



การผลิตทานตะวันเป็นพืชหมุนเวียนในนาข้าวเพื่อเป็นแหล่งเมล็ดพันธุ์
ในการผลิตต้นอ่อนทานตะวัน และเป็นแหล่งสารเสริมในสูตรอาหารสัตว์

Sunflower production on rotate planting in rice field for
sunflower sprouts seed to produce sunflower sprouts and
supplementation source in animal feed rations

โดย

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชมัยพร เจริญพร

ดร. ศิวพร แพงคำ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาสนา ภาณุรักษ์

รองศาสตราจารย์ ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่

รองศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ แพงคำ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร

นางสาวสุกฤตยา ต่านณรงค์

นายธีระยุทธ สมพงศ์

นายบุญธรรม สิ้นปรุ

รายงานการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
กันยายน 2563



ลิขสิทธิ์สำนักงานวิทยบริการและหอสมุดมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

หัวข้อวิจัย การผลิตทานตะวันเป็นพืชหมุนเวียนในนาข้าว เพื่อเป็นแหล่งเมล็ดพันธุ์ในการผลิตต้นอ่อนทานตะวัน และเป็นแหล่งสารเสริมในสูตรอาหารสัตว์

ชื่อผู้วิจัย ผศ.ดร. ชมัยพร เจริญพร, ดร. ศิวพร แพงคำ, ผศ. ดร. วาสนา ภาณุรักษ์, รศ. ดร. พรณธิภาณ เชียงใหม่, รศ.ดร. ปราโมทย์ แพงคำ, ดร. ทวีศักดิ์ เตชะเกรียงไกร, นางสาวสุกฤตยา ต้านณรงค์, อีระยุทธ สมพงศ์, นายสรศักดิ์ ทองแพะ และนายบุญธรรม สีนปรุ

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ปีที่ทำวิจัย 2563

บทคัดย่อ

การทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบต่อลักษณะทางการเกษตรของการเสริมธาตุซิลิเนียมกับการปลูกทานตะวันในระดับแปลง โดยวางแผนการทดลอง 2×4 แฟคทอเรียลแบบบล็อกสมบูรณ์ จำนวน 5 ซ้ำ ในพื้นที่ 1.25 ไร่ การศึกษามีสองปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 รูปแบบการใส่ธาตุซิลิเนียมทางการพ่นใบและการพ่นลงดิน และปัจจัยที่ 2 อัตราการเสริมธาตุซิลิเนียม 4 อัตรา (0 8 16 และ 24 กรัมซิลิเนียมต่อไร่) ผลการศึกษาพบว่า การเสริมซิลิเนียมไม่ส่งผลกระทบต่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดของจานดอกทานตะวัน น้ำหนัก 100 เมล็ดและผลผลิตต่อไร่ของทานตะวัน แต่เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์เปรียบเทียบความต่างและการวิเคราะห์แนวโน้ม พบว่าการวิเคราะห์ความต่างของการเสริมซิลิเนียม 16 กรัมซิลิเนียมต่อไร่ให้ผลผลิตสูงกว่าการเสริมซิลิเนียม 8 กรัมซิลิเนียมต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการเสริมซิลิเนียมมีแนวโน้มเพิ่มผลผลิตเป็นรูปแบบเส้นตรงในช่วงปริมาณการใช้ไม่เกิน 24 กรัมซิลิเนียมต่อไร่ การปลูกทานตะวันพบว่าแม้ผลผลิตเฉลี่ย 394 กิโลกรัมต่อไร่ (492.5 กิโลกรัมต่อแปลงขนาด 1.25 ไร่) ผลผลิตที่ได้ยังสามารถสร้างกำไรสุทธิได้จากการขายเมล็ดในลักษณะเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อยอดการแปรรูปอื่น ๆ ในราคาขาย 70 บาทต่อกิโลกรัมเมล็ด โดยการปลูกทานตะวันได้ผลกำไรสุทธิ 15,886.67 บาทต่อแปลง (1.25 ไร่) หรือมีกำไรต่อกิโลกรัมผลผลิตเท่ากับ 32.26 บาท

การทดลองที่ 2 ทำการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของการปลูกทานตะวันเป็นพืชหมุนเวียนในนาข้าวและศึกษาการใช้ประโยชน์ของทานตะวันแบบครบวงจร โดยทำการวิจัยร่วมกับการให้ความรู้แก่เกษตรกร เพื่อสร้างแนวคิด การสามารถเชื่อมโยงเหตุ-ผลในการเลือกผลิตพืช ผลกระทบหรือประโยชน์ที่จักได้รับ การสร้างมูลค่าเพิ่มในสินค้าเกษตร ให้แก่เกษตรกรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และนอกจากนี้การศึกษายังมีการทดลองการนำผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันทานตะวันมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เพื่อใช้ในสูตรอาหารของสัตว์ปีก และแพะด้วย โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองดังนี้ การทดลองที่ 2.1 ทำในไก่ไข่ ทำการศึกษาผลของการเสริมต้นอ่อนทานตะวันอบแห้งในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design) CRD มีสูตรอาหารสำเร็จรูปและระดับต้นอ่อนทานตะวันในการทดลอง 3 สูตร คือกลุ่มที่ 1 อาหารที่ไม่ได้เสริมต้นอ่อนทานตะวัน (control) กลุ่มที่ 2 อาหารที่เสริมต้นอ่อนทานตะวันในอาหารสำเร็จรูป 1 เปอร์เซ็นต์กลุ่มที่ 3 อาหารที่เสริมต้นอ่อน

ทานตะวันในอาหารสำเร็จรูป 2 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษา พบว่าคุณภาพการผลิตไข่ของแม่ไก่ ที่ได้รับต้นอ่อนทานตะวัน 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหารไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพการผลิตไข่ อันได้แก่ ระดับสีไข่แดง ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริมต้นอ่อนทานตะวัน

การทดลองที่ 2.2 ศึกษาการใช้กากและเมล็ดทานตะวัน ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ไก่วง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD คืออาหาร 3 สูตร คือ กลุ่มควบคุม (อาหารสำเร็จรูป) กลุ่มที่ 2 เสริมกากเมล็ดทานตะวัน(10%) กลุ่มที่ 3 เสริมเมล็ดทานตะวัน(10%) การศึกษาใช้ไก่วงเพศผู้ 15 ตัว และเพศเมีย 45 ตัว อายุ 9 เดือน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 4 ตัว โดยมีตัวผู้ 1 ตัว และ ตัวเมีย 3 ตัว ผลการทดลองพบว่า การเสริมกากเมล็ดทานตะวันในระดับต่างๆ ในสูตรอาหารไก่วง ไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารไปเป็นเนื้อ ($P>0.05$) ทั้งในกลุ่มที่ใช้อาหารกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 (ที่มีการเสริมกากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหาร และการเสริมเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหาร ตามลำดับ) ในส่วนของผลผลิตไข่ พบว่า การใช้อาหารสูตรควบคุมให้ผลผลิตดีกว่าในเรื่องของการเพิ่มน้ำหนักตัว ผลผลิตไข่ มวลไข่ และปริมาณการกินได้ ส่วนกากเมล็ดทานตะวันให้ผลในเรื่องน้ำหนักไข่ไก่วงที่มากกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมเมล็ดทานตะวัน ส่วนกลุ่มที่เสริมเมล็ดทานตะวันให้ผลในเรื่องประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม

การทดลองที่ 2.3 ศึกษาผลการเสริมกากเมล็ดทานตะวันในอาหารแพะนมที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมัก และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแพะ โดยทำการทดสอบ 4 ระดับ ได้แก่ ทรีทเมนต์ (T1) คือกลุ่มควบคุม ไม่มีการเสริมกากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารชั้น ทรีทเมนต์ (T2) ได้รับกากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารชั้น 5 เปอร์เซ็นต์ ทรีทเมนต์ (T3) ได้รับกากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารชั้น 1 เปอร์เซ็นต์ และทรีทเมนต์ (T4) ได้รับกากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารชั้น 15 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาพบว่า ระดับการเสริมกากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารแพะที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้รวมของแพะ และค่าความเป็นกรดค้างในกระเพาะรูเมน แต่พบว่าการเสริมกากเมล็ดทานตะวันที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีผลส่งเสริมความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในช่วงก่อนให้อาหาร (ชั่วโมงที่ 0 ก่อนการให้อาหารในตอนเช้า) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งส่งผลต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์และประสิทธิภาพการย่อยได้ในแพะนั้นเอง ส่วนผลการเสริมกากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหาร 4 ระดับ ได้แก่ กลุ่มควบคุมไม่มีการเสริมเมล็ดทานตะวัน (0%FSM) กลุ่มที่ 2 เสริมกากเมล็ดทานตะวันที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองที่ 3 เสริมกากเมล็ดทานตะวันที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ 4 เสริมกากเมล็ดทานตะวันที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่า สามารถใช้กากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารชั้นสำหรับแพะรีดนมได้สูงสุดถึง 15 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบท่อการให้ผลผลิตน้ำนมแพะ นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารแพะ มีผลส่งเสริมต่อการให้ผลผลิตน้ำนมแพะต่อตัวต่อวัน โดยพบว่า การเสริมที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมแพะในฟาร์มเกษตรกรได้ เมื่อเทียบกับการจัดการอาหารแพะรีดนมของเกษตรกรเอง ($p<0.05$) โดยการเสริมเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารแพะนม มีผลต่อการเพิ่มคุณภาพน้ำนมได้แก่ ไขมันนม อยู่ในช่วง 3.5-4.0 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนนมอยู่ในช่วง 3.5-4.0 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลแลคโตสอยู่ในช่วง 3.5-3.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยในฟาร์มเกษตรกรมีค่าเท่ากับ 1.4 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน

การทดลองที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการส่งเสริมการปลูกทานตะวันเพื่อเป็นพืชทางเลือกในนาข้าวของเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย โดยมีการดำเนินการวิจัยที่รวมการขั้นตอน ได้แก่ 1) การแนะนำทานตะวันกับเกษตรกรในพื้นที่ 2) การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการปลูกทานตะวันเป็นพืชทางเลือกทดแทนการปลูกข้าวในฤดูแล้ง โดยดำเนินการศึกษาในศูนย์ฝึกอบรมและวิจัยทางการเกษตร 100 ไร่ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา และ 3) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและความเป็นไปได้ในการปลูกทานตะวันในฤดูแล้งให้แก่เกษตรกร ผลการศึกษาพบว่า การปลูกทานตะวันแม้ผลผลิตเฉลี่ย 394 กิโลกรัมต่อไร่ (492.5 กิโลกรัมต่อแปลงขนาด 1.25 ไร่) ผลผลิตที่ได้ยังสามารถสร้างกำไรสุทธิได้จากการขายเมล็ดในลักษณะเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อยอดการแปรรูปอื่น ๆ ในราคาขาย 70 บาทต่อกิโลกรัมเมล็ด โดยการปลูกทานตะวันได้ผลกำไรสุทธิ 15,886.67 บาทต่อแปลง (1.25 ไร่) หรือมีกำไรต่อกิโลกรัมผลผลิตเท่ากับ 32.26 บาท ในฤดูนาปรังแต่ก็สามารถเป็นพืชทางเลือกสำหรับเกษตรกรได้ในพื้นที่ที่ขาดน้ำและไม่สามารถปลูกข้าวนาปรังได้ เทคโนโลยีการผลิตทานตะวันเพื่อเป็นทางเลือกในพื้นที่ปลูกข้าวในฤดูนาปรังนี้ได้มีการถ่ายทอดไปยังเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา ทั้งนี้เทคโนโลยีดังกล่าวได้รับการยอมรับจากกลุ่มเกษตรกรผู้เข้าร่วมอบรมและมีการขยายผลเชิงพาณิชย์ ในการนำต้นอ่อนทานตะวันเพิ่มมูลค่าโดยนำมาทำเป็นส่วนผสมของส้มตำต้นอ่อนทานตะวัน และการนำเอาผลผลิตจากน้ำมันทานตะวันมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ น้ำมันทานตะวันสกัดเย็น สบู่ก้อน และสบู่เหลวทานตะวัน และโลชั่น นอกจากนี้ยังมีการขยายผลการนำไปใช้ประโยชน์ในชุมชน ภายใต้โครงการ “ทานตะวันหลังนา ราษฎร์จุฬาสัมคคี” จังหวัดอุดรธานี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเครื่องมือในกลุ่มโครงการบรรเทาปัญหาและสร้างอาชีพเสริมของชุมชน มีการเริ่มต้นเพื่อทดลองปรับลดผลกระทบจากการทำไร่ตามระบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยว และเพิ่มทักษะของนักเรียนและชุมชนในการสร้างรายได้เสริม ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาของชุมชนอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน (Sustainable development) สร้างสุข และความสามัคคีในชุมชนต่อไป

คำสำคัญ: เมล็ดทานตะวัน, อาหารสัตว์, การแปรรูปทานตะวัน, เศรษฐกิจครัวเรือนเกษตรกร, ถ่ายทอดเทคโนโลยี

Title Sunflower production on rotate planting in rice field for sunflower sprouts seed to produce sunflower sprouts and supplementation source in animal feed rations

Researcher Assist.Prof.Dr. Chamaiporn Chareanporn et al.

Institute Faculty of Science and Technology Nakhon Ratchasima Rajabhat University

Year 2020

Abstract

Exp. 1 : To objective of this study was to evaluate the effect on agronomic characteristics from supplying Selenium (Se) elements in sunflower planting in the field. Experiment design in the study was 2x4 factorial in a randomized complete block design (RCBD) with five replications in the study field size 1.25 rai. The study included two factors. The first factor was the Selenium supplement pattern: through leaf spraying and grounding. The second factor was Selenium supplementation rates (0, 8, 16, and 24 g Se per rai). The results showed that Se supplementation not significantly affect characteristics such as disk size, 100 seed weight, and yield per rai of sunflower. However, considering both contrast and trend analysis, there was a significant difference in which supplementing at 16 g Se/rai was higher yield more than at 8 g Se/rai. Moreover, Se supplementation in a range of not over 24 g Se/rai found significant trend analysis in a linear equation. The results showed that seed yield was 394 kg/rai (492.5 kg/plot size 1.25 rai). The net profits; by selling seeds in a manner that can be used to benefit other processing, were observed in sell price as 70 Baht/kg seed. The net profit from sunflower planting was 15,886.67 Baht/plot (1.25 rai) or 32.26 Baht/kg seed.

Exp. 2 : The objective of this studies to evaluate the potential of sunflower production on rotate planting in rice field and increasing the value on complete utilization. The research were conducted to a small holder farmer who grown paddy field. Sunflower were grown after rice harvested and collect data of how suitable to planting as a crop during next season of paddy field. There were 3 experimental divided to evaluate effect of using sunflower sprout, sunflower seed meal and sunflower meal by products as a protein sources and fat for poultry and goat feeds.

Exp. 2.1, study on effects of supplemental sunflower sprouts drying in layer diet on the egg production and egg quality. There were 3 rations of feed as fallows; group 1 control group, without sunflower sprouts supplementation. Group 2 and group 3 were

supplementation of sunflower sprouts at 1 and 2 %, respectively. The results shown there were no affected by supplementation of sunflower sprout on layer feed, in term of egg production and egg quality ($P>0.05$). It was shown interested in egg color were high score in treatment with 2% of sunflower supplementation than those other treatments.

Exp.2.2, study on using of sunflower seeds and sunflower seed meal on the production of turkey. Three types of feed as fallows; treatment 1 was control group, treatment 2 was supplemented with sunflower seed meal (10%) and treatment 3 was supplemented with sunflower seeds (10%). It was found that there were no affected by supplementation of sunflower seed meal and sunflower by products meal in turkey feed, such as feed intake (g/h/d) average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR). When compared between supplementation treatments it was found that egg yield, total mass of egg, feed conversion of egg production, total feed intake trend to be higher than those in control group, respectively.

Exp. 2.3, supplementation of sunflower seed meal in dairy goat rations on feed intake rumen fermentation process and milk yield. There were 4 treatment, treatment 1 was control group, treatment 2, 3 and 4 were supplementation of sunflower seed meal at 5, 10 and 15 %, respectively. There were no significantly different among treatment in term of feed intake and rumen pH was in normal range (6.75, 6.73, 6.87 and 6.76 in treatments 1, 2, 3 and 4, respectively). Moreover it was shown in rumen ammonia nitrogen (mg%) were higher ($P<0.05$) in supplementation of sunflower seed meal at 10% before feeding (0 hr; 11.4, 12.4, 16.6 and 13.3 mg%, respectively). Milk yield were increased when animal fed high levels of sunflower seed meal byproduct in feed. It can be used 15% of sunflower seed meal by product in milking goat concentrate and it were no affect in term of milk production and milk compositions. In addition, it was found that high levels of milk protein fat and lactose were increased when animal fed high levels of sunflower seed meal by product in concentrate. The average milk yields in dairy goat farm was 1.4 kg/hd/d. Milk fat was 3.5-4.0%, milk protein was 3.5-4.0 % and lactose was 3.5-3.9 %, respectively.

Exp. 3 : To study the possibility of promoting sunflower plantation as an alternative crop in farmers' rice fields in Nakhon Ratchasima Province, Thailand. The process of this research included steps that are 1) introducing sunflower to farmers in the area 2) studying the economic worth for sunflower planting as an alternative crop in the dry season; by conducting a study in Agricultural Training and Research center (100 Rai), Nakhon Ratchasima, Thailand, and 3) to transfer the production technology and the possibility of planting sunflower during on dry season to farmers. The results showed that although sunflower production was relatively low, about 100 kilograms per rai. However, for yield, it

was still able to generate the net profits; by selling seeds in a manner that can be used to benefit other processing, which makes it can increase the value of seed production. The results showed that seed yield was 394 kg/rai (492.5 kg/plot size 1.25 rai). The net profits; by selling seeds in a manner that can be used to benefit other processing, were observed in sell price as 70 Baht/kg seed. The net profit from sunflower planting was 15,886.67 Baht/plot (1.25 rai) or 32.26 Baht/kg seed. Sunflower can be an alternative crop for farmers in areas lacking water and unable to grow rice in the dry season. However, sunflower production technology; as an alternative to rice planting areas in this dry season, it has been transferred to farmers in Nakhon Ratchasima. It has been accepted by farmers who participated in the training. In addition, this technology were expanded to commercial scale in term of papaya salad by using sunflower sprout as a basal ingredient, and increasing value added of sunflower vergin oil as cosmetics such as, soap (solids and liquid form) and body lotion. The interesting point was found in this study, knowledge management (KM) of sunflower were expanded to Baan Khumnae One Health Model at Udonthani province to proposed sustainable to the village by using bottom-up community development and Community-Driven Development; CDD strategies.

Key words : sunflower seed, animal feed, sunflower processing, farmer household economy, technology transfer

ลิขสิทธิ์สำนักงานวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2561 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งต่อ เกษตรกรในพื้นที่อำเภอประทาย อำเภอห้วยแถลง และเกษตรกรที่สนใจในการเข้าร่วมการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการจัดการแปลงและการต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าทานตะวันหลังนา ที่ให้ความร่วมมือต่อการทำการวิจัยในระดับแปลงเกษตรกรในครั้งนี้ รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่มีส่วนให้งานวิจัยในครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี และได้ให้คำปรึกษาแนะนำตลอดการทำการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณหน่วยงานความร่วมมือได้แก่ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนในด้านวัสดุ และอุปกรณ์บางส่วนในการทำการวิจัย เพื่อให้การทำการศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ไปได้ด้วยความเรียบร้อย และทำยนี้ขอขอบพระคุณคณะกรรมการจัดงานมหกรรมงานวิจัยแห่งชาติประจำปี 2563 (Thailand Research Expo2020) ณ โรงแรมเซ็นทาราแกรนด์ และบางกอกคอนเวนชันเซ็นเตอร์ กรุงเทพมหานคร ที่ให้โอกาสในการไปนำเสนอนิทรรศการทั้งการโปสเตอร์ และภาคบรรยาย ซึ่งจัดในระหว่างวันที่ 2-6 สิงหาคม 2563 ที่ผ่าน

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายฝ่าย ทั้งคณาจารย์ นักศึกษาผู้ช่วยวิจัย นักศึกษา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของศูนย์ฝึกอบรมและวิจัยทางการเกษตร 100 ไร่ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูง ณ โอกาสนี้ ที่ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร เจริญพร
ผู้อำนวยการชุดโครงการ
กันยายน 2563

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของแผนงานวิจัย	4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน และ/หรือ กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย	4
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	33
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	47
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	63
บรรณานุกรม	68

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 สูตรอาหารชั้นที่ใช้ในงานทดลองในฟาร์มเกษตรกร	39
ตารางที่ 4.1 ความสูง จำนวนใบ ขนาดดอก ก่อนการใช้สารซีลีเนียมในแปลงย่อยที่เตรียมสำหรับการศึกษาทรีตเมนต์ต่าง ๆ ที่อายุทานตะวัน 60 วันหลังการย้ายปลูกลงกล้า	47
ตารางที่ 4.2 ขนาดจานดอกทานตะวันในระยะเก็บเกี่ยวภายหลังการใช้สารซีลีเนียมตามทรีตเมนต์	49
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความต่าง (Contrast analysis) ของปัจจัยความเข้มข้นของซีลีเนียมต่อขนาดจานดอกทานตะวัน	50
ตารางที่ 4.4 มูลค่าและค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ของการปลูกทานตะวันในพื้นที่ 1.25 ไร่	51
ตารางที่ 4.5 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนต่อแปลง (บาทต่อแปลง) ของการปลูกทานตะวันทดแทนในพื้นที่ของศูนย์วิจัย 100 ไร่ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา	54

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 ปัญหาในการผลิตข้าวในปัจจุบัน และผลกระทบจากการปลูกข้าวแบบต่อเนื่อง	2
ภาพที่ 2 แสดงโครงการที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการผลิตต้นอ่อนทานตะวันของ เกษตรกร	7
ภาพที่ 3 วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารชั้นที่คำนวณให้มีระดับโปรตีนหยาบ 20 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ย่อยได้ทั้งหมด 60-65 เปอร์เซ็นต์	40
ภาพที่ 4 การรีदनํ้านมแพะ และการสุมเก็บตัวอย่างนํ้านมดิบ	41
ภาพที่ 5 การวิเคราะห์คุณภาพนํ้านมแพะ	43
ภาพที่ 6 กรอบการวิจัยแบบมีส่วนร่วมเพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการ ปลูกทานตะวันแทนการปลูกข้าวในฤดูแล้งและการจำหน่ายเมล็ดเพื่อการผลิตต้นอ่อน ใน อำเภอห้วยแถลง จังหวัดนครราชสีมา	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

หลายประเทศในโลกต่างตระหนักถึงความสำคัญของเทคโนโลยีที่ส่งผลต่อการสร้างมูลค่าและคุณค่าของสินค้าทั้งภาคการเกษตรและอุตสาหกรรม ด้วยเหตุนี้ การเป็นประเทศเกษตรกรรมอาจเป็นความได้เปรียบเพียงเบื้องต้นเท่านั้น แต่หากขาดการจัดการภาคการเกษตรที่เหมาะสมย่อมส่งผลกระทบในวงกว้าง ดังจะเป็นได้จากการเกิดปัญหาความยากจนของเกษตรกรอย่างต่อเนื่องของเกษตรกรไทย เนื่องจากปัจจัยการผลิตมีต้นทุนสูง การไม่สามารถกำหนดราคาผลผลิตการเกษตรได้เอง ปัญหาการขาดแคลนปัจจัยการผลิตทำให้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตตกต่ำ ปัจจัยการผลิต เช่น น้ำ พันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ พื้นที่การเกษตรที่เหมาะสม เป็นต้นปัญหาความเสื่อมโทรมของพื้นที่การเกษตรโดยเฉพาะในพื้นที่การปลูกพืชไร่ ซึ่งกระจายอยู่ทั่วประเทศ นอกจากนี้การที่เกษตรกรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมที่ขาดความรู้หรือละเลยในการนำเทคโนโลยีมาพัฒนาสินค้าเกษตรจะยิ่งมีส่วนผลักดันให้ภาคการเกษตรของประเทศขาดโอกาสในการแข่งขันทั้งปริมาณและคุณภาพสินค้ากับนานาประเทศ และเมื่อไม่สามารถเพิ่มมูลค่าสินค้าหรือผลิตผลจากภาคการเกษตรได้จะยิ่งผลักดันให้เกษตรกรซึ่งเป็นผู้ผลิตหลักและเป็นต้นทางของการเกษตรประสบปัญหาความยากจนซ้ำซากและต่อเนื่องต่อไป

อย่างไรก็ตามการพัฒนาการเกษตรที่อาศัยเทคโนโลยีจำเป็นต้องตระหนักถึงประเด็นอื่นๆ เช่นเดียวกัน เช่น การอนุรักษ์ทรัพยากรในการผลิตทางการเกษตร เพื่อให้การพัฒนาสามารถดำเนินการไปควบคู่กับการสร้างความก้าวหน้าและพื้นฐานที่มั่นคงให้ภาคการเกษตรของไทย ด้วยเหตุนี้การให้ความรู้ผ่านการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เกิดจากการวิจัยโดยเปิดโอกาสให้เกษตรกรมีส่วนร่วมเพื่อสร้างการเรียนรู้และการตระหนักให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของปัจจัยการผลิต สิ่งแวดล้อม การตลาด สังคม และสิ่งแวดล้อมจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จำต้องดำเนินไปพร้อมกัน

โดยการศึกษาวิจัยมีการดำเนินการไปพร้อมกับการให้ความรู้แก่เกษตรกร เพื่อสร้างแนวคิดความสามารถเชื่อมโยงเหตุ-ผลในการเลือกผลิตพืช ผลกระทบหรือประโยชน์ที่จักได้รับ การสร้างมูลค่าเพิ่มในสินค้าเกษตร ให้แก่เกษตรกรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อสร้างรากฐานการเรียนรู้ให้ชุมชนนอกเหนือไปจากการเสนอแนะพืชทางเลือกเพื่อลดการใช้น้ำและลดปัญหากับทรัพยากรดินและน้ำในภาคการเกษตร



ภาพที่ 1 ปัญหาในการผลิตข้าวในปัจจุบัน และผลกระทบจากการปลูกข้าวแบบต่อเนื่อง (mono-cropping)

นอกจากนี้แล้ว เป็นที่ทราบกันมานานว่าพืชที่กำลังออกมีคุณค่าทางอาหารสูงและมีความนิยมบริโภคมากโดยเฉพาะในพืชตระกูลถั่ว เนื่องจากเป็นแหล่งของวิตามินบี โดยเฉพาะไทอะมิน (thiamine) รวมทั้งธาตุอาหารอื่นๆ และมีแคลอรีต่ำแต่มีรสชาติหวานเนื้อสัมผัสนุ่มเนื่องจากมีเยื่อใยน้อย และการที่พืชยังมีความอ่อนเยาว์ทำให้มีความเสี่ยงสูงต่อการเข้าทำลายของปัจจัยต่าง ๆ ดังนั้นจะพบพฤษเคมี (phytochemicals) หลายๆ ชนิดที่ถูกสร้างขึ้นในระยะนี้ นอกจากนี้ในระยะการออกนี้ยังเป็นระยะที่พืชมีกิจกรรมเมแทบอลิซึมสูง เริ่มจากการดูดน้ำ การออกซิโดชันน้ำมันและคาร์โบไฮเดรตที่มีการสะสมอยู่ในเมล็ดและการสลายโปรตีนที่มีการสะสมอยู่ในเมล็ดให้เป็นพลังงานและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อการกระบวนการเจริญเติบโตของพืช (Zielinski, 2002; Urbano et al., 2006 อ้างถึงใน Na Chaingmai et al., 2014) และยังรวมไปถึงการย้ายตัวที่จำกัดโภชนะต่างๆ ที่เคยปรากฏในเมล็ดด้วย ได้แก่ ตัวยับยั้งทริปซิน (trypsin inhibitors) ไฟเตรต (phytates) และ raffinose oligosaccharides ทำให้พืชสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ที่เป็นประโยชน์และสามารถดูดซึมได้จำนวนมาก ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการบริโภค (Hedges and Lister, 2006 อ้างถึงใน Na Chaingmai et al., 2014))

สำหรับในประเทศไทยพืชกำลังออกที่ได้รับความนิยมในการบริโภคได้แก่ ถั่วอกที่เกิดจากการงอกของเมล็ดถั่วเขียว (*Vigna radiata* syn *Phaseolus aureus*) ซึ่งอุดมไปด้วย วิตามินบี 1 (thiamin) วิตามินบี 2 (riboflavin) วิตามินบี 3 (niacin) โฟเลต (folate) และกลุ่มของธาตุอาหาร ได้แก่ คอปเปอร์ แมงกานีส แมกนีเซียม โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส

