สุดเพื่อทำการศึกษาต่อในเรื่องปริมาณแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ของยีสต์ *R. rubra* MJU18

การศึกษาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด

การศึกษาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมของยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด โดยเปรียบเทียบระหว่าง แอมโมเนียมซัลเฟต และ แอมโมเนียมคลอไรด์ ที่ปริมาณ 0.01 กรัม เลี้ยงในชั่วโมงที่เหมาะสมจากข้อ 2. เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมจากข้อ 3. และแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมจากข้อ 4. เก็บตัวอย่างเพื่อไปวิเคราะห์การเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักของฝุ่นข้าวโพดทั้งก่อนหมัก และหลังจากการหมัก เพื่อหาน้ำหนักของเซลล์ที่เจริญเติบโต และวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์เริ่มต้นโดยทำตามวิธี Foss *et al.* (1984) ซึ่งทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเลือกแหล่งไนโตรเจนที่ดีที่สุดเพื่อทำการศึกษาต่อในเรื่องแหล่งปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ของยีสต์ *R. rubra* MJU18

การศึกษาแหล่งปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด

การศึกษาปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมของยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด โดยเปรียบเทียบระหว่าง สารสกัดจากยีสต์ และ เปปโตน ที่ปริมาณ 0.01 กรัม เลี้ยงในชั่วโมงที่เหมาะสมจากข้อ 2. เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมจากข้อ 3. แหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมจากข้อ 4. และแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมจากข้อ 5. เก็บตัวอย่างเพื่อไปวิเคราะห์การเจริญเติบโตโดยการชั่งน้ำหนักของฝุ่นข้าวโพดทั้งก่อนหมัก และหลังจากการหมัก เพื่อหาน้ำหนักของเซลล์ที่เจริญเติบโต และวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์เริ่มต้นโดยทำตามวิธี Foss *et al.* (1984) ซึ่งทำการทดลอง 3 ซ้ำ

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต และการผลิตแคโรทีนอยด์ โดยออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD)

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต และการผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ experimental design เวอร์ชั่น 6.0.2 ในการออกแบบการทดลองแบบ central composite design (CCD) และนำเสนอผลการทดลองด้วยวิธี response surface methodology (RSM) โดยมีค่าตอบสนอง (response : Y) ได้แก่ น้ำหนักเซลล์ (การเจริญเติบโต) ; Y1 และปริมาณแคโรทีนอยด์ ; Y2 ปัจจัยตัวแปรอิสระ (Factor of independent variable : A, B, C, D and E) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แหล่งคาร์บอน (carbon source) แหล่งไนโตรเจน (nitrogen source) ปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโต (growth factor) และอุณหภูมิ (Temperature) โดยศึกษาปัจจัยตัวแปรอิสระ 5 ระดับ ได้แก่ ปริมาณแหล่งคาร์บอน ปริมาณแหล่งไนโตรเจน ปริมาณแหล่งสารส่งเสริมการเจริญเติบโต ความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ (Table 1) ได้ออกแบบการทดลองทั้งหมด 47 ชุดการทดลอง (ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ) เพื่อหาน้ำหนักของเซลล์ที่เจริญเติบโต และวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนอยด์เริ่มต้น โดยทำตามวิธี Foss *et al.* (1984) และนำไปทดสอบการยืนยันผลทางสถิติ

Table 1 Factors of food sources, pH and temperature.

	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
C-source (g/l) ; C	3.1	10	15	20	26.9
N-source (g/l) ; N	0.81	1.5	2	2.5	3.19
Growth factor (g/l) ; GF	0.81	1.5	2	2.5	3.19
pH	4.31	5.0	5.5	6.0	6.69
Temperature ; T	22.86	27	30	33	37.14

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาระยะเวลาการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด

จากการศึกษาโดยทำการหมัก *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด เป็นเวลา 110 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 0, 24, 48, 72, 96 และ 110 ชั่วโมง แล้วทำการวิเคราะห์การเจริญเติบโต และปริมาณแคโรทีนอยด์

Table 2 Study on growth and carotenoid content of *R. rubra* MJU18 yeast on corn dust.

Time (h)	Cell dry weight (g/g corn dust)	Carotenoid (µg/g dry weight corn dust)
0	0.00±0.00f	2.46±0.20f
24	0.57±0.01e	3.21±0.01e
48	1.23±0.02c	5.52±0.01c
72	2.52±0.01b	5.84±0.00b
96	3.02±0.01a	7.01±0.00a
110	1.10±0.01d	4.54±0.00d

Means in the same vertical column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

จากการศึกษาระยะเวลาการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด (Table 2) พบว่าที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง ยีสต์มีความสามารถเจริญเติบโตได้สูงที่สุด โดยมีน้ำหนักเซลล์เท่ากับ 3.02 กรัม/กรัม ฝุ่นข้าวโพด และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 7.01 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง รองลงมา คือ ชั่วโมง 72 และ 48 มีน้ำหนักเซลล์เท่ากับ 2.52 และ 1.23 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด ตามลำดับ และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 5.84 และ 5.52 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพร จันทร์ฉาย และชาญณรงค์ สุขชา(2554) การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของยีสต์ *R. rubra* พบว่า ระยะเวลาที่เชื้อยีสต์เจริญเติบโต ได้ดี คือ 96 ชั่วโมง โดยสามารถผลิตแคโรทีนอยด์สูงสุดเท่ากับ 95.586 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเซลล์แห้ง และต่างจากการศึกษาของ ณัฐพร จันทร์ฉาย และศันศนีย์ บุญเกิด (2559) พบว่าการเลี้ยงยีสต์ในฝุ่นข้าวโพดที่ 48 ชั่วโมงมีอัตราการเจริญและสามารถผลิตแคโรทีนอยด์สูงสุดอาจเนื่องมาจากใช้ยีสต์คนละไอโซเลตกัน

การศึกษาเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด

จากการศึกษาได้ให้ความชื้นในฝุ่นข้าวโพดร้อยละ 40, 45, 50, 55 และ 60 โดยทำการเลี้ยงในชั่วโมงที่เหมาะสมจากข้อ 1. แล้วทำการวิเคราะห์การเจริญเติบโต และปริมาณแคโรทีนอยด์

Table 3 Effect of moisture content and carotenoid content of *R. rubra* MJU18 yeast on corn dust.

Moisture (%)	Cell dry weight (g/g corn dust)	Carotenoid (µg/g dry weight corn dust)
40	0.71±0.01e	3.55±0.00e
45	0.93±0.00d	3.97±0.00d
50	2.84±0.00a	6.57±0.00a
55	2.31±0.01b	5.67±0.00b
60	1.97±0.00c	4.52±0.01c

Means in the same vertical column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

จากการศึกษาร้อยละความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด (Table 3) พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ร้อยละ 50 ยีสต์มีความสามารถเจริญเติบโตได้สูงที่สุด โดยมีน้ำหนักเซลล์เท่ากับ 2.84 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 6.57 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง รองลงมา คือ ความชื้นที่ร้อยละ 55 และ ร้อยละ 60 มีน้ำหนักเซลล์เท่ากับ 2.31 และ1.97 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด ตามลำดับ และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 5.67 และ 4.52 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มนัสนันท์ โรจนกมลสันต์และคณะ (2548) ที่ทำการศึกษาการเลี้ยงยีสต์ *R. glutinis* DM28 บนรำข้าวแบบการหมักแห้งเพื่อผลิตแคโรทีนอยด์โดยทำการหมักที่สภาวะความชื้นเริ่มต้น 49.6 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเจริญและปริมาณแคโรทีนอยด์มีปริมาณสูงสุดโดยมีปริมาณเซลล์ 54.0 มิลลิกรัมต่อกรัมรำข้าว และแคโรทีนอยด์ปริมาณ 1.65 ไมโครกรัมต่อกรัมรำข้าว

การศึกษาแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด

จากการศึกษาได้เปรียบเทียบแหล่งคาร์บอนระหว่างกลูโคส และ ซูโครส ที่ปริมาณ 0.1 กรัมต่ออาหาร

ฝุ่นข้าวโพด 1 กรัม โดยทำการเลี้ยงในชั่วโมงที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 1. และร้อยละความชื้นที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 2. แล้วทำการวิเคราะห์การเจริญเติบโต และปริมาณแคโรทีนอยด์

Table 4 Effect of suitable carbon sources and carotenoid content of *R. rubra* MJU18 yeast on corn dust.

Carbon source (0.1 g/g corn dust)	Cell dry weight (g/g corn dust)	Carotenoid (µg/g dry weight corn dust)
Glucose	8.96±0.018a	13.00±0.013a
Sucrose	5.43±0.003b	9.19±0.005b

Means in the same vertical column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

จากการศึกษาแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด (Table 4) พบว่าเมื่อใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน ยีสต์มีความสามารถเจริญเติบโตได้สูง โดยมีน้ำหนักเซลล์เท่ากับ 8.96 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 13 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง โดยที่ซูโครสมีน้ำหนักเซลล์เพียง 5.43 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 9.19 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุมารี สุขเถียร์ (2552) ได้ทำการศึกษาการเจริญของยีสต์ *R. rubra* ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรมาตรฐาน คือ ใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่ปริมาณ 10 กรัมต่อลิตร ได้ปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 0.0685 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเซลล์แห้ง

การศึกษาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด

จากการศึกษาได้เปรียบเทียบแหล่งไนโตรเจนระหว่างแอมโมเนียมซัลเฟต และแอมโมเนียมคลอไรด์ที่ปริมาณ 0.01 กรัมต่ออาหารฝุ่นข้าวโพด 1 กรัม โดยทำการเลี้ยงในชั่วโมงที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 1. ร้อยละความชื้นที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 2. และแหล่งคาร์บอนที่ได้จากการทดลองข้อ 3. แล้วทำการวิเคราะห์การเจริญเติบโตและปริมาณแคโรทีนอยด์

Table 5 Effect of suitable nitrogen sources and carotenoid content of *R. rubra* MJU18 yeast on corn dust.

Nitrogen source (0.01 g/g corn dust)	Cell dry weight (g/g corn dust)	Carotenoid (µg/g dry weight corn dust)
Ammonium sulphate	13.75±0.002a	17.40±0.077a
Ammonium chloride	10.76±0.004b	14.44±0.003b

Means in the same vertical column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

จากการศึกษาแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด (Table 5) พบว่าเมื่อใช้แหล่งไนโตรเจนเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต ยีสต์มีความสามารถเจริญเติบโตได้สูง โดยมีน้ำหนักเซลล์เท่ากับ 13.75 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 17.40 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง โดยที่แอมโมเนียมคลอไรด์มีน้ำหนักเซลล์เพียง 10.75 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ14.44 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chanchay (2013) ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญของ *R. rubra* โดยใช้แอมโมเนียมซัลเฟตเป็น

แหล่งไนโตรเจน ทำให้เชื้อสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ปริมาณมากถึง 30.39 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

การศึกษาปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด

จากการศึกษาได้เปรียบเทียบปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตระหว่าง สารสกัดจากยีสต์ และเปปโตน ที่ปริมาณ 0.01 กรัมต่ออาหารฝุ่นข้าวโพด 1 กรัม โดยทำการเลี้ยงในชั่วโมงที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 1. ร้อยละความชื้นที่เหมาะสมจากการทดลองข้อ 2. แหล่งคาร์บอนที่ได้จากการทดลองข้อ 3. และแหล่งไนโตรเจนที่ได้จากการทดลองข้อ 4. แล้วทำการวิเคราะห์การเจริญเติบโต และปริมาณแคโรทีนอยด์

Table 6 Effect of appropriate growth promoters and carotenoid content of *R. rubra* MJU18 on corn dust.

Growth promoters source	Cell dry weight (g/g corn dust)	Carotenoid (µg/g dry weight corn dust)
Yeast extract	18.79±0.016a	22.60±0.005a
Peptone	16.24±0.043b	20.09±0.004b

Means in the same vertical column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

จากการศึกษาปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตที่เหมาะสมของเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด (Table 6) พบว่า เมื่อใช้แหล่งปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตเป็นสารสกัดจากยีสต์ *R. rubra* MJU18 มีความสามารถเจริญเติบโตได้สูง โดยมีน้ำหนักเซลล์เท่ากับ 18.79 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 22.60 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง โดยที่เปปโตนมีน้ำหนักเซลล์เพียง 16.24 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด และปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 20.09 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chanchay (2013) ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญของ *R. rubra* โดยใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจน และสารสกัดจากยีสต์เป็นแหล่งปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตทำให้เชื้อสามารถผลิตแคโรทีนอยด์ได้ปริมาณมากถึง 30.39 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต และการผลิตแคโรทีนอยด์ โดยออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design (CCD)

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต และการผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด โดยการออกแบบการทดลองแบบ central composite design (CCD) วิเคราะห์น้ำหนักเซลล์ (การเจริญเติบโต) และปริมาณแคโรทีนอยด์ โดยมีปัจจัย 5 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แหล่งคาร์บอน (carbon source) แหล่งไนโตรเจน (nitrogen source) ปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโต (growth factor) และอุณหภูมิ (temperature) ได้ผลดัง Table 7

Table 7 The optimal condition for carotenoid production and dry weight by *R. rubra* MJU18 using CCD.

Treat.	pH (A)	Carbon source (B)	Nitrogen source (C)	Growth promoter source (D)	Temp. (E)	Carotenoid (µg/g dry weight corn dust) (Y1)	Cell dry weight (g/g corn dust) (Y1)
1	5	10	1.5	1.5	27	48.84	43.24
2	6	10	1.5	1.5	27	57.83	53.16
3	5	20	1.5	1.5	27	41.76	37.32
4	6	20	1.5	1.5	27	31.77	28.76
5	5	10	2.5	1.5	27	18.28	15.13
6	6	10	2.5	1.5	27	30.03	26.45
7	5	20	2.5	1.5	27	29.03	25.68
8	6	20	2.5	1.5	27	22.40	19.36
9	5	10	1.5	2.5	27	41.54	38.25
10	6	10	1.5	2.5	27	32.29	30.51
11	5	20	1.5	2.5	27	51.43	57.23
12	6	20	1.5	2.5	27	40.28	36.72
13	5	10	2.5	2.5	27	48.07	44.16
14	6	10	2.5	2.5	27	29.15	26.48
15	5	20	2.5	2.5	27	43.73	40.08
16	6	20	2.5	2.5	27	32.91	29.30
17	5	10	1.5	1.5	33	24.90	22.18
18	6	10	1.5	1.5	33	22.83	18.90
19	5	20	1.5	1.5	33	26.43	23.55
20	6	20	1.5	1.5	33	18.03	14.02
21	5	10	2.5	1.5	33	30.13	26.87
22	6	10	2.5	1.5	33	29.99	26.68
23	5	20	2.5	1.5	33	25.15	22.10
24	6	20	2.5	1.5	33	34.72	31.89
25	5	10	1.5	2.5	33	30.51	27.66
26	6	10	1.5	2.5	33	23.29	20.44
27	5	20	1.5	2.5	33	51.38	47.16
28	6	20	1.5	2.5	33	28.14	25.57
29	5	10	2.5	2.5	33	31.09	26.42
30	6	10	2.5	2.5	33	29.43	25.19
31	5	20	2.5	2.5	33	32.42	28.11
32	6	20	2.5	2.5	33	32.16	29.50
33	4.3	15	2	2	30	46.55	42.34
34	6.69	15	2	2	30	19.31	15.82
35	5.5	3.1	2	2	30	14.75	11.40
36	5.5	26.9	2	2	30	14.17	11.79
37	5.5	15	0.81	2	30	14.56	12.12
38	5.5	15	0.81	2	30	16.51	13.79
39	5.5	15	2	0.81	30	21.31	17.06
40	5.5	15	2	0.81	30	28.83	25.23
41	5.5	15	2	2	22.86	23.52	20.38
42	5.5	15	2	2	37.14	49.19	46.29
43	5.5	15	2	2	30	59.59	56.88
44	5.5	15	2	2	30	60.15	56.37
45	5.5	15	2	2	30	62.53	59.22
46	5.5	15	2	2	30	59.47	57.09
47	5.5	15	2	2	30	59.21	57.42

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (A), แหล่งคาร์บอน (B) แหล่งไนโตรเจน (C) ปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโต (D) และอุณหภูมิ (E) แสดงดังในสมการ Y1

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (A), แหล่งคาร์บอน (B) แหล่งไนโตรเจน (C) ปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโต (D) และอุณหภูมิ (E) แสดงดังในสมการ Y2

Final Equation in Terms of Coded Factors :

$Y1 = 62.12-3.33A+0.28B-1.57C+2.39D-1.56E-4.36A^2-7.63B^2-7.44C^2-5.75D^2-3.75E^2-1.33AB+1.41AC-2.68AD+0.39AE-0.026BC+2.52BD+1.22BE+1.02CD+3.49CE+0.21DE$; $R^2= 0.7689$

$Y2 = 58.32–3.33A+0.59B–1.78C+2.70D–1.71E–4.55A^2–7.64B^2–7.40C^2–5.95D^2–3.79E^2–1.56AB+1.71AC– 2.77AD+0.58AE–0.23BC+2.64BD+0.95BE+0.40CD+3.62CE–0.31DE$; $R^2 = 0.7780$

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพดแบบการหมักแห้ง โดยศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด พบว่ามีการเจริญเติบโตสูงที่สุดที่ชั่วโมงที่ 96 มีปริมาณแคโรทีนอยด์ 7.01 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง และปริมาณน้ำหนักเซลล์ 3.02 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด พบว่า ที่ระดับความชื้นที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่ปริมาณ 0.1 กรัม ใช้แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ปริมาณ 0.01 กรัม และใช้สารสกัดจากยีสต์เป็นแหล่งปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตที่ปริมาณ 0.01 กรัมต่ออาหารฝุ่นข้าวโพด 1 กรัม ทำให้เชื้อมีการเจริญเติบโตที่สูงที่สุด โดยมีปริมาณแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 22.60 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง และปริมาณเซลล์เท่ากับ 18.79 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพด โดยการออกแบบการทดสอบแบบ central composite design (CCD) พบว่า เมื่อใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนที่ปริมาณ 15 กรัมต่อกิโลกรัม แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ปริมาณ 2 กรัมต่อกิโลกรัม สารสกัดจากยีสต์ที่ปริมาณ 2 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.5 และอุณหภูมิกับ 30 องศาเซลเซียส เชื้อสามารถเจริญเติบโตได้สูงที่สุด มีปริมาณแคโรทีนอยด์เท่ากับ 61.12 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักฝุ่นข้าวโพดแห้ง และปริมาณเซลล์เท่ากับ 58.32 กรัม/กรัมฝุ่นข้าวโพด

จากการทดสอบแบบ central composite design (CCD) จะได้สมการที่แสดงถึงปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ (Y1) มีผลต่อการเจริญเติบโต (Y2)

$Y1 = 62.12-3.33A+0.28B-1.57C+2.39D-1.56E-4.36A^2-7.63B^2-7.44C^2-5.75D^2-3.75E^2-1.33AB+1.41AC-2.68AD+0.39AE-0.026BC+2.52BD+1.22BE+1.02CD+3.49CE+0.21DE$; $R^2= 0.7689$

$Y2 = 58.32–3.33A+0.59B–1.78C+2.70D–1.71E–4.55A^2–7.64B^2–7.40C^2–5.95D^2–3.79E^2–1.56AB+1.71AC– 2.77AD+0.58AE–0.23BC+2.64BD+0.95BE+0.40CD+3.62CE–0.31DE$; $R^2 = 0.7780$

จากงานวิจัยในครั้งนี้สามารถผลิตแคโรทีนอยด์จากการหมักเชื้อยีสต์ *R. rubra* MJU18 บนฝุ่นข้าวโพดแบบการหมักแห้งได้ ซึ่งเป็นการพัฒนากระบวนผลิตอาหารสัตว์จากของเสียทางการเกษตรกับเชื้อจุลินทรีย์ และนำมาศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์จากเชื้อ *R. rubra* MJU18 เพื่อสร้างสารสีแคโรทีนอยด์เพื่อนำ ฝุ่นข้าวโพดที่มีปริมาณแคโรทีนอยด์ไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ได้เลย อีกทั้งยังเป็นการพัฒนาวัตถุดิบอาหารสัตว์อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

มนัสนันท์ โรจนกมลสันต์ ชาลี มะลิซ้อน และวรพจน์ สุนทรสุข. 2548. *การผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ Rhodotorula glutinis DM28 บนรำข้าวแบบการหมักแห้ง*. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สาวิตรี ลิ่มทอง. 2549. *ยีสต์: ความหลากหลาย และเทคโนโลยีชีวภาพ*.กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐพร จันทร์ฉาย และชาญณรงค์ สุขชา. 2554. สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตแคโรทีนอยด์ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของยีสต์ (*Rhodotorula rubra*). ใน *การประชุมวิชาการแม่โจ้วิจัยครั้งที่ 1*.

ณัฐพร จันทร์ฉาย และศันศนีย์ บุญเกิด. 2559. การผลิตแคโรทีนอยด์จากยีสต์ *Rhodotorula rubra* MJU11 บนฝุ่นข้าวโพดแบบการหมักแห้ง. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า* คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 34(2): 122-132.

สุมารี สุขเถียร์. 2552. *สภาวะที่เหมาะสมบางประการสำหรับการผลิตแคโรทีนอยด์จากเชื้อ Rhodotorula rubra*. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ.

Chanchay, N. 2013. *Optimal condition for growth of Rhodotorula rubra and antioxidation characteristics of its carotenoid*. Biotechnology. PhD. Thesis. : Chiang Mai University.

Foss, P. Storebakken, T., Schiedt, K., Liaaen, J., Austreg, E. and Steriff, K. 1984. Carotenoids in diets for salmonids I : pigmentation of rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin. *Aquaculture* 41 : 213-226.

Vazquez, M. 2001. Effect of the Light on Carotenoid Profiles of *Xanthophyllom aces dendrorhous* Strains (Formerly *Phaffia rhodozyma*). *Food technol. Biotechnol* 39 : 123-128.

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 342-354

รูปแบบการปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงของเกษตรกรต้นแบบประเทศไทย

The Model of Sufficiency Economy Base Practicing on Thailand's Role-model Farmer

พัฒน์รพี สืบขจร[1] พัฒนา สุขประเสริฐ1* และศิรส ทองเชื้อ[2]

Phatraphee Suebkajorn[1], Patana Sukprasert[1]* and Siros Tongchure[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงของเกษตรกรต้นแบบประเทศไทย โดยประชากรเป็นเกษตรกรและบุคคลทางการเกษตรที่ได้รับรางวัลเกษตรกรดีเด่นแห่งชาติในระหว่างปี 2556 - 2560 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จำนวน 76 ราย ใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลร่วมกับการสืบค้นข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ความถี่ ค่าเฉลี่ย และ การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงในภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.23) โดยรูปแบบการปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง ประกอบด้วย 2 เรื่อง รวม 5 ด้าน (3 หลักการ 2 เงื่อนไข) โดยที่การปฏิบัติเรื่องของเงื่อนไขส่วนบุคคลมีการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.25) ได้แก่ ด้านความรู้(ค่าเฉลี่ย 4.29) และด้านคุณธรรม (ค่าเฉลี่ย 4.21) กับการปฏิบัติเรื่องหลักการของเศรษฐกิจพอเพียงในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.21) ได้แก่ ด้านการ มีเหตุผล (ค่าเฉลี่ย 4.33) ด้านการมีภูมิคุ้มกัน (ค่าเฉลี่ย 4.24) และด้านความพอประมาณ (ค่าเฉลี่ย 4.07) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรต้นแบบให้ความสำคัญกับเรื่องเงื่อนไขส่วนบุคคลมากกว่าเรื่องหลักการของเศรษฐกิจพอเพียง

คำสำคัญ: เกษตรกรต้นแบบ เศรษฐกิจพอเพียง

Abstract

The research sought to examine the model of sufficiency economy base practicing on Thailand's role-model farmer. A total of 76 farmers who got the Thai national outstanding farmer award from Ministry of Agriculture and Cooperatives between years 2013 -2017 served as the respondents of the study. The structured interview was conducted among respondents for data gathering and complemented by secondary data. Data was analyzed using descriptive statistical tools such as percentages, frequency, means, and content analysis. The results of research showed that the overall level of sufficiency economy base practicing adopted by the role-model farmers found that they were in highest level ($\bar{x}$ = 4.23). The model of sufficiency economy had 2 parts 5 components (3 principles 2 conditions). Two conditions of person were adopted by role-model farmers in highest level ($\bar{x}$ = 4.25), which included knowledge ($\bar{x}$ = 4.29) and ethics and virtues ($\bar{x}$ = 4.21). The three principles of sufficiency economy base also were adopted by role-model farmers in highest level ($\bar{x}$ = 4.21), which include reasonableness ($\bar{x}$ = 4.33), self-immunity ($\bar{x}$ = 4.24), and moderation ($\bar{x}$ = 4.07) respectively. It can be seen that the role-model farmers pay more attention to conditions of person than principles of sufficiency economy base.

Keywords: role-model farmer, sufficiency economy

[1]ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

[2]สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เกษตรและการประกอบการ คณะเกษตรและชีวภาพ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

คำนำ

ไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สามารถส่งออกผลผลิตการเกษตรสร้างรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก แต่ในความเป็นจริงกลับพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ยังมีรายได้ไม่เพียงพอต่อการดำเนินชีวิต ดังที่ กรวิทย์ ตันศรี (2556) กล่าวว่า ครัวเรือนภาคเกษตรมีรายได้นอกภาคเกษตรเฉลี่ยสูงถึงเกินกว่า ร้อยละ 40 ของรายได้รวม สะท้อนให้เห็นว่าการมีรายได้จากภาคเกษตรเพียงด้านเดียวไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ โดยเกษตรกรมีรายได้จากภาคการเกษตรเฉลี่ย 160,932 บาท/ปี และมีรายได้เฉลี่ยนอกภาคการเกษตรของเกษตรกรทั่วไป เฉลี่ย 148,346 บาท/ปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) จากข้อมูลการถือครองที่ดินของเกษตรกรไทย เฉลี่ย 17.94 ไร่/ครัวเรือน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) พบว่ามีการจ้างแรงงาน เฉลี่ย 0.65 คน/ครัวเรือน และมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 101,957 บาท/ปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) นั่นแสดงถึงระบบการผลิตที่ขาดประสิทธิภาพ ต้นทุนการผลิตที่สูงและไม่สอดคล้องกับรายได้และส่งผลให้มีรายรับที่ไม่เพียงพอต่อการยังชีพ ดังนั้น เกษตรกรจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องพัฒนาตนเองให้มีการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพสมเหตุสมผล จึงจะประสบความสำเร็จในอาชีพได้อย่างมั่นคง มีความมั่งคั่งและอย่างยั่งยืน

การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์มีบทบาทสำคัญ ในการที่จะทำให้เกษตรกรประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพ โดยเริ่มต้นจากการพัฒนาตนเอง โดยที่แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (2540-2544) นับเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญของการวางแผนการพัฒนาประเทศ โดยมุ่งเน้นพัฒนาขีดความสามารถของทรัพยากรมนุษย์ให้คนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา (สถาพร หลาวทอง, 2542) และในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9 (2545-2549) ได้อัญเชิญ “ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง” ในพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ในหลวงรัชกาลที่ 9 มาใช้เป็นหลักในการพัฒนาและบริหารประเทศควบคู่กับการพัฒนามนุษย์ นับเป็นองค์ความรู้และแนวทางการปฏิบัติในการดำรงชีวิตของพสกนิกรชาวไทย โดยที่ผู้ปฏิบัตินั้นต้องยึดหลักความรู้ความเข้าใจในศักยภาพและความต้องการของตนก่อน และสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาวการณ์ปัจจุบันได้โดยไม่เดือดร้อน (พัฒนา สุขประเสริฐ, 2558) เห็นได้ว่า การพัฒนาคนโดยนำหลักเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้เป็นหลักในการดำเนินชีวิตและประกอบอาชีพเป็นสิ่งสำคัญที่ประเทศไทยยังคงใช้เป็นหลักสำคัญในแผนพัฒนาประเทศจนถึงปัจจุบัน

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้มีการส่งเสริมการนำหลักเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ในการพัฒนาเกษตรกรผ่านการยกย่องเชิดชูเกษตรกรที่ประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพ ให้เป็นที่รับรู้แก่สังคมเพื่อประกาศเกียรติคุณและเผยแพร่ผลงานให้ปรากฏต่อสาธารณชน และเพื่อเป็นต้นแบบการปฏิบัติงาน และการวางตน โดยกำหนดหลักเกณฑ์การตัดสินการคัดเลือกเกษตรกรดีเด่น ไว้ 4 ประเด็น คือ 1) ความคิดริเริ่ม และความพยายามฟันฝ่าอุปสรรคในการสร้างผลงาน 2) ผลงานและความสำเร็จของผลงาน ทั้งปริมาณและคุณภาพ ตลอดจนระยะเวลาที่ปฏิบัติงานและความยั่งยืนในอาชีพ 3) ความเป็นผู้นำและการเสียสละเพื่อประโยชน์ส่วนรวมในด้านต่างๆ และ 4) การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2560) ดังนั้น ความเป็นเกษตรกรดีเด่นแห่งชาติจึงนับเป็นต้นแบบทางความคิดแก่เกษตรกรทั่วไปได้ในเรื่องการประสบความสำเร็จและการยอมรับจากผู้อื่น สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าผู้นำที่มีอิทธิพลในทางบวกจะเป็นที่ยอมรับ และจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของบุคคลในสังคม (พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา, 2542) การพัฒนาเกษตรกรให้ประสบความสำเร็จในอาชีพและการดำเนินชีวิต ภายใต้หลักเศรษฐกิจพอพียง จึงนับว่าเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเกษตรกรและระบบส่งเสริมการเกษตรของประเทศได้เป็นอย่างดี

การวิจัยนี้เห็นความสำคัญของหลักเศรษฐกิจพอเพียง จึงใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเกี่ยวกับการปฏิบัติในการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพเกษตรของดีเด่นแห่งชาติ และเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาเกษตรกรได้อย่างมั่นใจต่อไป

วิธีการศึกษา

ประชากร

เกษตรกรและบุคคลทางการเกษตรดีเด่นแห่งชาติของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ระหว่างปี พ.ศ.2556 ถึงปี พ.ศ. 2560 ที่ได้รับพระราชทานโล่รางวัลในงานพระราชพิธีพืชมงคลจรดพระนังคัลแรกนาขวัญ จำนวน 76 คน (อ้างอิงข้อมูลจากหนังสือประวัติและผลงานเกษตรกร สถาบันเกษตร สหกรณ์ดีเด่นแห่งชาติและปราชญ์เกษตรของแผ่นดิน ปี 2556-2560)

เครื่องมือในการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยนำแบบสัมภาษณ์ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ตรวจสอบความตรง (validity) ของเครื่องมือและปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้กับเกษตรกร (Pre-test) จำนวน 30 ชุด แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์อัลฟ่า (α coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.84 โดยการศึกษารูปแบบการปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงของเกษตรกรต้นแบบประเทศไทย แบ่งเป็น 2 เรื่อง รวม 5 ด้าน ดังนี้ 1) เรื่องหลักการของเศรษฐกิจพอเพียง ได้แก่ (1) ด้านความพอประมาณ (2) ด้านความมีเหตุผล และ (3) ด้านการมีภูมิคุ้มกันที่ดี กับ 2) เรื่องเงื่อนไขส่วนบุคคล ได้แก่ (1) ด้านความรู้ และ(2) ด้านคุณธรรม

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากแบบสัมภาษณ์นำมาประมวลผลด้วยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป ใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) วิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ค่าการแจกแจงความถี่ (frequencies) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) เพื่อหาระดับการปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงของเกษตรกรต้นแบบ พร้อมการตรวจสอบข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยผู้วิจัยวัดโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) วัด 5 ระดับ (ช่วงคะแนน = 0.8) โดยกำหนดเกณฑ์และช่วงคะแนนดังนี้

ระดับการปฏิบัติ	ช่วงคะแนน
มากที่สุด	4.21 – 5.00
มาก	3.41 – 4.20
ปานกลาง	2.61 – 3.40
น้อย	1.81 – 2.60
น้อยที่สุด	1.00 - 1.80

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปัจจัยพื้นฐานด้านบุคคล

เกษตรกรต้นแบบส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 78.9 อายุเฉลี่ย 52.42 ปี ด้านการศึกษาจบมัธยมศึกษาตอนปลาย ร้อยละ 27.6 ซึ่งใกล้เคียงกับระดับการศึกษาปริญญาตรีในลำดับถัดมาที่ร้อยละ 26.3 สมาชิกในครัวเรือน เฉลี่ย 3.29 คน ส่วนใหญ่เป็นสมาชิกศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (ศพก.) ร้อยละ 86.84 ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Personal characteristics' profile of the role-model famers.

(N=76)

Personal Characteristics	Number	%
Gender		
Male	60	78.9
Female	16	21.1
Age (years old)		
15 – 46	19	25.0
47 – 52	20	26.3
53 – 60	18	23.7
61 – 80	19	25.0
Min = 15, Max = 80, $\bar{x}$ = 52.42		
Educational level		
Elementary school	16	21.1
Secondary school	6	7.9
High school	21	27.6
Vocational/technical school	4	5.3
Undergraduate school	20	26.3
Graduate school	9	11.8
Number of household member (person/household)		
$\leq$ 2	11	14.5
3	42	55.3
4	14	18.4
Min =1, Max = 6, = 3.29		
Member of Agricultural Learning Center		
Yes	66	86.8
No	10	13.2

ปัจจัยพื้นฐานด้านเศรษฐกิจ

เกษตรกรต้นแบบส่วนใหญ่มีระยะเวลาการทำกิจกรรมเกษตร เฉลี่ย 26.39 ปี มีรายได้จากภาคการเกษตรเฉลี่ย 8,705,590.83 บาท/ปี ในขณะที่มีรายจ่ายในภาคการเกษตรเฉลี่ยที่ 1,619,842.11 บาท/ปี การถือครองที่ดินภาคการเกษตรเฉลี่ย 62.40 ไร่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นที่ดินของตนเอง ใช้แรงงานในครัวเรือน เฉลี่ย 1.95 คน/ครัวเรือน และแรงงานจ้างภาคการเกษตร เฉลี่ยที่ 1.64 คน/ครัวเรือน ดังแสดงใน Table 2

Table2 Economic characteristics' profile of the role-model famers.

(N=76)

Economic Characteristics	Number	%
Years of agricultural work engagement (years)		
5 – 10	7	9.2
11 – 20	6	7.9
21 – 30	36	47.4
31 – 38	27	35.5
Min = 5, Max = 38, $\bar{x}$ = 26.39		
Agricultural Income (Baht/year)		
0 – 280,000	19	25.0
280,001 – 440,000	19	25.0
440,001 – 2,240,000	19	25.0
2,240,001 – 204,000,000	19	25.0
Min = 0, Max = 204,000,000, $\bar{x}$ = 8,705,590.83		
Agricultural expenditures (Baht/year)		
0 – 65,000	21	27.6
65,001 – 120,000	17	22.4
120,001 – 300,000	22	28.9
300,001 – 35,000,000	16	21.1
Min = 0, Max = 35,000,000, $\bar{x}$ = 1,619,482.11		
Agricultural land owner (Rai)		
0.00 – 20.00	19	25
20.01 – 39.00	19	25
39.01 – 65.00	19	25
65.01 – 442.00	19	25
Min = 0.00, Max = 442.00, $\bar{x}$ = 62.40		
Agricultural household Labor (person)		
None	5	6.6
1	4	5.3
2	62	81.6
3 – 5	5	6.6
Min = 0, Max = 5, $\bar{x}$ = 1.95		
Agricultural hiring labor (person)		
0 – 1	37	48.7
2 – 15	39	51.3
Min = 0, Max = 15, $\bar{x}$ = 1.64		

ช่องทางการรับข่าวสารของเกษตรกรต้นแบบ

เกษตรกรต้นแบบรับข่าวสาร เฉลี่ย 2.10 ครั้ง/สัปดาห์ โดยใช้เวลาในการรับข่าวสาร เฉลี่ย 65.47 นาที/ครั้ง ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วรับข่าวสารผ่านสื่อมวลชน (โทรทัศน์ Youtube และวิทยุกระจาย) เฉลี่ย 4.16 ครั้ง/สัปดาห์ และใช้เวลาในการรับข่าวสาร 94.93 นาที/ครั้ง รองลงมาคือ สื่อสังคม (Line Facebook วิทยุชุมชน และเคเบิ้ลทีวีท้องถิ่น) เฉลี่ย 2.75 ครั้ง/สัปดาห์ และใช้เวลาในการรับข่าวสาร 86.51 นาที/ครั้ง ลำดับต่อมา คือ สื่อสิ่งพิมพ์ (หนังสือพิมพ์ แผ่นพับ และวารสารทางการเกษตร) เฉลี่ย 1.29 ครั้ง/สัปดาห์ และใช้เวลาในการรับข่าวสาร เฉลี่ย 36.38 นาที/สัปดาห์ ลำดับต่อมา คือ สื่อบุคคล (ผู้นำชุมชน เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ปราชญ์เกษตร เกษตรกรต้นแบบ อาสาสมัครเกษตรหมู่บ้าน) เฉลี่ย 1.15 ครั้ง/สัปดาห์ และใช้เวลาในการรับข่าวสาร เฉลี่ย 59.61 นาที/ครั้ง และลำดับต่อมา คือ สื่อกิจกรรม (แปลงเรียนรู้ นิทรรศการ การประกวด แปลงสาธิต) เฉลี่ย 1.15 ครั้ง/สัปดาห์ และใช้เวลาในการรับข่าวสาร 49.93 นาที/ครั้ง ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Information channels of role-model farmer.

Information Channel		$\bar{x}$	
		Time/week	Minute/time
Printed media		1.29	36.38
Activity	media	1.15	49.93
Personal	media	1.15	59.61
Social	media	2.75	86.51
Public	media	4.16	94.93
Average		2.10	65.47

การปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงของเกษตรกรต้นแบบ

ด้านความพอประมาณ เกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติในระดับมากในทุกประเด็น (ค่าเฉลี่ย 4.07) โดยเรียงตามลำดับ ได้แก่ การยึดมั่นในเรื่องความประหยัด และในเการบอกได้ว่าอะไรคือความจำเป็น (ค่าเฉลี่ย 4.14) รองลงมาคือ ในการมีความสุขและพึงพอใจในการประกอบอาชีพการเกษตร (ค่าเฉลี่ย 4.11)

ด้านการมีเหตุผล เกษตรกรต้นแบบส่วนใหญ่มีการปฏิบัติมากที่สุดในทุกเรื่อง (ค่าเฉลี่ย 4.33) โดยเรียงลำดับได้แก่ เรื่องการคิดเป็นระบบและครบวงจรในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.37) รองลงมาคือในเรื่องการมีความมั่นใจว่าอะไรคือเป้าหมาย และอะไรคือสิ่งที่มีอยู่จากการมีข้อมูลที่เชื่อถือได้มาประกอบการวิเคราะห์วางแผนและบริหาร (ค่าเฉลี่ย 4.29)

ด้านการมีภูมิคุ้มกันที่ดี ในภาพโดยรวมเกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.24) ส่วนใหญ่มีระดับการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.37) ในเรื่องการบันทึกข้อมูลและใช้ข้อมูลมาประกอบการวิเคราะห์วางแผนและบริหารจัดการผลผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด รองลงมาคือ เรื่องการนำข้อมูลที่ได้มาใช้แก้ปัญหาและพัฒนางาน (ค่าเฉลี่ย 4.32) และเรื่องการวางแผนการผลิตตรงกับความต้องการของตลาด โดยมีระดับการปฏิบัติในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.14) ตามลำดับ

ด้านการมีความรู้ ในภาพโดยรวมเกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.29) ส่วนใหญ่มีระดับการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.43) ในเรื่องการมีความรู้ความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในเรื่องที่ทำ รองลงมาคือการมีความสามารถในการบริหารจัดการปัจจัยการผลิต แรงงาน และทุน (ค่าเฉลี่ย 4.41) การพัฒนาตนเอง

สู่การเป็นผู้ประกอบการ (ค่าเฉลี่ย 4.32) และการใช้ความรู้เชิงวิชาการจนประสบผลสำเร็จได้อย่างสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง (ค่าเฉลี่ย 4.30) ตามลำดับ

ด้านการมีคุณธรรม ในภาพโดยรวมเกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.21) โดยมีระดับการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.43) ในเรื่องการมีความศรัทธาและเลื่อมใสในศาสนา/ลัทธิที่สังคมยอมรับ รองลงมาคือ การเป็นวิทยากรถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการเกษตร หรือให้คำแนะนำปรึกษาให้กับคนอื่น (ค่าเฉลี่ย 4.29) และการประพฤติตามบทบาทและหน้าที่อย่างมีความรับผิดชอบ (ค่าเฉลี่ย 4.26) ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 4

Table 4 Sufficiency economy practicing level of role-model farmer.

Sufficiency Economy	$\bar{X}$	Practicing level
Principles		
1. Moderation	4.07	High
1) Always do saving	4.14	High
2) Identify of necessity and needs	4.14	High
3) Happiness and satisfy in agriculture	4.11	High
4) Proud of being farmer	4.00	High
5) Prevent shortage, excess as necessary	3.97	High
2. Reasonableness	4.33	Highest
1) Systematic and comprehensive thinking	4.37	Highest
2) Confidence in goal achievement from credible information	4.29	Highest
3. Self-immunity	4.24	Highest
1) Record the data and information	4.37	Highest
2) Use information to solve problems and develop work	4.32	Highest
3) Production planning to meet market demand	4.14	High
4) Standardize production: GAP, GMP, Organics, etc.	4.11	High
Conditions		
4. Knowledge	4.29	Highest
1) Thorough know and understand in implementation	4.43	Highest
2) Ability of resource management	4.41	Highest
3) Develop to be an entrepreneur	4.32	Highest
4) Use of academic knowledge in accordance with the state of reality	4.30	Highest
5) Innovative technology management.	4.29	Highest
6) Confidence in implementations	4.28	Highest
7) Zero waste management	3.97	High

Table 4 (Continued)

Sufficiency Economy	$\bar{x}$	Practicing level
5. Ethics and virtues	**4.21**	**Highest**
1) Faith in religion	4.43	Highest
2) Expert, consultant and learning centre to the other farmers	4.29	Highest
3) Responsibility in role and duty	4.26	Highest
4) Green economy production	4.17	High
5) Continuously participate in the community and society activities	4.05	High
6) Intend to work on duty to be achievement	4.11	High
7) Having be patient and indefatigable the obstacles	4.14	High

สรุปผลการศึกษา

เมื่อพิจารณาในภาพโดยรวม เกษตรกรต้นแบบมีปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.23) โดยเป็นการปฏิบัติตามเงื่อนไขส่วนบุคคล (ค่าเฉลี่ย 4.25) ได้แก่ ด้านความรู้ กับด้านคุณธรรม (ค่าเฉลี่ย 4.29 และ 4.21 ตามลำดับ) และเรื่องหลักการของเศรษฐกิจพอเพียงในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.21) ได้แก่ ด้านการมีเหตุผล ด้านการมีภูมิคุ้มกันที่ดี และด้านความพอประมาณ (ค่าเฉลี่ย 4.33, 4.24 และ 4.07 ตามลำดับ) ดังแสดงใน Table 5

Table 5 Overall sufficiency economy practices level of role-model farmer.

Sufficient Economy	$\bar{x}$	Level of practicing
Principles of Sufficiency Economy	4.21	Highest
1. Moderation	4.07	High
2. Reasonableness	4.33	Highest
3. Self-immunity	4.24	Highest
Condition of Person	4.25	Highest
4. Knowledge	4.29	Highest
5.Ethics and virtues	4.21	Highest
Average	4.23	Highest

เกษตรกรและบุคคลทางการเกษตรดีเด่นแห่งชาติของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกอบด้วยเกษตรกรจำนวน 16 สาขาอาชีพ คือ สาขา ทำนา สาขาทำสวน สาขาทำไร่ สาขาไร่นาสวนผสม สาขาปลูกหม่อนเลี้ยงไหม สาขาเลี้ยงสัตว์ สาขาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด สาขาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกร่อย สาขาเพาะเลี้ยงปลาสวยงามและพรรณไม้น้ำ สาขาปลูกสวนป่า สาขาบัญชีฟาร์ม สาขาการพัฒนาที่ดินเพื่อเกษตรกรรม สาขาการใช้วิชาการเกษตรดีที่เหมาะสม สาขาที่ปรึกษากลุ่มยุวเกษตรกร สาขาสมาชิกกลุ่มยุวเกษตรกร และสาขาเกษตรอินทรีย์ ซึ่งข้อมูลบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับ

สมาชิกกลุ่มยุวชนเกษตรกร ได้แก่ รายได้ภาคการเกษตร รายจ่ายภาคการเกษตร แรงงานในครัวเรือนและแรงงานจ้าง ไม่ปรากฏ (มีค่าเป็น 0) ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยวิเคราะห์กลุ่มสมาชิกยุวเกษตรกรแยกออกจากกลุ่มอื่น

อย่างไรก็ตาม เกษตรกรต้นแบบในสาขาต่างๆ ถือได้ว่าเป็นผู้ประสบความสำเร็จด้านการเกษตร มีการปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงในระดับมากที่สุดทั้งในเรื่องเงื่อนไขส่วนบุคคลกับเรื่องหลักการของเศรษฐกิจพอเพียง แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรมีการนำหลักเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้ในการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพการเกษตร จนประสบความสำเร็จ โดยให้ความสำคัญใน 2 ส่วน ดังนี้

เรื่องหลักการของเศรษฐกิจพอเพียง

เกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงในเรื่องหลักการของเศรษฐกิจพอเพียง ดังนี้คือ

ด้านการมีเหตุผล เกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (เฉลี่ย 4.33) นั่นแสดงว่าเกษตรกรต้นแบบมีความรอบคอบในการปฏิบัติงาน โดย พรกมล อ่อนเกตุพล และสุธัญญา ทองรักษ์ (2552) ได้กล่าวว่า การที่เกษตรกรใช้เหตุผลในการพิจารณาเหตุและปัจจัยที่กิจกรรมนั้นได้ผลดีหรือไม่ได้ผลดีทำให้เกษตรกรสามารถแก้ปัญหาได้เหมาะสมกับสภาพการทำงานของตนเอง การพิจารณาเหตุและผลทำให้เกษตรกรต้นแบบสามารถลงทุนได้อย่างคุ้มค่า เช่น รายได้ต่อหน่วยพื้นที่ เฉลี่ย 139,512 บาท/ไร่/ปี ซึ่งสูงกว่าเกษตรกรทั่วไปที่มีรายได้ต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ยเพียง 8,970 บาท/ไร่/ปี เท่านั้น แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรต้นแบบมีการนำข้อมูลมาวิเคราะห์อย่างเป็นระบบและใช้เหตุและผลประกอบการตัดสินใจ จึงทำให้สามารถบริหารจัดการทรัพยากรของตนเองได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษดา หลักเมือง และคณะ (2559) ที่กล่าวว่า เกษตรกรที่มีรายได้มากจะมีการประยุกต์ใช้เศรษฐกิจพอเพียงมากกว่าเกษตรกรที่มีรายได้น้อย เนื่องด้วยต้องมีการพิจารณาถึงความคุ้มค่าของขนาดพื้นที่การดำเนินกิจกรรม

ด้านการมีภูมิคุ้มกันที่ดี เกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (เฉลี่ย 4.24) โดยลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นและก่อให้เกิดความเสียหาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชรพรรณ ยาโน (2552) ที่บ่งบอกว่าเศรษฐกิจพอเพียงสามารถลดความเสี่ยงในการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพ สามารถเตรียมพร้อมรับมือการเปลี่ยนแปลงในทุกๆ ด้าน จากผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรต้นแบบส่วนใหญ่มีการจดบันทึกข้อมูล และใช้ข้อมูลที่บันทึกประกอบการวางแผนและพิจารณาดำเนินการ การมีข้อมูลรอบด้านจะมีส่วนส่งเสริมให้เกษตรกรสามารถผลิตสินค้าได้ตามความต้องการของตลาด ช่วยให้เกษตรกรต้นแบบสามารถลดความเสี่ยงในการประกอบอาชีพ และมีผลประกอบการที่ดีสามารถสร้างรายได้ที่สูง โดยเฉพาะเกษตรกรต้นแบบที่อยู่ในประเภทสาขาประมงที่มีการผลิตเพื่อการส่งออกเป็นหลัก เห็นได้ว่า การผลิตของเกษตรกรต้นแบบบางส่วนที่ผลิตเพื่อการส่งออกและการผลิตที่เน้นมาตรฐานและคุณภาพในการผลิตตามความต้องการของตลาด สอดคล้องกับ สุนัย เศรษฐ์บุญสร้าง (2549) ที่กล่าวว่า การดำเนินธุรกิจต้องสามารถหลีกเลี่ยงความเสี่ยงได้ โดยการวิเคราะห์สถานการณ์และสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง มีการวางแผนและปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของโลก จึงทำให้มีโอกาสมากขึ้นในช่องทางการตลาดและการเพิ่มมูลค่าผลผลิต

ด้านความพอประมาณ เกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติในระดับมาก (เฉลี่ย 4.07) จากข้อมูลพบว่าเกษตรกรต้นแบบส่วนใหญ่มีพื้นที่ถือครองทางการเกษตรค่อนข้างสูง เฉลี่ย 62.40 ไร่ มีการใช้แรงงานจากครัวเรือนเฉลี่ย 2 คน/ครัวเรือน และจ้างแรงงานเฉลี่ย 2 คน/ครัวเรือน ซึ่งพิจารณาพื้นที่ทำการเกษตรเทียบกับแรงงานในการดำเนินกิจกรรมแล้วเกษตรกรต้นแบบสามารถบริหารจัดการกิจกรรมของแปลงได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ ตะวัน ห่างสูงเนิน และคณะ (2557) ที่กล่าวว่า การดำเนินกิจกรรมการผลิตใดๆ ก็ตาม จำเป็นต้องคำนึงถึงทุนแรงงาน และทรัพยากรที่มีอยู่ เพื่อให้สอดคล้องและคุ้มค่า ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบสัดส่วนแรงงานต่อพื้นที่การผลิตของเกษตรกรต้นแบบ พบว่ายังคงน้อยกว่าของเกษตรกรทั่วไป แสดงให้เห็นว่า การใช้แรงงานของเกษตรกรต้นแบบมีความพอประมาณ ความพอประมาณนับเป็นตัวกำหนดความประหยัด ความคุ้มค่า และความจำเป็นเพื่อไม่ให้เกิดการลงทุนที่สูงเกินไปจนประสบความเสียหาย สอดคล้องกับ พัฒนา สุขประเสริฐ (2558) ที่กล่าวว่า

ความพอประมาณ จะต้องพอดีลงตัว ไม่มากไปหรือน้อยเกินไป สามารถดำเนินการได้โดยไม่เบียดเบียนทั้งต่อตนเองและผู้อื่น

เรื่องเงื่อนไขส่วนบุคคล

เกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงในเรื่องเงื่อนไขส่วนบุคคล ดังนี้

ด้านความรู้ เกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (เฉลี่ย 4.29) นั่นแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรต้นแบบเป็นผู้ที่มีความรู้ โดยเมื่อพิจารณาเรื่องระดับการศึกษาของเกษตรกรต้นแบบ พบว่าจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ร้อยละ 27.6) และระดับมหาวิทยาลัย (ร้อยละ 26.3) ซึ่งแตกต่างจากเกษตรกรทั่วไปของประเทศ โดยสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (2558) ได้รายงานว่า เกษตรกรประเทศไทยส่วนใหญ่ ร้อยละ 74 จบการศึกษาระดับประถมศึกษาตอนปลายและต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤษดา และคณะ (2559) โดยเกษตรกรที่มีการศึกษาสูง มีความสามารถในการอ่านออกเขียนได้มากกว่า ทำให้การรับรู้ข่าวสารจากแหล่งต่างๆ เกิดขึ้นได้มากกว่า สอดคล้องกับการการศึกษาของ ฐิติมา ปาลคะเชนทร์ (2556) ที่ระบุว่า ระดับการศึกษาที่สูงขึ้นทำให้เกษตรกรสามารถเข้าใจในเรื่องเศรษฐกิจพอเพียงได้มากขึ้นตามไปด้วย ประกอบกับความเชี่ยวชาญจากประสบการณ์ของเกษตรกรในการดำเนินกิจกรรมการเกษตร เฉลี่ย 26.39 ปี ที่จะส่งผลให้เกษตรกรต้นแบบมีความรู้มากขึ้นด้วย โดยที่กิจกรรมด้านการเกษตรนั้น ความรู้เป็นพื้นฐานที่สำคัญที่เกษตรกรจำเป็นต้องมี เนื่องจากการทำกิจกรรมด้านการเกษตร เกษตรกรต้องมีการทดลองและเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง โดยที่ในปัจจุบันมีเครื่องทุ่นแรงและเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการผลิตค่อนข้างมาก การหมั่นเพียรศึกษาหาความรู้เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง ประกอบกับการเข้าถึงแหล่งข้อมูล ความรู้ต่างๆ ก็สามารถเข้าถึงได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น สิ่งเหล่านี้จะช่วยส่งเสริมให้เกษตรกรมีความรู้และความมั่นใจในการนำข้อมูลและเทคโนโลยีต่างๆ มาปรับใช้ในการปรับปรุงและพัฒนากิจกรรมการผลิตได้ดีขึ้นตามไปด้วย

ด้านคุณธรรม เกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติในระดับมากที่สุด (เฉลี่ย 4.21) โดยกรมการศาสนา (2524) ได้ระบุว่า ศาสนาทุกศาสนามีหลักธรรมคำสอนที่มุ่งหวังให้ทุกคนประพฤติปฏิบัติตนเป็นคนดี ซึ่งเกษตรกรต้นแบบทุกคนมีการนับถือศาสนา นั่นแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรต้นแบบมีสิ่งยึดเหนี่ยวในการปฏิบัติตนให้เป็นคนดีมีคุณธรรมศีลธรรม นอกจากนี้หลักเกณฑ์การคัดเลือกเกษตรกรดีเด่นแห่งชาติ พ.ศ. 2560 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2560) ประกอบด้วย ความเป็นผู้นำและการเสียสละเพื่อประโยชน์ส่วนรวมในด้านต่างๆ และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ นอกจากนี้ พบว่า เกษตรกรต้นแบบส่วนใหญ่ ร้อยละ 86.84 เป็นสมาชิกศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) ที่ต้องมีการแลกเปลี่ยนและถ่ายทอดความรู้ให้แก่เกษตรกรทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ โดยการปฏิบัติในเรื่องนี้ถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการเป็นต้นแบบตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงเนื่องจากการเป็นเกษตรกรต้นแบบต้องมีความเป็นจิตอาสา เสียสละ และแบ่งปัน สอดคล้องกับ พรนิภา จันทร์น้อย (2552) ที่ได้ระบุว่า ความเป็นจิตอาสา คือ การสามารถสอนให้บุคคลรู้จักการช่วยเหลือผู้อื่นตามกำลังของตนเอง เมื่อตนเองสามารถเลี้ยงชีพได้อย่างพอเพียงแล้ว อันจะเป็นประโยชน์ทั้งแก่ตนเองและบุคคลอื่น ดังนั้น การมีคุณธรรมของเกษตรกรต้นแบบเป็นส่วนสนับสนุนการพัฒนาตนเองให้เกษตรกรประสบความสำเร็จได้อย่างมั่นใจ

จากการศึกษาข้อมูลในรายละเอียดทั้งหมด พบว่า เกษตรกรต้นแบบมีการปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.23) โดยนำหลักการทั้ง 2 เรื่อง และ 5 ด้านของหลักเศรษฐกิจพอเพียงมาใช้เป็นแนวทางการดำเนินชีวิตและประกอบอาชีพจนประสบความสำเร็จอย่างเป็นที่แจ้งประจักษ์ และสอดคล้องกับแผนพัฒนาของประเทศ ที่มุ่งเน้นการพัฒนาคนภายใต้การใช้หลักเศรษฐกิจพอเพียง โดยเมื่อพิจารณาสัดส่วนของหลักเศรษฐกิจพอเพียง ทั้ง 2 ส่วน พบว่า เรื่องเงื่อนไขส่วนบุคคล ได้แก่ ด้านความรู้ และด้านคุณธรรม มีค่าสูงกว่าเรื่องหลักการของเศรษฐกิจพอเพียง ได้แก่ ด้านความพอประมาณ ด้านการมีเหตุผล และด้านการมีภูมิคุ้มกันที่ดี จึงถือได้ว่าเรื่องเงื่อนไขส่วนบุคคลควรเป็นพื้นฐานและยังช่วยสนับสนุนให้การปฏิบัติตามหลักการของเศรษฐกิจพอเพียงได้ประสบความสำเร็จ

มากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับพัฒนา สุขประเสริฐ (2558) ที่ได้ระบุว่า ความรู้และคุณธรรมมีความสำคัญสูงสุด และช่วยสนับสนุนให้บุคคลสามารถนำหลักการ 3 ห่วง (ความพอประมาณ การมีเหตุผล และการมีภูมิคุ้มกันที่ดี) ไปปฏิบัติได้จริงและประสบความสำเร็จมีประสิทธิภาพได้อย่างมั่นใจ

ดังนั้น การปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงถือเป็นสิ่งที่เกษตรกรจะต้องให้ความสำคัญ และควรนำมาเป็นหลักยึดถือปฏิบัติในการดำเนินชีวิตและประกอบอาชีพอย่างต่อเนื่อง โดยปฏิบัติในด้านการพัฒนาความรู้และศีลธรรม ซึ่งเป็น 2 เงื่อนไขส่วนบุคคลเป็นพื้นฐานหลัก เพื่อสนับสนุนการปฏิบัติในเรื่องหลักการเศรษฐกิจพอเพียง 3 ห่วง (ความพอประมาณ การมีเหตุผล และการมีภูมิคุ้มกันที่ดี) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงจะประสบความสำเร็จและเป็นเกษตรกรต้นแบบได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะมีความมั่นคง ต่อไปได้อย่างมั่นใจ ดังแสดงใน Figure 1

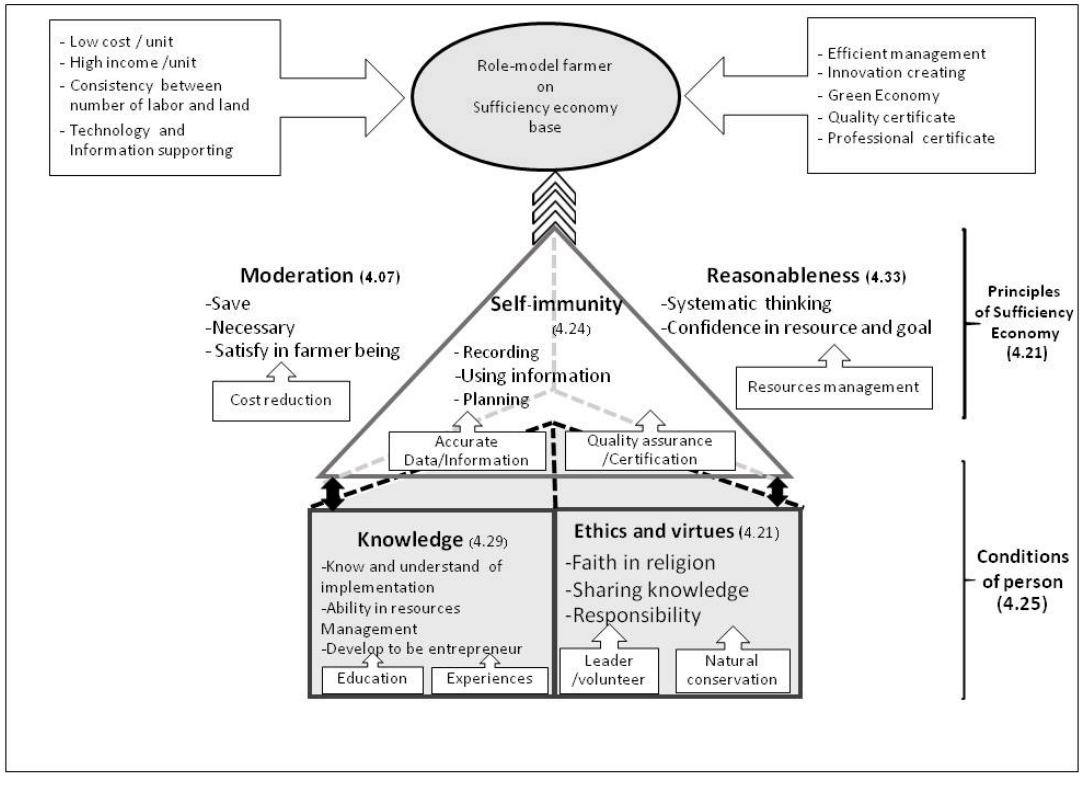


Figure 1 The model of sufficiency economy base practicing on Thailand's role-model farmer.