แต่สำหรับประเทศไทยการนำพืชอื่นๆ มาเพาะเป็นต้นอ่อนเพื่อการบริโภคนั้นว่าเพิ่งเริ่มต้น ในเนื่องจากผู้บริโภคต่างตื่นตัวในเรื่องการรักษาสุขภาพซึ่งรวมไปถึงการบริโภคอาหารสุขภาพ ด้วยเหตุนี้ ต้นอ่อนทานตะวันจึงถูกหยิบยกขึ้นมาเป็นอาหารสุขภาพอย่างหนึ่ง ที่ให้ทั้งรสชาติและสารอาหารที่ ประโยชน์ แต่อย่างไรก็ตามในการตลาดสำหรับการจำหน่ายต้นอ่อนทานตะวันยังมีข้อจำกัดหลายประการ ซึ่งแม้จะบางจังหวัดของประเทศไทยจะมีการปลูกทานตะวันเพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวแต่เมล็ดส่วนใหญ่ถูกส่ง เข้าโรงงานเพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมันเป็นส่วนใหญ่ ด้วยเหตุนี้ สามารถสรุปปัญหาของการ จำหน่ายผลิตภัณฑ์จากต้นอ่อนทานตะวัน ได้ดังนี้

- 1) ผลผลิตเมล็ดทานตะวันมีไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งปี
- 2) อายุเก็บรักษาเมล็ดทานตะวันสั้น เนื่องจากเป็นเมล็ดน้ำมัน
- 3) แม้บุคคลทั่วไปสามารถผลิตต้นอ่อนทานตะวันได้ แต่ไม่ทราบรูปแบบการผลิตที่เหมาะสม เช่น ความหนาแน่นของเมล็ดต่อวัสดุเพาะ ชนิดของวัสดุเพาะ อายุการเพาะ ซึ่งให้ผลผลิตทั้ง ปริมาณ และคุณภาพ เช่น ลักษณะทางกายภาพและคุณประโยชน์สูงสุดเพื่อการบริโภค
- 4) การผลิตต้นอ่อนทานตะวันสด มีอายุการจำหน่ายสั้นเนื่องจากเน่าเสียง่าย
- 5) ต้นอ่อนทานตะวันเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพที่มีต้นทุนการผลิต แต่ราคาจำหน่ายไม่ ต่างจากพืชผักอื่นๆ ทำให้ราคาจำหน่ายต่ำกว่าคุณภาพและต้นทุนการผลิตที่แท้จริง

ด้วยเหตุนี้ต้นอ่อนทานตะวันที่มีการจำหน่ายจึงไม่ใช่เป็นเพียงผลผลิตจากการผลิตพืชไร่ที่ ต้นทุนต่ำซึ่งความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้ทำให้ราคาของสินค้าถูกกว่าต้นทุนที่แท้จริง เนื่องจากมี กระบวนการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ทานตะวันซึ่งเป็นพืชน้ำมันมีความยุ่งยากกว่าพืชไร่ชนิดอื่นๆ รวมทั้งมีอายุ การเก็บรักษาที่สั้นทำให้จำเป็นต้องมีการผลิตและต่อเนื่องตลอดเวลาซึ่งหมายถึงการเพิ่มต้นทุนในการ ผลิตนั่นเอง

การแก้ปัญหาจากโจทย์หรือข้อจำกัดดังกล่าวเพื่อให้เกษตรกรสามารถวางแผนการผลิตและ การตลาดได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยเน้นการให้ความรู้ในเรื่องการจัดการรูปแบบการผลิตที่เหมาะสม สำหรับกรเป็นพืชสุขภาพที่แต่ละเมล็ดมีความอุดมสมบูรณ์ซึ่งจะมีประโยชน์ทั้งกับผู้บริโภค และกับตัว เกษตรกรเนื่องจากสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้นภายใต้ระบบการจัดเก็บรักษาน้ำมันใน ระดับครัวเรือนหรือชุมชน และการศึกษาเกี่ยวกับการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากทานตะวันหรือต้นอ่อน ทานตะวันเพื่อเพิ่มมูลค่าและเพื่อความสะดวกในการจัดการและจัดจำหน่ายสินค้า และการจัดการบรรจุ ภัณฑ์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการผลักดันให้เป็นอาหารสุขภาพสำหรับผู้บริโภคและสร้างมูลค่า สินค้าให้สอดคล้องกับต้นทุนการผลิตและคุณประโยชน์ที่แท้จริงของทานตะวัน

2. วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลของระบบการจัดการแปลงปลูกต่อการผลิตทานตะวันในระดับ แปลงเกษตรกร โดยมีการจัดการด้านการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มปริมาณซีลีเนียมในเมล็ดทานตะวัน และนำมาเป็นเมล็ดสำหรับผลิตต้นอ่อนทานตะวันคุณภาพสูง และเป็นวัตถุดิบในอาหารไก่ไข่ และแพะนม

2.2 เพื่อศึกษาผลของ การใช้ผลพลอยได้จากการหีบน้ำมันทานตะวัน ในสูตรอาหารแพะ

2.4 เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตต้นอ่อนทานตะวันที่ปราศให้กับเกษตรกรกลุ่มเป้าหมาย ตั้งแต่การปลูกวัตถุดิบ การเก็บรักษาผลผลิต และเมล็ดพันธุ์ทำต้นอ่อนทานตะวัน

2.5 เพื่อการแปรรูปวัตถุดิบไปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีคุณภาพ ปลอดภัยและมีคุณค่าทางโภชนาการ

2.6 เพื่อเน้นการมีส่วนร่วมของชุมชน ผู้ประกอบการ ความเป็นไปได้ทางต้นทุน (การตลาด)

3.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เกษตรกรได้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับการนำทานตะวันมาเป็นพืชทางเลือกในพื้นที่ โดยข้อมูลได้แก่ ความสามารถในการผลิตทานตะวันในแปลงนา ผลผลิตที่ได้รับต่อพื้นที่ ผลตอบแทนหรือความคุ้มค่าและต้นทุนจากการปลูกทานตะวัน

2) แก้ปัญหาการปลูกพืชใช้น้ำมากในฤดูแล้งหรือในพื้นที่ขาดน้ำ รวมทั้งสามารถใช้เป็นพืชหมุนเวียนหรือพืชเสริม ทั้งช่วยลดปัญหาดิน โรคและแมลง เนื่องจากการปลูกพืชเชิงเดี่ยวเป็นระยะเวลานานของเกษตรกร

3) เกิดการรวมกลุ่มเกษตรกรหรือชุมชนในการเรียนรู้การผลิต แปรรูปสินค้าเกษตรอย่างครบวงจร

4) ได้ข้อมูลการเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรจากการศึกษาวิจัย เกี่ยวกับคุณค่าของน้ำมันทานตะวัน และต้นอ่อนทานตะวันเพื่อเป็นอาหารสุขภาพหรืออาหารเสริมสำหรับผู้บริโภคและสำหรับอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ของไทย

5) ส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร นำไปสู่การศึกษาหาความรู้ด้านการเกษตรอื่นๆ จากหน่วยงาน องค์กร โครงการต่างๆ ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดใกล้เคียง

6) เผยแพร่ข้อมูลวิจัยในวารสารที่เกี่ยวข้องทั้งการพัฒนาชุมชน และวารสารทางวิทยาศาสตร์

7) นำข้อมูลที่ได้ไปถ่ายทอดในสถาบันการศึกษา และการบริการวิชาการต่างๆ

4. ทฤษฎี สมมติฐาน และ/หรือ กรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย

ปัจจุบันทรัพยากรน้ำที่ใช้ในภาคการเกษตรมีจำกัดในฤดูแล้งทำให้ส่งผลกระทบต่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวบางรายแม้จะอยู่ในพื้นที่ระบบชลประทาน อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำเพียงพอในการทำเกษตร ได้แก่ การปลูกข้าวในฤดูแล้ง หรือนาปรัง และมีการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องก็พบปัญหาเช่นเดียวกัน ได้แก่ ปัญหาภัยทรัพยากรดิน ที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและความอุดมสมบูรณ์ดิน เนื่องจากการใช้ปัจจัยการผลิตที่ไม่เหมาะสม เช่น การใช้เครื่องจักรหนัก หรือการใช้สารเคมีเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ ในปริมาณมาก ทำให้เกิดผลกระทบตามมาในหลายๆ ประเด็น

การใช้พืชทางเลือกเป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับการสนับสนุนและส่งเสริมให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในหลายพื้นที่ แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด พืชทางเลือกที่จักนำมาใช้หมุนเวียนควรมีการเพิ่มเทคโนโลยีการผลิตและแปรรูปเข้ามาเพิ่มเพิ่มมูลค่าไปพร้อมกัน

การนำเสนอทางตะวันตกสำหรับประเทศไทยเพื่อปลูกในระบบพืชไร่อาจไม่ใช่เรื่องใหม่ เนื่องจากในหลายๆ จังหวัดของประเทศไทยก็มีการปลูกทานตะวันและส่งเสริมในเรื่องการท่องเที่ยวอย่างได้ผล เช่น จังหวัดลพบุรี และสระบุรี เป็นต้น แต่ในความเป็นจริงแล้วศักยภาพของพืชชนิดนี้มีอีกมากมาย ดังนั้นนอกเหนือจากการจำหน่ายเป็นผลผลิตทางการเกษตร ทานตะวันยังสามารถเพิ่มเทคโนโลยีการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างมูลค่าได้อีกหลายส่วนทั้งในด้านการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เป็นส่วนของเวชสำอาง อาหารสัตว์ และส่งเสริมท่องเที่ยว เป็นต้น

ทานตะวันเป็นพืชที่มีความได้เปรียบเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันอื่นๆ สำหรับการส่งเสริมหรือวิจัยรวมทั้งแก้ปัญหาให้ชุมชนที่มีการปลูกพืชเชิงเดี่ยวโดยเฉพาะข้าวมาเป็นเวลานาน เนื่องจาก

- 1) เป็นพืชอายุปลูกสั้นไม่เกิน 4 เดือน ทำให้สามารถใช้ปลูกเป็นพืชหมุนเวียนกับพืชหลัก เช่น ข้าวได้ โดยเฉพาะในฤดูแล้ง ทำให้ไม่กระทบต่อการผลิตพืชเดิมของเกษตรกรในพื้นที่
- 2) เป็นพืชที่มีการใช้ปุ๋ยสารเคมีน้อย และใช้แรงงานการในผลิตต่ำเนื่องจากเป็นพืชที่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ง่ายทำให้ง่ายต่อการจัดการ ทำให้อาจช่วยลดต้นทุนการผลิต รวมทั้งลดปัญหาดอกค้ำของสารเคมีในแปลงการเกษตรของเกษตรกรได้
- 3) เป็นพืชอาศัยน้ำน้อยเมื่อเทียบกับพืชสำคัญหลายๆ ชนิด ทำให้สามารถเป็นพืชทางเลือกเพื่อเสี่ยงการปลูกพืชที่ใช้น้ำมากในฤดูแล้ง
- 4) การเป็นพืชต่างตระกูลกับข้าว จักช่วยลดปัญหาการสะสมของโรคและแมลงในแปลงนาได้ เนื่องจากทานตะวันเป็นพืชที่ไม่ทนต่อน้ำท่วมขัง ดังนั้นการจัดการแปลง รวมทั้งชนิดพืชที่แตกต่างจากพืชหลัก จะช่วยในการลดการเพิ่มปริมาณและความรุนแรงของโรคและศัตรูข้าวได้
- 5) นอกเหนือจากน้ำมันแล้ว เมล็ด หรือกากที่เกิดจากการทึบสามารถนำไปเป็นอาหารสัตว์ได้
- 6) เป็นพืชที่มีความสวยงามสามารถใช้เป็นพืชเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวได้ทำใหในพื้นที่
- 7) และจากการที่น้ำมันทานตะวันเป็นน้ำมันคุณภาพดี เนื่องจากมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวพวก โอเลอิก (Oleic) และลิโนลิก (Linoleic) สูง ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมัน ทำให้ในท้องตลาดมีราคาน้ำมันสูงกว่าน้ำมันจากพืชอื่นๆ อีกหลายชนิด นอกจากสามารถนำเทคโนโลยีการผลิตมาใช้ในการผลิตน้ำมันเพื่อการบริโภคแล้ว อาจสามารถแปรรูปน้ำมันทานตะวันเป็น เครื่องสำอาง โลชั่น สบู่ และอื่นๆ รวมทั้งเมล็ดทานตะวัน ตันอ่อนทานตะวันยังเป็นอาหารสุขภาพราคาสูงอีกด้วย

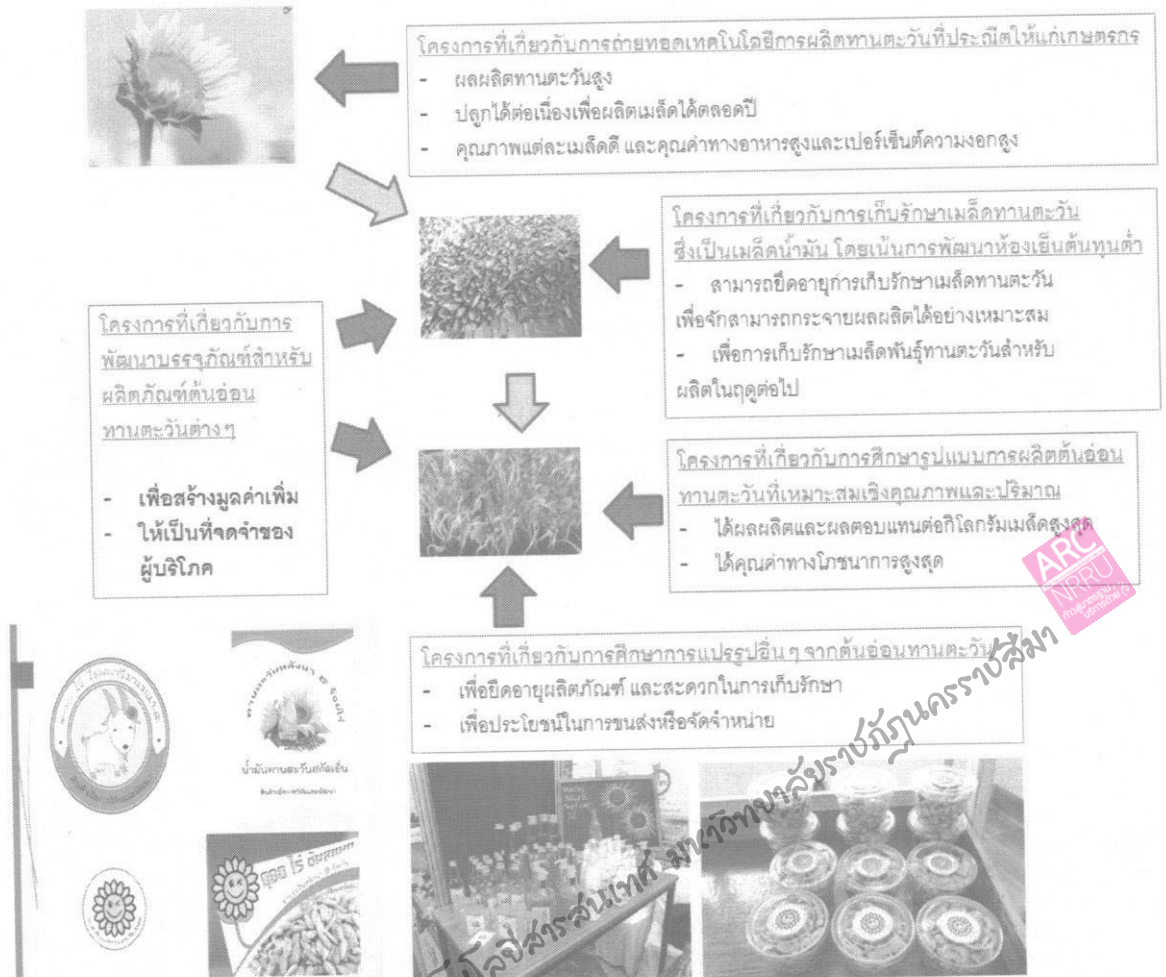
ด้วยเหตุนี้การวิจัยให้ทราบถึงศักยภาพการผลิตทานตะวันในพื้นที่แปลงของเกษตรกร จำเป็นต้องมีการศึกษาอย่างครบวงจร ตั้งแต่การปลูกไปถึงการนำไปใช้ประโยชน์ โดยการศึกษาวิจัยมีการดำเนินการไปพร้อมกับการให้ความรู้แก่เกษตรกร เพื่อสร้างแนวคิด การสามารถเชื่อมโยงเหตุ-ผลในการเลือกผลิตพืช ผลกระทบหรือประโยชน์ที่จักได้รับ การสร้างมูลค่าเพิ่มในสินค้าเกษตร ให้แก่เกษตรกรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อสร้างรากฐานการเรียนรู้ให้ชุมชนนอกเหนือไปจากการเสนอแนะพืชทางเลือกเพื่อลด

การใช้น้ำและลดปัญหากับทรัพยากรดิน น้ำ เนื่องจากการปลูกข้าวเป็นพืชเชิงเดี่ยวเป็นระยะเวลานานในแปลงนา

อย่างไรก็ตามจากปัญหาของการผลิตต้นอ่อนทานตะวันที่ผูกโยงมาตั้งแต่กระบวนการผลิตเมล็ดพันธุ์ คุณภาพและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์โดยเฉพาะการเป็นพืชน้ำมัน ที่ทำให้ไม่สามารถวางแผนการผลิตและการตลาดที่แน่นอนได้ รวมไปถึงขาดข้อมูลที่ประกอบการตัดสินใจของผู้บริโภคในการเลือกเป็นผลิตภัณฑ์สุขภาพ ที่เป็นข้อมูลซึ่งมาจากงานวิจัยเชิงวิทยาศาสตร์เคมีต่างๆ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มาจากกระบวนการผลิตของเกษตรกรหรือชุมชน ทำให้ต้นอ่อนทานตะวันซึ่งเป็นอาหารสุขภาพที่มีคุณภาพอีกชนิดหนึ่งยังไม่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้มากมายนัก จากประเด็นปัญหาต่างๆ ทำให้การผลิตและจำหน่ายสินค้าเกษตรแปรรูปต้นอ่อนทานตะวันนี้ไม่สามารถบ่งบอกราคาต้นทุนที่แท้จริงได้ เนื่องจากต้นทุนตั้งแต่การผลิตเมล็ดทานตะวันที่เป็นวัตถุดิบไปจนถึงกระบวนการเพาะไม้น้ำมัน ทำให้ราคาต้นอ่อนทานตะวันในท้องตลาดที่มีจำหน่ายแตกต่างกันออกไปและค่อนข้างมีจำกัดในท้องตลาด ซึ่งนั่นหมายถึงการต่อยอดไปยังผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่นๆ ที่จำเป็นต้องหยุดชะงักไปด้วยตามกัน

ด้วยเหตุนี้การศึกษาวิจัยในแผนงานวิจัยนี้จึงมีสมมติฐานที่จักใช้เป็นต้นแบบเพื่อสร้างการเรียนรู้ให้แก่เกษตรกรและชุมชนเกี่ยวกับการพัฒนาหรือแปรรูปสินค้าเกษตรที่จำเป็นต้นมีการวางแผนตั้งแต่ต้นกระบวนการคือการผลิตวัตถุดิบ ที่ผู้ผลิตคือเกษตรกรต้องสามารถบ่งชี้ ระยะเวลา ปริมาณ คุณภาพ ต้นทุน และแรงงานได้อย่างแน่นอน เพราะปัจจัยต่างๆ เหล่านี้จะทำให้สามารถกำหนดราคาขาย วางแผนการผลิต การจัดจำหน่ายได้อย่างมีระบบ รวมทั้งสามารถตอบสนองด้านข้อมูลต่างๆ ทั้งเชิงการผลิตและเชิงคุณภาพ เช่น ข้อมูลโภชนาการประกอบร่วมกันในกรณีเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเชิงสุขภาพ ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้นอกจากสามารถดึงดูดผู้บริโภคที่มีกำลังซื้อและเป็นการเพิ่มมูลค่าราคาสินค้าแล้ว ยังเป็นประโยชน์สำหรับเกษตรกรหรือผู้ผลิตในการพัฒนาสินค้าแปรรูปอื่นๆ อย่างต่อเนื่องต่อไป ด้วยเหตุนี้การเน้นการเรียนรู้ร่วมกับเกษตรกรโดยเฉพาะกลุ่มเป้าหมายจึงเป็นรูปแบบที่น่าจะมองเห็นเป็นรูปธรรมได้ชัดเจน ทั้งนี้ได้นำเสนอแนวทางการดำเนินการวิจัยของโครงการย่อยต่างๆ ในแผนการวิจัยดังกล่าวที่ 2 ซึ่งศึกษาแสดงความสามารถของโครงการทั้งหมดเพื่อแก้ปัญหาการผลิตต้นอ่อนทานตะวันอย่างครบวงจร โดยประกอบด้วย

1. โครงการที่เกี่ยวกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตทานตะวันที่เหมาะสมให้แก่เกษตรกร
2. โครงการที่เกี่ยวกับการเก็บรักษาเมล็ดทานตะวันซึ่งเป็นเมล็ดน้ำมัน โดยเน้นการพัฒนาห้องเย็นต้นทุนต่ำและหรือห้องเก็บเมล็ดพันธุ์สำหรับกลุ่มเกษตรกร
3. โครงการที่เกี่ยวกับการศึกษารูปแบบการผลิตต้นอ่อนทานตะวันที่เหมาะสมทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ
4. โครงการที่เกี่ยวกับการศึกษาการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากต้นอ่อนทานตะวัน
5. โครงการที่เกี่ยวกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์จากต้นอ่อนทานตะวันต่างๆ



ภาพที่ 2 แสดงวิธีการที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการผลิตต้นอ่อนทานตะวันของเกษตรกร

ภาพที่ 2 แสดงโครงการที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการผลิตต้นอ่อนทานตะวันของเกษตรกร

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทานตะวัน

ทานตะวัน (Sunflower, *Helianthus annuus* L.) พืชน้ำมันที่มีความสำคัญเป็นอันดับที่สี่ของโลก รองจากถั่วเหลือง ปาล์มน้ำมัน และคาโนลา (canola หรือ rapeseed) (Putnam *et al.*, 2002) เป็นพืชที่มีความสวยงาม ทำให้การเพาะปลูกทานตะวันสามารถนำส่งเสริมเพื่อการท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี ประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการใช้ไขมันจากทานตะวัน โดยเมล็ดทานตะวันให้ไขมันประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก น้ำมันทานตะวันเหมาะสมสำหรับการบริโภค เนื่องจากมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวพวกโอเลอิก (Oleic) และลิโนลลิก (Linoleic) สูง ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมัน (Leland, 1996) นอกจากนี้ยังประกอบวิตามิน เอ ดี อี และเค (ไพจิตร จันทรวงศ์, 2538) ประโยชน์อีกประการหนึ่งคือเมื่อหีบน้ำมันแล้วยังสามารถใช้กากเป็นอาหารสัตว์เนื่องจากมีโปรตีนสูง (วันชัย, 2542; สุพจน์, 2542ก; Laosuwan, 1997, Croissant and Follett, 2003) ประโยชน์จากน้ำมันทานตะวันนอกจากจะนำมาใช้ในการปรุงอาหารแล้ว ยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ หลายชนิด เช่น เครื่องสำอาง สีนํ้ามันหล่อลื่น สารกำจัดแมลง น้ำมันชักเงา (เสาวรี และคณะ, 2544) และยังสามารถใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงในรถแทรกเตอร์ แทนน้ำมันดีเซล (Cooper, 1997) โดยการใช้ไขมันทานตะวันเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้กระทำการมานานแล้วในประเทศสหรัฐอเมริกาก่อนที่จะมีการใช้ไขมันปิโตรเลียม ก็มีการใช้ไขมันพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำมันทานตะวัน ถั่วเหลืองและถั่วลิสงกับเครื่องจักรต่างๆ ที่ใช้ในการทำฟาร์ม กระบวนการใช้น้ำมันเหล่านี้เป็นน้ำมันพลังงาน ได้รับการเผยแพร่เป็นที่ทราบทั่วกัน (Aakre, 1983; Baker *et al.*, 1986; Smith, 1984) ในประเทศไทยได้มีคณะของหน่วยงานเอกชนได้ทำการทดสอบการใช้น้ำมันทานตะวันเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงกับเครื่องจักรกลทำนาและรถยนต์ดีเซล ณ อำเภอเลิงนาทา จังหวัดยโสธร ปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกทานตะวันรวมประมาณ 250,000 ไร่ ซึ่งนับได้ว่าพื้นที่ปลูกยังมีโอกาสที่จะสามารถขยายได้อีกเพราะทานตะวันมีอายุเก็บเกี่ยวเพียง 100-110 วัน จึงสามารถปลูกหมุนเวียนกับพืชไร่อื่น ๆ หรือปลูกในนาหลังการปลูกข้าว หรือถ้าปลูกทานตะวันพืชเดียวก็ปลูกได้ปีละ 2 ครั้ง โดยมีความร่วมมือทั้งระหว่างหน่วยงานราชการและภาคเอกชนเพื่อส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกทานตะวันในเขตจังหวัดลพบุรี และสระบุรี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 เป็นต้นมา ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกทานตะวันเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตจังหวัดลพบุรี สระบุรี เพชรบูรณ์ นครราชสีมา นครสวรรค์ และมีพื้นที่ใหม่ ๆ ในภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงราย และในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดศรีสะเกษ เป็นต้น โดยมูลค่าตามที่เกษตรกรขายได้กว่า 217 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

จากการสำรวจของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ทั้งจากการสำมะโนการเกษตรและการสำรวจการเปลี่ยนแปลงทางการเกษตรพบว่า การปฏิวัติเขียวทำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นในรอบ 20 ปีที่ผ่านมา โดยในปี พ.ศ. 2547 พบว่ามีปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีทั้งประเทศประมาณ 3.8 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ามากกว่า

33,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548 อ้างอิงโดย วิฑูรย์ และสุริยนต์, 2552) ขณะที่ข้อมูลในปี พ.ศ. 2542 ประเทศไทยนำเข้าสารเคมีการเกษตรรวมทั้งสิ้นประมาณ 56,866 ตัน คิดเป็นมูลค่า 11,059,380,930 บาท (วิฑูรย์ และสุริยนต์, 2552) ซึ่งนับรวมทานตะวันว่าเป็นหนึ่งในพืชที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตระดับแปลง อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อมีการใช้ปุ๋ยสำหรับการปลูกทานตะวันในระดับที่สูง (ใช้ปุ๋ยเคมี ไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียม 40 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 200 กิโลกรัมต่อไร่) จะส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดมีค่าลดลง (Na Chiangmai *et al.*, 2012) ดังนั้นหากวัตถุประสงค์ของการปลูกเพื่อต้องการผลผลิตได้แก่ปริมาณน้ำมันแล้ว การใช้ปุ๋ยในสัดส่วนที่เหมาะสมจะได้ผลผลิตน้ำมันที่สูงที่สุด มีหลายงานวิจัยที่พบว่าทั้งการเพิ่มธาตุและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่างสามารถเพิ่มผลผลิตทานตะวันแต่การเพิ่มธาตุเดียวคือไนโตรเจน (N) จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันลดลงแต่การเพิ่มธาตุอาหารโดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์จะทำให้ผลผลิตทานตะวันและเปอร์เซ็นต์น้ำมันเพิ่มสูงขึ้น (Gorttappah *et al.*, 2000; Abou khadrah *et al.*, 2002; Mohamed, 2003; Awad, 2004; Aowas and Mohamed, 2009)

2.2 การปลูกทานตะวัน

หากพิจารณาคุณลักษณะของทานตะวันเพื่อประกอบการใช้ประโยชน์ของพื้นที่เพาะปลูกทางการเกษตรของประเทศไทย ทานตะวันเป็นพืชไรที่มีอายุการเก็บเกี่ยวค่อนข้างสั้น คือมีอายุเก็บเกี่ยวเพียง 100-110 วัน จึงสามารถปลูกหมุนเวียนกับพืชไร่อื่น ๆ หรือถ้าปลูกทานตะวันเป็นพืชหลักเพียงพืชเดียวก็สามารถปลูกได้ปีละ 2 ครั้ง เนื่องจากเป็นพืชที่ไม่ไวแสง มีการปรับตัวกว้าง และทนแล้ง สามารถปลูกได้ดีทั้งในพื้นที่ชลประทานและพื้นที่นาที่อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน (สมชาย และวันชัย, 2544)