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากเกษตรกรและบุคคลทางการเกษตรดีเด่นแห่งชาติของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกอบด้วยเกษตรกรจำนวน 16 สาขาอาชีพที่มีความแตกต่างกันมากในเรื่องของรายได้ รายจ่ายและการถือครองที่ดิน ทำให้ช่วงห่างของข้อมูลค่อนข้างสูง ดังนั้นควรมีการจัดกลุ่มสาขาทั้งหมดให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันเพื่อให้เกิดความถูกต้องและแม่นยำในการวิเคราะห์ข้อมูลมากขึ้น

2. ภาครัฐและทุกภาคส่วนควรช่วยปลูกฝังและพัฒนาบุคคล โดยส่งเสริมการศึกษาควบคู่กับการบ่มเพาะศีลธรรมเพื่อการพัฒนาคนให้เป็นทั้งคนดีและคนเก่ง ตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงที่การมีคุณธรรมและการมีความรู้นั้นเป็นพื้นฐานสำคัญในการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพ

3. ภาครัฐควรส่งเสริมให้เกษตรกรบริหารจัดการทรัพยากรในการผลิต โดยเน้นในเรื่องประสิทธิภาพมากกว่าเชิงปริมาณ เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านทรัพยากร เช่น ที่ดินและแรงงาน และเพื่อให้สอดคล้องกับหลักเศรษฐกิจพอเพียง เช่น หากเกษตรกรมีพื้นที่การผลิตมากขึ้นก็จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น จึงต้องมีการใช้ทรัพยากรการผลิตให้มีประสิทธิภาพในเชิงระบบเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน

4. การประชาสัมพันธ์ความสำเร็จของเกษตรกรต้นแบบตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง ผ่านสื่อเผยแพร่เพื่อการกระตุ้นให้เกษตรกรทั่วไปรับรู้และตระหนักถึงความสำคัญ และนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ควรใช้สื่อหลัก ได้แก่โทรทัศน์ ที่เกษตรกรเข้าถึงได้อย่างกว้างขวาง และมีการเพิ่มช่องทางสื่อสังคมออนไลน์ ทั้งไลน์ (Line) และเฟสบุ๊ค (Facebook) ซึ่งเป็นช่องทางหนึ่งที่เกษตรกรไทยสามารถเข้าถึงได้มากขึ้นในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม

การส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้แลกเปลี่ยนผ่านศูนย์การเรียนรู้ต่างๆ ของชุมชน เช่น ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร ศูนย์การเรียนรู้เศรษฐกิจพอเพียง ยังคงมีความจำเป็นเนื่องจากสามารถจะส่งเสริมให้เกษตรกรมีการปฏิบัติตามหลักเศรษฐกิจพอเพียงได้ด้วยเช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

กรมการศาสนา. 2554. *ความรู้ศาสนาเบื้องต้น*. กรมการศาสนา กระทรวงวัฒนธรรม. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพมหานคร

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. *ฐานข้อมูลทะเบียนเกษตรกร*. ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร. กรุงเทพมหานคร

กรวิทย์ ตันศรี. 2556. *แรงงานกับการเปลี่ยนแปลงของภาคการเกษตรไทย*. ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2560. *ประวัติและผลงานเกษตรกร สถาบันเกษตร สหกรณ์ดีเด่นแห่งชาติประจำปี 2560*. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด

กฤษฎา หลักเมือง อภิญญา รัตนไชย และภานุพันธ์ ประภาติกุล 2559 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการประยุกต์ใช้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในชีวิตประจำวันของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดสงขลา, วารสารเกษตร, ปีที่ 44 ฉบับพิเศษ 1 หน้า 99-104

ตะวัน ห่างสูงเนิน, พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์, อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ และรุจ ศิริสัญลักษณ์. 2557. ระบบเกษตรอินทรีย์ในบริบทของเศรษฐกิจพอเพียง: กรณีศึกษาเกษตรกรผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์ใน เขตลุ่มน้ำแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารเกษตร*, ปีที่ 30 ฉบับที่ 1 หน้า 61 – 69

ฐิติมา ปาลคะเชนทร์. 2556. ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับความรู้ความเข้าใจในการดำเนินชีวิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงของประชาชนในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลพนม อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี. *วารสารวิชาการ Veridial E- journal*. 6(1): 661 -680

พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา. 2542. *พฤติกรรมกลุ่ม*. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.

พรกมล อ่อนเกตุพล และ สุธัญญา ทองรักษ์. 2552. *เกษตรกรไทยกับการประยุกต์ใช้ปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง: กรณีศึกษาระโนด และอำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา*. ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการธุรกิจเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

พรนิภา จันทร์น้อย. 2552. การดำเนินชีวิตกับเศรษฐกิจพอเพียง. *FEU ACADEMIC REVIEW*. ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 หน้า 5-9

พัชรพรรณ ยาโน. 2552. *วิถีชีวิตกับการพัฒนาอาชีพของเกษตรกรแบบผสมผสานในจังหวัดชุมพร*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพมหานคร

พัฒนา สุขประเสริฐ. 2558. *ก้าวย่างจากเกษตรทฤษฎีใหม่สู่เศรษฐกิจพอเพียงเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2558. AEC: กับแรงงานภาคการเกษตร. *AEC News Alert*. กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. ประจำวันที่ 20 พฤษภาคม 2558 หน้า 4-6

สถาพร หลาวทอง. 2542. *การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในองค์กรตำรวจ: ศึกษาเฉพาะกรณีกองบัญชาการศึกษา สำนักงานตำรวจแห่ง*

ชาติ. วิทยาลัยการยุติธรรม สำนักศาลยุติธรรม

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. เจาะข้อมูลเศรษฐกิจสังคมครัวเรือนเกษตร สศก. ระบุชัด เกษตรกรรายได้เพิ่ม สัดส่วนคนจนลดลง. *ข่าวประชาสัมพันธ์สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร* ฉบับที่ 163/2560 วันที่ 22 ธันวาคม 2560

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2558. *บทสรุปผู้บริหาร การสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน 2558*. ศูนย์ข้อมูลข่าวสารของราชการ สำนักงานสถิติแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร

สุนัย เศรษฐ์บุญสร้าง. 2549. *แนวทางปฏิบัติ 7 ขั้น สู่วิถีเศรษฐกิจพอเพียง: จากแนวปฏิบัติสู่แนวคิดทางทฤษฎีเศรษฐกิจพอเพียง*. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิวิถีสุข

วันรับบทความ (Received date) : 23 ม.ค. 61
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 23 มี.ค. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 31 พ.ค. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 355-368

ความหลากหลายภูมิรู้พืชสมุนไพรในท้องถิ่นต่อการผลิตไก่พื้นเมืองในจังหวัดสุรินทร์เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน

Diversity of Medicinal Plant Knowledge on Native Chicken Production in Surin Province for Sustainable Community Economics Development

ณัฏฐวรรณ สมนึก[1] นิติพัฒน์ พัฒนฉัตรชัย[1] และวิชชุดา ยินดี[1]
Nattawan Somnuek,[1] Nitipat Pattanachatchai [1] and Witchuda Yindee [1]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของภูมิปัญญาและองค์ความรู้พืชสมุนไพรในท้องถิ่นต่อการผลิตไก่พื้นเมืองในจังหวัดสุรินทร์ และเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ และการแก้ไขปัญหาร่วมกัน กลุ่มตัวอย่าง คือ หมอพื้นบ้าน ผู้รู้ ผู้ใช้ หรือผู้ที่เคยนำพืชสมุนไพรมาใช้ในไก่พื้นเมือง จำนวน 100 ตัวอย่าง ผลการศึกษาความหลากหลายของภูมิรู้สมุนไพรในท้องถิ่นจังหวัดสุรินทร์ พบว่า มีทั้งหมด 199 ตำรับ แยกตามกลุ่มอาการได้ 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 อาหารและการเร่งการเจริญเติบโต จำนวน 48 ตำรับ ได้แก่ ตำรับยาสมุนไพรบำรุงกำลัง ตำรับสมุนไพรแก้ช้ำใน และตำรับยาสมุนไพรถ่ายพยาธิ กลุ่มที่ 2 ป้องกันและรักษาโรค ได้แก่ ตำรับยาสมุนไพรรักษาโรคท้องอืด ตำรับยาสมุนไพรรักษาโรคท้องเสีย ตำรับสมุนไพรพยาธิภายนอก ตำรับสมุนไพรภายใน พยาธินัยน์ตาไก่ ตำรับยาสมุนไพรสมานแผล ตำรับยาสมุนไพรโรคผิวหนัง หิด กลากเกลื้อน และตำรับยาสมุนไพรรักษางูกัดหรือสัตว์มีพิษ กลุ่มที่ 3 สร้างระบบภูมิคุ้มกัน ได้แก่ ตำรับยาสมุนไพรบำรุงธาตุ ตำรับยาสมุนไพรสำหรับไข้หวัด และตำรับยาสมุนไพรต้มน้ำกราดตัวไก่ และกลุ่มที่ 4 พืชสมุนไพรเดี่ยว เป็นพืชสมุนไพรทั้งหมด 45 วงศ์ จำนวน 84 ชนิด เกษตรกรรู้จักพืชสมุนไพรจาก 1) ภูมิปัญญาที่สืบทอดต่อกันมาจากบรรพบุรุษ 2) ศึกษาหนังสือตำรา เอกสารและสื่อสารสนเทศ และ 3) จากประสบการณ์ในการเลี้ยง สำหรับปัญหาของการนำพืชสมุนไพรมาใช้ในไก่พื้นเมือง คือ พืชสมุนไพรบางชนิดหาได้ยาก เห็นผลช้า ความยุ่งยากในการประกอบการผลิต ใช้ไม่ถูกวิธี ใช้ไม่ตรงกับโรค ขั้นตอนในการแปรสภาพและเก็บรักษายุ่งยาก จึงมีแนวทางการจัดการแก้ปัญหา คือ รวมกลุ่มเพื่อปรึกษาหารือ กระตุ้นและให้มีการใช้สมุนไพรอย่างต่อเนื่อง สนับสนุนในการปลูกพืชสมุนไพรไว้ใช้เองหรือปลูกบริเวณบ้านเพื่อใช้ในการบริโภค อธิบาย บอกต่อถึงสรรพคุณของพืชสมุนไพรแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองรายอื่น ศึกษาจากผู้รู้ถึงสรรพคุณและวิธีใช้ แล้วลองปฏิบัติตาม เผยแพร่และประชาสัมพันธ์การนำพืชสมุนไพรมาใช้

คำสำคัญ: หมอพื้นบ้าน พืชสมุนไพร ไก่พื้นเมือง เศรษฐกิจชุมชน ภูมิปัญญา

Abstract

The objective of the research was to study an indigenous knowledge of local medicinal plant utilization for native chicken production in Surin province in order to exchange mutual experience and participatory solving problems. One hundred samples including folk doctors, well-informed person, users or person who experienced in medicinal plants used for native chicken production were used in this study. In addition, the results showed that indigenous knowledge of medicinal plants used in Surin province comprised of 199 recipes. The recipe based on symptom were separated into 4 groups including 1) food and growth stimulating were 48 recipes (bracer, bruising, internal parasites), 2) disease prevention and

[1]คณะเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์ 32000
*Corresponding author, Email: satitoyn 2525 @gmail.com

treatment were 75 recipes (flatulence, diarrhea, external parasites, eye parasites, wound healing, dermatitis, scabies and ringworm, and poisonous animals), 3) strengthen immune system were 33 recipes (tonic element, flu, and wipe and clean the chicken) and 4) 43 recipes of single medicinal plant. Medicinal plants were identified as 45 families and 84 species. The results from knowledge exchanging of medicinal plants utilization showed that farmers knew them from 1) ancestral-knowledge transfer 2) books, textbooks, documents and informative media and 3) experience-based learning. The problems observed on medicinal plants utilization for native chicken were some plants indicated as rare plants, associated with time-consumed collecting and treating, complicated producing, incorrect-way uses, used the medicinal plants does not match with a disease of native chicken, difficult to produce and store. In order to deal with these problems, it was recommended to deliberating, motivating for medicinal plants use continuously, supporting for growing medicinal plants for their own consumption, explaining and word of mouth about medicinal plant properties on native chicken production, a study from well-informed person and follow, promoting and publicizing of medicinal plant information.

Keywords: folk doctor, medicinal plant, native chicken, community economics, indigenous knowledge

คำนำ

การผลิตไก่พื้นเมืองในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2556 - 2558 มีการผลิตไก่พื้นเมืองเพิ่มขึ้นทุกปี แสดงถึงประชากรในประเทศบริโภคไก่พื้นเมืองเพิ่มขึ้นทุกปี เมื่อแยกเป็นรายภาค พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณการผลิตไก่พื้นเมืองมากที่สุด จำนวน 27,451,704 ตัว รองลงมาคือ ภาคเหนือ มีจำนวน 17,644,320 ตัว ภาคกลาง มีจำนวน 7,013,873 ตัว และ ภาคใต้ มีจำวน 8,310,911 ตัว ตามลำดับ ส่วนจำนวนตัวและปริมาณการผลิตไก่พื้นเมืองของจังหวัดสุรินทร์ มีจำนวนตัวและปริมาณการผลิตไก่พื้นเมืองเพิ่มขึ้นทุกปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2556 - 2558 โดย ปี 2558 มีจำนวนไก่พื้นเมือง 2,357,401 ตัว และปริมาณการผลิตไก่พื้นเมือง 2,933,001 ตัว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ไก่พื้นเมืองจึงเป็นสินค้าเกษตรที่ค่อนข้างไม่มีปัญหาด้านการตลาด เพราะผู้บริโภคมีความต้องการสูงเนื่องจากรสชาติดี ปริมาณไขมันต่ำและปลอดจากสารพิษตกค้าง (เกรียงไกร โชประการ และคณะ, 2543) แต่ในปัจจุบันการเลี้ยงไก่พื้นเมืองระบบแบบประณีตจำเป็นต้องใช้อาหารสำเร็จรูปในท้องตลาดเพื่อความสะดวกของผู้เลี้ยง ซึ่งในสูตรอาหารจะมีสารเสริมอาหารสัตว์ (feed additive) และส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของยาปฏิชีวนะเป็นสารเคมีที่ตกค้างได้ ทางเลือกที่ดีที่สุดของประเทศไทยคือการนำสมุนไพรที่มีอยู่เป็นจำนวนมากและหลากหลายชนิดมาทำการวิจัย และประยุกต์ใช้พืชสมุนไพรแทนกลุ่มที่มีคุณสมบัติช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันใช้แทนยาปฏิชีวนะ ตลอดจนการใช้สารกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค และช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมูลค่าเพิ่มจากการใช้สมุนไพรทั้งเสริมเข้าไปโดยตรงในอาหารหรือสารสกัดจากธรรมชาติ สมุนไพรเป็นทางเลือกใหม่ให้แก่เกษตรกรมีฐานะความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น สมุนไพรยังส่งผลต่อการเกษตรที่เป็นอยู่ในแง่ของการลดต้นทุนการใช้ยาทำให้ผลิตผลขายได้ดีขึ้น สอดคล้องเศรษฐกิจพอเพียงของพระราชดำรัสพระเจ้าอยู่หัว โดยการใช้สมุนไพรถือเป็นการใช้พืชในท้องถิ่นที่สามารถหาได้ง่ายในการผลิตด้านการเกษตร แต่การใช้พืชสมุนไพรในปัจจุบันยังน้อย (เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และ สาโรช ค้าเจริญ, 2544) เพื่อให้เศรษฐกิจชุมชนเข้มแข็งตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง

จากการไปสำรวจข้อมูลเบื้องต้นในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ของเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองโดยเฉพาะกลุ่มผู้เลี้ยงไก่ชน มีการใช้พืชสมุนไพรในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองที่สืบถอดกันมาทั้งจากบรรพบุรุษเป็นองค์ความรู้และภูมิปัญญาส่วนใหญ่เป็นคนรุ่นกลางถึงคนรุ่นเก่าหรือสูงอายุ ซึ่งการใช้พืชสมุนไพรมีความหลากหลายของชนิดพืชที่นำมาใช้และวิธีการนำไปใช้ นอกจากนี้เกษตรกรยังขาดความเชื่อมั่นในการใช้ มีความยุ่งยากในการใช้ ให้ผลการรักษาไม่แน่นอน

พืชหายาก ไม่รู้จักต้น ไม่รู้สรรพคุณ โดยเฉพาะการขาดแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ ข้อมูลที่เป็นองค์ความรู้และภูมิปัญญาไม่มีการจดบันทึก และผู้รู้เกี่ยวกับองค์ความรู้และภูมิปัญญามีอายุมากขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่คนรุ่นกลางจนถึงคนรุ่นใหม่ไม่รับการถ่ายถอดภูมิปัญญาดังกล่าวเพราะเห็นว่าการใช้ยาแผนปัจจุบันรักษาโรคไก่ได้รวดเร็วทันใจกว่า ทำให้องค์ความรู้และภูมิปัญญาดังกล่าวสูญหายไปกับคนรุ่นเก่า ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะสืบทอดองค์ความรู้และภูมิปัญญาดังกล่าว จึงทำการศึกษาความหลากหลายภูมิรู้พืชสมุนไพรในท้องถิ่นต่อการผลิตไก่พื้นเมืองในจังหวัดสุรินทร์ โดยเก็บข้อมูลจากการสอบถามและจัดเวทีแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ การนำไปใช้ในด้านปศุสัตว์และการเกิดสมาชิกเครือข่ายให้เกิดการขยายผลการใช้ของผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดสุรินทร์เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนอย่างแพร่หลายต่อไป นอกจากนี้เป็นความพยายามที่จะสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น และหาแนวทางการพัฒนาต่อยอดภูมิปัญญาให้เหมาะสมกับยุคสมัย และขยายผลให้มีการใช้พืชสมุนไพรในท้องถิ่น ให้คนในท้องถิ่นจังหวัดสุรินทร์ตระหนักถึงการนำภูมิปัญญามาใช้เพื่อให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ลดการสูญเสียเงินตราไปต่างประเทศในการซื้อยาสัตว์ ทำให้เกษตรกรลดต้นทุนการผลิต ลดสารตกค้างในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ นำไปสู่ผลิตภัณฑ์เนื้ออนามัยปลอดภัยต่อผู้บริโภค

วิธีการศึกษา

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้วิธีการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากรายชื่อหมอพื้นบ้าน ผู้รู้ ผู้ใช้ หรือผู้ที่เคยนำพืชสมุนไพรมาใช้ในไก่พื้นเมืองที่ปศุสัตว์อำเภอแนะนำ จำนวน 100 ตัวอย่าง ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (multistage random sampling) ประกอบด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบโควตา (quota sampling) และการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (convenience sampling) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างตามต้องการ

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามเพื่อใช้สัมภาษณ์เชิงลึก แนวทางสนทนากลุ่มโดยการจัดเวทีชาวบ้าน ซึ่งคณาจารย์และนักศึกษาสาขาเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ มีบทบาทหลักในการดำเนินการ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร หนังสือ ตำรา บทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. รวบรวมผลการศึกษามาเป็นกรอบในการศึกษา
3. สร้างเครื่องมือในการศึกษา (แบบสอบถาม)
4. นำแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบถึงความเหมาะสมในประเด็นที่จะศึกษาและหาความเที่ยงตรงในเชิงเนื้อหา (content validity) และแก้ไขสำนวนภาษาของแบบสอบถาม
5. นำแบบสอบถามที่สมบูรณ์แล้วไปใช้เก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้ต่อไป

วิธีการศึกษาข้อมูล

สืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาการใช้สมุนไพรรักษาไก่พื้นเมืองจากฐานข้อมูล และเอกสารที่มีการจดบันทึกไว้เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลเบื้องต้นในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับชุมชน รวมทั้งการศึกษาข้อมูลการแพทย์พื้นบ้าน แนวคิดและปรัชญาที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เข้าใจและเรียนรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นอย่างถูกต้อง

สืบค้นข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่นการใช้สมุนไพรในการป้องกันและรักษาไก่พื้นเมืองจากหมอพื้นบ้าน ผู้รู้ ผู้ใช้ หรือผู้ที่เคยใช้โดยการเก็บข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย ในเรื่องสภาพทั่วไป สภาพเศรษฐกิจ สภาพสังคมของครัวเรือน ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สมุนไพรในไก่พื้นเมือง และการนำพืชสมุนไพรมาใช้ในไก่พื้นเมือง โดยใช้แบบสอบถามเพื่อเป็นแนวทางในการสัมภาษณ์เชิงลึก

การจัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ และการแก้ไขปัญหาร่วมกันระหว่างหมอพื้นบ้าน ผู้รู้ ผู้ใช้ หรือผู้ที่เคยนำพืชสมุนไพรมาใช้ในไก่พื้นเมือง ด้านการใช้พืชสมุนไพรท้องถิ่นต่อการผลิตไก่พื้นเมือง และการเสริมความรู้ภูมิปัญญาชาวบ้านสู่การนำไปใช้จริงจากการจัดเวทีสรุปประเด็นการนำสมุนไพรไปใช้ในท้องถิ่น

การจัดเวทีสัมมนาระดมความคิดเห็น จากนักวิชาการ สาขาสัตวศาสตร์ สาขาพืชศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์ และครูภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อสรุปสถานภาพขององค์ความรู้การนำตำรับยาสมุนไพรมาใช้ป้องกันและรักษาโรคในไก่พื้นเมือง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

จัดเก็บเป็นข้อมูลเบื้องต้นโดยวิธีการใช้แบบสอบถามเพื่อใช้ในการสัมภาษณ์หมอพื้นบ้าน ผู้รู้ ผู้ใช้ หรือผู้ที่เคยใช้พืชสมุนไพรในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง ทำการบันทึกข้อมูล และสรุปข้อมูลปัญหาร่วมกับการใช้พืชสมุนไพรในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของจังหวัดสุรินทร์ นำข้อมูลที่ได้มาประกอบการจัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ และการแก้ไขปัญหาร่วมกันระหว่างหมอพื้นบ้าน ผู้รู้ ผู้ใช้ หรือผู้ที่เคยนำพืชสมุนไพรมาใช้ในไก่พื้นเมือง และสรุปสถานภาพขององค์ความรู้การนำตำรับยาสมุนไพรมาใช้ป้องกันและรักษาโรคในไก่พื้นเมือง จากการจัดเวทีสัมมนาระดมความคิดเห็น จากนักวิชาการ สาขาสัตวศาสตร์ สาขาพืชศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์ และครูภูมิปัญญาท้องถิ่น

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลจากภาคสนาม นำข้อมูลที่ได้มาเรียบเรียงวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และแจกแจงความถี่ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปประมวลและสรุปผลการวิจัยในเชิงพรรณนา

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้ที่เลี้ยงไก่พื้นเมือง เป็นชาย ร้อยละ 99 เป็นหญิง ร้อยละ 1 ส่วนใหญ่อายุอยู่ในช่วงระหว่าง 51 ปีขึ้นไป ร้อยละ 39 ซึ่งเป็นวัยที่อาศัยอยู่ในชุมชนเป็นส่วนใหญ่และประกอบอาชีพอยู่ในถิ่นฐานของตนเอง ระดับการศึกษาของผู้ที่เลี้ยงไก่พื้นเมืองส่วนใหญ่อยู่ในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 32 ของผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองทั้งหมด อาชีพหลักของผู้ที่เลี้ยงไก่พื้นเมือง คือ อาชีพทำนา ร้อยละ 42 พื้นที่ในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองส่วนใหญ่เลี้ยงในพื้นที่ทำการเกษตร (ที่นา/ที่ไร่/ที่สวน) ร้อยละ 48 จากการสัมภาษณ์ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สมุนไพรในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง สรุปได้ดังนี้ เกษตรกรรู้จักสมุนไพรได้จาก 1) จากภูมิปัญญาที่สืบทอดต่อกันมาจากบรรพบุรุษ 2) ศึกษาหนังสือตำรา เอกสารและสื่อสารสนเทศ 3) จากประสบการณ์ในการเลี้ยง จากผลการวิจัยได้ข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ และมีประเด็นที่น่าสนใจในหลายประเด็น ได้ข้อมูลภูมิปัญญาและความรู้ในการนำพืชสมุนไพรในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และจากข้อสรุปการระดมความคิดสามารถนำไปปรับใช้เพื่อลดต้นทุนในการผลิตไก่พื้นเมืองที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาร่วมกันระหว่างชุมชน ด้านการใช้สมุนไพรในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดสุรินทร์ ผู้เข้าร่วมเวทีเกิดความตระหนัก ถึงคุณค่าของภูมิปัญญาและเกิดแนวร่วมขยายผลการนำพืชสมุนไพรมาใช้ในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองในจังหวัดสุรินทร์สอดคล้องกับการศึกษาของ สมเจตร์ เพ็ญวิจิตรและคณะ (2552) ทำการศึกษาการจัดการความรู้การใช้สมุนไพรในท้องถิ่นต่อการผลิตปศุสัตว์แบบมีส่วนร่วมของชุมชนในเขตจังหวัดนครสวรรค์เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน การใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงของเกษตรกรในระดับชุมชนและครัวเรือนในการวางแผนบริหารจัดการและพัฒนาพื้นที่ชุมชนให้มีรากฐานทางเศรษฐกิจของสังคมที่เข้มแข็ง ผลการสำรวจจากการใช้แบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือ พบว่าเกษตรกรทำการเกษตรโดยเข้าใจหลักการปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ร้อยละ 93.30 และเกษตรกรที่ทำการเกษตรโดยนำรูปแบบการใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงในระบบการเกษตรร้อยละ 88.89 ซึ่งเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงที่แตกต่างกันเนื่องจาก ระดับการศึกษา อาชีพ สภาพพื้นที่ และชุมชนความรู้ที่เกิดจาก

ภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชนแต่ละแห่งที่ สามารถช่วยแก้ปัญหาและขยายจำนวนสมาชิกที่นำเอาหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้องค์ความรู้ที่เป็นผลจากการจัดการความรู้ ในระดับชุมชนของกลุ่มเกษตรกร ด้านการใช้สมุนไพรในสัตว์ ได้ศึกษาความรู้ที่มีผลจากการจัดการองค์ความรู้ต่อการผลิตสัตว์ในเขตจังหวัดสุรินทร์ พบว่า ปัจจุบันกระแสการใช้สมุนไพรมีมากขึ้นแต่ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มีน้อยทำให้ผู้ใช้ขาดข้อมูล และวิธีการใช้ที่ถูกต้องเหมาะสม สมุนไพรไทยมีศักยภาพที่ใช้ทดแทนวัตถุสังเคราะห์ที่เติมในอาหารได้ แต่ข้อมูลวิจัยยังขาดความต่อเนื่องและเป็นเอกภาพ

จากการสังเคราะห์ข้อมูลจากหมอพื้นบ้าน ผู้รู้ ผู้ใช้ หรือผู้ที่เคยใช้ รวมทั้งได้รับข้อเสนอแนะจากเจ้าหน้าที่ปศุสัตว์อำเภอในจังหวัดสุรินทร์จากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และมีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็นในโครงการสัมมนาเชิงปฏิบัติการความหลากหลายภูมิรู้พืชสมุนไพรในท้องถิ่นต่อการผลิตไก่พื้นเมืองในจังหวัดสุรินทร์เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน และโครงการสังเคราะห์ข้อมูลวิจัยเรื่องความหลากหลายภูมิรู้พืชสมุนไพรในท้องถิ่นต่อการผลิตไก่พื้นเมืองในจังหวัดสุรินทร์เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน โดยนักวิชาการผู้มีประสบการณ์จัดเวทีสัมมนาระดมความคิดเห็น จากนักวิชาการ สาขาสัตว์ สาขาพืช สาขาสังคม และครูภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อสรุปสถานภาพขององค์ความรู้จนได้ตำรับยาสมุนไพรมาใช้รักษาโรคไก่พื้นเมือง รวมทั้งหมด 199 ตำรับแยกตามกลุ่มอาการ ได้ 4 กลุ่ม แสดงในTable 1 ดังนี้

กลุ่มที่ 1 อาหารและการเร่งการเจริญเติบโต จำนวน 48 ตำรับ แบ่งออกเป็น ตำรับยาสมุนไพรบำรุงกำลัง จำนวน 26 ตำรับ โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระชาย กระชายดำ กระดูกไก่ กระเทียม กล้วยน้ำว้า กระเพราควาย กระเพราแดง ขมิ้นชัน ข่า ดีปลี ตะไคร้ ตำลึงทอง แตงกวา บอระเพ็ด บัวบก ผักขม พริกไทย พิกุล ไพล ฟ้าทะลายโจร มะกรูด มะเขือเทศ ว่านชักมดลูก ส้มป่อย โสม หญ้าขน หญ้าแห้วหมู หอมแดง ตำรับสมุนไพรแก้ช้ำใน จำนวน 14 ตำรับ โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระชาย กระเทียม ข่า ขมิ้นชัน ขมิ้นหัวใหญ่ ข้าวเปลือก ตะไคร้ ตำลึง บอระเพ็ด บัวบก ผักเสี้ยนผี พลับพลึง พลู ไพล ฟ้าทะลายโจร มะกรูด มะขาม มะเขือเทศ มะละกอ ย่านาง รากสามสิบ โสม หญ้าขี้ม้า หญ้าคา หอมแดง ตำรับยาสมุนไพรถ่ายพยาธิภายใน จำนวน 8 ตำรับ โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระเทียม บอระเพ็ด ไพล มะขาม หมาก หอมแดง

กลุ่มที่ 2 ป้องกันและรักษาโรค ได้แก่ ตำรับยาสมุนไพรรักษาโรคท้องอืด จำนวน 14 ตำรับ โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระเพรา กระชาย กระเทียม กล้วยน้ำว้า ขมิ้น ข่า ตะไคร้ แตงกวา แตงโม บอระเพ็ด ผักแพรว มะขามแขก มะขามป้อม มะเขือเทศ มะละกอ ว่านหางจระเข้ หมาก หอมแดง ตำรับยาสมุนไพรรักษาโรคท้องเสีย จำนวน 4 ตำรับ โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระชาย กล้วยน้ำว้า กล้วยหอม ขมิ้น ข่า ตำลึง บอระเพ็ด ฝรั่ง ฟ้าทะลายโจร ตะคร้อ มังคุด ยอ หอมแดง ตำรับสมุนไพรพยาธิภายนอก จำนวน 15 ตำรับ โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระเพรา ขมิ้น สีหวด ตะไคร้ หอม น้อยหน่า ไพล มะกรูด ยาฉุน สะเดา สาบเสือ ตำรับสมุนไพรพยาธินัยน์ตาไก่ จำนวน 14 ตำรับ โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระเทียม ตำลึง น้อยหน่า บอระเพ็ด พริก มะเกลือ มะเดื่อ มะนาว มะละกอ ยาฉุน หมาก ตำรับยาสมุนไพรสมานแผล จำนวน 12 ตำรับ โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ ขมิ้นชัน ทับทิม ฝรั่ง พลู ไพล มะขาม มะเขือเทศ มะระขี้นก ว่านหางจระเข้ สบู่ดำ สาบเสือ หนาด ตำรับยาสมุนไพรโรคผิวหนัง หิด กลากเกลื้อน จำนวน 11 ตำรับ โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระเทียม กล้วยน้ำว้า ขมิ้นชัน ข่า ชุมเห็ดเทศ ตะไคร้ แตงกวา น้อยหน่า ฝรั่ง ไพล มะขาม มะนาว มะพร้าว ยาฉุน หอมแดง ตำรับยาสมุนไพรรักษางูกัดหรือสัตว์มีพิษ จำนวน 5 ตำรับ โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระเพราแดง ข่า ผักบุ้ง มะนาว มะพร้าว ยาฉุน รางจืด ว่านหางจระเข้ เสลดพังพอนตัวผู้

กลุ่มที่ 3 สร้างระบบภูมิคุ้มกัน ได้แก่ ตำรับยาสมุนไพรบำรุงธาตุจำนวน 11 ตำรับ โดยพืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระชายดำ กระเทียม กล้วยน้ำว้า ขมิ้นชัน ขิง ตะไคร้ ตำลึง แตงกวา แตงโม เถาเอ็นอ่อน บอระเพ็ด บัวบก พริกไทย มะพร้าว ว่านน้ำ หญ้าขี้ม้า หญ้าแห้วหมู หอมแดง ตำรับยาสมุนไพรสำหรับไข้หวัด จำนวน 6 ตำรับ พืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระเพรา ตะไคร้ บอระเพ็ด พริก ฟ้าทะลายโจร ย่านาง หอมแดง ตำรับยาสมุนไพรต้มน้ำกราดตัวไก่ จำนวน 16 ตำรับ พืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระเทียม กะเพรา ขมิ้นชัน ขมิ้นหัวใหญ่ ข่า ตะไคร้ บอระเพ็ด ฝรั่ง พริก พลับพลึง ไพล

ฟ้าทะลายโจร มะกรูด มะขาม ว่านไพลดำ ส้มป่อย หญ้าไมยราบ หนาด หอมแดง หัวหญ้าแห้วหมู อ้อย

และกลุ่มที่ 4 พืชสมุนไพรเดี่ยว จำนวน 43 ตำรับ พืชสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ กระถิน กระเทียม กล้วยน้ำว้า กะเพรา ขมิ้นชัน ขมิ้นนาคำ ขมิ้นหัวใหญ่ ขมิ้นอ้อย ข่า เขยตายแม่ยายชักปรก ตะคร้อ ตะไคร้ ตะไคร้หอม ตำลึง แตงกวา เถาเอ็นอ่อน บอระเพ็ด บัวบก ผักขมจีน ผักบุ้งสด ไผ่จืด ฝรั่ง พริก ฟ้าทะลายโจร มะขาม มะเดื่อ มะนาว มะละกอ ยาฉุน รางจืด ลูกใต้ใบ ว่านชักมดลูก ว่านหางจระเข้ สะเดา สาบเสือ สามพันตึง เสลดพังพอน หญ้านางแดง หมาก หอมแดง เหงือกปลาหมอ

Table 1 The recipe based on symptom, medicinal plants utilization indegeneous used in Surin province.

The recipe based on symptom		Medicinal plants utilization (Common name Thai)	recipes
1) food and growth stimulating			48
1	recipes for bracer	*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf., *Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker, *Chloranthus erectus* (Buch.-Ham.) Verdc, *Allium sativum* L., *Musa sapientum* L., *Ocimum gratissimum* L., *Ocimum tenuiflorum* L., *Curcuma longa L*., *Alpinia galanga* (L.) Willd., *Piper chaba* Hunt., *Cymbopogon citratus* Stapf., *Heterostemma wallichii* Wight, *Cucumis sativus* L., *Tinospora crispa* (L.)Miers exHook.f. & Thomson, *Centella asiatica* (L.) Urb., *Crinum asiaticum* L., *Mimusops elengi* L., *Zingiber montanum* (J.Koenig) Link ex A. Dietr., *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.ex Nees, *Citrus hystrix* DC., *Lycopersicon esculentum* Mill., *Curcuma xanthorrhiza* Roxb., *Acacia concinna* (Willd.) DC, *Panax ginseng* C.A.Mey., *Imperata cylindrica* (L.) P.Beauv., *Biophytum sensitivum* (L.) DC., *Allium ascalonicum* L.	26
2	recipe for bruising	*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf., *Allium sativum* L., *Alpinia galanga* (L.) Willd., *Curcuma longa* L., *Curcuma longa* L., *Oryza sativa*, *Cymbopogon citratus* Stapf., *Solena amplexicaulis* (Lam.) Gandhi., *Tinospora crispa* (L.) Miers exHook.f. & Thomson, *Centella asiatica* (L.) Urb., *Cleome viscosa* L., *Crinum asiaticum* L., *Piper betle* L., *Zingiber montanum* (J.Koenig) Link ex A. Dietr., *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.ex Nees, *Citrus hystrix* DC., *Tamarindus indica* L., *Lycopersicon esculentum* Mill., *Carica papaya* L., *Antiaris toxicaria* Lesch. *Asparagus racemosus* Willd., *Panax ginseng* C.A.Mey., *Imperata cylindrica* (L.) P.Beauv., *Allium ascalonicum* L.	14
3	recipes for internal parasites	*Allium sativum* L., *Tinospora crispa* (L.)Miers exHook.f. & Thomson, *Zingiber montanum* (J.Koenig) Link ex A. Dietr., *Tamarindus indica* L., *Areca catechu* L. *Allium ascalonicum* L.	8

Table 1 The recipe based on symptom, medicinal plants utilization indegeneous used in Surin province. (continued)

The recipe based on symptom		Medicinal plants utilization (Common name Thai)	recipes
2) disease prevention and treatment			
1	recipes for flatulence	*Ocimum tenuiflorum* L., *Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf., Allium *sativum* L., *Musa sapientum* L., *Curcuma longa* L., *Alpinia galanga* (L.) Willd., *Cymbopogon citratus* Stapf., *Cucumis sativus* L., *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum.&Nakai., *Tinospora crispa* (L.) Miers exHook. f. & Thomson, *Polygonum odoratum* Lour., *Cathormion umbellatum* (Vahl) Kosterm., *Phyllanthus emblica* L., *Lycopersicon esculentum* Mill., *Carica papaya* L., *Aloe vera* (L.) Burm.f., *Areca catechu* L., *Allium ascalonicum* L.	14
2	recipes for diarrhea	*Boesenbergia rotunda* (L.) Mansf., *Musa sapientum* L., *Musa sapientum* L., *Curcuma longa* L., *Alpinia galanga* (L.) Willd., *Solena amplexicaulis* (Lam.) Gandhi., *Tinospora crispa* (L.) Miers exHook.f. & Thomson, *Psidium guajava* L., *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.ex Nees, *Schleichera oleosa* (Lour.) Oken., *Garcinia mangostana* L., *Morinda citrifolia* L., *Allium ascalonicum* L.	4
3	recipes for external parasites	*Ocimum tenuiflorum* L., *Curcuma longa* L., *Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh., *Cymbopogon nardus* Rendle., *Annona squamose* L., *Zingiber montanum* (J.Koenig) Link ex A. Dietr., *Citrus hystrix* DC., *Nicotiana tabacum* L., *Azadirachta indica* A.Juss.var. indica, *Chromolaena odorata* (L.) R.M.King & H.Rob.,	15
4	recipes for eye parasites	*Allium sativum* L., *Solena amplexicaulis* (Lam.) Gandhi., *Annona squamose* L., *Tinospora crispa* (L.) Miers exHook.f. & Thomson, *Piper nigrum* L., *Diospyros mollis* Griff., *Ficus chartacea* Well. ex king var. torulose Wall., *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle., *Carica papaya* L., *Nicotiana tabacum* L., *Areca catechu* L.	14
5	recipes for wound healing	*Curcuma longa* L., *Punica granatum* L. var. granatum , *Psidium guajava* L. *Piper betle* L., *Zingiber montanum* (J.Koenig) Link ex A. Dietr., *Tamarindus indica* L., *Lycopersicon esculentum* Mill. *Momordica charantia* L., *Aloe vera (*L.) Burm.f., *Jatropha curcas* L., *Chromolaena odorata* (L.) R.M.King & H.Rob., *Inula polygonata* DC.	12

Table 1 The recipe based on symptom, medicinal plants utilization indegeneous used in Surin province. (continued)

The recipe based on symptom		Medicinal plants utilization (Common name Thai)	recipes
6	recipes for dermatitis, scabies and ring worm	*Allium sativum* L., *Musa sapientum* L., *Curcuma longa* L., *Alpinia galanga* (L.) Willd., *Senna alata* (L.) Roxb., *Cymbopogon citratus* Stapf., *Cucumis sativus* L., *Annona squamose* L., *Psidium guajava* L., *Zingiber montanum* (J.Koenig) Link ex A. Dietr., *Tamarindus indica* L., *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle., *Cocos nucifera* L. var. nucifera., *Nicotiana tabacum* L., *Allium ascalonicum* L.	11
7	recipes for poisonous animals	*Ocimum tenuiflorum* L., *Alpinia galanga* (L.) Willd., *Ipomoea aquatica* Forssk., *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle., *Cocos nucifera* L. var. nucifera., *Nicotiana tabacum* L., *Crotalaria*, *Aloe vera (*L.) Burm.f., *Barleria lupulina* Lindl.	5
3) strengthen immune system			33
1	recipes for tonic element	*Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker, *Allium sativum* L., *Musa sapientum* L., *Curcuma longa* L., *Zingiber officinale Roscoe., Cymbopogon citratus* Stapf., *Solena amplexicaulis* (Lam.) Gandhi., *Cucumis sativus* L., *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum.&Nakai., *Cryptolepis buchanani* Roem.&Schult., *Tinospora crispa* (L.) Miers exHook.f. & Thomson, *Centella asiatica* (L.) Urb., *Crinum asiaticum* L., *Cocos nucifera* L. var. nucifera., *Acorus calamus* L., *Acacia concinna* (Willd.) DC., *Allium ascalonicum* L.	11
2	recipes for flu	*Ocimum tenuiflorum* L., *Cymbopogon citratus* Stapf., *Tinospora crispa* (L.) Miers exHook.f. & Thomson, *Piper nigrum* L., *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.ex Nees, *Antiaris toxicaria* Lesch., *Allium ascalonicum* L.	6
3	recipes for wipe and clean the chicken	*Allium sativum* L., *Curcuma longa* L., *Alpinia galanga* (L.) Willd., *Cymbopogon citratus* Stapf., *Tinospora crispa* (L.)Miers exHook.f. & Thomson, *Psidium guajava* L., *Polygonum odoratum* Lour., *Crinum asiaticum* L., *Zingiber montanum* (J.Koenig) Link ex A. Dietr., *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.ex Nees, *Citrus hystrix* DC., *Tamarindus indica* L., *Zingiber ottensii Valeton*, *Acacia concinna* (Willd.) DC., *Biophytum sensitivum* (L.) DC., *Inula polygonata* DC., *Allium ascalonicum* L., *Cyperus rotumdus* L., *Saccharum officinarum* L.	16

Table 1 The recipe based on symptom, medicinal plants utilization indegeneous used in Surin province. (continued)

The recipe based on symptom	Medicinal plants utilization (Common name Thai)	recipes
4) single medicinal plant	*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Allium sativum* L., *Musa sapientum* L., *Ocimum tenuiflorum* L., *Curcuma longa* L., *Alpinia galanga* (L.) Willd., *Glycosmis pentaphylla* (Retz.) DC., *Schleichera oleosa* (Lour.) Oken., *Cymbopogon citratus* Stapf., *Cymbopogon nardus* Rendle., *Solena amplexicaulis* (Lam.) Gandhi., *Cucumis sativus* L., *Cryptolepis buchanani* Roem.&Schult., *Tinospora crispa* (L.)Miers exHook.f. & Thomson, *Centella asiatica* (L.) Urb., *Amaranthus Tricolor* L., *Ipomoea aquatica* Forssk., *Pogonatherum Paniceum* (Lamk) Hack, *Psidium guajava* L., *Polygonum odoratum* Lour., *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Wall.ex Nees, *Tamarindus indica* L., *Ficus chartacea* Well. ex king var. torulose Wall., *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle., *Carica papaya* L, *Nicotiana tabacum* L., *Crotalaria, Phyllanthus amarus* Schumach. & Thonn., *Curcuma xanthorrhiza* Roxb., *Acorus calamus* L., *Aloe vera (*L.) Burm.f., *Azadirachta indica* A.Juss.var. indica, *Chromolaena odorata* (L.) R.M.King & H.Rob. *Dioscorea bulbifera* L., *Barleria lupulina* Lindl., *Bauhinia strychnifolia* Craib, *Areca catechu* L., *Allium ascalonicum* L., *Acanthus ebracteatus* Vahl	43
	total	199

สอดคล้องกับการศึกษาของอริชญา นาคชำนาญ (2548) ทำการศึกษาผลของสมุนไพรผสมของฟ้าทะลายโจร ขมิ้นชัน มะระขี้นก และไพล ต่อระบบภูมิคุ้มกัน และคุณลักษณะทางการเจริญเติบโตในไก่กระทง พบว่า สมุนไพรผสมของฟ้าทะลายโจร ขมิ้นชัน มะระขี้นก และไพล ออกฤทธิ์ส่งเสริมทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบของไก่กระทง เป็นไปได้ว่าสมุนไพรขมิ้นชันและฟ้าทะลายโจรซึ่ง มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Masuda *et al.,* 2000; Kamdem *et al*., 2002) และการศึกษาของ บงกช นพผล และคณะ (2546) รายงานถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของไพลในการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมือง พบว่าไพลผงในระดับ 1% น่าจะเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการใช้เลี้ยงหรือผสมลงในอาหารไก่พื้นเมืองลูกผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพการผลิตให้ดีขึ้นได้อย่างเป็นที่น่าพอใจและมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความหลากหลายของพืชสมุนไพร พบพืชสมุนไพรทั้งหมด 45 วงศ์ และจำนวนพืช 84 ชนิด ดัง Figure 1 และ Figure 2 สมุนไพรส่วนใหญ่เป็นพืชที่พบในท้องถิ่นจังหวัดสุรินทร์ เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองปลูกไว้บริเวณบ้าน หรือพื้นที่เลี้ยงไก่พื้นเมือง เป็นพืชที่หาง่ายในท้องถิ่นและสามารถนำมาปรุงและบำรุงไก่พื้นเมืองได้ทันที เน้นสะดวกในการนำมาใช้สำหรับป้องกันและรักษาโรคในไก่พื้นเมือง

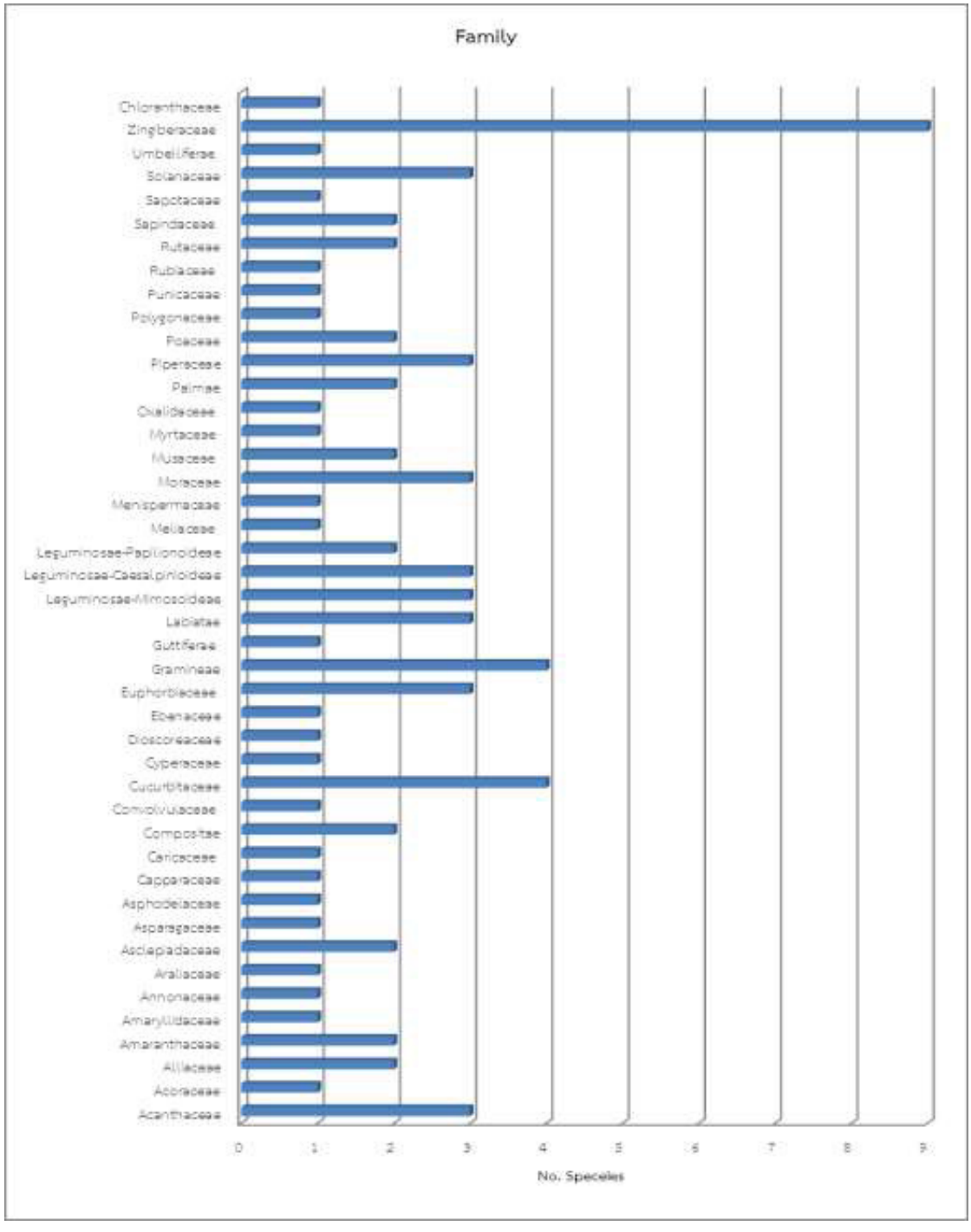


Figure 1 Diversity of medicinal plants utilization for native chicken identified were families.

Figure 2 Local medicinal plants utilization for native chicken production in Surin province.

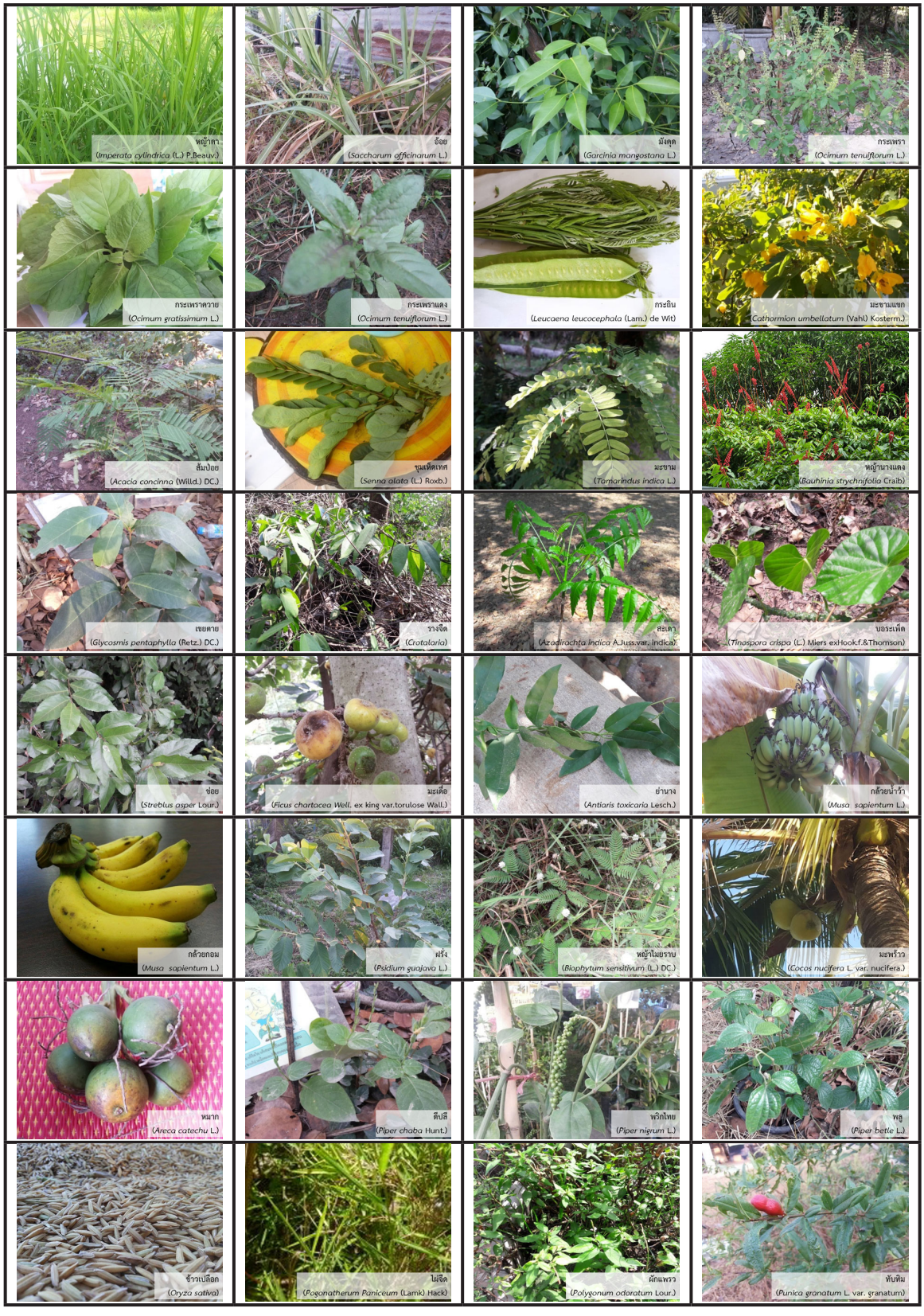


Figure 2 Local medicinal plants utilization for native chicken production in Surin province (continued).

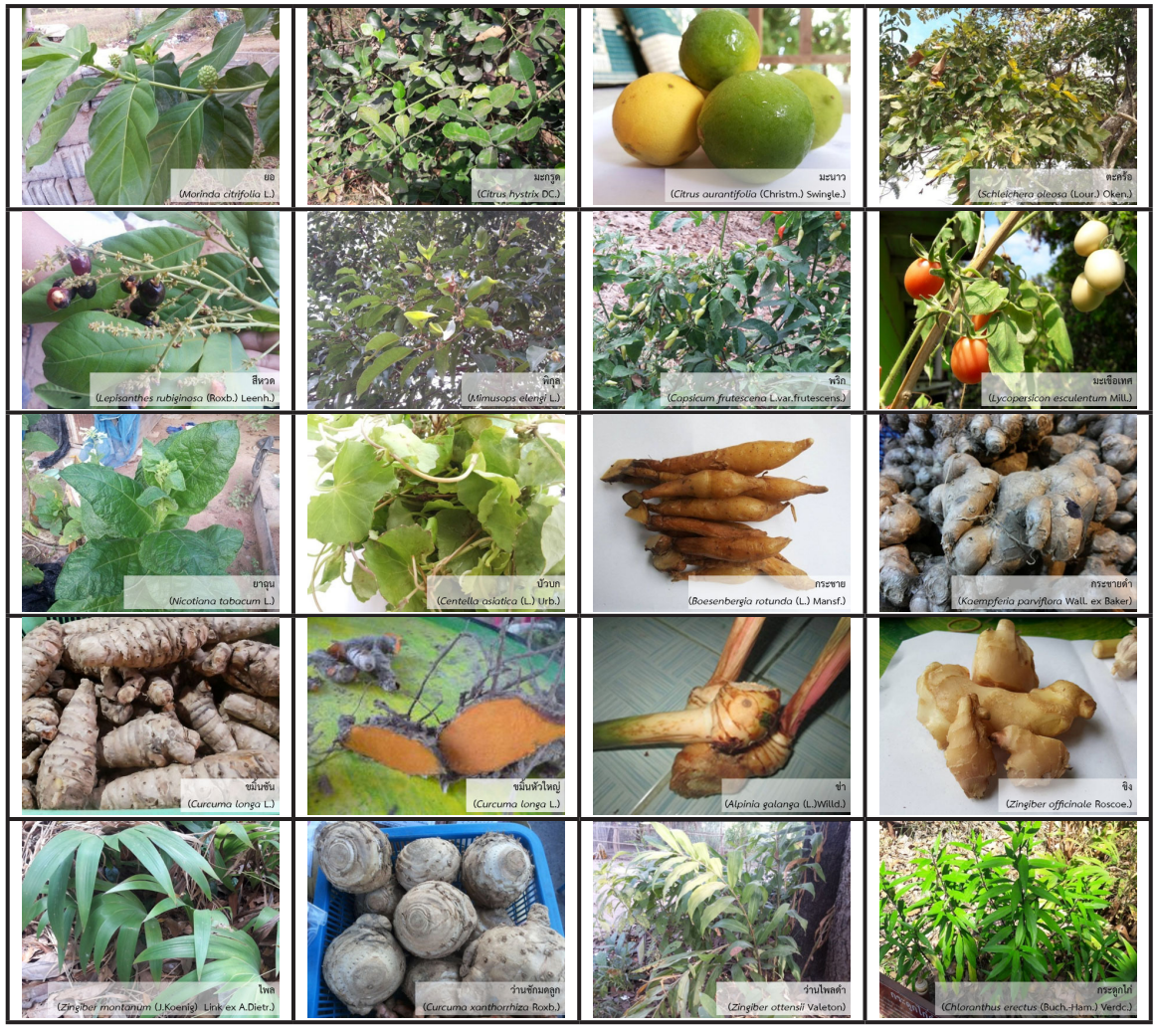


Figure 2 Local medicinal plants utilization for native chicken production in Surin province (continued).

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพืชสมุนไพรในท้องถิ่นต่อการผลิตไก่พื้นเมืองในจังหวัดสุรินทร์เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืนในรูปแบบการสัมภาษณ์ ในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ ผู้ที่เลี้ยงไก่พื้นเมือง อายุอยู่ในช่วงระหว่าง 51 ปีขึ้นไป ร้อยละ 39 ของผู้ที่เลี้ยงไก่พื้นเมือง ระดับการศึกษาของผู้ที่เลี้ยงไก่พื้นเมืองจะอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 32 ของผู้เลี้ยงไก่พื้นเมืองทั้งหมด อาชีพหลักของผู้ที่เลี้ยงไก่พื้นเมือง คือ อาชีพทำนา หรือร้อยละ 42 พื้นที่ในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองส่วนจะเลี้ยงในพื้นที่ที่ทำการเกษตร (ที่นา/ที่ไร่/ที่สวน) ร้อยละ 48 จากการสัมภาษณ์ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สมุนไพรในการเลี้ยงไก่พื้นเมือง สรุปได้ดังนี้ เกษตรกรรู้จักสมุนไพรได้จาก 1) จากภูมิปัญญาที่สืบทอดต่อกันมาจากบรรพบุรุษ 2) ศึกษาหนังสือตำรา เอกสารและสื่อสารสนเทศ 3) จากประสบการณ์ในการเลี้ยง

สมุนไพรที่ใช้ในการเลี้ยงไก่พื้นเมืองรวมทั้งหมด 199 ตำรับแยกตามกลุ่มอาการ ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้กลุ่มที่ 1 อาหารและการเร่งการเจริญเติบโตได้แก่ ตำรับยาสมุนไพรบำรุงกำลัง จำนวน 26 ตำรับ ตำรับสมุนไพรแก้ช้ำใน จำนวน 14 ตำรับ ตำรับยาสมุนไพรถ่ายพยาธิภายใน จำนวน 8 ตำรับกลุ่มที่ 2 ป้องกันและรักษาโรคได้แก่ ตำรับยาสมุนไพร

รักษาโรคท้องอืด จำนวน 14 ตำรับ ตำรับยาสมุนไพรรักษาโรคท้องเสีย จำนวน 4 ตำรับ ตำรับสมุนไพรพยาธิภายนอก จำนวน 15 ตำรับ ตำรับสมุนไพรพยาธินัยน์ตาไก่ จำนวน 14 ตำรับ ตำรับยาสมุนไพรสมานแผล จำนวน 12 ตำรับ ตำรับยาสมุนไพรโรคผิวหนัง หิด กลากเกลื้อน จำนวน 11 ตำรับ ตำรับยาสมุนไพรรักษางูกัดหรือสัตว์มีพิษ จำนวน 5 ตำรับกลุ่มที่ 3 สร้างระบบภูมิคุ้มกัน ได้แก่ ตำรับยาสมุนไพรบำรุงธาตุ จำนวน 11 ตำรับตำรับยาสมุนไพรสำหรับไข้หวัด จำนวน 6 ตำรับตำรับยาสมุนไพรต้มน้ำกราดตัวไก่ จำนวน 16 ตำรับและกลุ่มที่ 4 พืชสมุนไพรเดี่ยว จำนวน 43 ตำรับ โดยจำแนกความหลากหลายของพืชสมุนไพร พบพืชสมุนไพรทั้งหมด 45 วงศ์ และจำนวนพืช 84 ชนิด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สนับสนุนจากโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ภายใต้สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

เกรียงไกร โชประการ, วัชรพงษ์ วัฒนกุล และ วรพงษ์ สุริยจันทราทอง. 2543. *ไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมือง อดีตและปัจ*อุบลราชธานี: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 57 หน้า.