ในการปลูกทานตะวัน มีความต้องการปัจจัยการผลิตเช่นเดียวกับพืชชนิดอื่น ๆ โดยน้ำถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการผลิตทานตะวัน หากความชื้นในดินมีน้อยก็จะทำให้ผลผลิตลดลงด้วยเช่นเดียวกัน การให้น้ำที่เหมาะสมแก่ทานตะวันจึงจะทำให้ได้รับผลผลิตดี อย่างไรก็ตามทานตะวันถือเป็นพืชที่ใช้น้ำน้อย โดยการให้น้ำแก่ทานตะวันควรให้ประมาณ 5 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 หลังจากปลูกเสร็จแล้วรีบให้น้ำทันที ครั้งที่ 2 ระยะมีใบจริง 2 คู่ หรือประมาณ 10-15 วัน หลังออก ครั้งที่ 3 ระยะเริ่มมีตาดอก หรือประมาณ 30-35 วัน หลังออก ครั้งที่ 4 ระยะดอกเริ่มบาน หรือประมาณ 50-55 วัน หลังออก ครั้งที่ 5 ระยะกำลังติดเมล็ด หรือประมาณ 60-70 วัน หลังออก การให้น้ำควรให้น้ำอย่างเพียงพอให้ดินชุ่ม แต่ไม่ต้องถึงกับแฉะและน้ำขัง การให้น้ำควรคำนึงถึงความชุ่มชื้นในดินด้วย ไม่ควรปล่อยให้ดินแห้งมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงแรกของการเจริญเติบโตจนถึงระยะติดเมล็ด

การเก็บเกี่ยวทานตะวันขึ้นกับช่วงอายุของพันธุ์ที่ปลูก หรือเมื่ออายุประมาณ 90-120 วัน หรือหลังจากจานดอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแล้วประมาณ 7-14 วัน โดยใช้กรรไกรตัดจานดอก โดยเลือกเฉพาะดอกที่สมบูรณ์ จากนั้นนำจานดอกที่เก็บเกี่ยวแล้วตากแดด 1-2 แดด บนลานซีเมนต์กะเทาะเมล็ดจากจานดอก โดยใส่จานดอกในถุงผ้า หรือกระสอบแล้ว ใช้ท่อนไม้ทุบ หรือใช้เครื่องนวดถั่วเหลืองที่ดัดแปลงแล้วความเร็วรอบ 200-350 รอบต่อนาที นำเมล็ดที่กะเทาะแล้วไปตากแดด 1-2 แดด เพื่อลดความชื้นในเมล็ด ให้เหลือประมาณ 12-14 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำความสะอาดเมล็ด จากนั้นทำการบรรจุลงภาชนะเช่นกระสอบพร้อมการจำหน่าย

2.3 พื้นที่ปลูกทานตะวันในประเทศไทย

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกทานตะวันประมาณ 250,000 ไร่ ซึ่งนับได้ว่าพื้นที่ปลูกยังมีโอกาสที่จะสามารถขยายได้อีก โดยประเทศไทยได้มีความร่วมมือระหว่างหน่วยงานราชการและภาคเอกชน เพื่อส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกทานตะวันในเขตจังหวัดลพบุรี และสระบุรี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 เป็นต้นมา ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกทานตะวันเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตจังหวัดลพบุรี สระบุรี เพชรบูรณ์ นครราชสีมา นครสวรรค์ และมีพื้นที่ใหม่ ๆ ในภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงราย และในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดศรีสะเกษ เป็นต้น โดยมีมูลค่าตามที่เกษตรกรขายได้ 217 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

ปัจจัยในการผลิตทานตะวัน

มีหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิต ได้แก่ พันธุ์ ปริมาณความชื้น ปริมาณธาตุอาหารหรือปุ๋ยที่พืชได้รับ โรคและศัตรูพืช วัชพืช และการจัดการระดับแปลง เช่น ระยะปลูก เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ล้วนแล้วแต่มีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตของพืชทั้งสิ้น (Laosuwan, 1997) แม้จะมีรายงานการวิจัยที่กล่าวการให้ปุ๋ยหรือธาตุอาหารต่าง ๆ ในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้พืชมีผลผลิตสูงขึ้นอย่างมีความสัมพันธ์กัน (Laosuwan, 1997) แต่การใช้ปัจจัยการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นหมายถึงต้นทุนที่เพิ่มสูงขึ้นตามนั่นเอง การหาจุดสมบูรณ์ของความทุนสำหรับเกษตรกรจึงมีความสำคัญ

การผลิตทานตะวันไม่สูงมากเมื่อเทียบกับพืชเศรษฐกิจ มีรายงานว่าการใช้ปุ๋ยสำหรับการปลูกทานตะวันในระดับที่สูง (ใช้ปุ๋ยเคมี ไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียม 40 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 200 กิโลกรัมต่อไร่) จะส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดมีค่าลดลง (Na Chiangmai *et al.*, 2012) แต่ใช้ปุ๋ยเพื่อการผลิตทานตะวันในอดีตที่ผ่านมามีความจำเป็นสำหรับเกษตรกร ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรมีการขายผลผลิตในรูปของเมล็ด แต่หากรูปแบบการจำหน่ายผลผลิตของเกษตรกรในประเทศไทยเปลี่ยนแปลงไป เช่น การปลูกเพื่อต้องการผลิตน้ำมันแล้ว การใช้ปุ๋ยในสัดส่วนที่เหมาะสมจะได้ผลผลิตน้ำมันที่สูงที่สุดและส่งผลกระทบต่อตัดสินใจของเกษตรกรนั่นเอง

มีหลายงานวิจัยที่พบว่าทั้งการเพิ่มธาตุและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่างสามารถเพิ่มผลผลิตทานตะวัน แต่การเพิ่มธาตุเดียวคือไนโตรเจน (N) จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำมันลดลงแต่การเพิ่มธาตุอาหารโดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์จะทำให้ผลผลิตทานตะวันและเปอร์เซ็นต์น้ำมันเพิ่มสูงขึ้น (Gorttappeh *et al.*, 2000; Abou Khadrah *et al.*, 2002; Awad, 2004; Aowas and Mohamed, 2009)

ขณะเดียวกัน Meo (1999) และ Kakar and Soomro (2001) ได้รายงานว่าปัจจัยหลายอย่างที่มีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตของทานตะวันแต่ปัจจัยที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ ความชื้น นอกจากนี้ยังพบว่า การให้น้ำและปุ๋ยในอัตราต่าง ๆ มีผลต่อพื้นที่ของใบทานตะวันซึ่งส่งผลกระทบต่อสังเคราะห์แสงของทานตะวัน (Hussain *et al.*, 2000 อ้างถึงใน Na Chiangmai *et al.*, 2014) นอกจากนี้ การให้ปุ๋ยไนโตรเจนกับทานตะวันที่ปลูกภายใต้สภาวะขาดน้ำ พบว่าทานตะวันที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในระดับสูงจะมีพัฒนาการด้านการเจริญเติบโตได้ดีกว่าทานตะวันที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่ำ (Meo and Baig, 1999) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นและปุ๋ยต่อขนาดของดอกทานตะวัน พบว่าในสภาวะที่ทานตะวันได้รับน้ำและปุ๋ยในปริมาณที่มากพอเหมาะ จะส่งผลให้ทานตะวันมีจานดอกขนาดใหญ่ทำให้เกิดการติดเมล็ดเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ทานตะวันมีผลผลิตที่มากขึ้น (Meo and Baig, 1999;

Abayomi and Adefila, 2008) นอกจากผลผลิตแล้วพบว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณความชื้นที่ได้รับ

ธาตุอาหารพืชเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตทานตะวันมาก การปลูกทานตะวันมักประสบปัญหาเกี่ยวกับการขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโบรอน ทั้งนี้เพราะดินที่ใช้ทำการเกษตรส่วนใหญ่มีปริมาณธาตุอาหารอยู่จำกัด (Laosuwan and Macartney, 1992) ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับพืชมาก ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารที่จำเป็นกับกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยมีส่วนช่วยในการสร้างฮอร์โมนและเป็นส่วนประกอบของสารพลังงาน (energy carrier) ในกระบวนการหายใจ (Laosuwan and Macartney, 1992) ไนโตรเจนยังมีผลในการเพิ่มผลผลิตของเมล็ดและปริมาณน้ำมันอีกด้วย ทานตะวันที่ขาดไนโตรเจนจะมีขนาดดอกเล็กผิดปกติ มีจำนวนเมล็ดลึบสูง และผลผลิตของน้ำมันลดลง Dar *et al.* (2009) ขณะที่ฟอสฟอรัสมีบทบาทเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ การเจริญเติบโตของพืช โดยองค์ประกอบของนิวเคลียสของเซลล์ และสารนำพาพลังงานในกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ นอกจากนี้ธาตุฟอสฟอรัสยังทำให้ระบบรากของทานตะวันดีขึ้น และช่วยในการเพิ่มผลผลิตของพืช ในกรณีที่ขาดฟอสฟอรัส จะทำให้ลำต้นแคระแกร็น ใบและดอกมีขนาดเล็ก มีรูปร่างผิดปกติ ทานตะวันแก่ช้าลง ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์น้ำมันลดลง Meo and Baig (1999) การศึกษาของ ชัชวีก (2533) ได้ทำการศึกษถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับระยะปลูกในทานตะวันพันธุ์ลูกผสม AS 540 พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มากขึ้นส่งผลให้ทานตะวันมีผลผลิตสูงขึ้น ขณะเดียวกัน ณัฐนีย์ (2534) ได้ศึกษาผลของการให้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อผลผลิตของทานตะวันพันธุ์ Hysun 33 และ AS 101 พบว่าผลการศึกษามีแนวโน้มเดียวกันแต่มีสิ่งที่แตกต่างคือ เมื่อวิเคราะห์เฉพาะธาตุไนโตรเจนกลับพบว่า การให้ไนโตรเจนสูงจะทำให้เมล็ดทานตะวันมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นแต่เปอร์เซ็นต์น้ำมันกลับลดลง

2.4 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิต

ต้นทุนการผลิตพืช หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตพืชเนื่องจากการนำเอาปัจจัยการผลิตต่าง ๆ มาใช้ในการผลิต ในทางเศรษฐศาสตร์ต้นทุนการผลิตสามารถแบ่งได้เป็นสองชนิด คือ

1) ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) หมายถึง ต้นทุนการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณของผลผลิต เช่น ค่าแรงงาน ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าปุ๋ยเคมีและยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น โดยต้นทุนผันแปรยังสามารถแบ่งออกได้ เป็นต้นทุนผันแปรเป็นเงินสด และไม่เป็นเงินสด ต้นทุนผันแปรที่เป็นเงินสด หมายถึง ต้นทุนผันแปรที่เกษตรกรจ่ายออกไปจริงเป็นเงินสด เช่น ค่าเมล็ดพันธุ์ ค่าปุ๋ย และค่าแรงงานจ้าง เป็นต้น ส่วนต้นทุนผันแปรที่ไม่เป็นเงินสด หมายถึง ต้นทุนผันแปรที่เกษตรกรไม่ได้จ่ายออกไปจริงเป็นเงินสด ซึ่งเป็นค่าปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ทั้งที่เป็นของเกษตรกรเอง เช่น แรงงานในครัวเรือน และเมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้เอง เป็นต้น

2) ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) หมายถึง ต้นทุนการผลิตที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณของผลผลิตไม่ว่าจะผลิตผลผลิตเป็นปริมาณมากน้อยเท่าไรก็ตามเกษตรกรจะต้องเสียต้นทุนในจำนวนคงที่ เช่น พื้นที่เพาะปลูก และอุปกรณ์การเกษตร เป็นต้น โดยต้นทุนคงที่ยังสามารถแบ่งออกได้อีก 2 ประเภท คือ ต้นทุนคงที่ที่เป็นเงินสด และไม่เป็นเงินสด ต้นทุนคงที่ที่เป็นเงินสด หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกษตรกรจะต้องจ่ายในรูปของเงินสดในจำนวนที่คงที่ เช่น ค่าเช่าที่ดิน และค่าภาษีที่ดิน เป็นต้น ส่วนต้นทุนคงที่ที่ไม่เป็นเงินสด

หมายถึง ค่าใช้จ่ายจำนวนคงที่ที่เกษตรกรไม่ได้จ่ายออกจริงในรูปของเงินสด เช่น ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์การเกษตร และค่าใช้จ่ายที่ดินกรณีเป็นที่ดินของตนเองซึ่งจะประเมินตามอัตราค่าเช่าที่ดินในท้องถิ่นนั้น

ผลตอบแทนหรือรายได้จากการผลิตพืช ประกอบด้วย 1) มูลค่าของผลผลิตทั้งหมด 2) รายได้อื่นๆ เช่น ป่วยที่ได้รับจากการช่วยเหลือจากรัฐบาล มูลค่าซาก และเงินกู้

กำไรสุทธิจากการผลิต คือ ผลตอบแทนจากการผลิตพืชหักด้วยต้นทุนการผลิตพืชทั้งหมด ซึ่งรวมทั้งต้นทุนที่เป็นเงินสดและไม่เป็นเงินสด

การวิเคราะห์ต้นทุนในทางเศรษฐศาสตร์จะมีความแตกต่างจากการคิดต้นทุนในทางบัญชี กล่าวคือต้นทุนทางบัญชีนั้นจะสามารถวัดค่าใช้จ่ายที่เสียไปเป็นตัวเลขเงินเพียงอย่างเดียวหรือเรียกได้ว่าเป็นต้นทุนที่เห็นแจ้งชัด (Explicit Cost) หรือเรียกว่าต้นทุนที่เป็นเงินสด แต่สำหรับต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Cost) นั้นจะรวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่เสียไปซึ่งสามารถวัดเป็นตัวเงินได้ และวัดเป็นตัวเงินไม่ได้ นั่นก็คือต้นทุนที่เห็นแจ้งชัด (Explicit Cost) และต้นทุนไม่เห็นแจ้งชัด (Implicit Cost) หรือเรียกว่าต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสด ในทางเศรษฐศาสตร์นั้นจะเรียกต้นทุนที่มองไม่เห็นอีกอย่างหนึ่งว่า ต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) และเป็นต้นทุนอีกตัว หนึ่งที่ต้องมีการประเมิน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วยต้นทุนแจ้งชัดกับ ต้นทุนไม่เห็นแจ้งชัดรวมกัน ด้วยเหตุนี้ ต้นทุนทางบัญชีจะมีค่าน้อยกว่าต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ และมีผลทำให้กำไรทางบัญชีมีค่าสูงกว่ากำไรทางเศรษฐศาสตร์ (นราทิพย์, 2539)

สุพจน์ (2542ข) ได้ทำการศึกษาต้นทุนการผลิตทานตะวันในกลุ่มของเกษตรกรที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 10 ไร่ พบว่าต้นทุนการผลิตทานตะวันเท่ากับ 784.55 บาทต่อไร่ โดยต้นทุนส่วนใหญ่เป็นค่าแรงงาน (ร้อยละ 32.41) และค่าวัสดุการเกษตร (ร้อยละ 42.21) นอกจากนี้ หทัยรัตน์ (2545) ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตทานตะวันของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการส่งเสริมการผลิตทานตะวันครบวงจรเปรียบเทียบกับเกษตรกรที่ไม่เข้าร่วมโครงการฯ ในอำเภอดงตาล จังหวัดนครสวรรค์ ปีการผลิต 2542/43 พบว่าเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ มีต้นทุนการผลิตทานตะวันเท่ากับ 674.28 บาทต่อไร่ และมีผลตอบแทนเท่ากับ 1,430.33 บาทต่อไร่ โดยที่เกษตรกรที่ไม่เข้าร่วมโครงการฯ มีต้นทุนการผลิตสูงกว่า และมีผลตอบแทนต่ำกว่าเกษตรกรที่ไม่เข้าร่วมโครงการฯ เนื่องจากเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ได้รับการอบรมและเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคในการปลูกและดูแลทานตะวันทำให้มีผลผลิตต่อไร่สูงกว่าเกษตรกรที่ไม่เข้าร่วมโครงการฯ และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าเกษตรกรที่ไม่เข้าร่วมโครงการฯ เนื่องจากเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ได้รับเมล็ดพันธุ์จากทางราชการทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำกว่าเกษตรกรที่ไม่เข้าร่วมโครงการฯ นอกจากนี้ อนงค์ รัตนจินดาวงศ์ (2546) ได้ทำการศึกษาการผลิตและการตลาดเมล็ดทานตะวันในอำเภอดงตาล จังหวัดลพบุรี พบว่าเกษตรกรตัวอย่างมีต้นทุนการผลิตเมล็ดทานตะวันเฉลี่ย 1,021.33 บาทต่อไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 158.45 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาที่เกษตรกรขายได้ 10 บาทต่อกิโลกรัม โดยเกษตรกรจะขายเมล็ดทานตะวันให้แก่พ่อค้าท้องถิ่นที่มารับซื้อถึงไร่ ในลักษณะของเมล็ดที่ยังไม่ได้กะเทาะเปลือก จากผลผลิตและราคาที่เกษตรกรได้รับ ทำให้มีรายได้เฉลี่ยไร่ละ 1,584.50 บาท และมีกำไรสุทธิเฉลี่ย 563.17 บาทต่อไร่

2.5 ความหมายของ plant sterols และ plant stanols

Plant sterols คือองค์ประกอบที่ประกอบด้วยรูปแบบของ ferulic acid esters ต่าง ๆ (Endo et al., 1968) ซึ่ง ferulic acid esters คือส่วนผสมของ lipid fractions ต่าง ๆ ที่สามารถสกัดได้จากพืช Plant sterols มีบทบาทในพืชคล้ายกับการมีบทบาทของคอเลสเตอรอลยกเว้น side chain ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น การเป็นส่วนหนึ่งในโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ สามารถแยก Plant sterols ได้ 3 กลุ่ม คือ 1) 4-desmethylsterols (no methyl groups), 2) 4-monomethylsterols (one methyl group) และ 4,4-dimethylsterols (two methyl groups) โดย plant sterol ที่พบมากที่สุดคือ β -sitosterol, campesterol และ stigmasterol โดยโครงสร้างเหล่านี้จะคล้ายกับคอเลสเตอรอลโดยทั้งหมดอยู่ในกลุ่มของ 4-desmethylsterols (IFST, 2005; Wheeler and Garleb, 1991)

เมื่อนำน้ำมันที่บริโภคได้มาเข้าสู่กระบวนการกลั่น (refining) พบว่า plant sterols จะถูกสกัดออกมาพร้อมด้วยบางส่วนของ tocopherols (ในกระบวนการผลิตวิตามิน E) หรือกล่าวได้ว่าอาจต้องใช้ น้ำมันถึง 2,500 ตันเข้าสู่การกลั่นน้ำมันเพื่อผลิต plant sterols ปริมาณ 1 ตัน สำหรับ plant stanols ได้มาจากการเกิดเพิ่มไฮโดรเจนให้แก่โมเลกุล (hydrogenation) ของ plant sterols (IFST, 2005)

ในอาหารจะมีการเติม plant sterols (อาหารตะวันตก) ประมาณ 200-400 มิลลิกรัมต่อวัน สำหรับคนที่เป็นมะเร็ง ซึ่งสูงกว่าการผสมในอาหารปกติ ขณะที่ในน้ำมันทำอาหาร มาการีน และเนยถั่ว จะมีประมาณ 100-500 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในอาหารตะวันตก สำหรับพืชตระกูลถั่วอาจพบสูงถึง 220 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และเมล็ดบางชนิด เช่น ทานตะวันและงา มีสูงถึง 500-700 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม นับเป็นแหล่ง plant sterol ที่ดีขณะที่พืชอื่น ๆ อาจพบค่าลดหลั่นลงมา ขณะที่การดูดซับ plant stanol จะน้อยกว่า (IFST, 2005)

ในธรรมชาติ plant sterols สามารถอยู่เป็นรูปอิสระหรืออยู่ในรูป ester กับกรดไขมันสายยาวหรือกับกรดฟีนอลิกได้ เช่นที่พบในน้ำมันรำข้าว (ferulates) และ เชียร์บัตเตอร์ (shea butter) (cinnamates) ในลำไส้พบว่า sterol esters เป็น sterols อิสระที่ถูกไฮโดรไลส์แล้วทำให้สามารถเข้าสู่กระบวนการย่อยได้ (IFST, 2005)

2.6 ประโยชน์ของ plant sterol

แม้จะมีโครงสร้างที่คล้ายกันกับคอเลสเตอรอลแต่มีการนำไปใช้น้อยโดยการดูดซึมของลำไส้ (Ikeda et al., 1988; Wheeler and Garlab, 1991) เพราะมีความแตกต่างระหว่างโครงสร้างของ sterol ใน gastrointestinal tract (Grundy and Ahrens, 1968) โดยระดับการดูดซึมที่น้อยที่ไม่ได้ขึ้นกับความเข้มข้นที่เติม plant sterol ในอาหาร (Gould, 1955)

จากเหตุผลที่มีการดูดซึม phytosterols ต่ำ (น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์) โดยส่วนใหญ่จะถูกถ่ายออกมาพร้อมมูลนี้เองทำให้ phytosterols และ oryzanol เป็นตัวยับยั้งการดูดซับ คอเลสเตอรอลที่ดี เพราะมีโครงสร้างที่คล้ายกันทำให้เกิดการแข่งขันกันระหว่างกระบวนการดูดซึม (Subbiah, 1973; Ikeda et al., 1988) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าผู้ป่วยไขมันในเลือดสูงได้รับ plant stanol ในรูปของการเสริมในที่ทาขนมปัง (spread) และเครื่องดื่มข้าวโอ๊ตมากกว่ากลุ่มควบคุมจำนวน 8.8 กรัมต่อวัน เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ ปรากฏว่าคนไข้กลุ่มที่ได้รับ plant stanol มีปริมาณคอเลสเตอรอล และ แอลดีแอล

คอเลสเตอรอลในเลือดต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและค่าเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Gylling et al., 2010) มีการทดสอบผลของแหล่งอาหารต่างกัน 4 ชนิดต่อการเสริม phytosterol ปริมาณ 1.6 กรัมต่อวันในอาหารได้แก่ ขนบปัง นม ธัญพืชและโยเกิร์ต ในผู้ป่วยไขมันในเลือดสูง ปรากฏว่านมที่มีการเสริม phytosterol ส่งผลต่อการลดระดับคอเลสเตอรอลรวมกับแอลดีแอลคอเลสเตอรอลมากกว่าอาหารจากอีก 3 แหล่ง (Clifton et al., 2004) และยังไม่พบการรายงานความเป็นพิษเนื่องจากการดูดซึมต่ำ ยกเว้นการศึกษาในคนไข้ที่อาจพบอาการ xanthomatosis สำหรับคนไข้ที่เป็นโรค lipid-storage disease เหตุเพราะมีการดูดซึม phytosterols β -sitosterol และ campesterol ในปริมาณที่มากเกินไป (Bhattacharyya and Connor, 1974; Shulman et al., 1976)

ด้วยเหตุนี้แม้ปัจจุบันจะมีการเติมสาร plant sterol ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่มีจำหน่ายในต่างประเทศ แต่การบริโภคโดยตรงอาจจำเป็นต้องคำนึงถึงสุขภาพของผู้บริโภคในแต่ละราย หากแต่การลดคอเลสเตอรอลในอาหารอาจเป็นเป็นอีกช่องทางสำหรับผู้บริโภค

อาจเรียกว่า phytosterol หรือ stanols ซึ่งเป็นองค์ประกอบตามธรรมชาติของพืชน้ำมันสำหรับบริโภค เช่น น้ำมันจากเมล็ดทานตะวัน ซึ่งเป็นสิ่งที่มีการบริโภคอยู่แล้ว โดยศึกษาพบว่า sterols ที่ละลายในผลิตภัณฑ์น้ำมันที่กินได้จะมีประสิทธิภาพในการลดคอเลสเตอรอลในเลือดได้สูงกว่าในรูป crystalline แต่ปัญหาอยู่ที่การรวมระหว่าง sterols อิสระกับน้ำมันหรือไขมันที่กินได้ เพราะไม่สามารถละลายน้ำได้ ขณะที่ถ้าอยู่ในรูป sterols esterified ไปเป็น fatty acids จะละลายในไขมันได้มากกว่า ใน intestine พบว่า sterol esters จะถูกย่อย (hydrolysed) ไปเป็น sterols อิสระเข้าสู่กระบวนการย่อยปกติต่อไป (IFST, 2005)

สำหรับ plant stanols เป็นส่วนที่เกิดการเติมไฮโดรเจนให้โมเลกุล (hydrogenation) ของ plant sterols แต่พบได้ในธรรมชาติน้อยกว่าในรูปของ plant sterols และผลที่ตามมาคือการดูดซึมของ plant stanols จะน้อยกว่า plant sterols (IFST, 2005)

ดังนั้นจากความวิตกกังวลเกี่ยวกับระดับของคอเลสเตอรอลในเลือดซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญสำหรับผู้ที่เป็นโรคหัวใจ สามารถลดลงได้เมื่อมีการบริโภคอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวต่ำ ไขมันไม่อิ่มตัวสูง และคอเลสเตอรอลต่ำ และปัจจุบันมีการเพิ่ม plant sterols และ plant stanols ในอาหารเพิ่มทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารนั้นเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับคอเลสเตอรอลที่ลดลง (IFST, 2005)

แม้คนและสัตว์จะได้รับอาหารที่มีส่วนของน้ำมันพืชเป็นองค์ประกอบแต่พบว่าแม้จะมีการบริโภค plant sterols ทุกวันในอาหารปกติ ก็พบว่าปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการหากต้องการให้มีผลต่อการลดปริมาณ คอเลสเตอรอลในเลือด ปริมาณที่แนะนำคือหากต้องการให้ระดับ คอเลสเตอรอลลดลงนั้น ร่างการคนควรได้รับ plant sterols ประมาณ 1 กรัมต่อวัน (Hendriks et al., 1999) อาจใช้ได้ทั้ง plant sterol และ plant stanol esters (IFST, 2005)

2.7 ความปลอดภัยในการใช้ plant sterol

จากงานวิจัยมากมายที่พบว่าการเสริม plant sterol แล้วทำให้มีระดับของ คอเลสเตอรอลในเลือดลดลง (Pollak and Kritchevsky, 1981; Weststrate and Meijer, 1998; Hendriks et al., 1999; Nguyen et al., 1999; Law, 2000) และเมื่อบริโภคติดต่อกัน 3 ปี ไม่พบว่าส่งผลเลวร้ายใดๆ รวมทั้ง

เมื่อศึกษาความเป็นพิษ ทั้งการดูดซึม การกระจาย เมทาบอลิซึม และการหลั่ง พบว่า plant sterols จะดูดซับโดยลำไส้ได้ต่ำมาก (1-10%) และส่วนที่ดูดซึมนี้อาจสามารถถูกกำจัดได้โดยเร็วโดยการหลั่งน้ำดี (Sanders et al., 2000)

อย่างไรก็ตามในหลายประเทศ ผลิตภัณฑ์ที่มีการเติม phytosterols, phytosterol esters, phytostanols หรือ phytostanol ester ต้องมีการระบุข้อมูลว่าได้มีการเพิ่มเติมสารเหล่านี้เข้าไปด้วย

2.8 Plant sterol ในพืช

Phytosterols ในพืชอาจพบทั้งรูปที่เป็นอิสระและไม่อิสระ (conjugated) (Loharson, 2004) พบปริมาณในน้ำมันรำข้าวและพบในรูปแบบเดียวกับที่มีรายงานในพืชน้ำมันชนิดอื่น คือ β -sitosterol โดยกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ของ sterols ในน้ำมันรำข้าวเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์เรียกรวมกันว่า orizanol (Derakhshan-Honarparvar et al., 2010)

โดย sterol esters ของ ferulic acid แสดงให้เห็นถึงการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทั้งทางสรีระและชีววิทยา (Gunstone, 2002) โดยทั้งผักและผลไม้รวมทั้งธัญพืชเป็นแหล่งของ plant sterol อย่างก็ตามปริมาณของ phytosterols เหล่านี้ในอาหารปกติยังไม่พอเพียงที่จะมีผลต่อสุขภาพได้ (Gunstone, 2002) ทำให้ต้องมีการสกัดและใส่เพิ่มเติมในอาหารต่าง ๆ เพื่อเพิ่มปริมาณ

สำหรับรำข้าว โดยปกติเป็นอาหารสำหรับสัตว์อยู่แล้ว จากการศึกษาของ Derakhshan-Honarparvar et al. (2010) ไม่พบความแตกต่างเนื่องจากพันธุ์ที่ต่างกันสำหรับ sterol รวม (2,706.176-2,722.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมรำข้าว) แต่สำหรับ campesterol (112.8-115.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมรำข้าว) β -sitosterol (1,279.95 -1,330.69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมรำข้าว) และ Δ -7-avenasterol (7.07-8.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมรำข้าว) โดยส่วนที่พบมากที่สุดคือ β -sitosterol โดยการสกัดที่ง่ายและเร็วที่สุดคือการสกัดแบบ solid phase extraction (SPE) method เมื่อเทียบกับวิธี Thin Layer Chromatography (TLC) สำหรับการทำความสะอาดสารที่บดอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน ซึ่งจะเหลืออยู่ภายหลังการทำฟอนนิฟิเคชัน (Azadmard-Damirchi and Dutta, 2006; Piironen et al, 1999; Toivo, 2000)

2.9 ผลการวิจัยการใช้เมล็ดทานตะวัน และผลพลอยได้จากเมล็ดทานตะวันเป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

2.9.1 ผลการศึกษารูปแบบการทำ by pass plant sterols และการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (ศิวพร และคณะ, 2559) ใช้แพะนมเพศผู้เจาะกระเพาะหมัก (rumen fistulated animal) น้ำหนัก 30 ± 5 กก. จำนวน 4 ตัวเพื่อทดสอบความสามารถในการย่อยสลายได้ของรูปแบบการป้องกัน Plant sterols โดยแพะเนื้อจะได้รับหญ้าสด เป็นอาหารหลักแบบเต็มที และให้อาหารข้นที่มีโปรตีนหยาบ 16 เปอร์เซ็นต์ในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวโดยปรับเป็นเวลา 14 วันก่อนทำการทดลอง มีกลุ่มการทดลองดังนี้ 1. ศึกษารูปแบบการทำบายแพส plant sterol โดยการ spray ด้วยสารเคมี เพื่อไม่ให้ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน 2. ศึกษารูปแบบการทำบายแพส plant sterol รูปของแคปซูลซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติที่จุลินทรีย์ในรูเมนไม่สามารถย่อยสลายได้ โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้ทั้ง 2 รูปแบบ ไปอบที่ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งตัวอย่างอาหารใส่ลงในล่อนที่มีขนาด 7×14 เซนติเมตร มีขนาดรู 38 ไมครอน ปริมาณถั่ว 5 กรัม แล้วนำถั่วในล่อนจุ่มลงในกระเพาะหมักทางกระบอกเจาะรูเมน (fistula) หลังจากนั้นทำการ

เก็บถุงในตอนที่เวลา 0, 2, 4, 8, 12, 24, และ 48 ชั่วโมงทำการล้างถุงในล่อนด้วยน้ำไหลจนน้ำที่ล้างใส และนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1 และผลการทดสอบการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนแสดงในตารางที่ 2

จากการศึกษาพบว่า การเตรียมเมล็ดทานตะวันเพื่อทำการสเปรย์ด้วยฟอมาดีไฮด์ และบรรจุในแคปซูลจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกัน โดยพบว่า มีวัตถุแห้งเท่ากับ 96.12 และ 98.17 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนอินทรีย์วัตถุมีค่าใกล้เคียงกันคือ 98.70 และ 98.60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และโปรตีนหยาบมีค่าเท่ากับ 22.20 และ 21.40 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Grompone (2005) ปริมาณน้ำมันในทานตะวัน และองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ จะมีปัจจัยมาจากสายพันธุ์ การจัดการแปลงปลูก และภูมิภาคที่แตกต่างกัน ทั้งนี้พบว่าปริมาณน้ำมันจะอยู่ในช่วง 29.5-50.2 เปอร์เซ็นต์ และค่าองค์ประกอบของโปรตีนหยาบในเมล็ดที่ไม่ผ่านการกะเทาะเปลือก และเมล็ดที่กะเทาะเปลือกออกแล้วจะมีค่าอยู่ในช่วง 15-20 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพราะการที่เมล็ดทานตะวันมีเปลือกห่อหุ้มที่หนานั้นจะมีผลต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีอย่างอื่นได้แก่ ผงเซลลูโลสที่หนาจะมีผลต่อการสะสมของเซลลูโลสและเฮโมเซลลูโลส จึงมีผลต่อสัดส่วนการสะสมของโปรตีนหยาบในเมล็ดทานตะวัน (Rosa et al., 2009)

ดังนั้นจึงมีนักวิจัยทั้งในอดีตและปัจจุบันให้ความสนใจกับการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันทานตะวันมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร เช่น Mlayet al. (2005); Ahmadet al.(2008) ทำการศึกษาการนำกากเมล็ดทานตะวันมาใช้ในสูตรอาหารสำหรับโคนมในการแทนที่ของเมล็ดฝ้ายในลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนกับชาฮิวาล พบว่าหลังจากทำการทดลองโดยใช้กากเมล็ดทานตะวันที่ระดับโปรตีน 18-19 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารลูกโคนมในระยะที่ 2 และระยะที่ 3 การให้น้ำนม ผลปรากฏว่าโคมีระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักตัวก็ไม่ลดลง และมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี และไม่มีผลต่อปริมาณการผลิตน้ำนมของโค แต่มีต้นทุนในการใช้กากเมล็ดทานตะวันต่ำ และนอกจากนี้ Jabbar et al. (2008) ได้ศึกษาการใช้กากเมล็ดทานตะวันเป็นส่วนหนึ่งในสูตรอาหารแกะ พบว่าในกากเมล็ดทานตะวันมี sulfur-bearing amino acids สูงกว่าในกากเมล็ดฝ้าย จึงส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น รวมทั้งคุณภาพของเนื้อที่ดีขึ้นเนื่องจากมีไขมันน้อยกว่าในสูตรอาหารปกติ

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดทานตะวันที่ใช้เพื่อการทดสอบ

รายการ	กลุ่มการทดลอง	
	T1-สเปรย์ด้วยฟอมาดีไฮด์	T2 -แคปซูล
Dry matter (DM), %	96.12	98.17
-----% of Dry matter basis-----		
Organic matter (OM)	98.7	98.60
Ash	1.32	1.41
Crude protein (CP)	22.20	21.40
Neutral detergent fiber (NDF)	39.57	39.83
Acid detergent fiber (ADF)	24.76	24.29

Dry matter = วัตถุแห้ง, Organic matter = อินทรีย์วัตถุ, Ash = เถ้ารวม, Crude protein = โปรตีนหยาบ

ตารางที่2 แสดงอัตราการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของอาหารทดลองโดยใช้เทคนิคถุงไนลอน

รายการ	กลุ่มทดลอง	
	T1-สเปรย์ด้วยฟอมาร์ติไซด์	T2 -แคปซูล
A	2.48±1.91	24.32±5.88
B	91.61±32.08	45.79±3.73
C	0.03±0.02	0.27±0.13
A+B	94.1±0.02	70.2±0.15
ED 0.02 0hr	3.73±1.32	34.43±1.36
ED 0.02 2hr	1.93±1.33	30.11±6.74
ED 0.02 4hr	0.14±1.35	31.06±1.62
ED 0.02 8hr	ND	27.68±1.93
ED 0.02 12hr	ND	24.30±2.26
ED 0.02 24hr	ND	14.17±3.34
ED 0.02 48hr	ND	ND

2.9.2 ผลการศึกษาอัตราการย่อยสลายได้ในรูเมนของกากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารแพะเนื้อ (ศิริพร และคณะ, 2559)

องค์ประกอบทางเคมีของแหล่งโปรตีนที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้แสดงในตารางที่ 3 พบว่า วัตถุดิบที่มีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 92.3-96.6 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามในส่วนของอินทรีย์วัตถุของกากเนื้อทานตะวันติดน้ำมัน (95.69 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงสุด กากทานตะวัน (91.1 เปอร์เซ็นต์) ส่วนค่าโปรตีนในกากทานตะวันมีค่าสูงสุด คือ 21.8 เปอร์เซ็นต์ จากกระบวนการเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบอาหารทดลองได้แก่การหีบน้ำมันจากเมล็ดทานตะวัน จากการเตรียมตัวอย่างดังกล่าว ทำให้ได้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันทานตะวันคือ กากเมล็ดทานตะวัน ในขณะที่ตั้งน้ำมันทานตะวันหลังหีบไว้ ณ อุณหภูมิห้องจะเกิดการตกตะกอน โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้ที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยแบ่งลักษณะของผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันทานตะวันได้ 4 รูปแบบคือ กากเนื้อทานตะวัน กากเนื้อติดน้ำมัน กากเนื้อตกตะกอน และกากเมล็ดทานตะวัน

ตารางที่3 องค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้ของทานตะวัน

องค์ประกอบทางเคมี	กากเนื้อ ทานตะวัน	กากเนื้อติด น้ำมัน	กากเนื้อ ตกตะกอน	กากทานตะวัน
วัตถุแห้ง	94.2	96.6	93.9	92.3
-----% of DM basis-----				
อินทรีย์วัตถุ	84.9	95.6	91.9	91.1
โปรตีนหยาบ	16.7	10.1	12.0	21.8
Neutral detergent fiber	-	-	-	47.8
Acid detergent fiber	-	-	-	28.3

2.9.3 ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและโปรตีนหยาบของกากทานตะวัน

ตารางที่ 4 แสดงผลของการศึกษาความสามารถในการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง และโปรตีนหยาบในกากทานตะวันเพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารแพะ พบว่า มีค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 74.1 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าการย่อยสลายได้ของโปรตีนหยาบเท่ากับ 73.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ทั้งนี้แหล่งของอาหารที่มีโปรตีนไหลผ่านสูง ส่วนใหญ่ได้มาจากกากเมล็ดธัญพืช หรือเมล็ดพืช น้ำมันที่บีบเอาน้ำมันออก โดยระดับของโปรตีนไหลผ่านจะสูงขึ้นหากผ่านกระบวนการที่ผ่านความร้อน (Schwab, 1995) ส่วน Titi (2003) ได้ศึกษาการใช้กากเมล็ดทานตะวันทดแทนแหล่งอาหารคุณภาพดีคือกากถั่วเหลือง ในอาหารแพะเนื้อและแพะนม พบว่าสามารถทดแทนกันได้ทั้งหมด โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลงแต่อย่างใด นอกจากนี้กากเมล็ดทานตะวันยังประกอบด้วยกรดอะมิโนเมทไธโอนีนที่สูงกว่ากากถั่วเหลือง (Villamide and San Juan, 2001) โปรตีนไหลผ่านยังได้จากกากเมล็ดฝ้าย ซึ่งใช้ได้ผลดีในอาหารโคนม (Paengkoum et al., 2002) และในอาหารแพะรุ่น ส่วนกากเบียร์แห้งก็สามารถใช้เป็นแหล่งของโปรตีนไหลผ่านได้ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Chiou et al., 1995) เป็นต้น

สำหรับการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยจะมีปัญหาที่สำคัญ สัตว์ได้รับอาหารที่มีคุณภาพต่ำ กล่าวคือมีความสามารถในการย่อยอาหารได้ต่ำ รวมทั้งปริมาณการกินได้ของอาหารต่ำอันเนื่องมาจากคุณภาพของอาหารหยาบต่ำ เพราะส่วนใหญ่จะใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรในการเลี้ยง ทำให้สัตว์ได้รับโปรตีนหรือไนโตรเจนและพลังงานไม่เพียงพอกับความต้องการทำให้มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต ดังนั้นในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนจึงมีความจำเป็นต้องมีการเสริมแหล่งอาหารโปรตีนและพลังงานเพื่อให้จุลินทรีย์ ในรูเมนได้รับสารอาหารเหล่านี้ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมทาโบลิซึม และได้ผลผลิตสุดท้าย (end-products) ได้แก่ กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) รวมทั้งตัวของจุลินทรีย์เองก็เป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน ซึ่งตัวสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์และสร้างเป็นผลผลิตต่อไป

ดังนั้นจึงมีการใช้กากธัญพืชบางชนิดเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งในกากธัญพืชจะมีโปรตีนไหลผ่าน (bypass protein) คือมีคุณสมบัติในการป้องกันการย่อยได้ของโปรตีนในรูเมน (rumen by-pass protein) และเมื่อสารประกอบดังกล่าวผ่านไปที่กระเพาะส่วนอะโบมาซุม (abomasums) และลำไส้เล็ก โปรตีนดังกล่าวจะถูกย่อยและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ การเสริมโปรตีนไหลผ่านสามารถเพิ่มกรดอะมิโนที่สัตว์ได้รับ

และยังสามารถ ลดการขับไนโตรเจนที่ออกมา กับมูลและปัสสาวะ ซึ่งสามารถลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้ด้วย (Tamminga, 1996) ในการทดสอบโปรตีนไหลผ่านสามารถทดสอบโดยการนำอาหารใส่ในถุงไนลอน (nylon bag technique) เพื่อวัดการย่อยได้ในสัตว์เจาะกระเพาะ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ควรนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและยังเป็นวิธีที่สามารถทดสอบโปรตีนชนิดอื่นๆ ในท้องถื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ก็เช่นเดียวกัน การนำกากเมล็ดทานตะวันมาศึกษาถึงความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและโปรตีนหยาบในส่วนของกระเพาะรูเมนนั้นพบว่า มีค่า Effective degradability ที่ flow rate 0.05 fraction/ชั่วโมง เท่ากับ 48.6 และ 46.2 ตามลำดับ

โดยผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันทานตะวันสามารถใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตสัตว์ได้หลายอย่าง เช่น การใช้ในการเลี้ยงไก่ไข่ โดย Rezaei and Hafezian (2007) ได้ศึกษาการใช้กากเมล็ดทานตะวันที่มีเยื่อใยสูงในไก่ไข่สายพันธุ์การค้ำคือ เล็กฮอร์น (Leghorn) ที่อายุ 22 สัปดาห์ โดยการใช้กากเมล็ดทานตะวันในอาหาร 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีระดับโปรตีนเท่ากันที่ 14.45 เปอร์เซ็นต์ มีการให้น้ำและอาหารตลอดเวลาระยะเวลา การให้แสง 14 ชั่วโมงต่อวัน ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าสามารถการใช้กากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหาร 10 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีความแตกต่างในด้านปริมาณอาหารที่กิน การให้ผลผลิตในแต่ละวัน

ตารางที่ 4 ความสามารถในการย่อยได้วัตถุแห้ง และโปรตีนหยาบของกากทานตะวัน

รายการ	อัตราการย่อยสลายได้ในรูเมน, %	
	การย่อยสลายได้ของสิ่งแห้ง	การย่อยสลายได้ของโปรตีน
hour after feeding		
0	18.6	18.3
4	36.8	33.8
8	52.8	50.8
16	57.2	57.7
24	68.8	66.8
48	72.0	71.4
72	78.1	70.9
ค่าคงที่		
A	17.3	18.1
B	56.8	55.2
C	0.038	0.034
A+B	74.1	73.3
Effective degradability at flow rate, fraction/hr		
0.05	48.6	46.2

A = the intercept of the degradation curve at time zero (%), B = the fraction of DM and CP which will be degraded when given sufficient time for digestion in the rumen (%),

c = a rate constant of disappearance of fraction B (h^{-1}), and

t = time of incubation (h).

ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ารูปแบบการทำ by pass plant sterols และการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดทานตะวันพบว่า ควรทำในรูปแบบของการสเปิร์ด้วยฟอร์มาลดีไฮด์ และบรรจุในแคปซูล เนื่องจากสามารถลดการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของแพะได้ ตามลำดับ โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Grompone (2005) ปริมาณน้ำมันในทานตะวัน และองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ จะมีปัจจัยมาจากสายพันธุ์ การจัดการแปลงปลูก และภูมิภาคที่แตกต่างกัน ทั้งนี้พบว่าปริมาณน้ำมันจะอยู่ในช่วง 29.5-50.2 เปอร์เซ็นต์ และค่าองค์ประกอบของโปรตีนหยาบในเมล็ดที่ไม่ผ่านการกะเทาะเปลือก และเมล็ดที่กะเทาะเปลือกออกแล้วจะมีค่าอยู่ในช่วง 15-20 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพราะการที่เมล็ดทานตะวันมีเปลือกห่อหุ้มที่หนาแน่นจะมีผลต่อค่าองค์ประกอบทางเคมีอย่างอื่นได้แก่ ผนังเซลล์ที่หนาจะมีผลต่อการสะสมของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส จึงมีผลต่อสัดส่วนการสะสมของโปรตีนหยาบในเมล็ดทานตะวัน (Rosa et al., 2009)

ดังนั้นจึงมีนักวิจัยทั้งในอดีตและปัจจุบันให้ความสนใจกับการใช้ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตน้ำมันทานตะวันมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร เช่น Mlay et al. (2005); Ahmad et al. (2008) ทำการศึกษาการนำกากเมล็ดทานตะวันมาใช้ในสูตรอาหารสำหรับโคนมในการแทนที่ของเมล็ดฝ้ายในลูกผสมไฮลอสไตร์เซียนกับชาฮิวาล พบว่าหลังจากทำการทดลองโดยใช้กากเมล็ดทานตะวันที่ระดับโปรตีน 18-19 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารลูกโคนมในระยะที่ 2 และระยะที่ 3 การให้น้ำนม ผลปรากฏว่าโคนมระดับไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักตัวก็ไม่ลดลง และมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี และไม่มีผลต่อปริมาณการผลิตน้ำนมของโคนม แต่มีต้นทุนในการใช้กากเมล็ดทานตะวันต่ำ และนอกจากนี้ Jabbar et al. (2008) ได้ศึกษาการใช้กากเมล็ดทานตะวันเป็นส่วนหนึ่งในสูตรอาหารแกะ พบว่าในกากเมล็ดทานตะวันมี sulfur-bearing amino acids สูงกว่าในกากเมล็ดฝ้าย จึงส่งผลต่ออัตราการเจริญเติบโตที่สูงขึ้น รวมทั้งคุณภาพของเนื้อที่ดีขึ้นเนื่องจากมีไขมันน้อยกว่าในสูตรอาหารปกติ

ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดทานตะวัน และผลพลอยได้จากเมล็ดทานตะวันมีความแตกต่างกันขึ้นกับ ชนิดของผลพลอยได้ที่จะนำมาใช้ประกอบสูตรอาหาร โดยสามารถแยกผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันทานตะวันได้ดังนี้ กากเนื้อทานตะวัน กากเนื้อติดน้ำมัน กากเนื้อตกตะกอน และกากทานตะวัน ทั้งนี้แหล่งของอาหารที่มีโปรตีนไหลผ่านสูง ส่วนใหญ่ได้มาจากกากเมล็ดธัญพืช หรือเมล็ดพืชน้ำมันที่บีบน้ำมันออก โดยระดับของโปรตีนไหลผ่านจะสูงขึ้นหากผ่านกระบวนการที่ผ่านความร้อน (Schwab, 1995) ส่วน Titi (2003) ได้ศึกษาการใช้กากเมล็ดทานตะวันทดแทนแหล่งอาหารคุณภาพดีคือกากถั่วเหลือง ในอาหารแพะเนื้อและแพะนม พบว่าสามารถทดแทนกันได้ทั้งหมด โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลงแต่อย่างใด นอกจากนี้กากเมล็ดทานตะวันยังประกอบด้วยกรดอะมิโนเมไทโอนีนที่สูงกว่ากากถั่วเหลือง (Villamide and San Juan, 2001) โปรตีนไหลผ่านยังได้จากกากเมล็ดฝ้าย ซึ่งใช้ได้ผลดีในอาหารโคนม (Paengkoum et al., 2002) และในอาหารแพะรุ่น ส่วนกากเบียร์แห้งก็สามารถใช้เป็นแหล่งของโปรตีนไหลผ่านได้ดีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Chiou et al., 1995) เป็นต้น

สำหรับการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยจะมีปัญหาที่สำคัญ สัตว์ได้รับอาหารที่มีคุณภาพต่ำ กล่าวคือมีความสามารถในการย่อยอาหารได้ต่ำ รวมทั้งปริมาณการกินได้ของอาหารต่ำอันเนื่องมาจากคุณภาพของอาหารหยาบต่ำเพราะส่วนใหญ่จะใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรในการเลี้ยง ทำให้สัตว์ได้รับโปรตีนหรือไนโตรเจนและพลังงานไม่เพียงพอกับความต้องการทำให้มีผลกระทบต่อการผลิตและคุณภาพของผลผลิต ดังนั้นในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนจึงมีความจำเป็นต้องมีการเสริมแหล่ง

อาหารโปรตีนและพลังงานเพื่อให้จุลินทรีย์ ในรูเมนได้รับสารอาหารเหล่านี้ เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม และได้ผลผลิตสุดท้าย (end-products) ได้แก่ กรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) รวมทั้งตัวของจุลินทรีย์เองก็เป็นแหล่งที่ดีของโปรตีน ซึ่งตัวสัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์และสร้างเป็นผลผลิตต่อไป

ดังนั้นจึงมีการใช้กากธัญพืชบางชนิดเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งในกากธัญพืชจะมีโปรตีนไหลผ่าน (by-pass protein) คือมีคุณสมบัติในการป้องกันการย่อยได้ของโปรตีนในรูเมน (rumen by-pass protein) และเมื่อสารประกอบดังกล่าวผ่านไปที่กระเพาะส่วนอะโบมาซุม (abomasums) และลำไส้เล็ก โปรตีนดังกล่าวจะถูกย่อยและดูดซึมไปใช้ประโยชน์ การเสริมโปรตีนไหลผ่านสามารถเพิ่มกรดอะมิโนที่สัตว์ได้รับ และยังสามารถ ลดการขับไนโตรเจนที่ออกมากับมูลและปัสสาวะ ซึ่งสามารถลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมได้ด้วย (Tamminga, 1996) ในการทดสอบโปรตีนไหลผ่านสามารถทดสอบโดยการนำอาหารใส่ในถุงไนลอน (nylon bag technique) เพื่อวัดการย่อยได้ในสัตว์เจาะกระเพาะ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ควรจะนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและยังเป็นวิธีที่สามารถทดสอบโปรตีนชนิดอื่นๆ ในท้องถื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ก็เช่นเดียวกัน การนำกากเมล็ดทานตะวันมาศึกษาถึงความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งและโปรตีนหยาบในส่วนของกระเพาะรูเมนนั้นพบว่า มีค่า Effective degradability ที่ flow rate 0.05 fraction/ชั่วโมง เท่ากับ 48.6 และ 46.2 ตามลำดับ

จากอดีตจนถึงปัจจุบันจะเห็นได้ว่า ผู้บริโภคเริ่มเห็นความสำคัญกับการบริโภคอาหารสุขภาพมากขึ้นตามลำดับ โดยจากการวิจัยพบว่าในเนื้อสัตว์และน้ำมันจากสัตว์เคี้ยวเอื้องประกอบด้วย conjugated linoleic acid (CLA) ในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะในเนื้อแพะ-แกะ จะมี CLA ในปริมาณที่สูงกว่าในเนื้อวัว เนื้อสุกร เนื้อไก่ เนื้อปลาเซลมอน และเนื้อไก่วงอย่างชัดเจน และเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์และยังช่วยในการป้องกันโรคต่างๆ กรดไขมันไม่อิ่มตัวพบมากในธัญพืชหรือพืชน้ำมัน เช่น ลินซีด (linseed) ดอกคำฝอย (safflower) เมล็ดทานตะวัน เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดข้าวโพด และ เมล็ดฝ้าย เป็นต้น ในการศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จาก วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีอยู่ในท้องถื่น (เมล็ดทานตะวัน) เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนอาหารและต้นทุนการผลิต รวมทั้งการศึกษาวิจัยเพื่อส่งเสริมการเลี้ยงแพะเนื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและพื้นที่ใกล้เคียง รวมถึงการจัดโปรแกรมการให้อาหารอย่างเหมาะสม การศึกษาข้อมูลในด้านลึกซึ่งเป็นการสร้างองค์ความรู้จากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ และพัฒนาผลผลิตและคุณภาพ โดยคำนึงถึงโภชนาที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคเป็นหลัก

เมื่อแพะเนื้อและแพะนมกินอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว จุลินทรีย์ในรูเมนจะเปลี่ยนกรดไขมันไม่อิ่มตัว ไปเป็นกรดไขมันอิ่มตัวเรียกว่า biohydrogenation ซึ่งแพะนมสามารถนำไปสร้างเป็นองค์ประกอบน้ำมันและเนื้อเยื่อไขมันอื่นๆในร่างกาย (Bauman et al., 2000) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแพะนมต้องการไขมันเพื่อให้ต่อมน้ำนม (mammary gland) สังเคราะห์กรดไขมัน (fatty acid) อย่างไรก็ดีตามการให้อาหารแพะนมไม่ควรให้อาหารที่มีไขมันอิ่มตัวเกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร เพราะจะมีผลต่อการย่อยได้ของเซลลูโลส ดังนั้นถ้าทำการเสริมน้ำมันที่มีกรดไขมันอิ่มตัว (short chain fatty acid) ซึ่งพบมากในน้ำมันมะพร้าวในอาหารของแพะนมสามารถเพิ่มปริมาณของไขมันในน้ำมันแพะโดยเฉพาะช่วยเพิ่มปริมาณ

กรดไขมันสายสั้นได้ ปริมาณไขมันและกรดไขมันในนมแพะในนมแพะจะมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะ Monounsaturated Fat เป็นส่วนใหญ่ และกรดไขมันสายสั้น เช่น caproic, caprylic และ capric ซึ่งเชื่อว่าสามารถ ลดการสะสมของคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดแดง ไม่ก่อให้เกิดหลอดเลือดแดงหัวใจตีบ หรือเส้นเลือดในสมองตีบด้วย

2.9.4 ความสำคัญของซีลีเนียมต่อการผลิตทานตะวัน

ซีลีเนียม (Se) เป็นธาตุอาหารรองที่สำคัญต่อร่างกายแม้ร่างกายจะต้องการเพียงปริมาณเล็กน้อย (ระดับไมโครกรัม) สำคัญทั้งต่อร่างกายมนุษย์และสัตว์ สาเหตุที่ซีลีเนียมมีความสำคัญเป็นเพราะเป็นองค์ประกอบสำคัญของเอนไซม์ กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส ซึ่งทำหน้าที่เร่งการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์รวมทั้งสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (ศรัญญา, [ออนไลน์]; Zingaro and Cooper; 1974) ซีลีเนียมยังช่วยในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค และด้านการเกิดมะเร็งเนื่องจากสัมพันธ์กับการทำงานของวิตามินอีและเบต้าแคโรทีน (Terry et al., 2000; Fordyce, 2013) ซึ่งมนุษย์จะได้รับซีลีเนียมจากการบริโภคเข้าไปทั้งทางตรงและทางอ้อมจากพืช การขาดธาตุซีลีเนียมในมนุษย์จึงเป็นผลมาจากการผลิตพืชที่ดินมีปริมาณซีลีเนียมต่ำหรือมีปริมาณการใช้ประโยชน์ได้ของพืชต่ำ (Rayman, 2012; Fordyce, 2013; Joy et al., 2015) อย่างไรก็ตามการที่ร่างกายมนุษย์และสัตว์เมื่อมีการบริโภคซีลีเนียมมากเกินไปก็สามารถก่อให้เกิดผลเสียได้ (Fairweather-Tait et al., 2011, Rayman, 2012; Fordyce, 2013) โดยมีรายงานปริมาณการได้รับที่เหมาะสมสำหรับร่างกายสำหรับผู้ใหญ่คือประมาณ 400 ไมโครกรัมซีลีเนียมต่อวัน (Institute of Medicine, 2000) ขณะที่เกิดอาการต่าง ๆ ในสัตว์ที่มีการสะสมซีลีเนียมสูง (selenosis) เมื่อได้รับซีลีเนียมในอาหารมากกว่า $1-5 \text{ mg Se kg}^{-1} \text{ dry matter}$ และส่งกระทบต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ (Dhillon and Dhillon, 2003; Fordyce, 2013)

ในพืชสามารถดูดซึมซีลีเนียมในรูปของสารอนินทรีย์ คือ โซเดียมซีลีไนด์ และโซเดียมซีลีเนต รวมทั้งสามารถเปลี่ยนโครงสร้างดังกล่าวเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยพบในรูปของ ซีลีโนเมทิลซีลีโนซิสเต ซีลีโนเมทิลซีลีเมทไธโอนีน ซีลีโนซิสทีนและซีลีเมทไธโอนีน (ศรัญญา, [ออนไลน์]; Zayed et al., 1998)

การเสริมซีลีเนียมในพืชทำได้หลายวิธี เช่น โดยการฉีดสารละลายของเกลือซีลีเนียม การเพาะเลี้ยงในสารเสริมซีลีเนียม ตัวอย่างการวิเคราะห์หาชนิดจำเพาะของซีลีเนียมในค่าน้ำออกที่เสริมซีลีเนียมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีเหลวสมรรถนะสูง-อินดักทีฟฟลักซ์เฟลพลาสมาแมสสเปกโทรเมตรี หรือ HPLC-ICP-MS (ศรัญญา, [ออนไลน์])

การสะสมซีลีเนียมในพืช

ซีลีเนียมเป็นธาตุอาหารที่สำคัญ สำหรับพืชสามารถพบการสะสมซีลีเนียมได้ในระดับสูง (White, 2015) สามารถประเมินความเข้มข้นของพืชที่ใช้ในการบริโภคโดยการวัดจากปริมาณซีลีเนียมที่ใช้ประโยชน์ได้ในดิน (Se phytoavailability in soils) ซึ่งสำคัญกว่าปริมาณซีลีเนียมทั้งหมดในดิน (Surai, 2006) แท้จริงแล้วซีลีเนียมเป็นธาตุที่ไม่จำเป็นต่อพืช โดยปริมาณซีลีเนียมที่มากเกินไปจะมีความพิษ (White, 2015) โดยพืชส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตในดินที่มีซีลีเนียมสูง (seleniferous soils) พืชที่