บงกช นพผล, ขวัญเกศ กนิษฐานนท์, วสันต์ จันทรสนิท และพิทักษ์ น้อยเมย์. 2546. *อัตราส่วนที่เหมาะสมของไพลในการเลี้ยงไก่ลูกผสมพื้นเมือง*. รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2546. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และ สาโรช ค้าเจริญ. 2544. ข้อควรระวังในการทดลองสมุนไพรในอาหารสัตว์. ใน *เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ การวิจัยสมุนไพรในสัตว์*. วันที่ 15-16 ตุลาคม 2544. ณ เคยู โฮม ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน. หน้า 17-21.

สมเจตร์ เพ็ญวิจิตร. 2552. *การจัดการความรู้การใช้พืชสมุนไพรในท้องถิ่นต่อการผลิตปศุสัตว์แบบมีส่วนร่าวของชุมชนในเขตจังหวัดนครสวรรค์เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน*. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. *สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. 215 หน้า.

อริชญา นาคชำนาญ. 2548. *ผลของสมุนไพรผสมของฟ้าทะลายโจร ขมิ้นชัน มะระขี้นก และไพล ต่อระบบภูมิคุ้มกัน และคุณลักษณะทางการเจริญเติบโตในไก่กระทง*. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาสัตวบาลมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 128 หน้า.

Kamdem, R. E., S. Sang, and C.T. Ho. 2002. Mechanism of superoxide scavenging activity of Neoandrographolide a natural product from andrographispaniculat-anees. *Journal of Agricultural & Food Chemistry* 50 : 4662-4665.

Masuda, T., H. Bando, T. Maekawa, Y. Takada and H. Yamaguchi. 2000. A novel radial terminated compound produced in the antioxidant process of curcumin against oxidation of fatty acid ester. *Tetrahedron Letters* 41: 2157-2160.

วันรับบทความ (Received date) : 5 ก.ย. 60
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 13 มี.ค. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 25 มิ.ย. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 369-380

ความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี

Opinions Toward Debt of Farmers in Srimongkon Sub-district, Saiyok District, Kanchanaburi Province

กัลยรัตน์ สอาดนัก[1] และพัชราวดี ศรีบุญเรือง[1]*

Kanyarat Sa-ardnuk[1] and Patcharavadee Sriboonruang[1]*

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล 2) ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ 3) ปัจจัยการเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตร 4) ความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกร และ 5) ความสัมพันธ์ของปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ปัจจัยการเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตร ที่มีความสัมพันธ์ต่อความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี กลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรตำบลศรีมงคล จำนวน 297 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการใช้แบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าไคสแควร์ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 51.08 ปี สถานภาพสมรส จำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3 คน ระดับการศึกษาประถมศึกษา ประสบการณ์ในการทำการเกษตรเฉลี่ย 19.79 ปี กิจกรรมหลักทางการเกษตรปลูกมันสำปะหลัง พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 24.31 ไร่ รายได้ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 93,841.41 บาท/ปี รายจ่ายในภาคการเกษตรเฉลี่ย 53,912.56 บาท/ปี จำนวนหนี้สินของเกษตรกรเฉลี่ย 83,564.31 บาท/ปี เคยได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตรจากสื่อบุคคล โดยผู้นำชุมชน สื่อมวลชน จากโทรทัศน์ สื่อกิจกรรม จากการประชุม ส่วนใหญ่ไม่เคยรับข่าวสารจากสื่อออนไลน์ และเกษตรกรมีความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี โดยเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก ในส่วนของการทดสอบสมมติฐานนั้นพบว่า ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ และปัจจัยการเปิดรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของเกษตรกร ที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และ 0.01

คำสำคัญ : ความคิดเห็น ภาระหนี้สิน เกษตรกร การเปิดรับข่าวสาร จังหวัดกาญจนบุรี

Abstract

The objectives of this research were to study 1) demographic factors, 2) economic factors, 3) media exposure toward agricultural information, 4) opinions toward debt of farmers and, 5) to find the relationships between demographic factors, economic factors, media exposure toward agricultural information factors and the opinions toward debt of farmers in Srimongkol Sub-district, Saiyok District, Kanchanaburi Province. Samples consisted of 297 farmers. Data were collected using questionnaires. Statistical analyses were frequency, percentage, mean, standard deviation, minimum, maximum and Chi-square. According to the research, the results showed those farmers were female with an average age of 51.08 years old, married, member of the household were 3 persons, primary school education, experience in farming average of 19.79 years, the main activity in agricultural was cassava planting,

[1]ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

the average farming area 24.31 rai. The average agricultural income was 93,841.41 baht/year, the average expense in agricultural 53,912.56 baht/year, the average debt of farmers 83,564.31 baht/year. They got information about agriculture from people media from community leaders, mass media from television, activities media from meeting and almost of farmers never got information from online media. The Opinions toward the debt of farmers in Srimongkol Sub-district the average total was at a high level. The testing of hypotheses indicated these are economic factors and media exposure toward agricultural information. There were relationships with the opinions of farmers toward the debt of farmers planting at 0.05 and 0.01 level of significance.

Keywords: Opinion, Debt, Farmers, Media exposure, Kanchanaburi Province

คำนำ

สินเชื่อเกษตร หมายถึง การกู้ยืมของเกษตรกรเพื่อช่วยตนเองให้มีกรรมสิทธิ์ในที่ดินเกษตรกรรมหรือเพื่อช่วยตนเองในการผลิตและขายผลิตผลเกษตรกรรม การให้สินเชื่อนั้นอาจให้เป็นเงินสด หรือให้เป็นของ เช่น พันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ ปุ๋ยหรือวัสดุการเกษตรอื่นๆ โดยทุกวันนี้การเกษตรได้ขยายตัวเป็นการผลิตเพื่อการขายมากยิ่งขึ้น ความต้องการทุนเพื่อการเกษตรจึงมีมากขึ้น ทุนที่เกษตรกรต้องการจะเป็นจำนวนมากน้อยเพียงใดนั้น อาจกำหนดได้ตามขนาดของการทำการเกษตรของเกษตรกรเอง การให้สินเชื่อเกษตรแก่เกษตรกรนั้นจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อเกษตรกรใช้สินเชื่อในทางก่อประโยชน์ สินเชื่อเพื่อเกษตรไม่ได้หมายความว่า จะทำให้ฐานะทางเศรษฐกิจของเกษตรกรรุ่งเรืองขึ้นได้ โดยทั่วไปเกษตรกรจำเป็นต้องเข้าใจวิธีใช้สินเชื่อในงานด้านการเกษตร เกษตรกรจะต้องมีความสามารถทั้งในด้านการจัดการฟาร์มและในด้านการจัดการเงิน ในด้านการจัดการฟาร์มนั้น เกษตรกรจะต้องคุ้นเคยกับลักษณะของดิน ประเภทของพืชผลซึ่งเหมาะสมกับพื้นที่ ผลที่คาดว่าจะได้รับตามปกติและปัญหาการขายพืชผลในท้องที่ตลอดจนปัจจัยสำคัญประการอื่นๆ ซึ่งกระทบถึงรายได้สุทธิจากการทำการเกษตร ในด้านการจัดการเงินจะต้องมีแผนซึ่งคาดการณ์ล่วงหน้าว่า จะกู้ยืมเงินมาสมทบกับทุนของตนเองเพียงใด และจะใช้ทุนเพิ่มรายได้ของตนเองอย่างไร ถ้านำมาใช้ผิดวัตถุประสงค์หรือไม่เป็นไปตามแผนการให้สินเชื่อ จะเกิดความเสียหายทั้งผู้กู้และผู้ให้กู้ ในปี 2509 รัฐบาลได้จัดตั้ง ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นแหล่งเงินทุนในด้านสินเชื่อทางการเกษตร ให้ความช่วยเหลือทางด้านแหล่งเงินทุน แก่เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร และสหกรณ์การเกษตร สำหรับการประกอบอาชีพเกษตรกรรมหรืออาชีพที่เกี่ยวเนื่องกับเกษตรกรรมถือเป็นอาชีพหลักของประเทศไทย ประชากรไทยที่เป็นเกษตรกรส่วนใหญ่มีความเดือดร้อนเรื่องเงินทุนที่จะใช้เพื่อเพิ่มรายได้หรือพัฒนาคุณภาพชีวิต (ฤทัยรัตน์ ดวงชื่น และพิทักษ์ ศิริวงศ์, 2559) ประเทศไทยมีประชากรที่เป็นเกษตรกรประมาณ 6.5 ล้านครัวเรือน จากครัวเรือนประชากรทั้งประเทศ 22.83 ล้านครัวเรือน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) รายได้ส่วนหนึ่งของประเทศก็มาจากสินค้าเกษตรกรรม การเกษตรถือว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยมาตั้งแต่อดีตจนมาถึงปัจจุบัน ซึ่งผู้ที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมก็น่าจะมีความเป็นอยู่ที่ดี แต่ในทางกลับกันผู้ที่ประสบกับปัญหาความยากจน ความเป็นอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาหนี้สิน เป็นเกษตรกรผู้ที่เป็นผู้ผลิตอาหารและสร้างรายได้ให้กับประเทศเป็นส่วนใหญ่ (นิโลบล นวลอินทร์, 2550) ปัญหาหนี้สินของการประกอบอาชีพเกษตรกรรมมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อการผลิต ทำให้เกษตรกรมีรายได้ทางการเกษตรไม่แน่นอน แรงงานในครัวเรือนเกษตรจึงต้องอพยพเข้าเมืองเพื่อไปหารายได้นอกภาคเกษตร มาเป็นค่าใช้จ่ายในครัวเรือน และบางครั้งเกษตรกรต้องกู้เงินจาก แหล่งเงินกู้ต่างๆเพื่อมาใช้จ่ายในครัวเรือนและเป็นต้นทุนสำหรับการผลิตทางการเกษตรในฤดูกาลต่อไป จึงส่งผลให้เกษตรกรเป็นหนี้สินอย่างต่อเนื่องในที่สุด ครัวเรือนเกษตรมีแนวโน้มเป็นหนี้สินเพิ่มขึ้น ในช่วงแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8 (ปี 2544/45) ครัวเรือนเกษตรมีหนี้สินปลายปีเฉลี่ย 43,415 บาทต่อครัวเรือน เพิ่มขึ้นเป็น 117,346 บาทต่อครัวเรือน

ในช่วงแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 11 (ปี 2557/58) โดยเป็นเงินกู้ระยะสั้น ปานกลาง และระยะยาว ส่วนใหญ่เป็นหนี้ที่ใช้เพื่อการลงทุนของทรัพย์สินเกษตร ซื้อปัจจัยการผลิตซึ่งมีราคาสูงขึ้นและหนี้จากการใช้จ่ายในครัวเรือนเกษตรเอง โดยในช่วงที่ผ่านมาภาครัฐได้มีนโยบายให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงแหล่งเงินทุนในระบบ เพื่อลดปัญหาหนี้นอกระบบ รวมถึงการนำเม็ดเงินลงสู่ชุมชนเพื่อสร้างโอกาสของการเพิ่มรายได้ เช่น โครงการกองทุนหมู่บ้าน กองทุนเงินล้าน ฯลฯ (สำนักงานงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ปัญหาหนี้สินเกษตรกรเป็นปัญหาเรื้อรังในปัจจุบัน และเป็นปัญหาที่มีความสำคัญควรได้รับการแก้ไขอย่างจริงจัง ปัญหาหนี้สินเกษตรกร นับเป็นปัญหาที่หนักที่สุด และเป็นผลสืบเนื่องมาจากการล่มสลายของระบบเกษตรและการจัดการชีวิตของเกษตรกร หนี้สินเกษตรกรจึงเป็นทุกข์เรื้อรังของเกษตรกรมายาวนาน นับตั้งแต่การผลิตทางการเกษตรจากเพื่อตอบสนองปัจจัยสี่ มาเป็นการผลิตเพื่อการค้าหรือเพื่อเงินตรา

ตำบลศรีมงคล อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี มีขนาดเนื้อที่ประมาณ 370,625 ไร่ และเป็นพื้นที่ทำการเกษตร 67,367 ไร่ (สำนักงานเกษตรอำเภอไทรโยค, 2560) ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก จำนวน 1,147 ครัวเรือน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) เกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดหลักประกันที่มั่นคงด้านอาชีพและรายได้ มีความสามารถในการชำระหนี้สินต่ำ รวมทั้งการขาดเกษตรกรรุ่นใหม่ที่จะเข้าสู่ภาคเกษตรอย่างต่อเนื่อง ครัวเรือนเกษตรไม่สามารถพึ่งพาตนเองทางอาหารจากไร่นาได้เพียงพอ จำนวนหนี้สินของเกษตรกรในอำเภอไทรโยค จำนวน 647 ล้านบาท เกษตรกรที่เป็นหนี้สินจำนวน 3,194 คน ซึ่งเกษตรกรตำบลศรีมงคลเป็นหนี้สินจำนวน 565 คน จำนวนหนี้สิน 112 ล้านบาท ซึ่งเป็นจำนวนที่มากเมื่อเทียบกับเกษตรกรตำบลอื่น (ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตรสาขาน้ำตกไทรโยคน้อย, 2560) จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรในตำบลศรีมงคล อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่มีความสัมพันธ์ต่อภาระหนี้สิน และปัญหาความยากจนของเกษตรกร อาจกล่าวได้ว่ามีสาเหตุมาจากปัจจัยที่หลากหลายไม่ว่าจะเป็นจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับบุคคล ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ การเมือง สังคมและนโยบายรัฐบาล ซึ่งผลของการศึกษาผู้วิจัยคาดว่าจะเป็นประโยชน์ในการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับหน่วยงานของรัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการตัดสินใจ ของทุกฝ่ายในการกำหนดนโยบายและเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาหนี้สินของเกษตรกรต่อไป

วิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรตำบลศรีมงคล อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 1,147 ครัวเรือน และทำการคัดเลือกโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอนเพื่อให้ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 297 ครัวเรือน โดยขั้นที่ 1 ผู้วิจัยใช้การคำนวณขนาดตัวอย่าง (sample size) โดยใช้การคำนวณสูตรของ Yamane (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2556) ความคาดเคลื่อนเนื่องจากการสุ่มตัวอย่างในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ 0.05 ขั้นที่ 2 นำจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้ คือ 297 ครัวเรือน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (cluster sampling) ซึ่งจำนวนกลุ่มตัวอย่างสามารถจำแนกตามหมู่บ้านทั้ง 8 หมู่บ้าน ได้ดังนี้ หมู่ที่ 1 จำนวน 35 ครัวเรือน หมู่ที่ 2 จำนวน 27 ครัวเรือน หมู่ที่ 3 จำนวน 23 ครัวเรือน หมู่ที่ 4 จำนวน 47 ครัวเรือน หมู่ที่ 5 จำนวน 61 ครัวเรือน หมู่ที่ 6 จำนวน 56 ครัวเรือน หมู่ที่ 7 จำนวน 28 ครัวเรือน และหมู่ที่ 8จำนวน 20 ครัวเรือน ขั้นตอนที่ 3 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างแต่ละหมู่บ้านโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสัมภาษณ์ที่มีทั้งปลายปิดและปลายเปิด โดยนำแบบสัมภาษณ์ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความตรง (validity) ของเครื่องมือและปรับปรุงแก้ไขจากนั้นนำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้ (try out)

จำนวน 30 ชุด ทดสอบความเชื่อมั่น (reliability) ได้ค่า cronbach's alpha เท่ากับ 0.87 ซึ่งเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ เก็บรวบรวมข้อมูลในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 จากนั้นได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด จึงสามารถกำหนดตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษาเรื่องความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกร ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านความรู้/ทักษะในการประกอบอาชีพ 2) ด้านความสามารถในการปรับตัว 3) ด้านความสามารถในการบริหารจัดการ 4) ด้านโครงสร้างทางเศรษฐกิจ 5) ด้านโครงสร้างทางสังคม/วัฒนธรรม และ 6)ด้านนโยบายทางการเมือง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลด้านความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี กำหนดวัดแบบสเกล อันตรภาคชั้น (interval class)

ผู้วิจัยได้ใช้มาตรวัดแบบการจัดแบ่งระดับชั้น (rating scale) ด้วยวิธีการสร้างสเกลแบบ Likert Scale (สุรินทร์ นิยมางกูร, 2556) โดยกำหนดค่าคะแนนความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล 5 ระดับ ดังนี้

กำหนดค่าคะแนนความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคลเป็น 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ

คำนวณช่วงกว้างระหว่างชั้น จากสูตร (สุรินทร์ นิยมางกูร , 2556)

อันตรภาคชั้น = พิสัย/จำนวนชั้น

= (คะแนนสูงสุด – คะแนนต่ำสุด) /จำนวนชั้น

= (5 - 1) / 5

= 0.8

ดังนั้น จึงกำหนดช่วงคะแนนสำหรับพิจารณา ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยระดับความคิดเห็น		**การแปลความหมายระดับความคิดเห็น**
1.00 – 1.80	หมายถึง	เห็นด้วยน้อยที่สุด
1.81 – 2.61	หมายถึง	เห็นด้วยน้อย
2.62 – 3.42	หมายถึง	เห็นด้วยปานกลาง
3.43 – 4.23	หมายถึง	เห็นด้วยมาก
4.24 – 5.00	หมายถึง	เห็นด้วยมากที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบความสัมพันธ์โดยใช้ Chi-square ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ตอนที่ 1 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกร

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 51.08 ปี มีสถานภาพสมรส มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3 คน จบการศึกษาในชั้นประถมศึกษา มีประสบการณ์ในการทำการเกษตรเฉลี่ย 19.79 ปี กิจกรรมหลักทางการเกษตรปลูกมันสำปะหลัง ร้อยละ 56.6 น่าจะประสบปัญหาทั้งการผลิตและราคาในช่วงที่มา และอาจส่งผลต่อการใช้คืนหนี้สินที่ยืมมา ซึ่งสอดคล้องกับ สุกานดา กลิ่นขจร และนรรัฐ รื่นกวี (2555) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรจังหวัดนครราชสีมา กรณีศึกษา อำเภอด่านขุนทด และอำเภอโนนสูง พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา มีสถานภาพสมรส (Table 1)

Table 1 Number and percentage of farmers Classified by personal factors of farmers.

Demographic factors	Number (person)	Percentage
Member of the household		
1 - 2 persons	50	16.8
3 - 4 persons	164	55.2
5 persons or more	83	27.9
Mean = 3.87 persons S.D. = 1.61	Min = 1 persons	Max = 1 persons
Main activities in agricultural		
Cassava	168	56.6
Sugar-cane	52	17.5
Rice and other crops such as bergamot, lemongrass, etc.	77	25.9

ตอนที่ 2 ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจของเกษตรกร

เกษตรกรมีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 24.31 ไร่ มีรายได้ในภาคการเกษตรต่อปี เฉลี่ย 93,841.41 บาท ซึ่งไม่มากนัก เนื่องจากเกษตรกรมีกิจกรรมหลักในการทำการเกษตรคือปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งในปีที่ผ่านมามันสำปะหลังมีราคาตกต่ำประกอบกับประสบปัญหาในเรื่องสภาพอากาศ เกษตรกรมีรายได้นอกภาคการเกษตรต่อปี เฉลี่ย 35,203.37 บาท อาจเป็นเพราะเกษตรกรมีพื้นที่ทำการเกษตรมาก จำนวนสมาชิกในครัวเรือนน้อย และทำกิจกรรมการเกษตรเป็นหลักจึงไม่สามารถไปหารายได้เสริมได้ เกษตรกรมีรายจ่ายในภาคการเกษตรต่อปี เฉลี่ย 53,912.56 บาท อาจเป็นเพราะราคาปัจจัยการผลิตที่สูงขึ้น จึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง เกษตรกรมีรายจ่ายนอกภาคการเกษตรต่อปี เฉลี่ย 48,459.39 บาท ซึ่งเป็นรายจ่ายในการซื้อสินค้าอุปบริโภคในครัวเรือน เกษตรกรมีจำนวนหนี้สินต่อปี เฉลี่ย 83,564.31 บาท ซึ่งเป็นหนี้ที่กู้มาเพื่อลงทุนทำการเกษตรและค่าใช้จ่ายในครัวเรือน

ตอนที่ 3 ปัจจัยการเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตร

สื่อบุคคล พบว่า เกษตรกรจะเปิดรับข่าวสารจากผู้นำชุมชนมากที่สุด (ร้อยละ 64.0) เนื่องจากผู้นำชุมชนมีความใกล้ชิดกับเกษตรกร และเป็นผู้เปิดรับข่าวสารจากภายนอกเข้าสู่ชุมชนทั้งจากเจ้าหน้าที่ของรัฐหรือหน่วยงานอื่นๆ ซึ่งผู้นำชุมชนจะต้องเป็นผู้ที่สามารถกลั่นกรองข่าวสารให้เหมาะกับพื้นที่และฐานความรู้ของคนในชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับ นภัสร อเนกบุญ (2559) ที่กล่าวว่า ผู้นำชุมชนเป็นผู้ที่สนิทสนมคุ้นเคย มีความใกล้ชิด เป็นที่น่าเชื่อถือของเกษตรกร เมื่อเกษตรกรมีปัญหาหรือข้อสงสัยทางด้านการเกษตรก็จะเลือกที่จะปรึกษาขอคำแนะนำจากผู้นำชุมชน ซึ่งผู้นำชุมชนสามารถเป็นคนกลางที่จะเชื่อมโยงระหว่างเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรได้เป็นอย่างดี แต่ผู้นำชุมชนบางรายอาจประสบปัญหาในเรื่องการทำการเกษตร ซึ่งก็ไม่สามารถแก้ไขปัญหาของตนเองได้ จึงไม่สามารถแก้ไขปัญหาให้กับเกษตรกรได้

สื่อมวลชน พบว่า เกษตรกรเปิดรับข่าวสารจากทางโทรทัศน์มากที่สุด (ร้อยละ 78.8) เนื่องจากโทรทัศน์เป็นสื่อที่เกษตรกรสามารถเข้าถึงได้ง่าย สะดวกรวดเร็วมากที่สุด เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันได้แพร่หลายครอบคลุมไปในทุกพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับ ปาจรีย์ สุโขบล (2551) ที่กล่าวว่า ประชาชนทุกระดับมีการใช้โทรทัศน์ซึ่งเป็นช่องทางการสื่อสารที่ง่ายและรวดเร็ว สามารถเห็นได้ทั้งภาพและเสียง อย่างไรก็ตามโทรทัศน์ถึงแม้จะเป็นสื่อที่เข้าถึงได้ง่าย สะดวก

และรวดเร็ว แต่ถ้าไม่มีรายการที่จะช่วยเกษตรกรแก้ไขปัญหาได้ หรือเกษตรกรอาจไม่ทราบว่ามีรายการที่สื่อออกมา จึงต้องมีการสังเคราะห์ก่อน จึงจะนำไปแก้ไขปัญหาได้

สื่อกิจกรรม พบว่า เกษตรกรเปิดรับข่าวสารจากการประชุมมากที่สุด (ร้อยละ 43.4) อาจเป็นเพราะมีการประชุมหมู่บ้านในทุกๆเดือน ผู้นำชุมชนได้มีการนำข่าวสารจากเจ้าหน้าที่ส่งเสริมไปเผยแพร่และแจ้งให้เกษตรกรทราบ รองลงมาคือ การอบรม และการศึกษาดูงานนอกสถานที่ (ร้อยละ 15.8 และ 12.5 ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับ นภัสร อเนกบุญ (2559) ที่กล่าวว่า เกษตรกรเปิดรับข้อมูลจากช่องทางนี้น้อย เนื่องจากเกษตรกรไม่ค่อยได้เข้ารับการอบรมหรือการศึกษาดูงานนอกสถานที่

สื่อออนไลน์ พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับข้อมูลข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อออนไลน์ คิดเป็นร้อยละ 68.7 และเคยได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตร คิดเป็นร้อยละ 31.3 โดยเปิดรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตรจากเฟสบุ๊ค (ร้อยละ 14.5) รองลงมาคือ แอปพลิเคชั่นต่างๆ และไลน์ (ร้อยละ 10.1 และ 6.7 ตามลำดับ)

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกร

จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า เกษตรกรมีความคิดเห็นต่อภาระหนี้ของเกษตรกร (Table 2) โดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.62)

เมื่อแยกพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า เกษตรกรมีระดับความคิดเห็นต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรด้านความรู้/ทักษะในการประกอบอาชีพอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.71) เนื่องจากเกษตรกรมีความคิดเห็นว่าการขาดความรู้ต่อสภาพพื้นที่และภูมิอากาศในการเพาะปลูกพืช ขาดความรู้และประสบการณ์ด้านการเกษตร ขาดความเข้าใจในเรื่องเทคนิคใหม่ๆ เช่น การลดต้นทุนการผลิต การเพิ่มผลผลิต จะมีผลต่อการเกิดหนี้สินของเกษตรกร ซึ่งสอดคล้องกับ สุกานดา กลิ่นขจร และนรรัฐ รื่นกวี (2555) ที่กล่าวว่า การขาดความรู้ และประสบการณ์ด้านการเกษตรมีผลต่อการทำเกษตรกรรมทำให้เกิดภาระหนี้สิน

เกษตรกรมีระดับความคิดเห็นต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรด้านความสามารถในการปรับตัวอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.41) เนื่องจากเกษตรกรมีความคิดเห็นว่าความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เช่น โทรศัพท์มือถือ อินเทอร์เน็ต ไม่ส่งผลต่อการเกิดหนี้สินเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีทางด้านนี้ และบางส่วนก็เห็นว่าเทคโนโลยีด้านนี้มีส่วนช่วยที่จะแก้ปัญหาด้านการเกษตรหรือศึกษาหาข้อมูลทางด้านการเกษตรได้

เกษตรกรมีระดับความคิดเห็นต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรด้านความสามารถในการบริหารจัดการอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.76) เนื่องจากเกษตรกรมีความคิดเห็นว่า การขาดการวางแผนทำการเกษตรล่วงหน้าการขาดการออมเงิน การปลูกพืชเชิงเดี่ยว การปลูกพืชโดยไม่คำนึงถึงความต้องการของตลาด มีผลต่อการเกิดหนี้สิน ซึ่งสอดคล้องกับ สุกานดา กลิ่นขจร และนรรัฐ รื่นกวี (2555) ที่กล่าวว่า การขาดการวางแผนล่วงหน้ามีผลต่อการทำการเกษตรทำให้เกิดภาระหนี้สินของเกษตรกร

เกษตรกรมีระดับความคิดเห็นต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรด้านโครงสร้างทางเศรษฐกิจอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.13) เนื่องจากการซื้อของฟุ่มเฟือย ราคาผลผลิตต่ำลง ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น รายจ่ายครัวเรือนที่สูงขึ้น และราคาสินค้าในท้องตลาดที่สูงขึ้น มีผลต่อการเกิดหนี้สิน ซึ่งสอดคล้องกับ สุกานดา กลิ่นขจร และนรรัฐ รื่นกวี (2555) ที่กล่าวว่า ความเจริญของเศรษฐกิจทำให้เกิดภาระหนี้สินของเกษตรกร

เกษตรกรมีระดับความคิดเห็นต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรด้านโครงสร้างทางสังคมและวัฒนธรรมอยู่ในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.34) เนื่องจากเกษตรกรมีความคิดเห็นว่า การใช้เครื่องจักรแทนแรงงานคนไม่ก่อให้เกิดหนี้เพราะการใช้เครื่องจักรแทนแรงงานคนทำให้ประหยัดต้นทุนการผลิตได้ เพราะเครื่องจักรสามารถลดเวลาและทำงานได้เร็วมากกว่าคน การที่คนในพื้นที่อพยพเข้าไปทำงานในเมืองก็ไม่ส่งผลต่อการขาดแรงงานในพื้นที่เพราะจะมีแรงงานในครอบครัวกี่คน เกษตรกรก็ยังทำการเกษตรพื้นที่เท่าเดิม

เกษตรกรมีระดับความคิดเห็นต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรด้านนโยบายทางการเมืองอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 3.37) เนื่องจาก เกษตรกรไม่ได้รอรับเงินชดเชยจากรัฐบาลเพื่อจะไปเป็นเงินทุนสำหรับทำการเกษตร กองทุนหมู่บ้านก็เป็นส่วนช่วยในเรื่องเงินทุนให้กับเกษตรกร เพราะมีดอกเบี้ยต่ำ ซึ่งไม่ก่อให้เกิดภาระหนี้สินของเกษตรกร

Table 2 Average percentage (), standard deviation (SD), and opinion level on debt burden of Srimongkol Sub-district Farmers Information on professional knowledge / skills. Adaptability Management Capability Economic structure and cultural structure and politics.

Opinions toward debt of farmers in Srimongkol Sub-district	$\bar{X}$	S.D.	Level of opinion
1. Knowledge/skills in career	3.71	0.67	High
1.1 Lack of knowledge of the area and climate in crop cultivation has a bearing on debt.	3.73	0.94	High
1.2 Lack of information and lack of agricultural training has a bearing on debt. As they do not know the technique to make more productivity.	3.63	0.90	High
1.3 Lack of agricultural knowledge and experience has a bearing on debt.	3.79	0.93	High
1.4 Lack of knowledge on the technology that will be used to increase productivity has a bearing on debt.	3.64	0.92	High
1.5 Lack of understanding of new techniques such as cost reduction. Increasing yield To develop agriculture has a bearing on debt.	3.78	0.93	High
2. Adaptability	3.41	0.66	Moderate
2.1 Technological advances like mobile phones, internet are essential to everyday life. And affect the debt.	2.78	1.10	Moderate
2.2 Lack of knowledge of production technology. Impact on debt	3.23	1.06	Moderate
2.3 Plant diseases and insect pests have a bearing on debt.	4.16	0.92	High
2.4 The purchase of agricultural machinery affects the debt.	3.46	0.996	High
3. Management capability	3.76	0.63	High
3.1 The lack of advance planning has a bearing on debt.	3.77	0.90	High
3.2 The lack of accounting for income - expenditure has a bearing on debt.	3.48	0.96	High

Table 2 (Continued)

Opinions toward debt of farmers in Srimongkol Sub-district	$\bar{X}$	S.D.	Level of opinion
3.3 The lack of savings affects the debt.	3.74	0.97	High
3.4 Monoculture can affect the debt.	3.72	0.91	High
3.5 Growing crops without regard to market demand has a bearing on debt.	4.07	0.81	High
4. Economic structure	4.13	0.57	High
4.1 Lack of knowledge of the source of capital has a bearing on debt.	3.59	0.94	High
4.2 The purchase of extravagance affects the debt.	3.98	1.04	High
4.3 Lower yields But the cost of production increased. Affecting Debt	4.56	0.71	Most
4.4 The higher the household's expenditure, the higher the debt.	4.32	0.85	Most
4.5 Higher prices on the market. Affecting Debt	4.20	0.83	Most
5. Social and cultural structure	3.34	0.64	Moderate
5.1 Using machines instead of labor, people cause liabilities.	3.03	0.97	Moderate
5.2 Gambling Affects Debt	3.71	1.00	High
5.3 Migrants work in the city, resulting in lack of agricultural workers in the area. Farmers produce less agricultural products. Affecting Debt	2.97	0.97	Moderate
5.4 Households with children and the elderly who can not earn money. Affecting Debt	3.32	1.03	Moderate
5.5 Number of household members studying Affecting Debt	3.65	1.10	High
6. Political policy	3.37	0.70	Moderate
6.1 Getting a little government compensation affects the funding for agriculture.	3.26	1.06	Moderate
6.2 Political policies such as village funds Affecting Debt	3.15	.95	Moderate
6.3 Easy access to finance has a bearing on debt.	3.54	1.08	High
6.4 Discontinuity in policy affects liability.	3.39	1.03	Moderate
6.5 Urgent policy lack of in-depth analysis. Affecting Debt	3.57	1.08	High
Total	3.62	0.44	High

ตอนที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกร ข้อมูลพื้นฐานทางเศรษฐกิจของเกษตรกร และข้อมูลการเปิดรับข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตร กับความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกร รายด้าน (Table 3)

ด้านความรู้/ทักษะในการประกอบอาชีพ ความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกร พบว่า จำนวนสมาชิกในครัวเรือน กิจกรรมหลักทางการเกษตร พื้นที่ทำการเกษตร และ สื่อกิจกรรม มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เนื่องจาก เกษตรกรเห็นว่าความรู้/ทักษะในการการประกอบอาชีพมีความสำคัญในการทำการเกษตรกร ซึ่งถ้าเกษตรกรขาดความรู้/ทักษะในการประกอบอาชีพก็จะก่อให้เกิดหนี้สินได้

ด้านความสามารถในการปรับตัว ความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกร พบว่าประสบการณ์ในการทำการเกษตร มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เนื่องจาก เกษตรกรเห็นว่าความสามารถในการปรับตัวมีผลต่อการเกิดหนี้สินและเกษตรกรมีประสบการณ์ในการทำการเกษตร เฉลี่ย 19.79 ปี

ด้านความสามารถในการบริหารจัดการ ความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกร พบว่าไม่มีตัวแปรต้นตัวใดที่มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เนื่องจาก เกษตรกรมีความคิดเห็นว่า การขาดการจัดทำบัญชีรายรับรายจ่าย ไม่ได้มีผลต่อการเกิดหนี้สิน

ด้านโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกร พบว่า กิจกรรมหลักทางการเกษตร พื้นที่ทำการเกษตร สื่อมวลชน มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01 เนื่องจากกิจกรรมหลักทางการเกษตรคือปลูกมันสำปะหลัง และในปีที่ผ่านมาเกษตรกรประสบกับปัญหาในเรื่องราคาผลผลิตที่ตกต่ำ ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น จึงก่อให้เกิดหนี้สินได้

ด้านโครงสร้างทางสังคมและวัฒนธรรม ความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกร พบว่า จำนวนสมาชิกในครัวเรือน พื้นที่ทำการเกษตร สื่อมวลชน และสื่อกิจกรรม มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01

ด้านนโยบายทางการเมือง ความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกร พบว่าระดับการศึกษา รายจ่ายในภาคการเกษตร สื่อมวลชน และสื่อกิจกรรม มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01

Table 3 Relationships with debt of farmers in Srimongkol Sub-district, Saiyok District, Kanchanaburi Province classified by personal factors of farmers, economic factors, media exposure toward agricultural information factors.

Factors	Opinions toward debt of farmers in Srimongkon Sub-district											
	Knowledge/skills in career		Adaptability		Management capability		Economic structure		Social and cultural structure		Political policy	
		p-value		p-value		p-value		p-value		p-value		p-value
1. Demographic factors												
1.1 Gender	2.080	0.354	3.892	0.143	0.969	0.616	0.765	0.682	3.110	0.211	0.408	0.815
1.2 Age	1.771	0.778	6.197	0.185	4.497	0.343	3.375	0.495	6.105	0.191	2.634	0.621
1.3 Marital status	0.062	0.970	0.332	0.847	1.080	0.583	0.182	0.957	0.529	0.767	5.609	0.061
1.4 Member of the household	9.672*	0.046	1.528	0.822	2.077	0.722	5.475	0.215	14.671**	0.005	6.331	0.176
1.5 Educational level	3.622	0.460	3.512	0.476	4.226	0.376	6.128	0.158	0.361	0.986	11.081*	0.026
1.6 Experience in farming	4.434	0.350	10.306*	0.036	4.457	0.348	8.728	0.052	1.865	0.761	2.069	0.723
1.7 Main activities in agricultural	10.477*	0.036	6.758	0.149	4.842	0.304	18.510**	0.000	5.512	0.239	6.277	0.179
2. Economic factors												
2.1 Agricultural area	12.653*	0.049	3.712	0.716	3.594	0.731	13.955*	0.030	17.656*	0.007	7.933	0.243
2.2 Agriculture Income	2.424	0.877	4.325	0.633	8.507	0.203	8.238	0.221	8.367	0.212	6.359	0.384
2.3 Another income	7.090	0.313	6.053	0.417	9.925	0.128	5.486	0.483	2.590	0.858	5.906	0.434
2.4 Expense on agricultural	16.429*	0.012	4.387	0.624	3.994	0.678	6.222	0.399	8.864	0.181	16.053*	0.013
2.5 Others Expense	8.603	0.197	10.585	0.102	4.400	0.623	9.069	0.170	1.283	0.973	9.196	0.163
2.6 Debt of farmers	4.099	0.663	7.441	0.282	5.599	0.470	5.471	0.485	3.390	0.759	1.351	0.969
3. Media exposure toward agricultural information												
3.1 People media	1.905	0.385	0.589	0.745	0.412	0.814	4.447	0.137	1.178	0.555	0.092	0.955
3.2 Mass media	1.820	0.403	2.190	0.335	0.707	0.702	8.851*	0.012	17.574**	0.000	12.628*	0.002
3.3 Activities media	14.015**	0.001	5.564	0.062	2.897	0.235	0.510	0.829	13.749**	0.001	11.841*	0.003
3.4 Online media	0.970	0.616	2.483	0.289	1.585	0.453	2.912	0.243	3.245	0.197	3.390	0.184

สรุปผลการศึกษา

จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 56.6 มีอายุเฉลี่ย 51.08 ปี สถานภาพสมรส 232 คน (ร้อยละ 78.1) จำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3 คน ระดับการศึกษาประถมศึกษา 190 คน (ร้อยละ 64.0) ประสบการณ์ในการทำการเกษตรเฉลี่ย 19.75 ปี กิจกรรมหลักทางการเกษตรปลูกมันสำปะหลัง 168 คน (ร้อยละ 56.6)มีพื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ย 24.31 ไร่ มีรายได้ในภาคการเกษตรเฉลี่ย 93,841.41 บาท/ปี มีรายได้นอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 35,203.37 บาท/ปี มีรายจ่ายในภาคการเกษตรเฉลี่ย 53,912.56 บาท/ปี มีรายจ่ายนอกภาคการเกษตรเฉลี่ย 48,459.39 บาท/ปี มีจำนวนหนี้สินของเกษตรกรเฉลี่ย 83,564.31 บาท/ปี

เกษตรกรเคยได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตรจากสื่อบุคคล (ร้อยละ 98.0) โดยจากผู้นำชุมชน สื่อมวลชน (ร้อยละ 94.3) โดยมาจากโทรทัศน์ จากสื่อกิจกรรม (ร้อยละ 71.7) โดยมาจากการประชุม และไม่เคยรับข่าวสารจากสื่อออนไลน์ (ร้อยละ 68.7)

เกษตรกรมีความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี โดยเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ ปรากฏว่า เกษตรกรมีระดับความคิดเห็นต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล ด้านความรู้/ทักษะในการประกอบอาชีพ ด้านความสามารถในการบริหารจัดการ และโครงสร้างทางเศรษฐกิจ อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.71 3.76 และ 4.13 ตามลำดับ) และเกษตรกรมีระดับความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้ของเกษตรกรตำบลศรีมงคล อยู่ในระดับปานกลาง ในด้านความสามารถในการปรับตัว ด้านโครงสร้างทางสังคมและวัฒนธรรม และด้านนโยบายการเมือง (ค่าเฉลี่ย 3.41 , 3.34 และ 3.37 ตามลำดับ การหาความสัมพันธ์ความคิดเห็นที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรตำบลศรีมงคลอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ได้แก่ รายได้นอกภาคการเกษตร และรายจ่ายในภาคการเกษตร ปัจจัยการเปิดรับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตร ได้แก่ สื่อกิจกรรม และสื่อออนไลน์ มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของเกษตรกร ที่มีต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรตำบลศรีมงคล อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และ 0.01

ข้อเสนอแนะ

1. เกษตรกรได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตรจากสื่อกิจกรรมจากการประชุมมากกว่าการอบรม และการศึกษาดูงานนอกสถานที่ ซึ่งการอบรมและการศึกษาดูงานนอกสถานที่จะทำให้เกษตรกรได้รับข่าวสารทางการเกษตรได้ดีกว่า เพราะได้เห็นผู้ที่ประสบความสำเร็จ และสามารถนำมาเป็นแนวทางปฏิบัติให้ตนเองได้ จึงควรให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีการส่งเสริมในด้านนี้มากยิ่งขึ้น เช่น พาไปศึกษาดูงานนอกสถานที่

2. เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเกษตรจากสื่อออนไลน์ จึงควรให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีการนำเทคโนโลยีไปบริการให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ และควรออกแบบแอปพลิเคชั่นต่างๆ ให้ง่ายต่อการใช้งาน

3. เกษตรกรมีความคิดเห็นเกี่ยวกับภาระหนี้สินโดยรวมอยู่ในระดับมาก แต่เมื่อแยกพิจารณาเป็นรายด้านนั้น พบว่า ด้านความรู้/ทักษะในการประกอบอาชีพ เกษตรกรนั้นมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก เนื่องจากเกษตรกรเห็นด้วยว่า ความรู้ทักษะในการประกอบอาชีพ เป็นสิ่งสำคัญในการประกอบอาชีพเกษตรไม่ว่าจะเป็นความรู้ในด้านสภาพพื้นที่ ภูมิอากาศ ความรู้ในด้านการฝึกอบรม ความรู้ในด้านเทคนิคในการผลิตพืช จึงควรให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้าไปให้ความรู้กับเกษตรกร เช่น ความรู้ในด้านเทคนิคที่ทำให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น ความรู้ในเรื่องการลดต้นทุนการผลิต การเพิ่มผลผลิตพืช การพัฒนาการเกษตร เป็นการลดภาระหนี้สินของเกษตรกร

4. ควรมีการศึกษาในเรื่องความต้องการความรู้ของเกษตรกร เพื่อที่จะได้ทราบว่าเกษตรกรยังขาดหรือต้องการความรู้ในเรื่องใดบ้าง เพื่อที่เจ้าหน้าที่ส่งเสริมหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถมีแนวทางในการให้ความรู้ได้ตรงกับความต้องการของเกษตรกร เพื่อช่วยลดภาระหนี้สินให้กับเกษตรกร

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. รายงานการขึ้นทะเบียนเกษตรกร. แหล่งที่มา: http://farmer.doae.go.th/ecoplant/eco_report/report1_regis_ap_59/71/02, 29 กันยายน 2559.

ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตรสาขาน้ำตกไทรโยคน้อย. 2560. *ปริมาณหนี้สินของเกษตรกร อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี.*

นิโลบล นวลอินทร์. 2550. *ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับหนี้สินของเกษตรกร ตำบลห้วยพระ อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปาจรีย์ สุโขบล. 2551. *กระบวนการสื่อสารทางการเมืองขององค์การบริหารส่วนจังหวัดนครราชสีมา.* วิทยานิพนธ์รัฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิขาการสื่อสารการเมือง, มหาวิทยาลัยเกริก.

ฤทัยรัตน์ ดวงชื่น และ พิทักษ์ ศิริวงศ์. 2559. *ปัจจัยที่ส่งผลต่อศักยภาพการชำระหนี้ของลูกค้าเงินกู้ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาจอมบึง จังหวัดราชบุรี.* วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สุรินทร์ นิยมางกูร. 2556. *ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์และสถิติที่ใช้.* สำนักพิมพ์บุ๊คส์ ทู ยู, กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกานดา กลิ่นขจร และ นรรัฐ รื่นกวี. 2556. *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาระหนี้สินของเกษตรกรจังหวัด นครราชสีมา กรณีศึกษา อำเภอด่านขุนทด และอำเภอโนนสูง.* วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

สำนักงานเกษตรอำเภอไทรโยค. 2559. ข้อมูลการเกษตร อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี. แหล่งที่มา. http://saiyok.kanchanaburi.doae.go.th/page/saiyok18.html , 29 กันยายน 2559.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2564). กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา: tarr.arda.or.th/static2/docs/development_plan2559.pdf, 5 ตุลาคม 2559.

วันรับบทความ (Received date) : 5 ก.ย. 60
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 13 มี.ค. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 25 มิ.ย. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (2) : 381-393

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว จังหวัดนครปฐม

Factors Affecting to Practice on Standard of Good Agricultural Practice (GAP) for Rice Farmers in Nakhon Pathom Province

ปริญญากร จัตุพร[1] พัฒนา สุขประเสริฐ[1]* และวัชร ลิ้มวรรณดี[2]
Parinyakorn Chatuporn[1], Patana Sukprasert[1]* and Watchara Limwandee[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว จังหวัดนครปฐม 2) การให้ความเชื่อถือกับข่าวสารจากสื่อเผยแพร่ 3) เทคโนโลยีการผลิตข้าว 4) การรับรู้ และการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี 5) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ และการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดนครปฐม ประชากรคือเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดนครปฐม กลุ่มตัวอย่างจำนวน 397 ราย ได้จากการสุ่มแบบง่าย เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ผลการวิจัยพบว่า 1) เกษตรกรผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุ 39-50 ปี มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวน้อยกว่า 6 ปี มีพื้นที่ปลูกมากกว่า 33 ไร่ มีรายได้ต่อพื้นที่ปลูก 7,401-7,600 บาท/ไร่ 2) การให้ความเชื่อถือกับข่าวสารจากสื่อเผยแพร่อยู่ในระดับมาก ได้แก่ สื่อสังคม สื่อบุคคล สื่อกิจกรรม ในขณะที่สื่อสิ่งพิมพ์อยู่ในระดับน้อย 3) พื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่เป็นดินร่วนและอยู่ในเขตชลประทาน เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกข้าวนาปรัง พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูก ได้แก่ กข.51 กข.57 หรือ กข.47 โดยนิยมปลูกด้วยวิธีการหว่าน 4) เกษตรกรมีการรับรู้มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีโดยเฉลี่ยในระดับได้รับรู้ทั้งหมด และมีการปฏิบัติโดยเฉลี่ยในระดับได้ปฏิบัติทุกครั้ง 5) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ ได้แก่ แหล่งน้ำชลประทาน ช่วงเวลาการผลิต การให้ความเชื่อถือกับสื่อบุคคลและสื่อสังคม ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติ ได้แก่ แหล่งน้ำชลประทาน การให้ความเชื่อถือกับสื่อกิจกรรมและสื่อบุคคล กับสภาพของดิน

คำสำคัญ : ข้าว มาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี จังหวัดนครปฐม

Abstract

This research was to investigate 1) demographic of rice farmers in Nakhon Pathom province 2) trustable to media exposure 3) technology for rice cultivation 4) perception and practice to standard of GAP 5) factor affecting to perception and practice on standard of GAP for rice farmers in Nakhon Pathom province. Population were rice farmers in Nakhon Pathom Province, the sample were 397 No. of rice farmers, selected by using simple random sampling technique. Collected data by using construct-questionnaire, analyzed data by using frequency, percentage, mean, standard deviation and testing with multiple regression. The results reveal that 1) most of rice farmers were male, 39-50 years old at the average, planted area were more than 33 rai, gained incomes at 7,401-7,600 baht/rai 2) trustable to media exposure at high level were social media, personal media, activity media and at less level were printed media 3) technology for rice cultivation were loamy soil, irrigated water, cultivars were

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2] สำนักงานเกษตรอำเภอท่าตะเกียบ อ. ท่าตะเกียบ จ. ฉะเชิงเทรา 24160
*Corresponding author, Email: agrpasu@ku.ac.th

namely DOR 51, DOR 57 or DOR 47 and cultivation technique by sowing 4) perception and practice on standard of GAP by the average were at the whole level and always level by sequence 5) factors affecting to perception were irrigation source, timing of cultivation, trustable to personal media and social media; factors affecting to practice were irrigation source, trustable to activity media and personal media and soil texture.

Keyword: Rice, Good Agriculture Practice (GAP), Nakhon Pathom Province

คำนำ

ประเทศไทยมีสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศที่เหมาะสำหรับการทำเกษตรกรรมมาตั้งแต่ครั้งอดีตจนกระทั่งปัจจุบัน โดยพืชที่มีความสัมพันธ์กับวิถีชีวิตคนไทยมากที่สุดก็คือ “ข้าว” คนไทยนิยมบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก และการปลูกข้าวก็สร้างรายได้มากกว่า 236,991 ล้านบาทต่อปี ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าว ประมาณ 60 ล้านไร่ มีผลผลิตประมาณ 30 ล้านตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ปัจจุบันความต้องการข้าวไทยในตลาดโลกมีอยู่อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากประเทศคู่ค้ามีความต้องการข้าวคุณภาพดีจากไทย โดยในปี 2556-2560 มีปริมาณและมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.50 และร้อยละ 2.36 ตามลำดับ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560)

พื้นที่ปลูกข้าวของไทยส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีพื้นที่ปลูกประมาณ 36 ล้านไร่ รองลงมาคือภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ซึ่งมีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 13 ล้านไร่ 8 ล้านไร่ และ 7 แสนไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของการผลิตพบว่าเกษตรกรในภาคกลางมีสัดส่วนของปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงที่สุดในประเทศ โดยจังหวัดที่มีปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงสุดเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศ ได้แก่ จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดนครปฐม และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการปลูกข้าวนาปรัง จะพบว่าจังหวัดนครปฐมมีปริมาณผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด ประมาณ 741 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) นอกจากนี้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดนครปฐมยังเป็นเกษตรกรรายใหญ่ มีพื้นที่ปลูกข้าวอยู่ในช่วงระหว่าง 20-39 ไร่ต่อราย (กรมการข้าว, 2559) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจเลือกพื้นที่จังหวัดนครปฐมเป็นพื้นที่สำหรับทำการศึกษาในครั้งนี้

แม้ว่าประเทศไทยจะเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก แต่ก็มีหลายประเทศที่เป็นคู่แข่งสำคัญ โดยเฉพาะประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ประเทศเวียดนามที่มีแนวโน้มส่งออกข้าวในปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และถึงแม้ว่าราคาข้าวของไทยจะยังคงสูงกว่าประเทศผู้ส่งออกรายอื่นอันเนื่องมาจากคุณภาพ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) แต่หากว่าประเทศไทยไม่สามารถรักษาหรือยกระดับคุณภาพของข้าวไทยให้สูงขึ้น ก็ย่อมจะส่งผลกระทบต่อการส่งออกข้าวของประเทศไทยกับรายได้ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวด้วยเช่นกัน ประกอบกับตลาดโลกได้มีมาตรการการกีดกันทางการค้าที่ไม่ใช่ภาษีมากขึ้น คุณภาพและความปลอดภัยของผลผลิตจึงกลายเป็นเงื่อนไขสำคัญสำหรับประเทศผู้ส่งออกสินค้าเกษตรเช่นประเทศไทย ด้วยเหตุนี้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงมีนโยบายให้เกษตรกรมีการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี หรือ good agricultural practices: GAP โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค รวมถึงให้เกษตรกรใช้สารเคมีได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย และไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมตลอดจนเพื่อให้ผลผลิตทางการเกษตรของประเทศไทยเป็นที่ยอมรับในระดับสากลมากขึ้น (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556) โดยกรมส่งเสริมการเกษตรมีหน้าที่รับผิดชอบในการถ่ายทอดความรู้ให้แก่เกษตรกร อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีการจัดฝึกอบรมให้แก่เกษตรกรอย่างต่อเนื่อง แต่ก็มีเกษตรกรเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ได้ปฏิบัติตามมาตรฐานดังกล่าว

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจังหวัดนครปฐม เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผน และการสนับสนุนให้เกษตรกรสามารถปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี และยังเป็นการช่วยเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันด้านการส่งออกข้าวของประเทศไทยไปสู่ตลาดโลก

วิธีการศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยประชากรคือเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดนครปฐมจำนวน 48,343 ราย (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane (1973) ที่ระดับความคลาดเคลื่อน 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 397 ราย เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามแบบมีโครงสร้างที่มีการทดสอบความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (try-out) กับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจำนวน 30 ราย ในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่น (cronbach's alpha) ของแบบสอบถามเท่ากับ 0.83 และเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ถูกคัดเลือกโดยใช้วิธีการสุ่มแบบง่าย (simple random sampling) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การแจกแจงความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percentage) ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: S.D.)

การทดสอบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้และการปฏิบัติตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression analysis) ด้วยวิธีการกำจัดแบบถอยหลัง (backward elimination) โดยมีการตรวจสอบปัญหาบางประการสำหรับการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Vanichbuncha, 2012) ได้แก่ 1) ปัญหาสหสัมพันธ์ของตัวแปรคลาดเคลื่อน (autocorrelation) โดยสถิติทดสอบ Durbin-watson (D.W.) 2) ปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างกันของตัวแปรอิสระ (multicollinearity) โดยพิจารณาสถิติสหสัมพันธ์ (correlation statistics) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต้องไม่เกิน 0.8 (Stevens, 1992) และ 3) ปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนในตัวแปรสุ่ม (heteroskedasticity) โดยพิจารณาสถิติ White-heteroskedasticity (χ^2) ซึ่งมีสมมติฐานหลักคือไม่มีปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนในตัวแปรสุ่ม โดยรูปแบบจำลองของสมการถดถอยพหุคูณทั้งหมด ได้แสดงไว้ดังต่อไปนี้

$$Y1_i = \alpha_i + \beta_1 X1_i + \beta_2 X2_i + \beta_3 X3_i + \ldots + \beta_{14} X14_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$Y2_j = \alpha_j + \beta_1 X1_j + \beta_2 X2_j + \beta_3 X3_j + \ldots + \beta_{14} X14_j + \varepsilon_j \quad (2)$$

โดยกำหนดให้ Y คือ ตัวแปรตาม ($Y1$ = การรับรู้, $Y2$ = การปฏิบัติ), α คือ ค่าคงที่, β คือ สัมประสิทธิ์ตัวประมาณค่าพารามิเตอร์,ε คือ ตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อน และ i, j คือ ค่าสังเกตตั้งแต่ 1, 2, 3,...,397,X คือ ตัวแปรอิสระ โดยรายละเอียดของตัวแปรอิสระที่ใช้ในสมการได้แสดงไว้ใน Table 1

Table 1 Detail of variables using in multiple regression equation.

Variables	Detail	H_0
Sex (X1)	Male = 1, Female = 0	+/0
Age (X2)	Years	-
Experiences (X3)	Years	-
Income / Planted area (X4)	Baht/rai	+
Planted area (X5)	Rai	+

Table 1 Continued.

Variables	Detail	H_0
Printed media (X6)	More trustable = 1, Less trustable = 0	+
Activity media (X7)	More trustable = 1, Less trustable = 0	+
Personal media (X8)	More trustable = 1, Less trustable = 0	+
Social media (X9)	More trustable = 1, Less trustable = 0	+
Soil texture (X10)	Loamy = 1, Other = 0	+
Irrigation source (X11)	Irrigated water = 1, No irrigation = 0	+
Timing of cultivation (X12)	Off-season = 1, In-season = 0	+/0
Cultivars (X13)	DOR 47 = 1, Other = 0	+
Cultivation technique (X14)	Sowing = 1, Other = 0	+/0

การวัดค่าตัวแปรของระดับการให้ความเชื่อถือกับข่าวสาร มีคะแนนต่ำสุดคือ 0 และคะแนนสูงสุดคือ 1 โดยแบ่งสรุปออกเป็น 2 อันตรภาคชั้น โดยใช้สูตร (ค่าสูงสุด-ค่าต่ำสุด)/จำนวนอันตรภาคชั้น ได้เกณฑ์ดังนี้ คือ คะแนนเฉลี่ย 0.00-0.50 คะแนนคือระดับความเชื่อถือน้อย คะแนนเฉลี่ย 0.51-1.00 คะแนนคือระดับความเชื่อถือมาก ส่วนการวัดค่าตัวแปรของระดับการรับรู้และการปฏิบัติ มีคะแนนต่ำสุดคือ 0 และคะแนนสูงสุดคือ 2 สรุปได้ 3 อันตรภาคชั้น โดยใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกัน ได้เกณฑ์ดังนี้

การรับรู้	**การปฏิบัติ**	**ระดับคะแนน**
ได้รับรู้ทั้งหมด	ได้ปฏิบัติทุกครั้ง	1.35 - 2.00
ได้รับรู้บางส่วน	ได้ปฏิบัติบางครั้ง	0.68 - 1.34
ไม่ได้รับรู้	ไม่ได้ปฏิบัติ	0.00 - 0.67

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจังหวัดนครปฐม

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 76.6 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 39-50 ปี (ร้อยละ 36.0) รองลงมาคือมากกว่า 50 ปี (ร้อยละ 34.8) และน้อยกว่า 39 ปี (ร้อยละ 29.2) โดยมีอายุเฉลี่ย 45.22 ปี ส่วนใหญ่มีประสบการณ์น้อยกว่า 6 ปี (ร้อยละ 37.8) รองลงมาคือ 6-8 ปี (ร้อยละ 34.5) และมากกว่า 8 ปี (ร้อยละ 27.7) โดยมีประสบการณ์เฉลี่ยเท่ากับ 6.87 ปี ส่วนใหญ่มีขนาดพื้นที่ปลูกมากกว่า 33 ไร่ (ร้อยละ 34.3) รองลงมาคือ 18-33 ไร่ (ร้อยละ 34.0) และน้อยกว่า 18 ไร่ (ร้อยละ 31.7) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.95 ไร่ ส่วนใหญ่มีรายได้ 7,401-7,600 บาท/ไร่/ปี (ร้อยละ 37.3) รองลงมาคือ ตั้งแต่ 7,601 บาท/ไร่/ปี ขึ้นไป (ร้อยละ 34.0) และ 0-7,400 บาท/ไร่/ปี (ร้อยละ 28.7) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7,842.25 บาท/ไร่/ปี (Table 2)

Table 2 Factors of rice farmers demographic in Nakhon Pathom province.