สามารถเจริญได้ในดินที่มีซีลีเนียมสูงจะมีการสะสมซีลีเนียมในอัตราที่น้อยกว่า $100 \text{ mg Se kg}^{-1} \text{ dry matter}$ และไม่สามารถทนต่อความเข้มข้นซีลีเนียมในเนื้อเยื่อที่สูงกว่านี้ได้ อย่างไรก็ตามบางพืชก็ทนต่อซีลีเนียมซึ่งพืชสามารถทนต่อการสะสมซีลีเนียมมากกว่า $100 \text{ mg Se kg}^{-1} \text{ dry matter}$ สำหรับพืชชนิดที่มีการสะสมซีลีเนียมได้ระหว่าง $1000-15,000 \text{ mg Se kg}^{-1} \text{ dry matter}$ เรียกว่า Se hyperaccumulators (White, 2015)

ความเข้มข้นของซีลีเนียมสูงในพืชที่กำลังเจริญเติบโตเป็นผลมาจาก 1) การมีปริมาณซีลีเนียมที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในดินสูงตามธรรมชาติ (Brown and Shrift, 1982; Ilnat, 1989) 2) การปลูกในดินที่มีปริมาณซีลีเนียมสูงซึ่งเป็นการจัดการโดยมนุษย์ (Fang and Wu, 2004; Wu, 2004) 3) พืชมีการเจริญเติบโตในดินปลูกที่มีปริมาณซีลีเนียมที่ใช้ประโยชน์ได้สูง (Garret et al., 2013; Joy et al., 2015) 4) ปลูกพืชโดยใช้ปุ๋ยซีลีเนียมทางดินหรือทางใบ (Chilimba et al., 2012; Alfthan et al., 2015) โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ซีลีเนียมให้ประสิทธิภาพในการเพิ่มธาตุซีลีเนียมในพืชกินได้

การสะสมซีลีเนียมในดินมีค่าอยู่ระหว่าง $0.01-2 \text{ mg Se kg}^{-1}$ แต่ในดินที่มีซีลีเนียมสูงตั้งแต่ต้นในทางธรณีวิทยาจะมีค่าสูงถึง $1200 \text{ mg Se kg}^{-1}$ (Pilbeam et al., 2015; White, 2015) พบว่า selenite (SeO_4^{2-}) เป็นรูปแบบที่ละลายได้ของซีลีเนียมในดินที่ผ่านการสลายตัวและพัฒนาการมานาน (oxic soil) ($\text{pH} + \text{pe} > 15$) ในขณะที่ดินปลูกส่วนใหญ่พบในรูปของ selenite (SeO_3^{2-}) ในดินที่ขาดออกซิเจนในสภาพดินเป็นกลาง ($\text{pH} + \text{pe} = 7.5-15$) เช่น กรณิดินนา (Mikkelsen et al., 1989; White et al., 2007; Fordyce, 2013; Pilbeam et al., 2015) ขณะที่ในสภาพ low redox conditions จะพบอยู่ในรูป Selenide (Se^{2-}) ($\text{pH} + \text{pe} < 7.5$) ซึ่งมักไม่ค่อยพบในดินปลูก พบว่า Selenate มีการเคลื่อนย้ายได้ดีในสารละลายดิน แต่ selenite จะเป็นรูปที่ถูกดูดซับโดย aluminium oxides/hydroxides หรือรองลงมาจะดูดซับโดยดินเหนียวหรืออินทรีย์วัตถุ (Fordyce, 2013; Pilbeam et al., 2015) ด้วยเหตุนี้ การเพิ่ม selenate จะพบการสะสมซีลีเนียมในพืชได้ปานกลาง ขณะที่ selenite จะถูกจับยึดโดยปุ๋ยได้นานกว่า (Broadley et al., 2006; Fordyce, 2013; Pilbeam et al., 2015; White, 2015)

โดยทั่วไปแล้วซีลีเนียมไม่ได้เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับพืชมีดอก (angiosperms) แม้ว่าซีลีเนียมจะช่วยทั้งส่งเสริมการเจริญเติบโต หรือช่วยให้พืชทนต่อปัจจัยต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดความเครียด (oxidative stress) ต้านทานโรคและแมลงก็ตาม (El Mehdawi and Pilon-Smits, 2012; Feng et al., 2013; White, 2015) สามารถแบ่งพืชดอกต่อการสะสมซีลีเนียมได้สามกลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มไม่สะสม (non-accumulator species) 2) กลุ่มที่บ่งชี้ว่ามีซีลีเนียมได้ (Se-indicator species) และ 3) กลุ่มที่สะสมซีลีเนียม (Se-accumulator species) โดยพืชมีดอกเกือบทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่มไม่สะสมซีลีเนียม พบว่าทั้งสามกลุ่มมีรายงานว่าไม่สามารถทนต่อปริมาณซีลีเนียมที่พบในเนื้อเยื่อได้มากกว่า $10-100 \text{ ไมโครกรัม ซีลีเนียมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง}$ รวมทั้งไม่สามารถทนได้ในสภาพ seleniferous soils (White et al., 2004; Dhillon and Dhillon, 2009; Fordyce, 2013) แต่ในกลุ่มที่สามารถบ่งชี้ว่ามีซีลีเนียม เนื้อเยื่อสามารถทนการสะสมซีลีเนียมได้ $1 \text{ mg Se g}^{-1} \text{ DM}$ และพบได้ทั้งในดินแบบ non-seleniferous และ seleniferous soils (Rosenfeld and Beath, 1964; Moreno Rodriguez et al., 2005) โดยเนื้อเยื่อที่

สะสมซีลีเนียมของพืชกลุ่มที่บ่งชี้การมีซีลีเนียมนี้จะสัมพันธ์กับปริมาณซีลีเนียมที่ใช้ได้ในดิน หรือสามารถใช้บ่งชี้ปริมาณซีลีเนียมที่พืชประโยชน์ได้ในดินนั่นเอง (Baker, 1981 cited by White, 2015) ขณะที่กลุ่มที่สะสมซีลีเนียมจะพบจำกัดในดินแบบ seleniferous soils มีการสะสมที่ใบเกิน $1 \text{ mg Se g}^{-1} \text{ DM}$ (Brown and Shrift, 1982) กลุ่มที่สามารถสะสมซีลีเนียมได้มาก (Se-hyperaccumulators) คือมีการสะสมที่ใบมากกว่า $1 \text{ mg Se g}^{-1} \text{ DM}$ (Reeves and Baker, 2000; van der Ent et al., 2013) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มสะสมซีลีเนียม (White, 2015)

พืชหลายชนิดในพืชวงศ์ (Family) Asteraceae (วงศ์ทานตะวัน), Brassicaceae (วงศ์ผักกาด) และ Fabaceae (วงศ์ถั่ว) มีการสะสมซีลีเนียมในส่วนของเซลล์ใบได้แก่ trichomes และ epidermal cell (Freedman et al., 2006, 2010; El Mehdaoui and Pilon-Smits, 2012) ขณะที่บางชนิดในวงศ์ Lecythidaceae (วงศ์จิก) มีการสะสมซีลีเนียมในผลและเมล็ด (Chang et al., 1995; Hammel et al., 1996; Dernovics et al., 2007)

การดูดใช้ซีลีเนียม และการถ่ายเทรวมทั้งกระบวนการเมแทบอลิซึมในพืช

รากพืชสามารถดูดใช้ซีลีเนียมในรูป selenate (SeO_4^{2-}), selenite (SeO_3^{2-} ; HSeO_3^- ; H_2SeO_3) หรือในรูป organoselenium compounds ได้แก่ selenocysteine (SeCys) และ selenomethionine (SeMet) แต่ไม่สามารถดูดใช้ในรูป colloidal elemental Se หรือ metal selenides ได้ (White and Broadley, 2009) มีรายงานในพืช Arabidopsis ที่ว่า Selenate จะมีการดูดใช้โดยเซลล์รากจาก rhizosphere ที่ถูก catalysed โดยตัวขนย้ายที่สามารถจับกับ sulphate ได้ดี (Gigolashvili and Kopriva, 2014; White, 2015) ในพืชแต่ละชนิดจะมีตัวขนส่งที่ทำหน้าที่ catalyzed การดูดใช้ซีลีเนียมที่แตกต่างกันออกไป (Zhang et al., 2014; White, 2015) ซึ่งตัวขนย้ายซีลีเนียมอาจเป็นตัวเดียวกันกับที่ขนย้ายธาตุอื่น ๆ เช่นในข้าวตัวขนย้ายที่ช่วยในการดูดใช้ cysteine และ methionine ในพืชอาจช่วยในการขนย้าย SeCys และ SeMet (Tegader, 2012) มีรายงานว่า การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับรากจะแสดงออกได้ดีเมื่อพืชอยู่ในสภาพขาดซัลเฟอร์ (S) ในพืชกลุ่มที่ไม่สะสมซีลีเนียมและกลุ่มหรือชนิดที่บ่งชี้ได้ว่ามีซีลีเนียม (Schiavon et al., 2015) หรือในสภาพที่มีซีลีเนียมเพิ่มสูงขึ้น (Inostroza-Blancheteau et al., 2013; White, 2015) โดยในรากของพืชชนิดที่มีการสะสมซีลีเนียมสูงจะมีการแสดงออกของยีนเหล่านั้นสูง (Freeman et al., 2010; Cabannes et al., 2011; Schiavon et al., 2015) พบว่าการแสดงออกของยีนที่เพิ่มขึ้นทำให้รากสามารถดูดใช้ได้ทั้ง sulphate และ selenate ในสภาพที่พืชขาดซัลเฟอร์และมากกว่าในสภาพที่มีซัลเฟอร์สูง (Hsu et al., 2011; Zhang et al., 2014; White, 2015) มีการศึกษาที่พบว่าการสะสมของ Se/S ในยอดสำหรับพืชกลุ่มที่ทนต่อการสะสมซีลีเนียม และสูงกว่าการสะสมในพืชกลุ่มอื่น (Harris et al., 2014; DeTar et al., 2015; Schiavon et al., 2015) มีการศึกษาที่พบว่าในพืชกลุ่มที่สะสมซีลีเนียม plasma membrane ของรากจะเลือกการเลือกผ่านของ selenate ขณะที่ในพืชดอกชนิดอื่นจะเลือกดูดใช้ sulphate (Cabannes et al., 2011)

Selenite จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเพื่อเปลี่ยนไปอยู่ในรูป organoselenium compounds ในราก ขณะที่ selenate จะมีการขนย้ายไปยัง xylem (White et al., 2004; Li et al.,

2008) แต่ถ้าเป็นซีลีเนียมในรูปของ SeMet และ selenomethionine Se-oxide (SeOMet) จะมีการขนย้ายจำกัดใน xylem (Li et al., 2008) ด้วยเหตุนี้ อาจกล่าวได้ว่าการชักนำทั้งให้พืชขาดซีลีเฟอร์ไปพร้อมกับการเพิ่มความเข้มข้นของซีลีเนียม (Van Hoewyk et al., 2005; Gigolashvili and Kopriva, 2014)

พบการเปลี่ยนรูปจาก selenate ไปเป็น selenite ในกระบวนการ assimilation หรือการใช้ Se ไปเป็น organic compounds (Pilon-Smits et al., 2009) ซึ่งใน transgenic plant ที่มีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับ ATPs ในพืชจะพบการสะสม organic Se ที่ใบพืช (Sors et al., 2005a) สำหรับ selenite จะถูกเปลี่ยนไปเป็น selenide โดยเอนไซม์ sulphite reductase (Pilon-Smits, 2012) หรือที่ไม่ใช่เอนไซม์โดย reduced glutathione (Terry et al., 2000) และ serine และ selenide จะสามารถถูก catalyzed เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ selenocysteine (SeCys) (Ogra and Anan, 2012; Pilon-Smits, 2012) และ SeCys เป็นส่วนในการสังเคราะห์ Selenomethionine (SeMet) เช่นกัน (White, 2015) ซึ่ง SeMet นี้เป็นรูปของซีลีเนียมที่พบมากในเมล็ดที่กินได้และธัญพืช (White, 2015) ขณะที่ในพืชกลุ่มที่ไม่สะสมซีลีเนียมในระดับสูงจะพบซีลีเนียมในรูปของ Selenocystathionine รวมทั้งสามารถพบได้ในหลายๆ เนื้อเยื่อของพืชกลุ่มที่มีการสะสมซีลีเนียมได้ในระดับสูง (Birringer et al., 2002; Ferri et al., 2004) มีการศึกษาที่พบว่า การสะสมซีลีเนียมที่รากและยอดของบางพืชที่สะสมซีลีเนียมได้สูงจะอยู่ในรูปของ selenocystine (SeCys₂) (Yuan et al., 2013) ในทางตรงกันข้ามความเป็นพิษของซีลีเนียม คือการไปแทนที่ cysteine (Cys) และ methionine (Met) ในโปรตีนด้วย SeCys และ SeMet (Brown and Shrift, 1982; Van Hoewyk, 2013) และ SeCys จะไปทำให้เกิด disulphide bridge ซึ่งจำเป็นต่อโครงสร้างโปรตีนและหน้าที่ของโปรตีน และการแทนที่ cysteine ด้วย SeCys ในบริเวณ active site ของเอนไซม์ทำให้การทำงานลดประสิทธิภาพลง (Brown and Shrift, 1982; Van Hoewyk, 2013) แต่ในพืชที่มีความทนทานต่อการสะสมซีลีเนียมจะมีการเปลี่ยน SeCys และ SeMet ไปอยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษหรือรูป volatile Se metabolites (Sors et al., 2005b; Van Hoewyk, 2013)

การใส่ปุ๋ยสามารถใช้ได้ทั้ง selenate หรือ selenite ในการปลูกพืช (Rayman et al., 2008; Zhu et al., 2009; Shao et al., 2014; Thosaikham et al., 2014) พบความเข้มข้นของซีลีเนียมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในใบพืชอ่อนและเพิ่มขึ้นสูงสุดระหว่างต้นอ่อนโต จากนั้นจะมีค่าลดลงก่อนหรือเมื่อเข้าสู่ระยะออกดอก จากนั้นซีลีเนียมจะถูกถ่ายโอนจากไปยังส่วนสืบพันธุ์ (White et al., 2007; Cappa et al., 2014; Harris et al., 2014) โดย selenium จะมีการกระจายได้อีกใน phloem ได้ในรูปของ selenate และ organoselenium compounds SeMet และ SeMSeCys (Carey et al., 2012) ในเซลล์พืชส่วนใหญ่จะมีการสะสม selenate ที่ vacuoles สำหรับพืชกลุ่มที่ไม่สะสมซีลีเนียมเมื่อมีการใส่ปุ๋ย selenite จะมีการขนย้ายไปยังยอดและต่อไปไปยัง vacuoles ของเซลล์ใน vasculature และ leaf mesophyll (Ximénez-Embún et al., 2004; Mazej et al., 2008) อย่างไรก็ตามพบว่าการสะสมซีลีเนียมเช่นกันในเมล็ดข้าวสาลีจากการสะสมซีลีเนียม (Shinmachi et al., 2010) ในพืชมีรายงานว่า การสะสมซีลีเนียมจะป้องกันโรคและศัตรูเข้าทำงานได้ (El Mehdawi and Pilon-Smits, 2012)

อย่างไรก็ตามมีบางการศึกษาที่พบว่าเมื่อมีความสัมพันธ์ทางลบระหว่างความเข้มข้นของซีลีเนียมกับผลผลิตเมล็ดจากพันธุ์กรรมต่าง ๆ ที่ศึกษา เช่นในข้าวสาลี (Murphy et al., 2008) และในธัญพืช และพืชตระกูลถั่วพบการมีระดับการสะสมซีลีเนียมแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อการสะสมซีลีเนียมสูงกว่าอิทธิพลของพันธุ์กรรม (Eurola et al., 2004; Norton et al., 2012; Ray et al., 2014) อย่างไรก็ตามต้องพิจารณากลุ่มพืชถึงระดับการทนทานต่อซีลีเนียมด้วย

ความสำคัญของซีลีเนียม

ซีลีเนียม (Se) เป็นธาตุอาหารรองที่สำคัญต่อร่างกายแม้ร่างกายจะต้องการเพียงปริมาณเล็กน้อย (ระดับไมโครกรัม) สำคัญทั้งต่อร่างกายมนุษย์และสัตว์ สาเหตุที่ซีลีเนียมมีความสำคัญเป็นเพราะเป็นองค์ประกอบสำคัญของเอนไซม์ กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส ซึ่งทำหน้าที่เร่งการทำลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์รวมทั้งสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (ศรีัญญา, [ออนไลน์]; Zingaro and Cooper; 1974) ซีลีเนียมยังช่วยในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค และด้านการเกิดมะเร็งเนื่องจากสัมพันธ์กับการทำงานของวิตามินอีและเบต้าแคโรทีน (Terry et al., 2000; Fordyce, 2013) ซึ่งมนุษย์จะได้รับซีลีเนียมจากการบริโภคเข้าไปทั้งทางตรงและทางอ้อมจากพืช การขาดธาตุซีลีเนียมในมนุษย์จึงเป็นผลมาจากการผลิตพืชที่ดินมีปริมาณซีลีเนียมต่ำหรือมีปริมาณการใช้ประโยชน์ได้ของพืชต่ำ (Rayman, 2012; Fordyce, 2013; Joy et al., 2015) อย่างไรก็ตามการที่ร่างกายมนุษย์และสัตว์เมื่อมีการบริโภคซีลีเนียมมากเกินไปก็สามารถก่อให้เกิดผลเสียได้ (Fairweather-Tait et al., 2011, Rayman, 2012; Fordyce, 2013) โดยมีรายงานปริมาณการได้รับที่เหมาะสมสำหรับร่างกายสำหรับผู้ใหญ่คือประมาณ 400 ไมโครกรัมซีลีเนียมต่อวัน (Institute of Medicine, 2000) ขณะที่เกิดอาการต่าง ๆ ในสัตว์ที่มีการสะสมซีลีเนียมสูง (selenosis) เมื่อได้รับซีลีเนียมในอาหารมากกว่า $1\text{--}5 \text{ mg Se kg}^{-1} \text{ dry matter}$ และส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของสัตว์ (Dhillon and Dhillon, 2003; Fordyce, 2013)

ในพืชสามารถดูดซึมซีลีเนียมในรูปของสารอนินทรีย์ คือ โซเดียมซีลีไนท์ และโซเดียมซีลีเนต รวมทั้งสามารถเปลี่ยนโครงสร้างดังกล่าวเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยพบในรูปของ ซีลีโนเมทิลซีลีโนซิสเต ซีลีโนเมทิลซีลีเมไทโอนีน ซีลีโนซิสทีนและซีลีเมไทโอนีน (ศรีัญญา, [ออนไลน์]; Zayed et al., 1998)

การเสริมซีลีเนียมในพืชทำได้หลายวิธี เช่น โดยการฉีดสารละลายของเกลือซีลีเนียม การเพาะเลี้ยงในสารเสริมซีลีเนียม ตัวอย่างการวิเคราะห์หาชนิดจำเพาะของซีลีเนียมในค่าน้ำออกที่เสริมซีลีเนียมด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีเหลวสมรรถนะสูง-อินดักทีฟพลาสมาแมสสเปกโตรเมตรี หรือ HPLC-ICP-MS (ศรีัญญา, [ออนไลน์])

การสะสมซีลีเนียมในพืช

ซีลีเนียมเป็นธาตุอาหารที่สำคัญ สำหรับพืชสามารถพบการสะสมซีลีเนียมได้ในระดับสูง (White, 2015) สามารถประเมินความเข้มข้นของพืชที่ใช้ในการบริโภคโดยการวัดจากปริมาณซีลีเนียมที่ใช้ประโยชน์ได้ในดิน (Se phytoavailability in soils) ซึ่งสำคัญกว่าปริมาณซีลีเนียมทั้งหมดในดิน (Surai,

2006) แท้จริงแล้วซีลีเนียมเป็นธาตุที่ไม่จำเป็นต่อพืช โดยปริมาณซีลีเนียมที่มากเกินไปจะมีความพิษ (White, 2015) โดยพืชส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตในดินที่มีซีลีเนียมสูง (seleniferous soils) พืชที่สามารถเจริญได้ในดินที่มีซีลีเนียมสูงจะมีการสะสมซีลีเนียมในอัตราที่น้อยกว่า $100 \text{ mg Se kg}^{-1} \text{ dry matter}$ และไม่สามารถทนต่อความเข้มข้นซีลีเนียมในเนื้อเยื่อที่สูงกว่านี้ได้ อย่างไรก็ตามบางพืชก็ทนต่อซีลีเนียมซึ่งพืชสามารถทนต่อการสะสมซีลีเนียมมากกว่า $100 \text{ mg Se kg}^{-1} \text{ dry matter}$ สำหรับพืชชนิดที่มีการสะสมซีลีเนียมได้ระหว่าง $1000\text{-}15,000 \text{ mg Se kg}^{-1} \text{ dry matter}$ เรียกว่า Se hyperaccumulators (White, 2015)

ความเข้มข้นของซีลีเนียมสูงในพืชที่กำลังเจริญเติบโตเป็นผลมาจาก 1) การมีปริมาณซีลีเนียมที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในดินสูงตามธรรมชาติ (Brown and Shrift, 1982; Ilnat, 1989) 2) การปลูกในดินที่มีปริมาณซีลีเนียมสูงซึ่งเป็นการจัดการโดยมนุษย์ (Fang and Wu, 2004; Wu, 2004) 3) พืชมีการเจริญเติบโตในดินปลูกที่มีปริมาณซีลีเนียมที่ใช้ประโยชน์ได้สูง (Garret et al., 2013; Joy et al., 2015) 4) ปลูกพืชโดยใช้ปุ๋ยซีลีเนียมทางดินหรือทางใบ (Chilimba et al., 2012; Alfthan et al., 2015) โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยอนินทรีย์ซีลีเนียมให้ประสิทธิภาพในการเพิ่มธาตุซีลีเนียมในพืชกินได้

การสะสมซีลีเนียมในดินมีค่าอยู่ระหว่าง $0.01\text{-}2 \text{ mg Se kg}^{-1}$ แต่ในดินที่มีซีลีเนียมสูงตั้งแต่ต้นในทางธรณีวิทยาจะมีค่าสูงถึง $1200 \text{ mg Se kg}^{-1}$ (Pilbeam et al., 2015; White, 2015) พบว่า selenite (SeO_4^{2-}) เป็นรูปแบบที่ละลายได้ของซีลีเนียมในดินที่ผ่านการสลายตัวและพัฒนาการมานาน (oxic soil) ($\text{pH} + \text{pe} > 15$) ในขณะที่ดินปลูกส่วนใหญ่พบในรูปของ selenite (SeO_3^{2-}) ในดินที่ขาดออกซิเจนในสภาพดินเป็นกลาง ($\text{pH} + \text{pe} = 7.5\text{-}15$) เช่น กรณิดินนา (Mikkelsen et al., 1989; White et al., 2007; Fordyce, 2013; Pilbeam et al., 2015) ขณะที่ในสภาพ low redox conditions จะพบอยู่ในรูป Selenide (Se^{2-}) ($\text{pH} + \text{pe} < 7.5$) ซึ่งมักไม่ค่อยพบในดินปลูก พบว่า Selenate มีการเคลื่อนย้ายได้ดีในสารละลายดิน แต่ selenite จะเป็นรูปที่ถูกดูดซับโดย aluminium oxides/hydroxides หรือรองลงมาจะดูดซับโดยดินเหนียวหรืออินทรีย์วัตถุ (Fordyce, 2013; Pilbeam et al., 2015) ด้วยเหตุนี้ การเพิ่ม selenate จะพบการสะสมซีลีเนียมในพืชได้ปานกลาง ขณะที่ selenite จะถูกจับยึดโดยปุ๋ยได้นานกว่า (Broadley et al., 2006; Fordyce, 2013; Pilbeam et al., 2015; White, 2015)

โดยทั่วไปแล้วซีลีเนียมไม่ได้เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับพืชมีดอก (angiosperms) แม้ว่าซีลีเนียมจะช่วยทั้งส่งเสริมการเจริญเติบโต หรือช่วยให้พืชทนต่อปัจจัยต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดความเครียด (oxidative stress) ด้านทานโรคและแมลงก็ตาม (El Mehdawi and Pilon-Smits, 2012; Feng et al., 2013; White, 2015) สามารถแบ่งพืชต่อการสะสมซีลีเนียมได้สามกลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มไม่สะสม (non-accumulator species) 2) กลุ่มที่บ่งชี้ว่ามีซีลีเนียมได้ (Se-indicator species) และ 3) กลุ่มที่สะสมซีลีเนียม (Se-accumulator species) โดยพืชมีดอกเกือบทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่มไม่สะสมซีลีเนียม พบว่าทั้งสามกลุ่มมีรายงานว่าไม่สามารถทนต่อปริมาณซีลีเนียมที่พบในเนื้อเยื่อได้มากกว่า $10\text{-}100 \text{ ไมโครกรัม ซีลีเนียมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง}$ รวมทั้งไม่สามารถทนได้ในสภาพ seleniferous soils (White et al., 2004; Dhillon and Dhillon, 2009; Fordyce, 2013) แต่ในกลุ่มที่สามารถบ่งชี้ว่ามีซีลีเนียม เนื้อเยื่อสามารถ

ทนการสะสมซีลีเนียมได้ $1 \text{ mg Se g}^{-1} \text{ DM}$ และพบได้ทั้งในดินแบบ non-seleniferous และ seleniferous soils (Rosenfeld and Beath, 1964; Moreno Rodriguez et al., 2005) โดยเนื้อเยื่อที่สะสมซีลีเนียมของพืชกลุ่มที่บ่งชี้การมีซีลีเนียมนี้จะสัมพันธ์กับปริมาณซีลีเนียมที่ใช้ได้ในดิน หรือสามารถใช้บ่งชี้ปริมาณซีลีเนียมที่ใช้ประโยชน์ได้ในดินนั่นเอง (Baker, 1981 cited by White, 2015) ขณะที่กลุ่มที่สะสมซีลีเนียมจะพบจำกัดในดินแบบ seleniferous soils มีการสะสมที่ไเกิน $1 \text{ mg Se g}^{-1} \text{ DM}$ (Brown and Shrift, 1982) กลุ่มที่สามารถสะสมซีลีเนียมได้มาก (Se-hyperaccumulators) คือมีการสะสมที่ไ่มากกว่า $1 \text{ mg Se g}^{-1} \text{ DM}$ (Reeves and Baker, 2000; van der Ent et al., 2013) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มสะสมซีลีเนียม (White, 2015)

พืชหลายชนิดในพืชวงศ์ (Family) Asteraceae (วงศ์ทานตะวัน), Brassicaceae (วงศ์ผักกาด) และ Fabaceae (วงศ์ถั่ว) มีการสะสมซีลีเนียมในส่วนของเซลล์ใบได้แก่ trichomes และ epidermal cell (Freedman et al., 2006, 2010; El Mehdawi and Pilon-Smits, 2012) ขณะที่บางชนิดในวงศ์ Lecythidaceae (วงศ์จิก) มีการสะสมซีลีเนียมในผลและเมล็ด (Chang et al., 1995; Hammel et al., 1996; Dernovics et al., 2007)