Factors		Frequency	Percent
Sex			
	Male	304	76.6
	Female	93	23.4
Age			
	Less than 39 years	116	29.2
	39-50 years	143	36.0
	More than 50 years	138	34.8
Mean = 45.22 years, S.D. = 9.18 years, Max = 68 years, Min = 29 years			
Experienced			
	Less than 6 years	150	37.8
	6-8 years	137	34.5
	More than 8 years	110	27.7
Mean = 6.87 years, S.D. = 3.01 years, Max = 19 years, Min = 1 years			
Planted area			
	Less than 18 rai	126	31.7
	18-33 rai	135	34.0
	More than 33 rai	136	34.3
Mean = 27.95 rai, S.D. = 16.36 rai, Max = 90 rai, Min = 7 rai			
Income / planted area			
	0-7,400 baht/rai/year	114	28.7
	7,401-7,600 baht/rai/year	148	37.3
	More than 7,601 baht/rai/year	135	34.0
Mean = 7,842.25 baht/rai/year, S.D. = 1,690.19 baht/rai/year, Max = 20,205.88 baht/rai/year, Min = 716.66 baht/rai/year			

ปัจจัยด้านการให้ความเชื่อถือกับข่าวสารจากสื่อเผยแพร่

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีการให้ความเชื่อถือกับข่าวสารอยู่ในระดับเชื่อถือมากทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ สื่อสังคม (ค่าเฉลี่ย 0.67) ซึ่งส่วนใหญ่เปิดรับผ่านเคเบิ้ลท้องถิ่นในชุมชน ร้อยละ 84.9 Twitter ร้อยละ 27.2 Facebook ร้อยละ 12.8 วิทยุชุมชน ร้อยละ 5.5 และ Line ร้อยละ 0.8 ตามลำดับ รองลงมาคือสื่อบุคคล (ค่าเฉลี่ย 0.63) ซึ่งส่วนใหญ่เปิดรับข่าวสารผ่านเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ร้อยละ 87.9 พนักงานจำหน่ายปุ๋ย/สารเคมี ร้อยละ 58.4

และปราชญ์ชาวบ้าน ร้อยละ 3.0 ตามลำดับ และสื่อกิจกรรม (ค่าเฉลี่ย 0.63) ซึ่งส่วนใหญ่เปิดรับข่าวสารผ่านการเยี่ยมชมแปลงการเรียนรู้ ร้อยละ 78.8 แปลงสาธิต ร้อยละ 27.0 และการประกวดหรือนิทรรศการ ร้อยละ 1.5 ตามลำดับ ในขณะที่สื่อสิ่งพิมพ์มีการให้ความเชื่อถือกับข่าวสารอยู่ในระดับเชื่อถือน้อย (ค่าเฉลี่ย 0.47) ซึ่งส่วนใหญ่เปิดรับข่าวสารผ่านหนังสือพิมพ์ ร้อยละ 100.0 รองลงมาคือวารสารทางการเกษตร ร้อยละ 39.8 และแผ่นพับ/ใบปลิว ร้อยละ 0.8 ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งในภาพโดยรวมนั้นเกษตรกรเป็นผู้เปิดรับข้อมูลข่าวสาร และเหตุที่ให้ความเชื่อถือกับข่าวสารจากสื่อสังคมมากที่สุดเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุไม่มาก และภาครัฐให้การสนับสนุนบริการขั้นพื้นฐานด้านการสื่อสารอย่างทั่วถึงจึงเข้าถึงสื่อสังคมได้โดยง่ายและนำความรู้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้เกษตรกรยังมีการติดต่อกับตัวแทนของภาครัฐหรือเอกชนเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้เกี่ยวกับการผลิตอยู่เป็นประจำ และยังมีการไปศึกษาดูงานตามแปลงเรียนรู้ในที่ต่างๆ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการส่งเสริมการเกษตรโดยใช้สื่อบุคคลและสื่อกิจกรรมยังมีความจำเป็นต่อการดำเนินงาน ส่วนสื่อสิ่งพิมพ์มีความเชื่อถือน้อยโดยเฉพาะหนังสือพิมพ์ซึ่งเป็นการนำเสนอข่าวสารรายวันเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้เป็นที่น่าสังเกตุว่าไม่ได้มีการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับสื่อมวลชนซึ่งได้แก่วิทยุกระจายเสียง โทรทัศน์ (ช่องฟรีทีวี) และยูทูป เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ตอบแบบสอบถามในเรื่องดังกล่าวนี้

Table 3 Factors of trustable to media exposure of rice farmers in Nakhon Pathom province.

Type of media	Kind of media	Frequency*(%)	Trustable	S.D.	Level
Social media	Community cable	337 (84.9)	0.67	0.471	More trustable
	Twitter	108 (27.2)			
	Facebook	51 (12.8)			
	Community radio	22 (5.5)			
	Line	3 (0.8)			
Personal media	Gov. officer	349 (87.9)	0.63	0.483	More trustable
	Chemical seller	232 (58.4)			
	Local scholar	12 (3.0)			
	Neighbor	0 (0.0)			
Activity media	Learning plot	313 (78.8)	0.63	0.482	More trustable
	Demonstrated plot	107 (27.0)			
	Contest	6 (1.5)			
	Exhibition	6 (1.5)			
Printed media	Newspaper	397 (100.0)	0.47	0.499	Less trustable
	Agro-journal	158 (39.8)			
	Leaflet	3 (0.8)			

* more than 1 choice

ปัจจัยด้านเทคโนโลยีการผลิตข้าว

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวส่วนใหญ่มีพื้นที่ปลูกเป็นดินร่วน ร้อยละ 83.4 นอกนั้นคือดินชนิดอื่น ได้แก่ ดินทราย ดินเหนียว ดินร่วนปนทราย หรือดินร่วนปนดินเหนียว ร้อยละ 16.6 และอยู่ในเขตชลประทาน ร้อยละ 75.6 นอกนั้นอยู่นอกเขตชลประทาน ร้อยละ 24.4 เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวนาปรัง ร้อยละ 89.4 นอกนั้นปลูกข้าวนาปี ร้อยละ 10.6 พันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกส่วนใหญ่ใช้พันธุ์ กข.51 และ กข.57 ร้อยละ 53.9 นอกนั้นใช้พันธุ์ กข.47 ร้อยละ 46.1 โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวด้วยวิธีการหว่าน ร้อยละ 82.1 นอกนั้นใช้วิธีการดำ และการโยนกล้า ร้อยละ 17.9 (Table 4) จากผลการวิจัยพบว่า พื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่เป็นดินร่วนและอยู่ในเขตชลประทานทำให้ปลูกข้าวได้ตลอดทั้งปี เกษตรกรจึงนิยมทำนาปรังเนื่องจากจำหน่ายข้าวได้ในราคาสูงกว่าข้าวนาปี โดยพันธุ์ข้าวที่นิยมปลูก ได้แก่ กข.47 กข.51 และกข.57 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตค่อนข้างสูงและเป็นพันธุ์ข้าวไม่ไวแสง โดยที่วิธีการปลูกข้าวส่วนใหญ่จะใช้การหว่านน้ำตมเพื่อเป็นการลดการใช้แรงงาน

Table 4 Factors of cultivation technology of rice farmers in Nakhon Pathom province.

Cultivation technology	Frequency	Percent
soil texture		
Loamy	331	83.4
Other (sandy, clay)	66	16.6
Irrigation source		
Irrigated water	300	75.6
No irrigation	97	24.4
Timing of cultivation		
Off-season (November - April)	355	89.4
In-season (May – October)	42	10.6
Rice cultivar		
DOR 47	183	46.1
Other (DOR 51, DOR 57)	214	53.9
Cultivation techniques		
Sowing	326	82.1
Other (transplant, throwing)	71	17.9

การปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจังหวัดนครปฐม

การปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในเรื่องการรับรู้ กับการปฏิบัติของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดนครปฐมมีรายละเอียดดังนี้ (Table 5)

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีการรับรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในระดับได้รับรู้ทั้งหมด (ค่าเฉลี่ย 1.49) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าเกษตรกรมีการรับรู้ในระดับได้รับรู้ทั้งหมด ได้แก่ ด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร (ค่าเฉลี่ย 1.68) ด้านสุขลักษณะส่วนบุคคล (ค่าเฉลี่ย 1.66) ด้านการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย 1.62) ด้านบันทึกข้อมูลและการตามสอบ (ค่าเฉลี่ย 1.61) ด้านการพักผลิตผลการขนย้ายในแปลงปลูกและเก็บรักษา (ค่าเฉลี่ย 1.58) และด้านพื้นที่ปลูก (ค่าเฉลี่ย 1.48) ตามลำดับ มีการรับรู้ในระดับได้รับรู้บางส่วน ได้แก่ ด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย 1.26) และด้านแหล่งน้ำ (ค่าเฉลี่ย 1.18) ตามลำดับ จากผลการวิจัยพบว่าเกษตรกรมีการรับรู้ในระดับได้รับรู้ทั้งหมดเกี่ยวกับการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี โดยเฉพาะด้านการใช้สารเคมีทางการเกษตร และการป้องกันตัวเองจากการใช้สารเคมี เนื่องจากเกษตรกรตระหนักถึงอันตรายของสารเคมีต่อสุขภาพ และสารเคมียังเป็นต้นทุนที่สำคัญในการผลิต สอดคล้องกับ พหล ศักดิ์คะทัศน์ และพุฒิสรรค์ เครือคา (2560) ที่รายงานว่าเหตุผลที่เกษตรกรลดการใช้สารเคมีเนื่องจากมีผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร และกระทบต่อต้นทุนการผลิต ในขณะที่เกษตรกรซึ่งได้รับรู้บางส่วนด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวกับด้านแหล่งน้ำจึงส่งผลให้การปฏิบัติในด้านดังกล่าวนี้เป็นการได้ปฏิบัติบางครั้งด้วยเช่นกัน

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในระดับได้ปฏิบัติทุกครั้ง (ค่าเฉลี่ย 1.42) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าเกษตรกรมีการปฏิบัติในระดับการปฏิบัติทุกครั้ง ได้แก่ ด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร (ค่าเฉลี่ย 1.65) ด้านสุขลักษณะส่วนบุคคล (ค่าเฉลี่ย 1.62) ด้านการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย 1.52) ด้านบันทึกข้อมูลและการตามสอบ (ค่าเฉลี่ย 1.51) ด้านการพักผลิตผลการขนย้ายในแปลงปลูกและเก็บรักษา (ค่าเฉลี่ย 1.48) และด้านพื้นที่ปลูก (ค่าเฉลี่ย 1.43) ตามลำดับ ส่วนที่เกษตรกรมีการปฏิบัติในระดับได้ปฏิบัติบางครั้ง ได้แก่ ด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (ค่าเฉลี่ย 1.19) กับด้านแหล่งน้ำ (ค่าเฉลี่ย 1.14) ตามลำดับ จากผลการวิจัยพบว่าเกษตรกรได้ปฏิบัติบางครั้งตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ด้านการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวนั้นเนื่องมาจากเกษตรกรนิยมจ้างรถเก็บเกี่ยวแล้วนำผลผลิตไปจำหน่ายที่โรงสีโดยทันทีจึงไม่มีการนำไปตากแดด ส่วนการได้ปฏิบัติบางครั้งด้านแหล่งน้ำเนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้น้ำจากแหล่งเดิมและจากระบบชลประทานจึงไม่เห็นความสำคัญของการตรวจเช็คคุณภาพน้ำ สอดคล้องกับ พัชราภรณ์ เพ็ชรทอง และจิตผกา ธนปัญญารัชวงศ์ (2552) ที่ระบุว่าเกษตรกรผู้ปลูกเงาะส่วนใหญ่ไม่ได้ปฏิบัติตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีในเรื่องการเก็บเกี่ยวและขนย้ายผลผลิต กับการเก็บตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ เนื่องจากการเก็บเกี่ยวและขนย้ายผลผลิตนั้นเกษตรกรนิยมจำหน่ายผลผลิตให้แก่พ่อค้าที่มารับซื้อถึงสวน ซึ่งพ่อค้าจะทำการเก็บเกี่ยวและขนย้ายเองทั้งหมด ในขณะที่แหล่งน้ำที่เกษตรกรใช้อยู่เป็นประจำก็ไม่อยู่ใกล้โรงงานหรือแหล่งน้ำเสียใดๆ จึงไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจวิเคราะห์น้ำ

Table 5 Perception and practice on standard of good agricultural practice (GAP) for rice farmers in Nakhon Pathom province.

Good agricultural practice (GAP)	Perception $\overline{x}$ (S.D.)	Practice $\overline{x}$ (S.D.)
1. Source of water.	1.18 (0.226) (Partial)	1.14 (0.313) (Sometimes)
2. Planted area.	1.48 (0.430) (The whole)	1.43 (0.438) (Always)
3. Harmful of agro-materials.	1.68 (0.392) (The whole)	1.65 (0.425) (Always)
4. Quality management in production process before harvesting.	1.62 (0.337) (The whole)	1.52 (0.398) (Always)
5. Harvesting and post-harvesting practice.	1.26 (0.242) (Partial)	1.19 (0.320) (Sometimes)
6. Keep and transports in field and storage.	1.58 (0.408) (The whole)	1.48 (0.462) (Always)
7. Personal sanitary	1.66 (0.436) (The whole)	1.62 (0.450) (Always)
8. Data record and follow-up.	1.61 (0.352) (The whole)	1.51 (0.479) (Always)
Total	1.49 (0.202) (The whole)	1.42 (0.257) (Always)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้และการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจังหวัดนครปฐม

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี

การตรวจสอบปัญหาเบื้องต้นของแบบจำลอง พบว่า ผลการทดสอบความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรสุ่มคลาดเคลื่อน (D.W.) ได้ค่าเท่ากับ 2.007 จึงไม่เกิดปัญหาความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรสุ่มคาดเคลื่อน ส่วนผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (*r*) ที่สูงที่สุดคือ 0.50 ซึ่งน้อยกว่า 0.80 จึงไม่มีปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระ และผลการทดสอบปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนในตัวแปรสุ่ม พบว่า ไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลักของสถิติ White-heteroskedasticity (χ^2) จึงไม่เกิดปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนในตัวแปรสุ่ม เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.482 แสดงว่า ปัจจัยทั้งหมดสามารถอธิบายความผันแปรของการรับรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีได้ร้อยละ 48.2 นอกนั้นเกิดจากปัจจัยอื่นที่ไม่ได้อยู่ในแบบจำลอง โดยแบบจำลองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ได้แสดงไว้ดังนี้

การรับรู้ $(\widehat{Y1})$ = 2.222+0.050(สื่อบุคคล)+0.075(สื่อสังคม)+0.127(แหล่งน้ำชลประทาน)+0.098(ช่วงเวลาการผลิต)

S.E. (0.048) (0.017) (0.015) (0.023) (0.034)

$F = 60.388$, Prob.= 0.000, $R^2 = 0.482$, D.W. = 2.007

แหล่งน้ำชลประทานมีอิทธิพลต่อการรับรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ($p \leq 0.01$) โดยการรับรู้มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการปลูกข้าวในเขตชลประทาน เนื่องจากในเขตชลประทานสามารถปลูกข้าวได้ตลอดปี เกษตรกรส่วนใหญ่จึงเป็นเกษตรกรรายใหญ่ที่มีพื้นที่ปลูกข้าวจำนวนมากและมีรายได้สูงอีกทั้งยังมีอายุไม่

มาก นอกจากนี้เกษตรกรยังมีความใส่ใจในเรื่องสุขภาพของตนเองอีกด้วย ทำให้เกษตรกรในเขตชลประทานมีความสนใจเกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี สอดคล้องกับ ภาสกร นันทพานิช (2558) ที่รายงานว่าเกษตรกรในเขตชลประทานมีความต้องการความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีมากกว่าเกษตรกรที่อยู่นอกเขตชลประทานเพื่อช่วยลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดจากการใช้สารเคมี

ช่วงเวลาการผลิตมีอิทธิพลต่อการรับรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ($p \leq 0.01$) โดยการรับรู้มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการปลูกข้าวนาปรัง เนื่องจากเกษตรกรที่ปลูกข้าวนาปรังจะมีความเสี่ยงมากกว่าเกษตรกรที่ปลูกข้าวนาปี เกษตรกรจึงต้องมีการเปิดรับข้อมูลข่าวสารมากกว่า โดยเฉพาะในด้านการใช้สารเคมี สอดคล้องกับ สาริศา ทิตยวงศ์ และจันทนา แสนสุข (2558) ที่ระบุว่าระยะเวลาการเพาะปลูกที่แตกต่างกันจะทำให้ความต้องการใช้สารเคมีของเกษตรกรแตกต่างกันด้วยเช่นกัน

การให้ความเชื่อถือกับสื่อสังคมมีอิทธิพลต่อการรับรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ($p \leq 0.01$) โดยการรับรู้มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการให้ความเชื่อถือกับสื่อสังคมในระดับมาก เนื่องจากเกษตรกรมีอายุไม่มากและมีรายได้สูงจึงสามารถเข้าถึงและมีประสบการณ์ในการใช้สื่อสังคมค่อนข้างมาก ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในการแจ้งข่าวสาร และ/หรือแลกเปลี่ยนความรู้ในระหว่างกัน โดยเกษตรกรมักจะเปิดรับข่าวสารผ่านช่องทางนี้อยู่เป็นประจำจึงอาจส่งผลต่อการรับรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีด้วยเช่นกัน สอดคล้องกับ ละม่อม สุนทรชัย และ ประภัสสร เกียรติสุรนนท์ (2561) ที่กล่าวว่า **เกษตรกรที่มีอายุน้อยและมีพื้นที่จำนวนมากจะมีความต้องการสารสนเทศการเกษตรด้านการผลิตข้าวผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่มากขึ้น**

การให้ความเชื่อถือกับสื่อบุคคลมีอิทธิพลต่อการรับรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ($p \leq 0.01$) โดยการรับรู้มีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการให้ความเชื่อถือกับสื่อบุคคลในระดับมาก เนื่องจากเจ้าหน้าที่รัฐหรือพนักงานขายสารเคมีเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับการใช้สารเคมีและมักสังกัดอยู่ในองค์กรที่มีความน่าเชื่อถือ ดังนั้น เกษตรกรจึงให้ความเชื่อถือและมักติดต่อกับเจ้าหน้าที่เหล่านี้อยู่เป็นประจำ โดยเจ้าหน้าที่ส่วนใหญ่จะใช้การจัดฝึกอบรมหรือการสนทนากลุ่มย่อยเป็นเครื่องมือในการให้ความรู้หรือแจ้งข่าวสาร สื่อบุคคลจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างการรับรู้ให้แก่เกษตรกร สอดคล้องกับ ณภัทร เตยหอม และนันทิกา สุนทรไชยกุล (2560) ที่พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกข้าวมีการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสารกำจัดศัตรูพืชผ่านผู้จำหน่ายสารเคมีทางเกษตรในพื้นที่มากกว่าช่องทางอื่น

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี

การตรวจสอบปัญหาเบื้องต้นของแบบจำลอง พบว่าผลการทดสอบความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรสุ่มคาดเคลื่อน (D.W.) ได้ค่าเท่ากับ 1.955 จึงไม่เกิดปัญหาความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรสุ่มคาดเคลื่อน ส่วนผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ที่สูงที่สุดคือ 0.50 ซึ่งน้อยกว่า 0.80 จึงไม่มีปัญหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระ และผลการทดสอบปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนในตัวแปรสุ่ม พบว่า ไม่ปฏิเสธสมติฐานหลักของสถิติ White-heteroskedasticity (χ^2) จึงไม่เกิดปัญหาความไม่คงที่ของความแปรปรวนในตัวแปรสุ่ม ซึ่งเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.348 แสดงว่าปัจจัยทั้งหมดสามารถอธิบายความผันแปรของการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีได้ร้อยละ 34.8 นอกนั้นเกิดจากปัจจัยอื่นที่ไม่ได้อยู่ในแบบจำลอง โดยแบบจำลองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ได้แสดงไว้ดังนี้

การปฏิบัติ $(\widehat{Y2})$ = 2.136+0.090(สื่อกิจกรรม)+0.083(สื่อบุคคล)-0.082(สภาพของดิน)+0.167(แหล่งน้ำชลประทาน)

S.E. (0.062) (0.023) (0.027) (0.025) (0.029)

$F = 29.638$, Prob.= 0.000, $R^2 = 0.348$, D.W. = 1.955

แหล่งน้ำชลประทานมีอิทธิพลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ($p \leq 0.01$) โดยการ

ปฏิบัติมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการปลูกข้าวในเขตชลประทาน เนื่องจากเกษตรกรในเขตชลประทานส่วนใหญ่จะมีหน้าที่เพียงติดต่อประสานงาน ควบคุมดูแล และบริหารจัดการแปลงปลูก ในขณะที่กระบวนการผลิตส่วนใหญ่จะเป็นการจ้างแรงงานเฉพาะด้านให้มาดำเนินการแทน ทำให้มีต้นทุนการผลิตสูงโดยเฉพาะต้นทุนด้านสารเคมี โดย ภาสกร นันทพานิช (2558) รายงานว่าการปลูกข้าวในเขตชลประทานส่วนใหญ่เป็นการผลิตเพื่อจำหน่ายโดยมุ่งเน้นที่ปริมาณผลผลิต จึงมีต้นทุนการผลิตสูงโดยเฉพาะเรื่องของสารเคมี เกษตรกรจึงเลือกที่จะปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีเพื่อเป็นการลดต้นทุนจากการใช้สารเคมีมากกว่าเกษตรกรที่อยู่นอกเขตชลประทาน

สภาพของดินมีอิทธิพลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ($p \leq 0.01$) โดยการปฏิบัติมีความสัมพันธ์ในทิศทางลบกับการปลูกข้าวในพื้นที่ที่เป็นดินร่วน เนื่องจากดินร่วนเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์และเหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว ทำให้เกษตรกรไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยในปริมาณมาก อีกทั้งเมื่อข้าวมีการเจริญเติบโตที่ดีมีลำต้นที่แข็งแรงจึงทนต่อโรค สอดคล้องกับพีชณิตดา ธารานุกูล และคณะ (2557) ที่พบว่าดินที่อุดมสมบูรณ์จะทำให้รากพริกแผ่กระจายได้ดีและเจริญเติบโตได้เต็มที่ทำให้ได้ผลผลิตและรายได้สุทธิมากขึ้น ในขณะที่ต้นทุนการผลิตจากการใช้สารเคมีก็ลดลง ดังนั้นการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีเรื่องการใช้สารเคมีหรือวัตถุอันตรายทางการเกษตรจึงลดลงตามไปด้วยเช่นกัน

การให้ความเชื่อถือกับสื่อกิจกรรมมีอิทธิพลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ($p \leq 0.01$) โดยการปฏิบัติมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการให้ความเชื่อถือกับสื่อกิจกรรมในระดับมาก เนื่องจากสื่อกิจกรรมมีลักษณะเด่นในการสร้างประสบการณ์จริงและแสดงให้เห็นผลลัพธ์ในเชิงประจักษ์ เกษตรกรจึงมีความมั่นใจในกระบวนการ และผลลัพธ์ที่ได้เกิดขึ้น ทำให้มีการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีมากขึ้น สอดคล้องกับ นาวินทร์ แก้วคง และคณะ (2560) ที่ระบุว่าเกษตรกรผู้ผลิตผักปลอดภัยส่วนใหญ่ที่ยอมรับการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีมักได้รับข่าวสารจากสื่อกิจกรรมเป็นหลัก

การให้ความเชื่อถือกับสื่อบุคคลมีอิทธิพลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ($p \leq 0.01$) โดยการปฏิบัติมีความสัมพันธ์ในทิศทางบวกกับการให้ความเชื่อถือกับสื่อบุคคลในระดับมาก เนื่องจากเจ้าหน้าที่สามารถให้คำแนะนำหรือช่วยเหลือเกษตรกรในลักษณะของการสอนแนะ (coaching) ซึ่งจะช่วยพัฒนาศักยภาพของเกษตรกรจนกระทั่งสามารถปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี สอดคล้องกับนัทธ์หทัย ศิริวิริยะสมบูรณ์ และคณะ (2555) ที่พบว่าเกษตรกรที่พบปะกับนักส่งเสริมการเกษตรบ่อยครั้งจะมีผลทำให้เกษตรกรมีการยอมรับการผลิตผักปลอดสารพิษเพิ่มมากขึ้น

สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดนครปฐมส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุประมาณ 39-50 ปี มีประสบการณ์ในการปลูกข้าวน้อยกว่า 6 ปี ส่วนใหญ่มีพื้นที่ปลูกมากกว่า 33 ไร่ มีรายได้ต่อพื้นที่ปลูก 7,401-7,600 บาท/ไร่/ปี เกษตรกรส่วนใหญ่ให้ความเชื่อถือมากใน สื่อสังคม ได้แก่ เคเบิ้ลท้องถิ่นในชุมชน Twitter Facebook วิทยุชุมชน และ Line ตามลำดับ รองลงมาคือสื่อบุคคล ได้แก่ เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร พนักงานจำหน่ายปุ๋ย/สารเคมี และปราชญ์ชาวบ้าน ตามลำดับ ต่อมาคือสื่อกิจกรรม ได้แก่ การเยี่ยมชมแปลงการเรียนรู้ แปลงสาธิต และการประกวดหรือนิทรรศการ ตามลำดับ ในขณะที่สื่อสิ่งพิมพ์มีการให้ความเชื่อถือน้อย ได้แก่ หนังสือพิมพ์ รองลงมาคือวารสารทางการเกษตร และแผ่นพับ/ใบปลิว ตามลำดับ เกษตรกรส่วนใหญ่มีสภาพดินปลูกเป็นดินร่วน และอยู่ในเขตชลประทาน โดยนิยมปลูกข้าวนาปรัง พันธุ์ข้าวที่ปลูกส่วนใหญ่ ได้แก่ พันธุ์ กข.51, กข.57 หรือ กข.47 ปลูกด้วยการหว่าน

เกษตรกรมีการรับรู้เกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีโดยเฉลี่ยในระดับได้รับรู้ทั้งหมด และมีการปฏิบัติเฉลี่ยในระดับได้ปฏิบัติทุกครั้ง โดยเกษตรกรส่วนใหญ่มีการรับรู้และการปฏิบัติ ด้านวัตถุอันตรายทางการเกษตร ด้านสุขลักษณะส่วนบุคคล และด้านการจัดการคุณภาพในกระบวนการผลิตก่อนการเก็บเกี่ยว ตามลำดับ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ คือ แหล่งน้ำชลประทาน ช่วงเวลาการผลิต การให้ความเชื่อถือกับสื่อบุคคลและสื่อสังคม ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติ คือ แหล่งน้ำชลประทาน การให้ความเชื่อถือกับสื่อกิจกรรมและสื่อบุคคล และสภาพของดิน

ข้อเสนอแนะ

1) ควรส่งเสริมการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในเขตชลประทานก่อนนอกเขตชลประทาน เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในเขตชลประทานมีคุณลักษณะที่สามารถจะปฏิบัติตามมาตรฐานดังกล่าวได้ง่ายกว่า และสามารถใช้เป็นต้นแบบให้กับเกษตรกรกลุ่มที่อยู่นอกเขตชลประทานที่อยู่บริเวณใกล้เคียงอีกด้วย

2) ส่งเสริมเทคนิคการปรับปรุงคุณภาพดิน เช่น การไถกลบตอซัง การใช้ปูดมาร์ล การไม่เผาฟางข้าว เป็นต้น ก็จะช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง และ/หรืออาจจะต่อยอดโดยการส่งเสริมเทคโนโลยีการผลิตแบบใหม่ๆ เช่น เกษตรกรรมไร้สารพิษ หรือเกษตรอินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งน่าจะตรงกับศักยภาพของเกษตรกรกลุ่มนี้มากกว่า

3) เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และพนักงานจำหน่ายปุ๋ย/สารเคมีมีบทบาทที่สำคัญสำหรับการส่งเสริมการปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีให้ประสบผลสำเร็จ จึงควรมีการพบปะเกษตรกรเป็นประจำและต่อเนื่อง โดยในขั้นตอนการสร้างการรับรู้ให้แก่เกษตรกรควรมีการใช้สื่อสังคม (เคเบิ้ลท้องถิ่นในชุมชน Facebook Twitter และLine) ร่วมกับการให้เจ้าหน้าที่พบปะกับเกษตรกร ส่วนในขั้นตอนการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการปฏิบัติ เจ้าหน้าที่ควรจัดทำแปลงการเรียนรู้ และ/หรือแปลงสาธิต เพื่อให้เกษตรกรเห็นขั้นตอนในการปฏิบัติ และมีความมั่นใจในผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยสนับสนุนให้มีการปฏิบัติตามมากยิ่งขึ้น

4) เกษตรกรมีการรับรู้ทั้งหมดเกี่ยวกับมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี เนื่องจากมีการตระหนักถึงอันตรายของสารเคมีต่อสุขภาพของตนเอง แต่เกษตรกรกลับมีการปฏิบัติตามมาตรฐานดังกล่าวนั้นลดน้อยลง ซึ่งปัญหานี้อาจเกิดจากความไม่สอดคล้องกันในระหว่างสภาพแวดล้อมการผลิต เช่น ดิน น้ำ หรือการเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อนำไปจำหน่าย กับระเบียบของมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี ดังนั้นระเบียบข้อปฏิบัติบางข้อจึงอาจจะมีความยืดหยุ่นตามข้อจำกัดของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2559. *รายงานสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวปี 2559/60*. กรมการข้าว. กรุงเทพฯ.

ณภัทร เตยหอม และนันทิกา สุนทรไชยกุล. 2560. ปัจจัยกำหนดการรับรู้ความเสี่ยงเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของชาวนาในอำเภอหนองฉาง จังหวัดอุทัยธานี. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ*, 10(37): 21-34.

นาวินทร์ แก้วดวง, เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และภรณี ต่างวิวัฒน์. 2560. การผลิตผักปลอดภัยตามการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีของเกษตรกรในจังหวัดหนองคาย. *แก่นเกษตร*, 45 (ฉบับพิเศษ 1): 1590-1596.

นัทธ์หทัย ศิริวิริยะสมบูรณ์, ธำรงค์ เมฆโหรา และทิพวรรณ ลิมังกูร. 2555. ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษของเกษตรกรในอำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 30(2): 59-67.

พหล ศักดิ์คะทัศน์ และพุฒิสรรค์ เครือคา. 2560. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเลือกทาการเกษตรแบบเคมีหรือแบบอินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร*, 34(2): 66-77.

พัชราภรณ์ เพ็ชรทอง และจิตผกา ธนปัญญารัชวงศ์. 2552. การยอมรับการปฏิบัติตามระบบการผลิตทางการเกษตรที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับเงาะของเกษตรกร อำเภอบ้านนาสาร จังหวัดสุราษฎ์ธานี. *วารสารเทคโนโลยีสุรนารี*, 3(2): 109-126.

พีชณิตดา ธารานุกูล, ยุวลักษณ์ ผายดี, ศรีนวล สุราษฎร์ และ จิระ อะสุรินทร์. 2557. การทดสอบเทคโนโลยีการปรับปรุงบำรุงดินร่วนเหนียวในพื้นที่ปลูกพริกจังหวัดนครราชสีมา. *แก่นเกษตร*, 42(ฉบับพิเศษ 2): 422-429.

ภาสกร นันทพานิช. 2558. การผลิตข้าวและแนวทางการพัฒนาในเขตน้ำฝนและชลประทานจังหวัดอุตรดิตถ์. *แก่นเกษตร*, 43(4): 643-654.

ละม่อม สุนทรชัย และประภัสสร เกียรติสุรนนท์. 2561. ความต้องการสารสนเทศการเกษตรผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดกาฬสินธุ์. *แก่นเกษตร* 46(ฉบับพิเศษ 1): 772-778.

สาริศา ทิตยวงศ์ และจันทนา แสนสุข. 2558. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อเคมีภัณฑ์ทางการเกษตรจากร้านเคมีภัณฑ์ทางการเกษตรของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดสุพรรณบุรี. *วารสารเทคโนโลยีภาคใต้*, 8(2): 63-70.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. *สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2560*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2556. *มาตรฐานสินค้าเกษตร: การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. *สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2561*. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

Stevens, J. P. 1992. *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences*. NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Hillsdale.