การดูดใช้ซีลีเนียม และการถ่ายเทรวมทั้งกระบวนการเมแทบอลิซึมในพืช

รากพืชสามารถดูดใช้ซีลีเนียมในรูป selenate (SeO_4^{2-}), selenite (SeO_3^{2-} ; HSeO_3^- ; H_2SeO_3) หรือในรูป organoselenium compounds ได้แก่ selenocysteine (SeCys) และ selenomethionine (SeMet) แต่ไม่สามารถดูดใช้ในรูป colloidal elemental Se หรือ metal selenides ได้ (White and Broadley, 2009) มีรายงานในพืช Arabidopsis ที่ว่า Selenate จะมีการดูดใช้โดยเซลล์รากจาก rhizosphere ที่ถูก catalysed โดยตัวขนย้ายที่สามารถจับกับ sulphate ได้ดี (Gigolashvili and Kopriva, 2014; White, 2015) ในพืชแต่ละชนิดจะมีตัวขนส่งที่ทำหน้าที่ catalyzed การดูดใช้ซีลีเนียมที่แตกต่างกันออกไป (Zhang et al., 2014; White, 2015) ซึ่งตัวขนย้ายซีลีเนียมอาจเป็นตัวเดียวกันกับที่ขนย้ายธาตุอื่น ๆ เช่นในข้าวตัวขนย้ายที่ช่วยในการดูดใช้ cysteine และ methionine ในพืชอาจช่วยในการขนย้าย SeCys และ SeMet (Tegader, 2012) มีรายงานว่า การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับรากจะแสดงออกได้ดีเมื่อพืชอยู่ในสภาพขาดซัลเฟอร์ (S) ในพืชกลุ่มที่ไม่สะสมซีลีเนียมและกลุ่มหรือชนิดที่บ่งชี้ได้ว่ามีซีลีเนียม (Schiavon et al., 2015) หรือในสภาพที่มีซีลีเนียมเพิ่มสูงขึ้น (Inostroza-Blancheteau et al., 2013; White, 2015) โดยในรากของพืชชนิดที่มีการสะสมซีลีเนียมสูงจะมีการแสดงออกของยีนเหล่านั้นสูง (Freeman et al., 2010; Cabannes et al., 2011; Schiavon et al., 2015) พบว่าการแสดงออกของยีนที่เพิ่มขึ้นทำให้รากสามารถดูดใช้ได้ทั้ง sulphate และ selenate ในสภาพที่พืชขาดซัลเฟอร์และมากกว่าในสภาพที่มีซัลเฟอร์สูง (Hsu et al., 2011; Zhang et al., 2014; White, 2015) มีการศึกษาที่พบว่า การสะสมของ Se/S ในยอดสำหรับพืชกลุ่มที่ทนต่อการสะสมซีลีเนียม และสูงกว่าการสะสมในพืชกลุ่มอื่น (Harris et al., 2014; DeTar et al., 2015; Schiavon et al., 2015) มีการศึกษาที่พบว่าในพืชกลุ่มที่สะสมซีลีเนียม plasma membrane ของรากจะเลือกการเลือกผ่านของ selenate ขณะที่ในพืชดอกชนิดอื่นจะเลือกดูดใช้ sulphate (Cabannes et al., 2011)

Selenite จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเพื่อเปลี่ยนไปอยู่ในรูป organoselenium compounds ในราก ขณะที่ selenate จะมีการขนย้ายไปยัง xylem (White et al., 2004; Li et al., 2008) แต่ถ้าเป็นซีลีเนียมในรูปของ SeMet และ selenomethionine Se-oxide (SeOMet) จะมีการขนย้ายจำกัดใน xylem (Li et al., 2008) ด้วยเหตุนี้ อาจกล่าวได้ว่าการชักนำทั้งให้พืชขาดซัลเฟอร์ไปพร้อมกับการเพิ่มความเข้มข้นของซีลีเนียม (Van Hoewyk et al., 2005; Gigolashvili and Kopriva, 2014)

พบการเปลี่ยนรูปจาก selenate ไปเป็น selenite ในกระบวนการ assimilation หรือการใช้ Se ไปเป็น organic compounds (Pilon-Smits et al., 2009) ซึ่งใน transgenic plant ที่มีการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับ ATPs ในพืชจะพบการสะสม organic Se ที่ใบพืช (Sors et al., 2005a) สำหรับ selenite จะถูกเปลี่ยนไปเป็น selenide โดยเอนไซม์ sulphite reductase (Pilon-Smits, 2012) หรือที่ไม่ใช่เอนไซม์โดย reduced glutathione (Terry et al., 2000) และ serine และ selenide จะสามารถถูก catalyzed เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ selenocysteine (SeCys) (Ogra and Anan, 2012; Pilon-Smits, 2012) และ SeCys เป็นส่วนในการสังเคราะห์ Selenomethionine (SeMet) เช่นกัน (White, 2015) ซึ่ง SeMet นี้เป็นรูปของซีลีเนียมที่พบมากในเมล็ดที่กินได้และธัญพืช (White, 2015) ขณะที่ในพืชกลุ่มที่ไม่สะสมซีลีเนียมในระดับสูงจะพบซีลีเนียมในรูปของ Selenocystathionine รวมทั้งสามารถพบได้ในหลายๆ เนื้อเยื่อของพืชกลุ่มที่มีการสะสมซีลีเนียมได้ในระดับสูง (Birringer et al., 2002; Ferri et al., 2004) มีการศึกษาที่พบว่ามีการสะสมซีลีเนียมที่รากและยอดของบางพืชที่สะสมซีลีเนียมได้สูงจะอยู่ในรูปของ selenocystine (SeCys₂) (Yuan et al., 2013) ในทางตรงกันข้ามความเป็นพิษของซีลีเนียม คือการไปแทนที่ cysteine (Cys) และ methionine (Met) ในโปรตีนด้วย SeCys และ SeMet (Brown and Shrift, 1982; Van Hoewyk, 2013) และ SeCys จะไปทำให้เกิด disulphide bridge ซึ่งจำเป็นต่อโครงสร้างโปรตีนและหน้าที่ของโปรตีน และการแทนที่ cysteine ด้วย SeCys ในบริเวณ active site ของเอนไซม์ทำให้การทำงานลดประสิทธิภาพลง (Brown and Shrift, 1982; Van Hoewyk, 2013) แต่ในพืชที่มีความทนทานต่อการสะสมซีลีเนียมจะมีการเปลี่ยน SeCys และ SeMet ไปอยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษหรือรูป volatile Se metabolites (Sors et al., 2005b; Van Hoewyk, 2013)

การใส่ปุ๋ยสามารถใช้ได้ทั้ง selenate หรือ selenite ในการปลูกพืช (Rayman et al., 2008; Zhu et al., 2009; Shao et al., 2014; Thosaikham et al., 2014) พบความเข้มข้นของซีลีเนียมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในใบพืชอ่อนและเพิ่มขึ้นสูงสุดระหว่างต้นอ่อนโต จากนั้นจะมีค่าลดลงก่อนหรือเมื่อเข้าสู่ระยะออกดอก จากนั้นซีลีเนียมจะถูกถ่ายโอนจากไปยังส่วนสืบพันธุ์ (White et al., 2007; Cappa et al., 2014; Harris et al., 2014) โดย selenium จะมีการกระจายได้อีกใน phloem ได้ในรูปของ selenate และ organoselenium compounds SeMet และ SeMSeCys (Carey et al., 2012) ในเซลล์พืชส่วนใหญ่จะมีการสะสม selenate ที่ vacuoles สำหรับพืชกลุ่มที่ไม่สะสมซีลีเนียมเมื่อมีการใส่ปุ๋ย selenite จะมีการขนย้ายไปยังยอดและต่อไปไปยังที่ vacuoles ของเซลล์ใน vasculature และ leaf mesophyll (Ximénez-Embún et al., 2004; Mazej et al., 2008) อย่างไรก็ตามพบว่ามีมีการสะสมซีลีเนียมเช่นกันในเมล็ดข้าวสาลีจากการสะสมซีลีเนียม (Shinmachi et al., 2010) ในพืชมีรายงานว่ามีการสะสมซีลีเนียมจะป้องกันโรคและสัตว์เข้าทำงานได้ (El Mehdaoui and Pilon-Smits, 2012)

อย่างไรก็ตามมีบางการศึกษาที่พบว่าเมื่อมีความสัมพันธ์ทางลบระหว่างความเข้มข้นของซีลีเนียมกับผลผลิตเมล็ดจากพันธุ์กรรมต่าง ๆ ที่ศึกษา เช่นในข้าวสาลี (Murphy et al., 2008) และในธัญพืช และพืชตระกูลถั่วพบการมีระดับการสะสมซีลีเนียมแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยสิ่งแวดล้อมส่งผลต่อการสะสมซีลีเนียมสูงกว่าอิทธิพลของพันธุ์กรรม (Eurola et al., 2004; Norton et al., 2012; Ray et al., 2014) อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาในกลุ่มพืชถึงระดับการทนทานต่อซีลีเนียมด้วย

ซีลีเนียมในดิน

การที่ทั้งมนุษย์และสัตว์ได้รับซีลีเนียมน้อยมีพื้นฐานมาจากดิน เนื่องจากการมีซีลีเนียมในดินต่ำ (Oldfield, 1995) ซึ่งพบว่าปกติแล้วในดินมีซีลีเนียมต่ำ คือต่ำกว่า 0.6 mg/kg (Oldfield, 1998; Gupta and Gupta, 2000) เรียกว่า Keshan disease และ Kashin-Beck disease คือพบการระบาดของโรคที่เกิดจากการขาดธาตุซีลีเนียม (Ježek et al., 2012) แต่ถ้าในดินมีปริมาณซีลีเนียมสูงกว่า 3 mg/kg ถือได้ว่ามีซีลีเนียมในระดับที่สูง เรียกว่า selenosis occur (Tan et al., 2002) ปัจจุบันมีการใช้ปุ๋ยที่มีซีลีเนียมเพื่อเพิ่มธาตุซีลีเนียมในดิน เช่นใน Finland มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารที่มีซีลีเนียมสูงในรูปของ sodium selenate (Na_2SeO_4) ในอัตรา 10 mg Se/kg ของปุ๋ย (Aspila, 2005) อย่างไรก็ตาม ประมาณ 50-30% ของซีลีเนียมนี้ใส่ลงไปในดินจะสามารถใช้ประโยชน์ได้ ส่วนที่เหลือจะอาจถูกชะล้าง ปลดปล่อยไปในอากาศผ่านการระเหย (Eich-Greathorex et al., 2007)

อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าสภาพภูมิอากาศส่งผลต่อปริมาณซีลีเนียมในดินด้วย มีรายงานทกกล่าวว่าในสภาพดินที่เขตชื้น กึ่งชื้นในเขตร้อนชื้น และกึ่งร้อนชื้น จะมีปริมาณซีลีเนียมในน้ำค่อนข้างสูง (>0.3 mg/kg of soil) สูงกว่าดินในเขตทะเลทรายที่มีซีลีเนียมในน้ำเท่ากับ 0.14-0.3 mg/kg of soil (Tan et al., 2002) การใช้ซีลีเนียมในดินในรูปของอนินทรีย์มีหลายรูปแบบ ทั้งแบบพื้นฐาน (elementary selenium; Se^0), selenide (Se^{2-}), selenite (SeO_3^{2-}), selenate (SeO_4^{2-}) และในรูปของปุ๋ยอินทรีย์ เช่น Selenium methionine (Se-met) (Ježek et al., 2012; Kopsell and Kopsell, 2007) ในแปลงเกษตรส่วนใหญ่นิยมใช้ selenite และ selenate เนื่องจากรูปแบบซีลีเนียมเหล่านี้จะสามารถเคลื่อนย้ายได้ในพืชจากหลายการทำงานร่วมกันหลายปฏิกิริยาของดิน เช่น oxidation-reduction processes, soil reaction, aeration, hydrological regime และ soil redox potential (Surai, 2006; Kopsell, 2007) Selenates เป็นรูปที่สามารถละลายน้ำได้สูงและไม่เป็นองค์ประกอบที่เสถียรทำให้สามารถเคลื่อนย้ายและใช้ประโยชน์ได้ในพืช แต่ก็หมายถึงง่ายต่อการถูกชะล้างในดินด้วย โดยรูปแบบ selenates นี้มักใช้ในดินที่มีการถ่ายเทอากาศปานกลาง (aerated soil) ที่มี pH สูง และในดินที่มีปริมาณ Ca และ Mg สูง รูปแบบที่จะใช้ได้แก่ CaSeO_4 และ MgSeO_4 ซึ่งเป็นรูปแบบที่ละลายได้ง่ายในดิน (Kabata-Pendias and Pendias, 2001) แต่ถ้าในดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง มีน้ำสูงและไม่ค่อยมีอากาศ การใช้ selenates จะมีการเปลี่ยนรูปและลดการเคลื่อนย้ายให้น้อยลง (Aleml et al., 1991) แต่ในกรณีที่มี pH และ redox potential ในดินลดต่ำลง รูปแบบ selenite จะเป็นรูปแบบที่ใช้ได้น้อยกว่า selenate (Eich-Greathorex et al., 2007) สำหรับ selenite จะมีการจับกับประจุบวก (Kabata-Pendias and Pendias, 2001; Eich-Greathorex et al., 2007) และในสภาพที่ดินเป็นกรด selenate จะถูกสร้างเป็นองค์ประกอบกับ iron hydroxides แต่

หากมีการพัฒนาความเป็นกรดของดินต่อไป จะมีการลดใช้ selenium (reducing conditions selenium) เช่น การที่ selenides (Se^{2-}) ไปอยู่ในรูป KHSe , NH_4HSe และ MnSe รวมทั้งมีการไปจับกับ iron hydroxides ที่ค่อนข้างเสถียร (Kabata-Pendias and Pendias, 2001) นั่นคือการที่เติมธาตุ selenium ลงไปในดินที่ยังไม่มีปรับ pH หรือไม่วิเคราะห์ redox potential อาจมีผลต่อความสามารถในการนำธาตุ ซีลีเนียมไปใช้ประโยชน์ได้ (Kopsell and Kopsell, 2007) ทั้งนี้การเพิ่ม pH สามารถเพิ่มการใช้ประโยชน์ หรือดูดใช้ซีลีเนียมได้เพิ่มขึ้น ตัวอย่างของพืชที่ศึกษาพบว่าการเพิ่ม pH เป็น 7 ในพืชอาหารสัตว์จะเพิ่มการดูดใช้ซีลีเนียมในดินได้เป็น 70 เปอร์เซ็นต์ จากเดิมที่ pH 6 มีการดูดใช้ได้ 47 เปอร์เซ็นต์ (Haygart et al., 1995) แต่อย่างไรก็ตามจากหลายงานวิจัยให้ความเห็นว่าการใช้ในรูปแบบ selenate (SeO_4^{2-}) พืชจะนำไปใช้ได้ง่ายกว่ารูปอื่น เช่น จากการศึกษาในกะหล่ำ ดอกที่ใช้ selenate 4.5 mg SeO_4^{2-} /kg of soil ให้ซีลีเนียมที่ใช้ประโยชน์ได้สูงกว่าการใช้ selenite 4.5 mg SeO_3^{2-} /kg of soil (Benuelos and Meek, 1989; Zayed et al., 1998) ขณะที่การใช้ซีลีเนียมในรูปแบบ Se-selenide (Se^{2-}) และรูปพื้นฐาน (Se^0) เป็นรูปที่พบได้ธรรมชาติแต่ใช้ประโยชน์ไม่ได้ในพืช (Surai, 2006)

อย่างไรก็ตาม มีรายงานการแข่งขันระหว่าง selenite, selenate กับ ฟอสเฟต (PO_4^{2-}) และพบว่า อาจมากกว่าที่แข่งขันกับซัลเฟต (SO_4^{2-}) (Zayed et al., 1998; Goh and Lim, 2004; Cartes et al., 2006; Nakamaru and Sekine, 2008) นอกจากนี้มีบางรายงานที่กล่าวว่าการดูดใช้ซีลีเนียมอาจกระทบต่อการดูดใช้โลหะหนักอื่น ๆ เช่น แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), คอปเปอร์ (Cu), เหล็ก (Fe), แคดเมียม (Cd) ด้วยเหตุนี้การเพิ่มซีลีเนียมในดินต้องเป็นระดับที่เหมาะสม (Kabata-Pendias and Pendias, 2001)

การนำซีลีเนียมมาใช้ในการผลิตพืช

จากกลไกการดูดใช้ของซีลีเนียมในพืชพบว่าคล้ายกับซัลเฟอร์ที่ค่อนข้างเร็วและสามารถเคลื่อนย้ายได้ในพืช ทำให้มีการนำไปใช้กับการให้ทางใบเพื่อให้เกิดการผ่านของ ions ผ่านแผ่นใบทางเซลล์ epidermis (ในรูป โซเดียมซีลีเนต (Sodium selenate; Na_2SeO_4) ทั้งในถั่วและมันฝรั่ง (Bukovac and Wittwer, 1957; Poggi et al. 2000; Wójcik, 2004) โดยควรมีการใช้สาร detergents ร่วมด้วยเช่นสารจับใบ (Gissel-Nielsen, 1998) หากใช้ความเข้มข้นเกินจะสังเกตอาการได้จากใบพืชที่มีการตายของใบเป็นสีขาวและบริเวณท้องใบของทั้งแผ่นใบเป็นสีแดง (Dhillon and Dhillon, 1991) ปริมาณการใช้แตกต่างกันและอาจรวมทั้งต้องพิจารณาชนิดพืชด้วย โดยใน Finland ตั้งแต่ปี 1984 จะมีการใส่ปุ๋ย NPK และใช้ selenium อัตรา 10 mg/kg of fertilizer (Aspila, 2005) สำหรับทานตะวันเป็นพืชกลุ่มที่ทนการสะสม ซีลีเนียม หมายถึงสามารถมีปริมาณซีลีเนียมในเนื้อเยื่อได้ 100-10,000 mg Se/kg ของน้ำหนักแห้งได้ หรือปลูกได้ในดินที่มีซีลีเนียมสูงได้เกิน 5 mg/kg of soil (Gupta and Gupta, 2000) อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า การใช้ซีลีเนียมอาจไปสะสมในส่วนที่ไม่สามารถรับประทานได้ของพืชเช่นกัน (Carvalho et al., 2003) มีการศึกษาการใช้ซีลีเนียมทางใบในอัตรา 300 g Se/ha (Na_2SeO_3) ในระยะสุดท้ายของการยี้ดต้น และหลังการผสมของ Opium Poppy (*Papaver somniferum*) เพื่อต้องการเพิ่มซีลีเนียมในเมล็ดแต่โดยการให้ปุ๋ยซีลีเนียมทางใบ พบว่าซีลีเนียมในเมล็ดเพิ่มขึ้นจาก 139 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมเมล็ด เพิ่มเป็น 757 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมเมล็ด หรือประมาณ 5.44 เท่า แต่ก็เกิดจากการใส่ปริมาณเพิ่มถึง 4.8 เท่าสำหรับการ

ให้ทางใบเมื่อเทียบกับการให้ระยะสร้างลำต้นและใบ (Sharpa and Richter, 2011) เมื่อทำการศึกษาโดยให้ซีลีเนียมที่ระยะฝักยังเขียวภายหลังการผสมพบว่าสามารถเพิ่มซีลีเนียมได้ขึ้นไปอีก โดยพบว่าการใส่ที่อัตรา 200 g Se/ha สามารถได้ปริมาณ Se เท่ากับ 4,912 ไมโครกรัมซีลีเนียมต่อกิโลกรัมเมล็ด เมื่อเทียบกับการไม่ใส่อีก ที่ให้ปริมาณ 537 ไมโครกรัมซีลีเนียมต่อกิโลกรัมเมล็ด หรือเพิ่มขึ้น 9.14 เท่า (Sharpa and Richter, 2011) สำหรับทานตะวันมีรายงานการให้ทางใบเช่นกันโดยใช้ Na_2SeO_3 แต่ให้สูงสุด 150 g Se/ha ที่ระยะเริ่มต้นการยี้ด (ระยะ R1) (Schneider and Miller, 1981) แต่อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยซีลีเนียมพบว่าทำให้ผลผลิตพืชลดลงและเปอร์เซ็นต์น้ำมันลดลงด้วย แต่ในกรณีใช้ปุ๋ยซีลีเนียมเพียง 50 g/ha (มีปริมาณซีลีเนียมในเมล็ดเท่ากับ 1,118 ไมโครกรัมซีลีเนียมต่อกิโลกรัมเมล็ด) พบว่าจะสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์น้ำมันได้ (Schneider and Miller, 1981; Sharpa, 2011; Sharpa and Richter, 2011) การให้ปุ๋ยทางใบทั้ง sodium selenite (Na_2SeO_3) และ sodium selenate (Na_2SeO_4) ต่างก็มีการใช้ทั้งคู่และได้ผลทั้งคู่ในการเพิ่มซีลีเนียมในพืช แต่ถ้าหากใช้ในความเข้มข้นที่สูงพบว่า sodium selenite จะมีประสิทธิภาพกว่า (Turakainen et al., 2004; Germ et al., 2007) ส่วนหนึ่งเพราะมีการเปลี่ยนแปลงช้ากว่าทั้งในดินทำให้ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมได้มากกว่าโดยเฉพาะต่อแหล่งน้ำ (Oldfield, 1995)



ลิขสิทธิ์สำนักงานวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 การใช้ปุ๋ยซีลีเนียมต่อการสะสมซีลีเนียม และองค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดทานตะวัน

ซีลีเนียมมีเป็นธาตุอาหารรองที่มีความสำคัญทั้งต่อร่างกายมนุษย์และสัตว์ ทั้งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์ ป้องกันการเกิดออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน กระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค และต้านทานการเกิดมะเร็ง โดยทั้งมนุษย์และสัตว์จะได้รับซีลีเนียมจากการบริโภคทั้งทางตรงและอ้อมจากพืช ด้วยเหตุนี้ ตามการเสริมซีลีเนียมในมนุษย์และสัตว์จึงสามารถเสริมได้ในพืช อย่างไรก็ตามปริมาณซีลีเนียมในดินต่ำเป็นอุปสรรคต่อการใช้ประโยชน์ได้ของธาตุซีลีเนียมสำหรับพืช

การเสริมซีลีเนียมสำหรับการผลิตพืชมีหลายวิธี แต่รูปแบบที่เหมาะสมจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช และเป้าหมายของส่วนที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์และบริโภค ทั้งนี้เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการทนต่อความเข้มข้นของธาตุซีลีเนียมได้แตกต่างกันออกไป รวมทั้งปริมาณซีลีเนียมที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เมื่อมีการเสริมซีลีเนียมก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากกว่าการมีปริมาณซีลีเนียมทั้งหมดเช่นในกรณีการวิเคราะห์จากดินปลูก แต่ในทางกลับกัน การเสริมซีลีเนียมในดินที่ไม่เหมาะสมทั้งชนิดของปุ๋ยซีลีเนียมและปริมาณที่ใช้นอกจากไม่ก่อให้เกิดประโยชน์แล้วยังอาจเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เพราะรูปแบบของซีลีเนียมที่แตกต่างจะส่งผลต่อการเคลื่อนย้ายได้ในสารละลายดิน การดูดซับโดยอนุภาคดินหรืออินทรีย์วัตถุ หรือการสามารถถูกชะล้างในดิน เป็นต้น สำหรับทานตะวันเป็นพืชกลุ่มที่สามารถสะสมซีลีเนียมได้แต่มีระดับที่จำกัดต่อการสะสม รวมทั้งเนื้อเยื่อพืชที่ทำการสะสมก็อาจแตกต่างกัน

ด้วยเหตุนี้ หากต้องการเพิ่มปริมาณธาตุซีลีเนียมในเมล็ดทานตะวันเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารทั้งมนุษย์และสัตว์นั้น การศึกษาเพื่อให้ทราบความสามารถในการสะสมธาตุซีลีเนียมในเนื้อเยื่อเมล็ดซึ่งเป็นบริเวณที่ต้องการนอกจากจะบ่งชี้ประสิทธิภาพการนำไปใช้ได้ในพื้นที่ของปุ๋ยซีลีเนียมได้กับเนื้อเยื่อเป้าหมายแล้ว ยังสามารถประเมินธาตุตกค้างซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ในอนาคต

3.1 พืชที่ใช้ในการศึกษา

พืชที่ใช้ในการทดลองคือทดสอบโดยใช้ทานตะวันพันธุ์ลูกผสม

3.2 การวางแผนการทดลอง

3.2.1 ทำการศึกษาโดยใช้แผนการทดลองแบบ 2x3 in Split plot design โดยมีปัจจัยการศึกษา ดังนี้ Main plot หรือปัจจัยหลัก ได้แก่ รูปแบบการใส่ปุ๋ย [โดยใช้ปุ๋ย sodium selenite (Na_2SeO_3) ในการศึกษา (Schneider and Miller, 1981; Turakainen et al., 2004; Germ et al., 2007)] โดยให้เมื่อพืชเข้าสู่ระยะสุดท้ายของการยืดอก หรือเข้าสู่ระยะการสร้างเมล็ด (หลังการผสมเกสร) มี 6 ทริตเมนต์ ได้แก่ Main plot มี 2 ปัจจัย คือ ลักษณะการให้ปุ๋ย

- (1) การให้ปุ๋ยทางดิน (A1)
- (2) การให้ปุ๋ยทางใบ (A2)

Sub plot หรือปัจจัยรอง ได้แก่ อัตราการใส่ปุ๋ยหรือพ่นปุ๋ยทางใบ

- (1) อัตรา 8 กรัม ซีลีเนียมต่อไร่ (50 g Se/ha) (B1)
- (2) อัตรา 16 กรัม ซีลีเนียมต่อไร่ (100 g Se/ha) (B2)
- (3) อัตรา 24 กรัม ซีลีเนียมต่อไร่ (150 g Se/ha) (B3)

เปรียบเทียบกับแปลงควบคุม ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยซีลีเนียม แต่มีการจัดการอื่นๆ ในแปลงเหมือนกัน ทำการศึกษาทั้งหมด 4 ซ้ำ

ผังการทดลอง

Block I	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3
Block II	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3
Block III	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3
Block IV	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3

- 3.2.2 วิเคราะห์การสะสมซีลีเนียมในเมล็ดทานตะวันหลังการทดสอบด้วยปุ๋ยซีลีเนียม
- 3.2.3 ศึกษารูปแบบ และปริมาณการใช้ปุ๋ยซีลีเนียมในการปลูกทานตะวัน
- 3.2.4 วิเคราะห์การสะสมซีลีเนียมในเมล็ดทานตะวันหลังการปลูกศึกษา
- 3.2.5 เก็บข้อมูลการเกิดโรค ข้อมูลผลผลิตของทานตะวันแปลงที่ปลูกศึกษา
- 3.2.6 วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์น้ำมัน ลักษณะทางเคมีในน้ำมันที่เกี่ยวข้องกับซีลีเนียม
- 3.2.7 วิเคราะห์ปริมาณซีลีเนียมในกากทานตะวันที่มีการหีบน้ำมันแล้ว

สถานที่ทำวิจัย

- 1. แปลงปลูก มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
- 2. ห้องปฏิบัติการเคมี และห้องปฏิบัติการชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา



3.4 การจัดการแปลงทดลอง

เตรียมแปลงทดลองในพื้นที่ศูนย์ฝึกอบรมและวิจัยทางการเกษตร 100 ไร่ ทำการปลูกทานตะวัน โดยการเพาะต้นกล้า และย้ายปลูก ทำการปลูกโดยใช้ระยะปลูก 70×25 เซนติเมตร กำจัดวัชพืช 1 ครั้ง ที่อายุหลังปลูกประมาณ 2 อาทิตย์ ใส่ปุ๋ย NPK (สูตร 15-15-15) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ 1 ครั้ง โดยใช้ระบบให้น้ำแบบสปริงเกอร์ นอกจากนี้การเขตรกรรมอื่นๆ ได้แก่ การให้ปุ๋ยสูตรเสมอในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ การกำจัดวัชพืช เป็นต้น ยังคงดำเนินการตามวิธีที่ปฏิบัติตามปกติของการปลูกทานตะวันทั่วไป

3.5 สถานที่ดำเนินการวิจัย

ศูนย์ฝึกอบรมและวิจัยการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา (100 ไร่) ตำบลไชยมงคล อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ของแต่ละกรรมวิธีทดลอง จะนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีการทดลองโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) และค่า Standard Error of Difference (SED) และ Standard Error of mean (SEM) เพื่อใช้สำหรับการอธิบายผลการทดลอง และนำไปสู่การวิเคราะห์ อภิปรายผล และสรุปผลการทดลอง

การทดลองที่ 2 การใช้ต้นอ่อนทานตะวัน และผลพลอยได้จากการหีบน้ำมันเป็นแหล่งสารเสริมในอาหารสัตว์

เนื่องจากขบวนการสกัดน้ำมันทานตะวันจากเมล็ดทานตะวัน จะมีส่วนที่สกัดออกมา 3 ส่วนด้วยกันคือ น้ำมัน กากทานตะวัน และอีกส่วนที่ยังมีน้ำมันอยู่มากและมีส่วนของกากปนอยู่ ซึ่งในส่วนสุดท้ายนี้จัดเป็นของเหลือใช้จากขบวนการสกัดน้ำมัน ถ้าสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงไก่ได้ โดยที่ไม่ต้องผ่านกระบวนการที่จะเพิ่มต้นทุนการผลิต ซึ่งในส่วนนี้มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่มากซึ่งคุณภาพของน้ำมันส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวและเป็นกรดไขมันที่จำเป็น ถ้านำมาใช้ในสูตรอาหารไก่ไข่ น่าจะส่งผลต่อคุณภาพของกรดไขมันและปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่ไก่ การลดกรดไขมันอิ่มตัวและเพิ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัวในสูตรอาหารไก่ไข่ รวมทั้งในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น แพะนม จะส่งผลต่อการลดปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวในไข่ไก่ และน้ำนม ซึ่งกรดไขมันอิ่มตัวและคอเลสเตอรอลจะส่งผลต่อโรคหลอดเลือดหัวใจ (cardiovascular disease) และโรคหลอดเลือดสมอง (stroke) ซึ่งเป็นโรคเรื้อรังที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์ เนื่องจากไข่นั้นถือได้ว่าเป็นอาหารหลักของทุกครอบครัว ดังนั้นถ้าไข่นี้อัตว์ และน้ำนมที่เราบริโภคอยู่ทุกวันเป็นอาหารที่ดีต่อสุขภาพ ก็น่าจะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้บริโภคต่อไป

จากสถานการณ์เรื่องสุขภาพดังกล่าว ในปัจจุบันผู้บริโภคเริ่มให้ความสนใจกับการบริโภคอาหารพืชผักที่เป็นพืชทางเลือก โดยเฉพาะต้นอ่อนของพืชมากขึ้นเนื่องจากต้นอ่อนของพืชมีคุณค่าทางโภชนาการที่ไม่แตกต่างจากเมล็ด แต่มีสารอาหารต่างๆ เช่น กรดอะมิโน วิตามิน และแร่ธาตุปริมาณสูง นอกจากนี้แล้วยังประกอบไปด้วยเอนไซม์และสารอาหารที่มีคุณค่าเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเจริญเติบโตของเมล็ดด้วย Márton et al., (2010) ได้ทำการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดทานตะวันเปรียบเทียบกับทานตะวันงอกที่อายุแตกต่างกันพบว่า ปริมาณของไขมันรวมในต้นอ่อนทานตะวันมีปริมาณลดลงเกือบ 30% แต่กรดอัลฟา-ลิโนเลอิก (Alpha-Linolenic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่ได้รับการยอมรับว่ามีผลต่อเมตาบอลิซึมของการย่อยสลายไขมัน กลับมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นที่พบเมล็ด จากข้อมูลข้างต้นบ่งชี้ให้เห็นว่าการบริโภคทานตะวันงอก น่าจะเป็นอีกหนึ่งทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่ต้องการรักษาสุขภาพโดยเฉพาะเพื่อจุดประสงค์ในการควบคุมน้ำหนักของร่างกายเพื่อลดความเสี่ยงของการเกิดโรคในระบบหลอดเลือดและหัวใจ ความผิดปกติของเมตาบอลิซึมไขมัน รวมไปถึงโรคเรื้อรังอื่นๆ

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของการใช้ต้นอ่อนทานตะวัน และผลพลอยได้จากกระบวนการหีบน้ำมันต่อคุณภาพของไข่ไก่ และคุณภาพน้ำนมแพะโดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ประกอบทางเคมีที่จะมีผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยคาดหวังว่าการศึกษาครั้งนี้จะสามารถนำผลการวิจัยดังกล่าวมาปรับใช้ในการประกอบสูตรอาหารอย่างง่าย และสามารถนำผลพลอยได้จากการหีบน้ำมันทานตะวัน เป็นฐานข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในด้านการพัฒนาอาหารสัตว์ โดยเน้นการผลิตน้ำนมที่มีคุณภาพสูง และไข่ไก่ที่มีคุณภาพดี เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพมนุษย์ และผลักดันให้เกษตรกรเห็นความสำคัญของการเลี้ยงแพะนม และบริโภคกันอย่างกว้างขวาง รวมทั้งจะได้ทราบถึงข้อมูลในด้านลึกที่เป็นการสร้างองค์ความรู้จากทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่น และสามารถจะปรับใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี

ระบบต่อเนื่อง และยังสามารถนำมาใช้ให้กับเกษตรกรรายย่อยที่มีความสนใจที่จะเลี้ยงแพะนมในระบบเกษตรผสมผสาน และสามารถเลี้ยงเพื่ออุตสาหกรรมได้

การทดลองที่ 2.1 การใช้ต้นอ่อนทานตะวัน เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรของอาหารไก่ไข่

โดยใช้ไก่พันธุ์แบ็คค็อกที่มีอายุ 20 สัปดาห์ จำนวน 108 ตัว สุ่มเข้ากลุ่มการทดลอง 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 9 ตัว โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) และทำการเสริมกากเมล็ดทานตะวันในอาหารที่ระดับ 0, 1, 2, และ 3 เปอร์เซ็นต์ ทำการศึกษาจำนวน 8 สัปดาห์

2) สูตรอาหารทดลอง

- กลุ่มที่ 1 สูตรอาหารที่ไม่มีไขมัน
- กลุ่มที่ 2 สูตรอาหารที่เติมต้นอ่อนทานตะวัน 1 %
- กลุ่มที่ 3 สูตรอาหารที่เติมต้นอ่อนทานตะวัน 2 %
- กลุ่มที่ 4 สูตรอาหารที่เติมต้นอ่อนทานตะวัน 3 %

3) การบันทึกผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 4 ช่วงๆ ละ 28 วัน แต่ละช่วงจะบันทึกปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่และน้ำหนักฟองไข่ และวันสุดท้ายของแต่ละช่วงจะทำการสุ่มไข่มาจำนวน 4 ฟอง เพื่อทำการวัดคุณภาพไข่

4) สำหรับข้อมูลในด้านการให้ผลผลิตไข่ตลอดอายุการเลี้ยง 76 สัปดาห์ หรือมากกว่าจะให้ผลผลิตประมาณ 340 ฟอง และน้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟองประมาณ 65 กรัม อาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ไข่พันธุ์ Babcock B-380 จากระยะลูกไก่จนถึง 18 สัปดาห์จะให้การกินอาหารประมาณ 7.09 กิโลกรัมและจำนวนอาหารที่กินโดยเฉลี่ยต่อวันในช่วงให้ไข่จะให้ประมาณ 110-115 กรัม

ศึกษาผลของการเสริม Plant sterol ในอาหารแพะนม ต่อปริมาณผลผลิต การสะสมคลอเรสเตอรอล และคุณภาพน้ำนม โดยการจัดการกลุ่มทดลองนั้นจะทำการวิจัยต่อเนื่องจากโครงการวิจัยที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนในปี 2560

การทดลอง 2.2 ผลการเสริมกากและเมล็ดทานตะวัน ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ไก่วง

2.2.1 สัตว์ทดลอง ไก่วง เพศผู้จำนวน 15 ตัว เพศเมียจำนวน 45 ตัว

2.2.2 วางแผนการทดลอง แบบ CRD โดยมี 3 ทรีตเมนต์ๆละ 5 ซ้ำ

- ทรีตเมนต์ที่ 1 สูตรควบคุม(ไม่เสริมกากเมล็ดทานตะวัน)
- ทรีตเมนต์ที่ 2 เสริมกากเมล็ดทานตะวันในอาหารสำเร็จรูป 10 เปอร์เซ็นต์
- ทรีตเมนต์ที่ 3 เสริมเมล็ดทานตะวันบดในอาหารสำเร็จรูป 10 เปอร์เซ็นต์

2.2.3 ผังการทดลอง

Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
T1R3	T2R2	T3R5
T1R4	T2R4	T3R2
T1R5	T2R1	T3R4
T1R1	T2R3	T3R1
T1R2	T2R5	T3R3

2.2.4 วิธีทดลองและการเก็บตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำหนักไก่วง อายุ 9 เดือน หาตัวน้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกัน สุ่มตัวผู้ 1 ตัว ตัวเมีย 3 ตัว เข้ากลุ่มทดลอง
2. เตรียมอาหารถึงน้ำ และเปลี่ยนแกลบสำหรับเริ่มทำการทดลอง
3. ผสมสูตรอาหารสำหรับการทดลอง ดังนี้

สูตรอาหารที่ 1 (T1) อาหารไก่เนื้อสำเร็จรูป

สูตรอาหารที่ 2 (T2) อาหารไก่เนื้อสำเร็จรูปที่เสริมด้วยกากเมล็ดทานตะวัน

สูตรอาหารที่ 3 (T3) อาหารไก่เนื้อสำเร็จรูปที่เสริมด้วยเมล็ดทานตะวันบด

-วิธีทำเมล็ดทานตะวันบดใช้เครื่องบดเมล็ดทานตะวันบดเพื่อบดเมล็ดทานตะวันให้

ละเอียดเพื่อนำมาผสมในสูตรอาหาร

-วิธีทำกากเมล็ดทานตะวันใช้เครื่องบีบเมล็ดทานตะวันเพื่อแยกกากและน้ำมันเมล็ดทานตะวันออกจากกัน นำกากเมล็ดทานตะวันที่ได้มาบดในเครื่องบดเมล็ดให้ละเอียด เพื่อนำมาผสมในสูตรอาหาร

2.2.5 การเก็บข้อมูล

1. ชั่งน้ำหนักไก่วงทุกกลุ่มทดลองทุก 7 วันจนสิ้นสุดการทดลอง 4 สัปดาห์
2. ชั่งน้ำหนักอาหารใส่ถังและ ชั่งอาหารที่เหลือทุกวัน
3. เก็บไข่และชั่งน้ำหนักไข่ทุกวัน เมื่อครบ 7 วัน
 - (1) ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน) = (น้ำหนักอาหารที่กินตลอดการทดลอง) ÷ จำนวนไก่ × จำนวนวัน
 - (2) ผลผลิตไข่ (เปอร์เซ็นต์) (hen-day) = (จำนวนไข่ตลอดการทดลอง × 100) ÷ (จำนวนไก่ × จำนวนวัน)
 - (3) ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อการ ผลิตไข่ 1 กิโลกรัม = (ปริมาณอาหารที่กินตลอดการ ทดลอง) ÷ [น้ำหนักไข่ที่ได้ตลอดการทดลอง (กิโลกรัม)]
 - (4) น้ำหนักไข่เฉลี่ย (กรัม/ฟอง) = (น้ำหนักไข่ทั้งหมดของแต่ละซ้ำตลอดการทดลอง) ÷ (จำนวนไข่ทั้งหมดในแต่ละซ้ำตลอดการทดลอง)
 - (5) มวลไข่ = (เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่) × [น้ำหนักไข่เฉลี่ยต่อฟอง (กรัม)]

4. บันทึกผลการทดลอง

2.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลทางสถิติใช้การเปรียบเทียบโดยการวิเคราะห์ค่าแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าแตกต่างระหว่าง treatment โดยใช้ค่า Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS23

การทดลองที่ 2.3 ศึกษาผลของการเสริมผลพลอยได้จากการหีบน้ำมันทานตะวันในอาหารแพะนม ต่อปริมาณผลผลิต และคุณภาพน้ำนมในฟาร์มเกษตรกร

สถานที่ทดลอง : สุขใจฟาร์ม (อ. เมือง) และฐานิขฟาร์ม (อ. เมือง)

สัตว์ทดลอง แพะนมฟาร์มละ จำนวน 12 ตัว รวม 36 ตัว ที่อยู่ในช่วงการรีดนม

แผนการทดลอง แบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD)

กลุ่มทดลอง มี 4 กลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองละ 3 ซ้ำ โดยการคัดเลือกกลุ่มทดลองจะทำ ดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 Sunflower seed Level 0 %

กลุ่มทดลองที่ 2 Sunflower seed Level 5 %

กลุ่มทดลองที่ 3 Sunflower seed Level 10 %

กลุ่มทดลองที่ 4 Sunflower seed Level 15 %

สัตว์ทดลองทุกตัวจะได้รับอาหารชั้นในระดับ 0.5 %BW โดยอาหารชั้นจะมีระดับโปรตีนหยาบเท่ากับ 16 เปอร์เซ็นต์ TDN 75 % สูตรอาหารดังแสดงในตารางที่ 3.1

การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ :

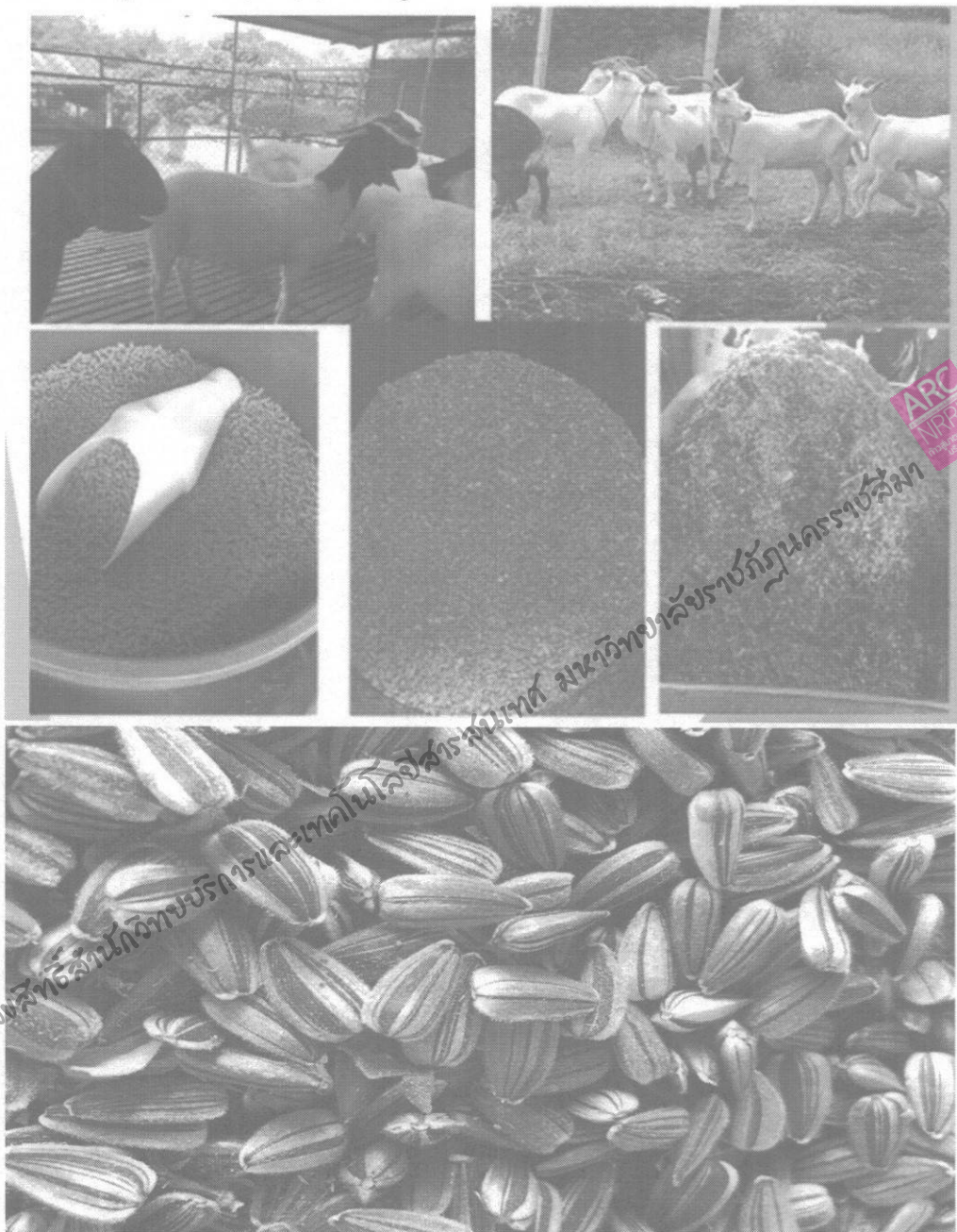
1) สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารชั้นและอาหารหยาบทุกอาทิตย์แบ่งเป็น 2 ส่วนส่วนที่1 นำมาอบที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (dry matter, DM) เพื่อนำค่าไปปรับปริมาณการกินได้ส่วนที่ 2 นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงเพื่อนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (DM), เถ้า (Ash), โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) (AOAC, 1985)และ neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) (Goering and Van Soest, 1970)

ตารางที่ 3.1 สูตรอาหารชั้นที่ใช้ในงานทดลองในฟาร์มเกษตรกร

รายการ	ปริมาณวัตถุดิบ (kg)			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
มันเส้น	35.0	32.0	25.0	20.0
กากถั่วเหลือง	30.0	30.0	35.0	35.0
รำ	24.0	22.0	20.0	20.0
เมล็ดทานตะวัน	0.0	5.0	10.0	15.0
ยูเรีย	1.5	1.5	0.5	0.5
กากน้ำตาล	5.0	5.0	5.0	5.0
เกลือ	0.5	0.5	0.5	0.5
พรีมิกซ์	1.0	1.0	1.0	1.0
น้ำมันปาล์ม	3.0	3.0	3.0	3.0
รวม	100.0	100.0	100.0	100.0
CP, โปรตีนหยาบ %	20.7	20.8	20.0	20.2
TDN, โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด %	63.8	62.7	62.4	61.3

วิธีการเก็บข้อมูล

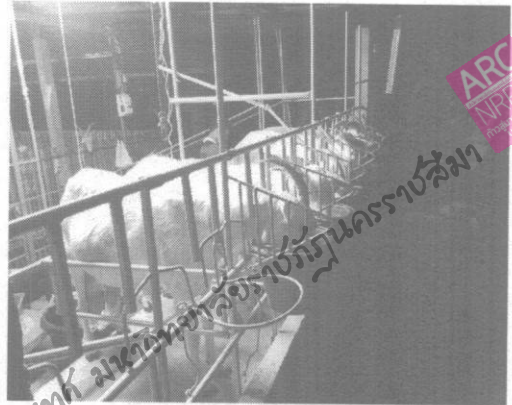
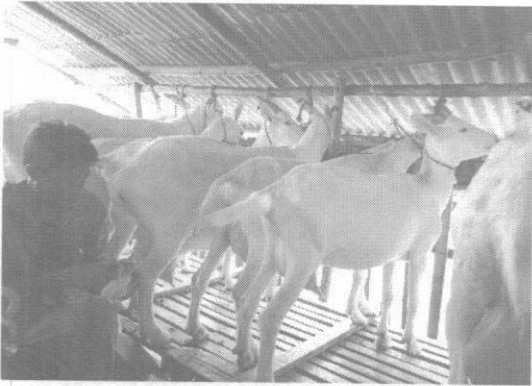
1) สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารชั้นและอาหารหยาบทุกอาทิตย์แบ่งเป็น 2 ส่วนส่วนที่ 1 นำมาอบที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (dry matter, DM) เพื่อนำค่าไปปรับปริมาณการกินได้ส่วนที่ 2 นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงเพื่อนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (DM), เถ้า (Ash), โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) (AOAC, 1985) และ neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) (Goering and Van Soest, 1970) (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 วัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารชั้นที่คำนวณให้มีระดับโปรตีนหยาบ 20 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ย่อยได้ทั้งหมด 60-65 เปอร์เซ็นต์

2) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมแพะจำนวน 300 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง ก่อนและหลังการทดลอง ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส จะต้องทำการตรวจภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากการเก็บตัวอย่าง นำตัวอย่างน้ำนมแพะดิบไปตรวจสอบทางคุณลักษณะทางกายภาพโดยใช้ประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รส ผู้ที่ตรวจสอบจะต้องเป็นบุคคลเดียวกัน การตรวจสอบคุณภาพของน้ำนมแพะโดยใช้ประสาทสัมผัสนั้น

น้ำนมแพะดิบที่คุณภาพดี จะต้องไม่มีสีขาวหรือขาวนวล มีกลิ่นธรรมชาติหรือกลิ่นหอม และต้องมีรสหวานเล็กน้อย ทำการวัดค่าความเป็นกรด-เบส ค่าความเป็นกรด-เบส ที่ดีจะอยู่ระหว่าง 6.5-6.8 ทำการวัดโดย pH meter / เครื่องวัดค่าพีเอช ทำได้โดยล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) หรือน้ำกลั่น (distilled water) และซับด้วยกระดาษทิชชู แล้วรีบจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายที่ต้องการวัดอย่างรวดเร็ว วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม เช่น ไขมัน แลคโตสและโปรตีน การตรวจวิเคราะห์ส่วนประกอบน้ำนมอาจใช้เครื่องมืออัตโนมัติ ซึ่งสามารถตรวจหาค่าส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ทั้งไขมัน โปรตีน น้ำตาลแลคโตส ของแข็งรวม (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 การรีดน้ำนมแพะ และการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบ

การเก็บตัวอย่างน้ำนมแพะ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมแพะจำนวน 300 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง ก่อนและหลังการทดลอง ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส จะต้องทำการตรวจภายใน 24 ชั่วโมง หลังจากการเก็บตัวอย่าง นำตัวอย่างน้ำนมแพะดิบไปตรวจสอบทางคุณลักษณะทางกายภาพโดยใช้ประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น รส ผู้ที่ตรวจสอบจะต้องเป็นบุคคลเดียวกัน การตรวจสอบคุณภาพของน้ำนมแพะโดยใช้ประสาทสัมผัสนั้น

น้ำนมแพะดิบที่คุณภาพดี จะต้องมีสีขาวหรือขาวนวล มีกลิ่นธรรมชาติหรือกลิ่นหอม และต้องมีรสหวานเล็กน้อย ทำการวัดค่าความเป็นกรด-เบส ค่าความเป็นกรด-เบส ที่ดีจะอยู่ระหว่าง 6.5-6.8 ทำการวัดโดย pH meter / เครื่องวัดค่าพีเอช ทำได้โดยล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำปราศจากไอออน (deionized water) หรือน้ำกลั่น (distilled water) และซับด้วยกระดาษทิชชู แล้วรีบจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายที่ต้องการวัดอย่างรวดเร็ว วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม เช่น ไขมัน แลคโตสและโปรตีน การตรวจวิเคราะห์ส่วนประกอบน้ำนมอาจใช้เครื่องมืออัตโนมัติ ซึ่งสามารถตรวจหาค่าส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ทั้งไขมัน โปรตีน น้ำตาลแลคโตส ของแข็งรวม (ภาพที่ 5)

น้ำนมดิบคุณภาพดีควรมี องค์ประกอบน้ำนม

ไขมัน	อยู่ระหว่าง 3.2-3.5 เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.8 เปอร์เซ็นต์
ธาตุน้ำนมไม่รวมไขมัน	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 8.25 เปอร์เซ็นต์
ธาตุน้ำนมทั้งหมด	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 12 เปอร์เซ็นต์

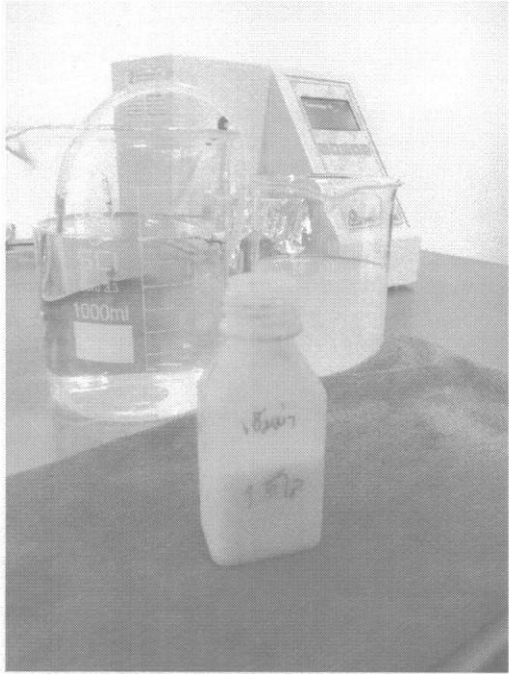
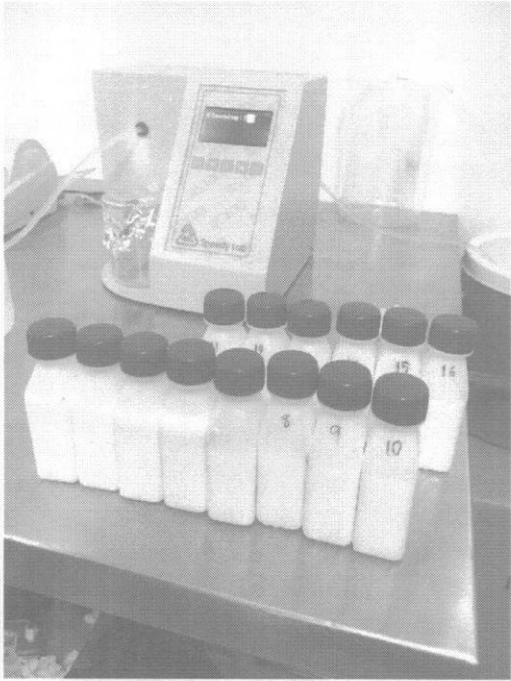
วิธีการเก็บข้อมูล

1) สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารข้นและอาหารหยาบทุกอาทิตย์ แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำมาอบที่ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (dry matter, DM) เพื่อนำค่าไปปรับปริมาณการกินได้ ส่วนที่ 2 นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมงเพื่อนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (DM), เถ้า (Ash), โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) (AOAC, 1985) และ neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) (Goering and Van Soest, 1970)

2) สุ่มเก็บขอมูลหลังจากการเพาะรูเมนในวันสุดท้ายของระยะการทดลองในชั่วโมงที่ 0, 2, 4 และ 6 หลังการให้อาหาร ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (rumen pH)

3) ทำการบันทึกปริมาณน้ำนมแพะทุกวัน และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมแพะ และวัดคุณภาพของน้ำนมที่สำคัญได้แก่ ไขมัน โปรตีน น้ำตาลแลคโตส ของแข็งรวม ความถ่วงจำเพาะ เป็นต้น

5) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 3x3 Latin Square Design เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทริตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980)



ภาพที่ 5 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำนมแพะ

ลิขสิทธิ์สำนักงานวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา



การทดลองที่ 3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการแปรรูปและการใช้ประโยชน์จากทานตะวันในระดับชุมชน

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย / หน่วยงานที่ดำเนินการวิจัย / พื้นที่ดำเนินการวิจัย

การศึกษาพื้นที่การปลูกทานตะวันในฟาร์มเกษตรกร และการศึกษารูปแบบการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าของทานตะวัน เช่น การทำต้นอ่อนทานตะวัน และการผลิตเมล็ดทานตะวันสำหรับทำต้นอ่อน

วิธีการดำเนินการวิจัย

(1) ดำเนินการติดต่อเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ ทำการเก็บข้อมูลการปลูกพืชหลัก เพื่อจะสามารถนำมาเปรียบเทียบกับกรปลูกพืชหมุนเวียนได้ โดยทำการเก็บข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ ข้อมูลเศรษฐกิจในครัวเรือน การใช้แรงงาน ต้นทุนการผลิตทางการเกษตร การกระจายผลผลิต ผลตอบแทนต่อพื้นที่หรือรูปแบบการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ดิน

(2) เก็บข้อมูลต้นทุนต่าง และการใช้ปัจจัยการผลิตของเกษตรกรตลอดการปลูกทานตะวันในแปลงเกษตรกรเพื่อจุดมุ่งหมายในการปลูกเพื่อเป็นพืชหมุนเวียนในนาข้าว เพื่อลดการใช้น้ำในฤดูแล้ง

(3) ประเมินผลเทียบกับการปลูกข้าวในฤดูแล้งของเกษตรกร

(4) ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีเกี่ยวกับการใช้ปัจจัยการผลิต ต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนจากการใช้ทานตะวันเป็นพืชหมุนเวียนในนาข้าว และเมินการยอมรับเทคโนโลยีเกี่ยวกับการปลูก แปรรูป และการใช้ประโยชน์จากทานตะวัน เช่นการผลิตต้นอ่อนทานตะวันเชิงการค้า รูปแบบการแปรรูปที่เหมาะสม โดยการวางแผนการทำงานแสดงดังภาพที่ 9