Vanichbuncha, K. 2012. *Statistics for research* (6 ed.). Chulalongkorn University Printing House. Bangkok.

Yamane, T. 1973. *Statistics: An Introduction Analysis*: Harper & Row.

วันรับบทความ (Received date) : 5 เม.ย. 61
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 19 มิ.ย. 61
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 10 ก.ย. 61

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2562 : 37 (1) : 394-404

ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ

Opinions of Farmers on Rice Production According to Organic Rice Standards Huai Thap Than District, Srisaket Province

ศิริพร หลำวรรณะ[1] **และสุพัตรา ศรีสุวรรณ**[1]
Siriporn Lamwanna[1] and Supattra Srisuwan[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยเศรษฐกิจ การเปิดรับข่าวสาร และความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ 2) ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ 3) เปรียบเทียบความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ตามปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยเศรษฐกิจ และการเปิดรับข่าวสารที่แตกต่างกัน 4) ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ต่อความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ เกษตรกรที่ผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ จำนวน 139 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลใช้แบบสัมภาษณ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน t-test F-test และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 50.28 ปี ระดับการศึกษาประถมศึกษา ประสบการณ์เฉลี่ย 4.53 ปี ขนาดพื้นที่เฉลี่ย 9.48 ไร่ แรงงานเฉลี่ย 2.65 คน รายได้จากการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 38,219 บาทรายจ่ายจากการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 6,346.76 บาท มีการเปิดรับข่าวสารจากผู้นำชุมชน การอบรมและโทรทัศน์ อยู่ในระดับมาก มีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ โดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เกษตรกรมีความคิดเห็นโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า เกษตรกรที่มีปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยเศรษฐกิจ การเปิดรับข่าวสารที่แตกต่างกัน มีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ไม่มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

คำสำคัญ: ความคิดเห็น การผลิตข้าว มาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ

Abstract

The objectives of this research were: 1) to study personal factors, economic factors, information exposure and basic knowledge on rice production specifications according to organic rice standards. 2) the opinions of farmers on rice production according to organic rice standards. 3) comparison of farmers' opinions on rice production according to organic rice standards based on personal factors, economic factors and information exposure 4) the relationship between the basic knowledge on rice production specifications according to organic rice standards and the opinions of farmers on rice production according to organic rice standard. The samples used in the study were 139 farmers who

[1] ภาควิชาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
*Corresponding author, Email: agrstsw@ku.ac.th

produce rice according to organic rice standards. The data were collected by interviews. Statistics used for data analysis were frequency, percentage, mean, standard deviation,t-test, F-test and Pearson's product moment correlation coefficients. The research found that most of the farmers were females, with an average age of 50.28 years. The average experience was 4.53 years. The average area was 9.48 rai. The average labor was 2.65 people. The average income was 38,219 baht. The average expenditure was 6,346.76 baht. Exposure of community leaders, training and television were at high levels. Basic knowledge on rice production specifications according to organic rice standards for overall had the average at high levels. The overall opinion of Farmers had an average at high levels. The results of the hypothesis testing showed that the farmers had personal factors, economic factors, information exposure differently the opinions of farmers on rice production according to organic rice standards were not different had a significance level of 0.05. Basic knowledge of rice production specifications according to organic rice standards was not correlated with farmers' opinion on rice production according to organic rice standards had a significant level of 0.05.

Keywords: opinion, rice production, organic rice Standards, Huai Thap Than District, Srisaket Province

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย และเกษตรกรส่วนใหญ่ของประเทศปลูกข้าวเป็นพืชอาหารหลัก ปัจจุบันข้าวยังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งการเปิดตลาดเสรีสินค้าเกษตรที่เพิ่มขึ้นทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยเฉพาะการเปิดประชาคมอาเซียนการผลิตสินค้าข้าวจะมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพและมาตรฐานสินค้า การส่งเสริมและพัฒนากระบวนการผลิต โดยปรับระบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพทุกขั้นตอน กำหนดมาตรฐานและการตรวจรับรองคุณภาพสินค้า เพื่อขยายการผลิตสินค้าเกษตรและอาหารที่มีคุณภาพมาตรฐานปลอดภัย และสร้างความเชื่อมั่นให้แก่ผู้บริโภค รวมทั้งสามารถตรวจสอบย้อนกลับสินค้าและสร้างมูลค่าให้กับสินค้าเกษตร โดยผลักดันให้เกษตรกรตระหนักถึงการผลิตข้าวที่ได้คุณภาพเพื่อสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพสินค้าให้กับผู้บริโภค (กรมการข้าว, 2560)

ประเทศไทยมีการพัฒนาระบบมาตรฐานการผลิตข้าวและเทคโนโลยีการผลิตที่ก้าวหน้าในการผลิตข้าวที่ได้รับการรับรองมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล ในปัจจุบันประเทศไทยประชาชนสนใจกับการดูแลสุขภาพใส่ใจกับการรับประทานอาหารปลอดสารเคมีมากขึ้น การผลิตข้าวตามข้อกำหนดมาตรฐานข้าวอินทรีย์และได้รับการรับรองมาตรฐานจึงสามารถตอบสนองผู้บริโภคได้ซึ่งนับวันจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยในปัจจุบันปริมาณผลผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ ในระบบ PGS และระบบมาตรฐานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ไทย (มกท.) และ IFOAM โดยเป็นข้าวอินทรีย์ในระบบมาตรฐานกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งตรวจรับรองโดยกรมการข้าว จำนวน 52,039 ไร่ (กรมการข้าว, 2560)

ประเทศไทยได้มีนโยบายในการรักษาเสถียรภาพราคาข้าวและรายได้ของชาวนา โดยจัดทำแผนการผลิตและการตลาดข้าวครบวงจร เพื่อบริหารจัดการข้าวตลอดห่วงโซ่อุปทาน และกำหนดให้ปี 2560 เป็นปีแห่งการยกระดับมาตรฐานสินค้าเกษตร ซึ่งการผลิตข้าวอินทรีย์เป็นยุทธศาสตร์หนึ่งในการยกระดับมาตรฐานสินค้าเกษตร เพื่อสร้างเพิ่มมูลค่าสินค้าข้าว รักษาสภาพแวดล้อม และกรมการข้าวได้ดำเนินการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค สร้างสังคมที่มีความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศต่อไปได้กำหนดเป้าหมายเพิ่มพื้นที่เกษตรอินทรีย์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ต่อปี รวมถึงความต้องการของตลาดสินค้าอินทรีย์ในประเทศไทยมีเพิ่ม

มากขึ้นตามกระแสการรักษาสุขภาพ แต่ปริมาณสินค้าอินทรีย์ไม่เพียงพอต่อการจำหน่าย ซึ่งในส่วนของเกษตรกรมีผลผลิตเกษตรอินทรีย์ที่ยังไม่ผ่านการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ดังนั้นนโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงมุ่งเน้นการส่งเสริมการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ และส่งเสริมให้มีการผลิตสินค้าข้าวอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานข้าวอินทรีย์กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Organic Thailand) เพื่อส่งเสริมการผลิตสินค้าข้าวให้มีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และรักษาสภาพแวดล้อม (คณะกรรมการพัฒนาเกษตรอินทรีย์แห่งชาติ, 2560) การผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (Organic Thailand) เป็นการผลิตข้าวที่ไม่ใช้สารเคมีทางการเกษตรทุกชนิด เป็นต้นว่า ปุ๋ยเคมี สารควบคุมการเจริญเติบโต สารควบคุมและกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดโรค แมลงและสัตว์ศัตรูข้าว ตลอดจนสารเคมีที่ใช้รมเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวในโรงเก็บ การผลิตข้าวอินทรีย์นอกจากจะทำให้ได้ผลผลิตข้าวที่มีคุณภาพสูงและปลอดภัยจากสารพิษแล้ว ยังเป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและเป็นการพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืนอีกด้วย (กรมการข้าว, 2557)

อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ มีพื้นที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ รวม 2,079 ไร่ ในปี 2560/2561 จากการสำรวจสภาพการปลูกข้าวนั้นพบว่าเกษตรกรยังมีความเข้าใจว่า การปลูกข้าวอินทรีย์คือการไม่ใช้สารเคมีเพียงอย่างเดียว ดังนั้นกรมการข้าวจึงได้มีโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ขึ้น และดำเนินการอบรมถ่ายทอดความรู้หลักการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (organic thailand) ให้กับเกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ขึ้น เพื่อให้เกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (organic thailand) และเตรียมความพร้อมสู่การตรวจรับรองมาตรฐานข้าวอินทรีย์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (organic thailand) (กรมการข้าว, 2560)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยเศรษฐกิจ การเปิดรับข่าวสาร ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ เปรียบเทียบความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ตามปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยเศรษฐกิจ และการเปิดรับข่าวสารที่แตกต่างกัน และความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์กับความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริมการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ และเป็นแนวทางการวางแผนการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ต่อไป

วิธีการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรที่ผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ที่สมัครเข้าร่วมโครงการการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ปี 2560 กับกองพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว จำนวน 212 ราย (กรมการข้าว, 2560) และคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างได้จำนวน 139 ราย โดยใช้การคำนวณสูตรของ Yamane (สุรินทร์, 2556) และใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) ด้วยวิธีการจับฉลากรายชื่อของเกษตรกร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบสัมภาษณ์ โดยแบ่งออกเป็น 5 ตอน ตอนที่ 1 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกร ตอนที่ 2 ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจของเกษตรกร ตอนที่ 3 ปัจจัยการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรตอนที่ 4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ตอนที่ 5 ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์

เกณฑ์การแบ่งคะแนนระดับความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์

ซึ่งประกอบด้วย คำถาม 25 ข้อ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน โดยมีคะแนนต่ำสุดเท่ากับ 0 และคะแนนสูงสุดเท่ากับ 25 การจัดช่วงคะแนนเฉลี่ยและการแปลความหมายค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ดังนี้ (สุรินทร์, 2556)

คะแนนเฉลี่ย 0.00 – 8.33 หมายถึง มีความรู้ในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 8.34 – 16.67 หมายถึง มีความรู้ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 16.68 – 25.00 หมายถึง มีความรู้ในระดับมาก

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ แบ่งเป็น 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยน้อยที่สุด เห็นด้วยน้อย เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยมาก และเห็นด้วยมากที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 1 2 3 4 และ 5 ตามลำดับ และแบ่งชั้นตามวิธีอันตรภาคชั้น (class interval) จำนวน 3 ระดับ สามารถจัดช่วงคะแนนเฉลี่ยระดับความคิดเห็นได้ดังนี้ (สุรินทร์, 2556)

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 2.33 หมายถึง เห็นด้วยน้อย

คะแนนเฉลี่ย 2.34 – 3.66 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 3.67 – 5.00 หมายถึง เห็นด้วยมาก

การทดสอบเครื่องมือ

ทดสอบเครื่องมือโดยการหาค่าความเที่ยงตรง (validity) เพื่อตรวจสอบเนื้อหาความเหมาะสม ความชัดเจนของคำถาม โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และนำมาปรับปรุงแก้ไข หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยการนำแบบสัมภาษณ์ไปทำการทดสอบกับเกษตรกรที่ผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ในอำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 30 ราย ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งข้อคำถามความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.77 ใช้วิธีการคูเดอร์ ริชาร์ดสัน 20 (Kuder Richardson 20) และแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ ใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์ตามแบบของครอนบาชส์-อัลฟา (cronbach's alpha coefficient) (สุรินทร์, 2556) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t-test และค่า F-test สำหรับการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ใช้ LSD สำหรับการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลของเกษตรกร

เกษตรกรส่วนมากเป็นเพศหญิง มีอายุเฉลี่ย 50.28 ปี ซึ่งจัดอยู่ในวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย ซึ่งสอดคล้องกับวันทนา ศักดิ์เจริญ (2552) ได้ศึกษาการยอมรับการปลูกข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในตำบลวังน้ำเย็น อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง พบว่า เกษตรกรมีอายุเฉลี่ย 53 ปี เกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาและมีประสบการณ์ในการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ โดยเฉลี่ย 4.53 ปี ซึ่งสอดคล้องกับ สุพรรณี เลขกลาง และคณะ (2554) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดสุรินทร์ พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา และมีประสบการณ์ในการปลูกข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 4.68 ปี

ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจของเกษตรกร

เกษตรกรมีพื้นที่ผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ เฉลี่ย 9.48 ไร่ ใช้แรงงานในการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ เฉลี่ย 2.65 คน มีรายได้ต่อปีจากการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ เฉลี่ย 38,219 บาท และมีราย

จ่ายต่อปีจากการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ เฉลี่ย 6,346.76 บาท ซึ่งสอดคล้องกับ สุพรรณี เลขกลาง และคณะ (2554) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดสุรินทร์ พบว่า มีจำนวนแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 3 คน

ปัจจัยการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตร

การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อบุคคล เกษตรกรร้อยละ 67.6 ได้รับข่าวสารจากผู้นำชุมชน เพราะผู้นำชุมชนมีการประชุมกับเกษตรกรเป็นประจำ ทำให้ได้พบปะ พูดคุย แลกเปลี่ยนข่าวสาร และผู้นำชุมชนได้รับการถ่ายทอดความรู้จากนักวิชาการเกษตรของกรมการข้าวจึงทำให้สามารถถ่ายทอดความรู้ การผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ให้กับเกษตรกรได้ การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อกิจกรรม เกษตรกรร้อยละ 86.3 ได้รับข่าวสารจากการอบรม เพราะทางกรมการข้าวจะจัดอบรมเพื่อถ่ายทอดความรู้ให้เกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์เป็นประจำ ซึ่งสอดคล้องกับ นัตฐวุฒิ พรมสุวรรณ (2552) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดปทุมธานี พบว่า แหล่งความรู้ที่ได้รับทางเกษตรอินทรีย์ได้จากการฝึกอบรม

การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อมวลชน เกษตรกรร้อยละ 81.3 ได้รับข่าวสารจากโทรทัศน์ เพราะสื่อด้านโทรทัศน์เป็นสื่อที่เกษตรกรสามารถเข้าถึงและเข้าใจง่าย ซึ่งมีทั้งภาพ เสียง สี ที่สามารถถ่ายทอดให้เข้าใจ ซึ่งสอดคล้องกับวัชรินธร เหมวัตร์ (2555) ได้ศึกษาความคิดเห็นที่มีต่อการปลูกข้าวของเกษตรกรในตำบลหนองกระเบียน อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี พบว่า สื่อทางด้านโทรทัศน์เป็นสื่อที่เกษตรกรสามารถเข้าใจง่ายดังแสดงใน Table 1

Table 1 Number and percent Level of information exposure.

Information exposure	Number	Percent
Media People		
Neighbors	13	9.4
Ufficiale / Accademico	32	23.0
Community leaders	94	67.6
Media Activity		
Training	120	86.3
Demo Plot / Study visit	19	13.7
Mass Media		
Radio	26	18.7
Television	113	81.3

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์

เกษตรกรมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ โดยรวมอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 89.2) เพราะเกษตรกรได้เข้าร่วมกิจกรรม การถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ จากเจ้าหน้าที่กรมการข้าวเป็นประจำ และเกษตรกรหาความรู้ผ่านช่องทางสื่อต่างๆ เช่น โทรทัศน์ การฝึกอบรม จากผู้นำชุมชนหรือผู้นำเกษตรกร ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Number and percent Level of basic knowledge on rice production specifications according to organic rice standards.

Basic knowledge on rice production specifications according to organic rice standards	Number	Percent
Level high (16.68 - 25.00 score)	124	89.2
Level moderate (8.34 - 16.67 score)	15	10.8
Mean = 21.90 S.D.= 3.43 Minimum = 11 Maximum = 25		

ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์

ความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ พบว่าในภาพรวมมีความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.25) และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าทุกด้านอยู่ในระดับมาก โดยเรียงลำดับดังนี้ ด้านการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา ด้านการคัดเลือกพื้นที่และการเตรียมการปลูก ด้านวิธีการปลูก ด้านการจัดการน้ำ และการดูแลรักษา ด้านการจัดการดินและปุ๋ย และด้านการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล (ค่าเฉลี่ย 4.41, 4.37, 4.29, 4.29, 4.20, 3.93 ตามลำดับ) ดังแสดงใน Table 3 เป็นเพราะนักวิชาการเกษตรจากกรมการข้าวได้เข้าไปอบรมถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ครอบคลุมทั้ง 6 ด้าน ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการผลิตข้าวและเข้าสู่การตรวจรับรองมาตรฐานข้าวอินทรีย์ และในปี 2560 เป็นปีแห่งการยกระดับมาตรฐานสินค้าเกษตร ทำให้เกษตรกรมีความสนใจ มีความตื่นตัวในการหาความรู้ และปรับเปลี่ยนจากการผลิตข้าวแบบใช้สารเคมีมาเป็นการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ เกษตรกรจึงมีความคิดเห็นโดยรวมอยู่ในระดับมาก

Table 3 Opinions of farmers on rice production according to organic rice standards.

Opinions of farmers on rice production according to organic rice standards	$\bar{X}$	S.D.	Level
Area selection and planting preparation	4.37	0.47	High
Planting methods	4.29	0.51	High
Soil and fertilizer management	4.20	0.37	High
Water management and maintenance	4.29	0.56	High
Harvesting and postharvest management and maintenance	4.41	0.51	High
Records and data storage	3.93	0.52	High
Total averages	4.25	0.31	High

ผลการทดสอบสมมติฐาน

จากการเปรียบเทียบความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ตามปัจจัยส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน พบว่า ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ในการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ มีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ โดยรวมไม่แตกต่างกัน (ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05) ดังแสดงใน Table 4 เมื่อพิจาณาเป็นรายด้าน สรุปได้ดังนี้

1. เกษตรกรที่มีเพศแตกต่างกันมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษโดยรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน

2. เกษตรกรที่มีอายุแตกต่างกันมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษโดยรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน

3. เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาแตกต่างกันมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษโดยรวมไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจาณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล จำแนกตามระดับการศึกษามีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์แตกต่างกันมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษโดยรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน

Table 4 Comparison between the averages of personal factors and opinions of famers on rice production according to organic rice standards.

Personal factors	Area selection and planting preparation	Planting methods	Soil and fertilizer management	Water managementand maintenance	Harvesting Postharvest management and maintenance	Records and data storage	Total
Gender	1.728 ns	-1.414 ns	0.226 ns	1.569 ns	1.778 ns	0.717 ns	1.262 ns
Age	0.291 ns	0.365 ns	0.486 ns	0.790 ns	0.404 ns	0.378 ns	0.073 ns
Education	0.043 ns	1.119 ns	1.938 ns	2.656 ns	0.740 ns	3.452 *	3.035 ns
Experience	0.069 ns	0.191 ns	0.151 ns	1.214 ns	0.585 ns	0.774 ns	0.254 ns

ns. = Non – significant at level of 0.05 *Significant at level of 0.05

จากการเปรียบเทียบความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ตามปัจจัยเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน พบว่า ปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ขนาดพื้นที่ผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ จำนวนแรงงาน รายได้ และรายจ่าย มีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ โดยรวมไม่แตกต่างกัน (ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05) ดังแสดงใน Table 5 เมื่อพิจาณาเป็นรายด้าน สรุปได้ดังนี้

1. เกษตรกรที่มีขนาดพื้นที่การผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์แตกต่างกันมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษโดยรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน

2. เกษตรกรที่มีจำนวนแรงงานแตกต่างกันมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษโดยรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน

3. เกษตรกรที่มีรายได้แตกต่างกันมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์

อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษโดยรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน

4. เกษตรกรที่มีรายจ่ายแตกต่างกันมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษโดยรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน

Table 5 Comparison between the averages of economic factors and opinions of famers on rice production according to organic rice standards.

Economic factors	Area selection and planting preparation	Planting methods	Soil and fertilizer management	Water management and maintenance	Harvesting Postharvest management and maintenance	Records and data storage	Total
area	2.198 ns	0.209 ns	0.373 ns	0.426 ns	0.718 ns	0.430 ns	0.024 ns
Labor	1.176 ns	1.479 ns	0.758 ns	0.776 ns	1.775 ns	0.198 ns	0.542 ns
Income	0.996 ns	1.357 ns	0.206 ns	0.144 ns	1.455 ns	0.574 ns	0.891 ns
Expenditure	2.281 ns	2.367 ns	1.180 ns	2.146 ns	2.952 ns	0.070 ns	2.382 ns

ns. = Non – significant at level of 0.05

จากการเปรียบเทียบความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ ตามปัจจัยการเปิดรับข่าวสารที่แตกต่างกัน พบว่า ปัจจัยการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตร ได้แก่ ด้านสื่อบุคคล ด้านสื่อกิจกรรม และด้านสื่อมวลชน มีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ โดยรวมไม่แตกต่างกัน (ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05) ดังแสดงใน Table 6 เมื่อพิจาณาเป็นรายด้าน สรุปได้ดังนี้

1. เกษตรกรที่มีการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อบุคคลแตกต่างกันมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษโดยรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน

2. เกษตรกรที่มีการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อกิจกรรมแตกต่างกัน มีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษโดยรวมไม่แตกต่างกัน เมื่อพิจาณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการคัดเลือกพื้นที่และการเตรียมการปลูก จำแนกตามการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อกิจกรรมมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

3. เกษตรกรที่มีการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อมวลชนแตกต่างกันมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษโดยรวมและรายด้านไม่แตกต่างกัน

Table 6 Comparison between the average of information exposure and opinions of farmers on rice production according to organic rice standards.

Information exposure	Area selection and planting prepa-ration	Planting method	Soil and fertilizer management	Water management and maintenance	harvesting Postharvest handling and storage	Recording and archiving	Total
Media People	2.649 ns	2.542 ns	1.143 ns	0.258 ns	0.465 ns	1.496 ns	1.057 ns
Media Activity	2.939 **	0.482 ns	0.852 ns	0.474 ns	1.334 ns	-0.402 ns	1.439 ns
Mass Media	0.216 ns	0.648 ns	0.716 ns	-1.150 ns	-1.977 ns	-1.702 ns	0.986 ns

ns. = Non – significant at level of 0.05**Significant at level of 0.01

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์กับความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ พบว่า ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ไม่มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ (ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05) ดังแสดงใน Table 7 เมื่อพิจาณาเป็นรายด้าน สรุปได้ดังนี้

Table 7 The correlation coefficient (r) and p-value between an average score on basic knowledge on rice production specifications according to organic rice standards as related to the opinions of farmers on rice production according to organic rice standards.

Introduction to the terms rice production specifications according to organic rice standards	Farmers' opinions	Correlation coefficient (r)	p-value
	Area selection and planting preparation	0.096 ns	0.260
	Planting method	-0.071 ns	0.403
	Soil and fertilizer management	0.052 ns	0.546
	Water management and maintenance	0.233 **	0.006
	harvesting Postharvest handling and storage	0.109 ns	0.203
	Recording and archiving	0.176 *	0.039
	Total	0.165 ns	0.052

ns. = Non – significant at level of 0.05 *Significant at level of 0.05 **Significant at level of 0.01

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ ในด้านการจัดการน้ำและการดูแลรักษา ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และด้านการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ไม่มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นของเกษตรกรที่มีต่อการผลิตข้าวตามระบบอินทรีย์ อำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ ในด้านการคัดเลือกพื้นที่และการเตรียมการปลูก ด้านวิธีการปลูก ด้านการจัดการดินและปุ๋ย และด้านการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

ปัญหาของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์

ปัญหาของเกษตรกรที่ผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ด้านการจัดการน้ำและการดูแลรักษา พบว่า ปัญหาฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ฝนทิ้งช่วง

ข้อเสนอแนะที่มีต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ เกษตรกรต้องการให้กรมการข้าว กรมชลประทาน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องร่วมวางแผนการบริหารจัดการน้ำเพื่อใช้ประกอบการทำนาไม่ให้ขาดแคลนและเป็นน้ำที่ไม่มีสารเคมีสิ่งเจือปนเหมาะกับการนำมาใช้ผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ จำนวน 45 คน (ร้อยละ 32.37)

สรุปผลการศึกษา

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงอายุเฉลี่ย 50.28 ปี มีระดับการศึกษาประถมศึกษา มีประสบการณ์ในการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 4.53 ปี มีขนาดพื้นที่ผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 9.48 ไร่ มีแรงงานในการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 2.65 คน มีรายได้จากการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 38,219 บาท และมีรายจ่ายจากการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 6,346.76 บาท เกษตรกรมีการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตร จากผู้นำชุมชน การอบรม และโทรทัศน์ อยู่ในระดับมาก เกษตรกรมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์โดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก เกษตรกรมีความคิดเห็นของเกษตรกรต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์โดยรวมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.25) ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า เกษตรกรที่มีปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา และประสบการณ์ในการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ แตกต่างกันมีความคิดเห็นต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ โดยรวมไม่แตกต่างกัน (ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05) เกษตรกรที่มีปัจจัยพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ขนาดพื้นที่ผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ จำนวนแรงงาน รายได้ และรายจ่าย แตกต่างกันมีความคิดเห็นต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์โดยรวมไม่แตกต่างกัน (ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05) เกษตรกรที่มีการเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรแตกต่างกัน มีความคิดเห็นต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ โดยรวมไม่แตกต่างกัน (ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05) และความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับข้อกำหนดการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ไม่มีความสัมพันธ์กับความคิดเห็นต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ (ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05)

ข้อเสนอแนะ

การเปิดรับข่าวสารทางการเกษตรจากสื่อกิจกรรมควรเพิ่มการศึกษาดูงาน ดูแปลงสาธิตร่วมกับการอบรม ถ่ายทอดความรู้ เพื่อให้เกษตรกรได้ฟังและเห็นสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมกับการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์และได้รับความรู้ที่เข้าใจมากยิ่งขึ้น และนำไปปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานเพิ่มมากขึ้น

เกษตรกรมีความรู้การผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์โดยรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งด้านการคัดเลือกพื้นที่และการเตรียมการปลูก ด้านวิธีการปลูก ด้านการจัดการน้ำ และการดูแลรักษา ด้านการจัดการดินและปุ๋ย ด้านการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา และด้านการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูล ดังนั้นจึงควรมีการ

ส่งเสริมหรือจัดทำโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ต่อไป เปิดโอกาสให้เกษตรกรหรือเกษตรกรผู้ที่สนใจท่านอื่นๆ ได้เข้ามาศึกษาดูงานพื้นที่การผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ในอำเภอห้วยทับทัน จังหวัดศรีสะเกษ เพื่อเป็นการต่อยอดทางความรู้และกระจายความรู้ให้แก่เกษตรกรผู้ที่สนใจและแนะนำวิธีการต่างๆ ไปปฏิบัติตามได้

เกษตรกรที่ผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ มีระดับการศึกษาที่ต่างกัน ทำให้มีความรู้ความเข้าใจในการบันทึกและการจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์มีความแตกต่างกันไป เพราะเอกสารแบบฟอร์มสำหรับการจดบันทึกและจัดเก็บข้อมูลที่ทำแจกนั้น มีการใช้ภาษาที่เป็นวิชาการเกินไป บางประโยคจึงยากต่อการตีความของเกษตรกร ดังนั้น ควรมีการปรับปรุงแก้ไขภาษาในเอกสารแบบฟอร์มสำหรับการจดบันทึกและจัดเก็บข้อมูลให้เกษตรกรอ่านแล้วมีความเข้าใจง่ายขึ้น หรือเข้าไปถ่ายทอดความรู้ ในการจดบันทึกและการจัดเก็บข้อมูลการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์ให้เกษตรกรในกลุ่มที่ต้องการอย่างใกล้ชิด และเกษตรกรสามารถปฏิบัติจริงได้

เกษตรกรที่ผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์มีปัญหาการจัดการน้ำและการดูแลรักษา ฝนไม่ตกต้องตามฤดูกาล ฝนทิ้งช่วง แนะนำให้นักวิชาการเกษตรจากกรมการข้าว/นักวิชาการโครงการชลประทาน/นักวิชาการสิ่งแวดล้อมเข้ามาให้ความรู้ คำแนะนำ และร่วมวางแผนการจัดการแหล่งน้ำ การใช้น้ำที่เป็นประโยชน์อย่างคุ้มค่า ที่ต้องไม่มีการปนเปื้อนสารเคมี และมีน้ำเพียงพอต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานข้าวอินทรีย์

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว กองวิจัยและพัฒนาข้าว. 2557. การผลิตข้าวอินทรีย์. (Online). Available from http://www.brrd.in.th/rkb/FactSheet, 30 ตุลาคม 2559.

กรมการข้าว. 2560. เอกสารคู่มือดำเนินงานโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ปี 2560 (1 ล้านไร่). กองพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าว กรมการข้าว, กรุงเทพมหานคร.

คณะกรรมการพัฒนาเกษตรอินทรีย์แห่งชาติ. 2560. ยุทธศาสตร์การพัฒนาเกษตรอินทรีย์แห่งชาติ (พ.ศ. 2560 – 2564). กรุงเทพมหานคร.

นัตฐวุฒิ พรมสุวรรณ. 2552. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในจังหวัดปทุมธานี. การศึกษาค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาส่งเสริมการเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัชรินธร เหมวัตร์. 2555. ความคิดเห็นที่มีต่อการปลูกข้าวของเกษตรกรในตำบลหนองกระเบียน อำเภอบ้านหมี่ จังหวัดลพบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาส่งเสริมการเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันทนา ศักดิ์เจริญ. 2552. การยอมรับการปลูกข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในตำบลวังน้ำเย็น อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาส่งเสริมการเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรินทร์ นิยมางกูร. 2556. ระเบียบวิจัยทางสังคมศาสตร์ และสถิติที่ใช้. กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์ฐานบัณฑิต. 280 หน้า.

สุพรรณี เลขกลาง ปัญญา หมั่นเก็บ และทิพวรรณ ลิมังกูร. 2554. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดสุรินทร์. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่49: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 131-136.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2553. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ มกอช. 9000 เล่ม 4 - 2553 เกษตรอินทรีย์ เล่ม 4 ข้าวอินทรีย์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วันรับบทความ (Received date) : 16 พ.ค. 61

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 23 ก.ค. 61

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 2 ก.ย. 61