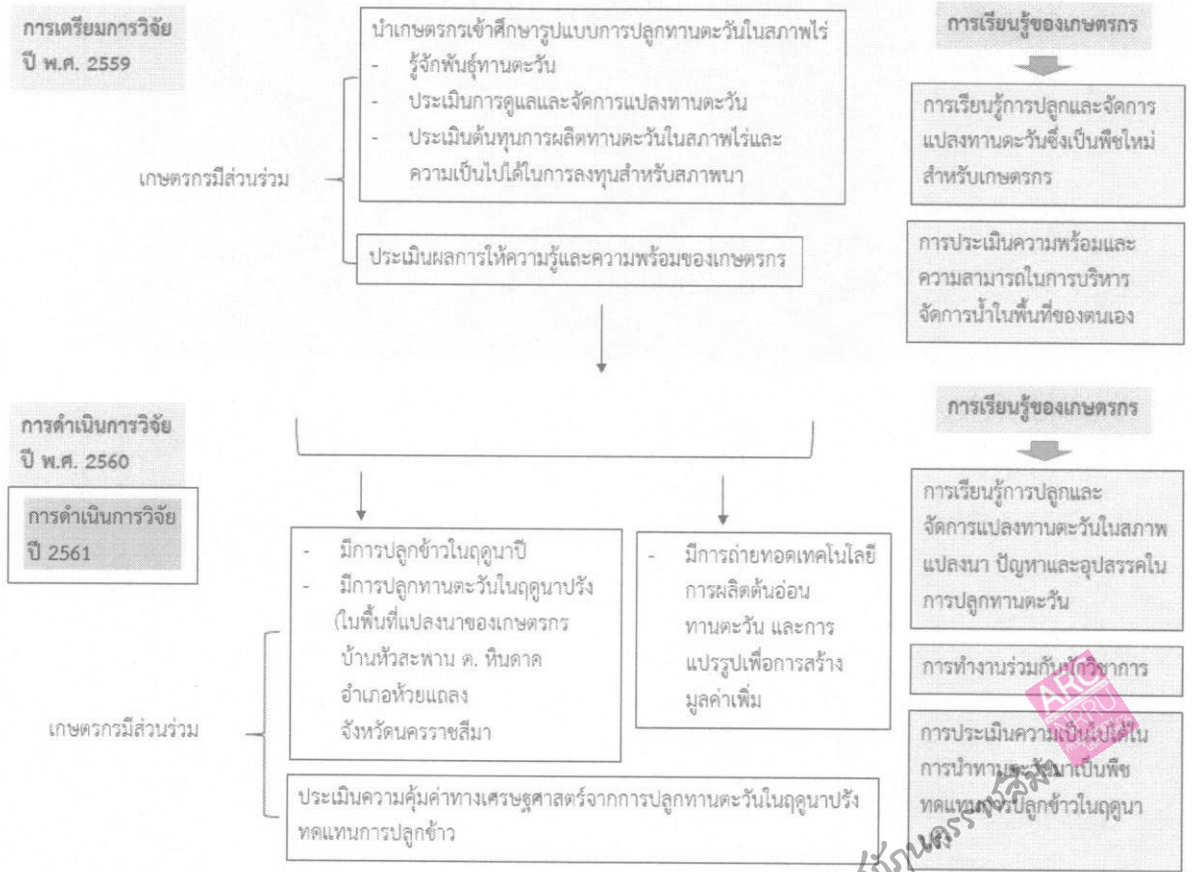
**** ทำการศึกษา 2 ปีเพื่อประเมินผลอย่างต่อเนื่องกัน**

พื้นที่ดำเนินการวิจัย

1) แปลงเกษตรกรที่เพาะปลูกข้าวปลอดภัยในจังหวัดนครราชสีมา (ภาพที่ 6)

2) ห้องปฏิบัติการเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

ลิขสิทธิ์สำนักงานวิทยบริการและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา



ภาพที่ 6 กรอบการวิจัยแบบมีส่วนร่วมเพื่อศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากการปลูกทานตะวันแทนการปลูกข้าวในฤดูแล้งและการจำหน่ายเมล็ดเพื่อการผลิตต้นอ่อน ในอำเภอยะผดง จังหวัดนครราชสีมา

3.2 การคำนวณต้นทุนการผลิตเมล็ดทานตะวัน (หน่วย : บาทต่อไร่ต่อ 1 รอบการผลิต หรือ บาทต่อ 1 งานต่อ 1 รอบการผลิต)

1) ค่าใช้ที่ดิน

ค่าใช้ที่ดินเฉลี่ยต่อ 1 รอบการผลิต

= จำนวนพื้นที่เพาะปลูกทานตะวัน (ไร่) $\times$ อัตราค่าเช่าต่อไร่ต่อปี $\times$ (4/12)

ค่าใช้ที่ดินเฉลี่ยต่อไร่ 1 รอบการผลิต

= ค่าใช้ที่ดินเฉลี่ยต่อ 1 รอบการผลิต/จำนวนพื้นที่เพาะปลูกทานตะวัน (ไร่)

ค่าใช้ที่ดินเฉลี่ยต่องาน 1 รอบการผลิต

= ค่าใช้ที่ดินเฉลี่ยต่อไร่ 1 รอบการผลิต $\times$ (1/4)

2) ค่าเสื่อมราคาเครื่องมืออุปกรณ์การเกษตร

ค่าเสื่อมราคาเฉลี่ยต่อปี = มูลค่าเครื่องมืออุปกรณ์การเกษตร/อายุการใช้งาน

ค่าเสื่อมราคาเฉลี่ยต่อ 1 รอบการผลิต = ค่าเสื่อมราคาเฉลี่ยต่อปี $\times$ (4/12)

ค่าเสื่อมราคาเฉลี่ยต่อไร่ 1 รอบการผลิต

= ค่าเสื่อมราคาเฉลี่ยต่อ 1 รอบการผลิต / จำนวนพื้นที่เพาะปลูกทานตะวัน (ไร่)

ค่าเสื่อมราคาเฉลี่ยต่องาน 1 รอบการผลิต

= ค่าเสื่อมราคาเฉลี่ยต่อไร่ 1 รอบการผลิต $\times (1/4)$

3) ค่าแรงงานในการปลูกถึงเก็บเกี่ยว

ค่าจ้างแรงงานเฉลี่ยต่อไร่

= [ค่าจ้าง (บาท/วัน) $\times$ จำนวนคน $\times$ จำนวนวัน] / จำนวนพื้นที่ปลูกทานตะวันรวม (ไร่)

ค่าจ้างแรงงานเฉลี่ยต่องาน = ค่าจ้างแรงงานเฉลี่ยต่อไร่ $\times (1/4)$

4) ค่าวัสดุการเกษตร

ค่าเมล็ดพันธุ์เฉลี่ยต่อไร่ = ค่าเมล็ดพันธุ์รวมทั้งหมด / จำนวนพื้นที่ปลูก
ทานตะวันรวม (ไร่)

ค่าเมล็ดพันธุ์เฉลี่ยต่องาน = ค่าเมล็ดพันธุ์เฉลี่ยต่อไร่ $\times (1/4)$

ค่าปุ๋ยเฉลี่ยต่อไร่ = ค่าปุ๋ยรวมทั้งหมด / จำนวนพื้นที่ปลูกทานตะวันรวม (ไร่)

ค่าปุ๋ยเฉลี่ยต่องาน = ค่าปุ๋ยเฉลี่ยต่อไร่ $\times (1/4)$

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยต่อไร่ = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงรวมทั้งหมด / จำนวนพื้นที่
ปลูกทานตะวันรวม (ไร่)

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยต่องาน = ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยต่อไร่ $\times (1/4)$

3.3 การคำนวณผลตอบแทนการผลิตเมล็ดทานตะวัน (หน่วย: บาทต่อไร่ต่อ 1 รอบการผลิต หรือ บาทต่องานต่อ 1 รอบการผลิต)

- 1) รายได้ทั้งหมด = น้ำหนักผลผลิตรวม $\times$ ราคาเมล็ดทานตะวัน (ไม่ได้กะเทาะเปลือก)
ที่เกษตรกรขายได้ (โดยอาจขายให้กับ ผู้รวบรวม หรือพ่อค้ารับซื้อในท้องถิ่น เป็นต้น)
- 2) รายได้สุทธิ = รายได้ทั้งหมด - ต้นทุนผันแปรทั้งหมด
- 3) รายได้สุทธิเหนือต้นทุนที่เป็นเงินสด = รายได้ทั้งหมด - ต้นทุนที่เป็นเงินสดทั้งหมด
- 4) กำไรสุทธิ = รายได้ทั้งหมด - ต้นทุนคงที่ทั้งหมด - ต้นทุนผันแปรทั้งหมด
- 5) กำไรต่อกิโลกรัม = กำไรสุทธิ / น้ำหนักผลผลิตรวม

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลกระทบตอลักษณะทางการเกษตรของการเสริมธาตุซิลีเนียมกับการปลูกทานตะวันในระดับแปลง ผลการศึกษาพบว่า การเสริมซิลีเนียมไม่ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อขนาดของจานดอกทานตะวัน น้ำหนัก 100 เมล็ดและผลผลิตต่อไร่ของทานตะวัน แต่เมื่อพิจารณาการวิเคราะห์เปรียบเทียบความต่างและการวิเคราะห์แนวโน้ม พบว่าการเสริมซิลีเนียม 16 กรัมซิลีเนียมต่อไร่ให้ผลผลิตสูงกว่าการเสริมซิลีเนียม 8 กรัมซิลีเนียมต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการเสริมซิลีเนียมมีแนวโน้มเพิ่มผลผลิตเป็นรูปแบบเส้นตรงในช่วงปริมาณการใช้ไม่เกิน 24 กรัมซิลีเนียมต่อไร่ การปลูกทานตะวันพบว่าแม้ผลผลิตเฉลี่ย 394 กิโลกรัมต่อไร่ (492.5 กิโลกรัมต่อแปลงขนาด 1.25 ไร่) ผลผลิตที่ได้ยังสามารถสร้างกำไรสุทธิได้จากการขายเมล็ดในลักษณะเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อยอดการแปรรูปอื่น ๆ ในราคาขาย 70 บาทต่อกิโลกรัมเมล็ด โดยการปลูกทานตะวันได้ผลกำไรสุทธิ 15,886.67 บาทต่อแปลง (1.25 ไร่) หรือมีกำไรต่อกิโลกรัมผลผลิตเท่ากับ 32.26 บาท

4.1 ผลของระดับการเสริมปุ๋ยซิลีเนียมระดับต่าง ๆ ตอลักษณะทางการเกษตรของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 77

จากการเก็บข้อมูลความสูงของทานตะวันที่ระยะการปลูก 60 วันหลังการย้ายกล้าปลูกเพื่อประเมินความพร้อมของแปลงก่อนการทดลองและเพื่อนำไปประเมินเทียบกับลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์แปซิฟิก 77 จากงานวิจัยที่เคยมีรายงานก่อนหน้านี้

ตารางที่ 4.1 ความสูง จำนวนใบ ขนาดดอก ก่อนการใช้สารซิลีเนียมในแปลงย่อยที่เตรียมสำหรับการศึกษาหริตเมนต์ต่าง ๆ ที่อายุทานตะวัน 60 วันหลังการย้ายปลูกต้นกล้า

	ความสูงต้น (ซม.)	ขนาดดอก (ซม.)	จำนวนใบ
แปลงสำหรับหริตเมนต์ที่ 1	121.84 ± 13.92	9.91 ± 1.22	26.32 ± 1.86
แปลงสำหรับหริตเมนต์ที่ 2	125.61 ± 11.68	10.50 ± 1.18	25.90 ± 1.61
แปลงสำหรับหริตเมนต์ที่ 3	124.86 ± 14.73	10.08 ± 1.56	26.18 ± 1.77
แปลงสำหรับหริตเมนต์ที่ 4	124.32 ± 16.01	10.10 ± 1.78	25.96 ± 1.46
เฉลี่ย	124.16	10.14	26.09

จากตารางที่ 4.1 พบว่าความสูงต้นของทานตะวันพันธุ์แปซิฟิกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.16 ซม. มีขนาดดอกเท่ากับ 10.14 ซม. และมีจำนวนใบเท่ากับ 26.09 ใบ ซึ่งเมื่อเทียบกับรายงานในพันธุ์เดียวกันโดย อีริชัย เชื้อขาวชาญศิลป์ (2554) พบว่าความสูงของแปซิฟิก 77 ที่อายุ 60 วัน หลังปลูก มีค่าความสูงเท่ากับ 143.78 เซนติเมตร มีจำนวนใบเท่ากับ 19.73 ใบ แสดงให้เห็นถึงลักษณะของต้นทานตะวันที่ใช้ในการศึกษาว่ามีลักษณะต้นเตี้ยกว่าเล็กน้อยแต่มีจำนวนใบต่อต้นมากกว่าซึ่งอาจเป็นข้อดีของการใช้สารซิลีเนียมทางใบนั่นเอง

อย่างไรก็ตามการศึกษขนาดดอกนี้เป็นข้อมูลก่อนการใช้ซิลีเนียม ซึ่งเป็นระยะที่ดอกเริ่มบาน ดังนั้นดอกจึงมีขนาดเล็กแต่ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแปลงค่อนข้างมีความสม่ำเสมอทำให้ขนาดของ

ดอกและขนาดของต้นมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ความสูงและจำนวนใบของต้นทานตะวันเป็นลักษณะหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ไม่คงที่หรือเป็นลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรม (heritability) ปานกลางนั่นเอง เช่น อาจพบต้นทานตะวันที่มีขนาดเล็กเมื่อปลูกในในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมอย่างมากนั่นเอง จากรายงานของ Baraiya *et al.* (2018) พบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของความสูงต้นและจำนวนใบของทานตะวันมีค่าเท่ากับ 69.33 เปอร์เซ็นต์ และ 57.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ขนาดของจานดอกและอายุการออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอัตราพันธุกรรมที่สูงกว่าหรือได้รับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่านั่นเองโดยมีรายงานค่าเท่ากับ 88.74 เปอร์เซ็นต์และ 71.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ผลการศึกษาภายหลังการให้ซีลีเนียมที่ปริมาณต่าง ๆ โดยสองกรรมวิธี ได้แก่ การให้ทางใบและการให้ทางรากที่อายุต้นเดียวกันคือประมาณ 65 วัน ซึ่งเป็นช่วงของการสะสมเมล็ดของทานตะวัน ทำการประเมินในสามลักษณะได้แก่ ลักษณะขนาดของจานดอกที่ระยะเก็บเกี่ยว น้ำหนัก 100 เมล็ดและผลผลิตพบผลการทดลอง ดังนี้

ขนาดจานดอกทานตะวันไม่พบอิทธิพลของปัจจัยหลัก ได้แก่ ความเข้มข้นของซีลีเนียม วิธีการให้ซีลีเนียมทางรากและใบ แต่พบว่ามีปฏิกริยาร่วมระหว่างทั้งสองปัจจัย (ตารางที่ 4.2) ทั้งนี้การพ่นซีลีเนียมที่อัตรา 24 กรัมซีลีเนียมต่อไร่ทางใบพบจานดอกมีขนาดเล็กที่สุด โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 13.72 เซนติเมตร ขณะที่กรรมวิธีอื่น ๆ ให้ค่าใกล้เคียงกัน

ทั้งนี้การพ่นซีลีเนียมมีการดำเนินการที่ระยะการสะสมเมล็ดเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นผลกระทบจากการเสริมธาตุซีลีเนียมต่อขนาดของจานดอกซึ่งเป็นลักษณะที่ปรากฏขึ้นก่อนแล้วจึงอาจได้รับผลกระทบเพียงเล็กน้อย และจากที่พบว่าลักษณะขนาดของจานดอกหรือ head diameter มีค่าอัตราพันธุกรรมที่ค่อนข้างสูง โดยมีรายงานก่อนหน้านี้โดย Baraiya *et al.* (2018) ที่พบว่ามีค่า เท่ากับ 88.74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายถึงเป็นลักษณะที่อาจควบคุมด้วยยีนจำนวนน้อยคู่หรือเป็นลักษณะเชิงคุณภาพ (quantitative genetic) นั่นจึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ได้รับผลกระทบจากการใช้ปัจจัยภายนอกค่อนข้างน้อย รวมทั้งการเสริมสารซีลีเนียมในครั้งนี้ด้วย ขณะเดียวกันเมื่อเทียบกับการศึกษาทานตะวันพบว่าขนาดของจานดอกทานตะวันที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีขนาดปานกลาง คือเฉลี่ยประมาณ 14.82 เซนติเมตร เนื่องจากมีรายงานขนาดของจานดอกทานตะวันอยู่ระหว่าง 6.31-17.77 เซนติเมตร (Baraiya *et al.*, 2018)

อย่างไรก็ตามจากรายงานของ อีริชัย เชี่ยวชาญศิลป์ (2554) พบว่าขนาดจานดอกของทานตะวันขึ้นกับปัจจัยที่ใส่ในแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกันกับขึ้นกับความแตกต่างของพันธุกรรม และปฏิกริยาร่วมของทั้งสองปัจจัยดังกล่าวนี้ โดยพบทุกลักษณะทางการเกษตรที่ตอบสนองต่อปัจจัยการผลิตของพันธุ์แปซิฟิก 77 ได้แก่ ผลผลิต เปอร์เซ็นต์น้ำมัน เปอร์เซ็นต์การนวด ขนาดเมล็ด ขนาดดอก อายุออกดอก ความสูง จำนวนใบ แต่ทั้งนี้สำหรับขนาดดอกพบว่าจะมีการเพิ่มขนาดเมื่อเพิ่มปัจจัยการผลิตกลุ่มควบคุมทั้งการเพิ่มปริมาณน้ำ เพิ่มการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 และเพิ่มการกำจัดวัชพืช (ระดับ A1B1C1 ไปเป็น A2B2C2) แต่ไม่พบการตอบสนองเมื่อเพิ่มปัจจัยเป็นความถี่การให้น้ำ การแบ่งใส่ปุ๋ยสองครั้งจากเดิมใส่ครั้งเดียวหรือการกำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ (ระดับ A3B3C2 และ A4B3C3) นั้นแสดงให้เห็นว่าการบริหารจัดการใส่ปัจจัย (แต่ปริมาณเท่าเดิม) อาจมีผลกระทบต่อขนาดจานดอกน้อยกว่าปริมาณปัจจัยเสริมที่ทานตะวันควรได้รับ ด้วยเหตุนี้ การใส่ซีลีเนียมหากดำเนินการก่อนหน้าการออกดอกอาจให้ขนาดของดอกเพิ่มขึ้น แต่ต้องมีพิจารณาผลกระทบต่อลักษณะอื่น ๆ จากการเสริมซีลีเนียมในครั้งนี้ด้วย ทั้งนี้งานวิจัยนี้ให้ค่าของขนาดจานดอกใกล้เคียงกับรายงานดังกล่าวนี้ที่รายงานว่าขนาดของจานดอกทานตะวันพันธุ์แปซิฟิก 77 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.20 เซนติเมตร

ทั้งนี้วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ต้องการเพิ่มซีลีเนียมให้กับเมล็ด เพื่อให้เป็นธาตุอาหารรองในพืชอาหารของมนุษย์เพื่อประโยชน์ทางการแพทย์และสุขภาพ (Terry et al., 2000; Fordyce, 2013) แม้ว่าซีลีเนียมจะเป็นธาตุที่ไม่ได้จำเป็นสำหรับพืชมีดอก (Feng et al., 2013; White, 2015) แต่การนำมาเสริมในกระบวนการบานของดอกเพราะเป็นระยะของการเติมเต็มเมล็ดเช่นกัน และมีรายงานว่า การเสริมซีลีเนียมโดยเฉพาะในระยะลำต้นและใบมีโอกาที่ซีลีเนียมอาจไปสะสมในส่วนที่ไม่สามารถรับประทานได้ของพืช (Carvalho et al., 2003) ทำให้มีแนวคิดของการนำซีลีเนียมมาเสริมในระหว่างการติดเมล็ดหรือเติมเต็มเมล็ด ซึ่งมีรายงานว่าสามารถเพิ่มซีลีเนียมได้ในเมล็ดของ Opium Puppy (*Papaver somniferum*) เมื่อทำการเสริมซีลีเนียมในระยะฝักเขียว เป็นต้น

ตารางที่ 4.2 ขนาดจานดอกทานตะวันในระยะเก็บเกี่ยวภายหลังการใช้สารซีลีเนียมตามทรีตเมนต์

การใช้สารซีลีเนียม	ให้สารซีลีเนียมทางใบ (ชม.)	ให้สารซีลีเนียมทางราก (ชม.)	ค่าเฉลี่ย (ชม.)
อัตรา 0 กรัมซีลีเนียมต่อไร่ (0 g Se/ha)	15.16 ± 0.42 a	14.94 ± 1.30 a	15.06 ± 0.92
อัตรา 8 กรัมซีลีเนียมต่อไร่ (50 g Se/ha)	14.80 ± 1.02 ab	14.96 ± 0.49 a	14.88 ± 0.76
อัตรา 16 กรัมซีลีเนียมต่อไร่ (100 g Se/ha)	14.97 ± 0.75 a	14.61 ± 0.72 ab	14.79 ± 0.72
อัตรา 24 กรัมซีลีเนียมต่อไร่ (150 g Se/ha)	13.72 ± 1.31 b	15.38 ± 0.33 a	14.55 ± 1.25
เฉลี่ย (ชม.)	14.66 ± 1.03	14.98 ± 0.79	
P-value (ความเข้มข้นซีลีเนียม)	0.5847ns		
P-value (วิธีการใช้ซีลีเนียม)	0.2268ns		
P-value (ความเข้มข้น x วิธีการ)	0.0347*		
Coefficient of variation (%)	5.44		
เฉลี่ย	14.82		

หมายเหตุ: a, b อักษรกำกับแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ผลการวิเคราะห์ความต่าง (Contrast analysis) ระหว่างกลุ่มทรีตเมนต์ที่ต้องการเปรียบเทียบสำหรับอิทธิพลต่อขนาดของจานดอกทานตะวัน (ตารางที่ 4.3) พบว่าไม่มีนัยสำคัญของกลุ่มที่ทำการเปรียบเทียบทั้งสาม contrast ได้แก่ การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทรีตเมนต์ที่มีการเสริมซีลีเนียม (contrast 1) เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่มีการใช้ซีลีเนียมระดับต่ำ-ปานกลางในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่การเสริม 8 และ 16 กรัมซีลีเนียมต่อไร่ (contrast 2) และเปรียบเทียบกันเองระหว่างกลุ่มที่มีการใช้ซีลีเนียมระดับต่ำและระดับปานกลาง (contrast 3) ผลการทดลองไม่พบความแตกต่างของ contrast ต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการเปรียบเทียบ contrast จะทำให้สามารถประเมินเฉพาะทรีตเมนต์ที่ต้องการเปรียบเทียบได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เป็นวิธีการประเมินเฉพาะกลุ่มที่ต้องการเปรียบเทียบทำให้สามารถทำนายผลระหว่างกรณีได้ การไม่พบนัยสำคัญของ contrast อาจกล่าวได้ว่าผลการทดลองผลของซีลีเนียมยังไม่ชัดเจนหรือไม่ส่งผลกระทบให้เกิดความแตกต่างกับขนาดของจานดอก

ทานตะวัน ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากระยะเวลาการใช้ซีลีเนียมที่เลเยอร์การพัฒนาของจานดอกทานตะวันไปแล้วนั่นเอง

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความต่าง (Contrast analysis) ของปัจจัยความเข้มข้นของซีลีเนียมต่อขนาดจานดอกทานตะวัน

Source	Df	Sum of Square	Mean Square	F-value	P-value
Block	4	5.997	1.4993	1.873	0.139 ns
Selenium concentration	3	1.283	0.4276	0.534	0.662 ns
T1 vs (T2,T3,T4)	1	0.052	0.0511	0.065	0.800 ns
(T2,T3) vs T4	1	0.001	0.0007	0.001	0.977 ns
T2 vs T3	1	1.230	1.2301	1.536	0.224 ns
Residuals	32	25.622	0.8007		

หมายเหตุ: ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

T1 อัตรา 0 กรัมซีลีเนียมต่อไร่ (กลุ่มควบคุม)

T2 อัตรา 8 กรัม ซีลีเนียมต่อไร่ (50 g Se/ha หรือ 18.23 กรัม Sodium selenite ต่อไร่)

T3 อัตรา 16 กรัม ซีลีเนียมต่อไร่ (100 g Se/ha หรือ 36.46 กรัม Sodium selenite ต่อไร่)

T4 อัตรา 24 กรัม ซีลีเนียมต่อไร่ (150 g Se/ha หรือ 54.69 กรัม Sodium selenite ต่อไร่)

ทั้งนี้การทดสอบใช้เฉพาะความแตกต่างของปริมาณการใช้สารซีลีเนียมมาใช้เป็นกลุ่มทดสอบเท่านั้นเพื่อต้องการให้มีการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ใช้สารดังกล่าวได้ การใช้การวิเคราะห์ contrast จึงเป็นวิธีที่ต้องการอธิบายผลเพิ่มเติมในสิ่งที่การทดสอบสมมติฐานปกติ (null hypothesis significant testing) ไม่สามารถดำเนินการได้ (Kline, 2013; Wiens and Nilsson, 2017) นั่นเอง

4.2 การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิตทานตะวัน

ต้นทุนการปลูกทานตะวันทดแทนในพื้นที่ 1.25 ไร่

ในการศึกษาครั้งนี้ได้จำแนกต้นทุนออกเป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 4.4)

1) ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย

- 1.1) ค่าใช้ที่ดิน เป็นการปลูกภายในพื้นที่ของศูนย์วิจัยทางการเกษตร 100 ไร่ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จึงไม่มีค่าเช่าที่ดิน
- 1.2) ค่าเสื่อมราคา ได้แก่ รถไถ และระบบน้ำแบบสปริงเกอร์ สำหรับค่าเสื่อมราคาคือเป็นต้นทุนคงที่ที่ไม่เป็นเงินสด การคำนวณค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์เฉลี่ยต่อไร่ต่อหนึ่งรอบการผลิต คือ 4 เดือน สำหรับการทานตะวัน

ตารางที่ 4.4 มูลค่าและค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ของการปลูกทานตะวันในพื้นที่ 1.25 ไร่

รายการ	มูลค่า ที่ซื้อ	อายุการ ใช้งาน (ปี)	ค่าเสื่อม ราคาต่อปี	จำนวนพื้นที่ เพาะปลูก (ไร่)	ค่าเสื่อม ราคาต่อ ไร่	ค่าเสื่อมราคาต่อ ไร่ต่อรอบการ ผลิต
รถไถ ระบบน้ำแบบ สปริงเกอร์	700,000	20	35,000	200 ^{1/}	175.00	58.33
- ท่อน้ำ						
- สายน้ำพุ่ง	2,850	5	570	1	570	190.00
	2,250	5	450	1	450	150.00

** มูลค่าและค่าเสื่อมคำนวณต่อพื้นที่ 1 ไร่ แต่สำหรับต้นทุนอื่น ๆ คำนวณต่อพื้นที่ทดลองจริงคือ 1.25 ไร่ (แปลง)

หมายเหตุ ^{1/} จำนวนพื้นที่เพาะปลูกภายในศูนย์วิจัยทางการเกษตรประมาณ 3 รอบปลูก คิดประมาณ 200 ไร่ต่อปี

2) ต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าแรงงาน ค่าวัสดุการเกษตร และค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

2.1) ค่าแรงงาน ประกอบด้วยแรงงานคนและเครื่องจักรแบ่งตามประเภทของกิจกรรมและขั้นตอนในการผลิตได้ดังนี้

ค่าแรงงานในการเตรียมดิน การเตรียมดินโดยการไถเพียง 4 ครั้ง โดยใช้รถไถ

- ค่าแรงในการจ้างไถกลบปอเทือง จำนวน 1 ครั้ง คิดเป็น 300 บาทต่อแปลง
- ค่าแรงในการใส่ปุ๋ยมูลสัตว์ 1 ครั้งและทำการไถพรวน จำนวน 2 ครั้ง คิดเป็น 300 บาทต่อไร่/ครั้ง รวมเป็น 600 บาท
- ค่าแรงในการไถตะ จำนวน 1 ครั้ง คิดเป็น 300 บาทต่อแปลง

ค่าแรงงานในการปลูกและดูแลรักษา ประกอบด้วย

- ค่าแรงในการใส่ปลูกทานตะวัน 2 คน จำนวน 1 วัน คิดเป็น 300 บาท × 2 คน × 1 วัน = 600 บาท

- ค่าแรงคำนวณจากการใช้แรงงานคน 1 คน ดูแลจนถึงสิ้นสุดการทดลอง 4 เดือน แต่เนื่องจากรับแบบเงินเดือนและแรงงานมีหน้าที่อื่น ๆ ภายในศูนย์วิจัยด้วย ดังนั้นค่าใช้จ่ายจะคำนวณเพียงกึ่งหนึ่งของเงินเดือน หรือประมาณ 3,000 บาท × 4 เดือน = 12,000 บาท การทำงานประกอบด้วย

- การดายหญ้า
- การใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0- ร่วมกับการปรับสภาพดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ในสัดส่วน 1:1 โดยใส่ปุ๋ยยูเรีย ในช่วงอายุทานตะวัน 10 วัน (หลังการย้ายปลูก หรืออายุทานตะวันหลังออกประมาณ 24 วัน) ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่
- การให้น้ำในระบบน้ำพุ่ง วันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 3 ชั่วโมง (พิจารณาจากสภาพอากาศประกอบกัน)

- ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ที่อายุหลังการย้ายกล้าประมาณ 35 วัน
- พ่นสารซีลีเนียมเมื่ออายุประมาณ 60 วันตามที่กำหนดในแต่ละทรีตเมนต์

ค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวและตากผลผลิต

- ค่าแรงงานในการเก็บผลผลิต คิดเป็น 300 บาท x 2 คน x 1 วัน แต่ลบแรงงานประจำ 1 วัน ดังนั้นค่าแรงงาน = 300 บาท
- ค่าแรงงานในการเก็บตากผลผลิต คิดเป็น 300 บาท x 2 คน x 3 วัน แต่ลบแรงงานประจำ ดังนั้นค่าแรงงาน = 900 บาท

2.2) ค่าวัสดุการเกษตร ได้แก่

- ค่าเมล็ดพันธุ์แปซิฟิก 77 ปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อที่ดิน 1 ไร่ ราคาเมล็ดพันธุ์ ราคา 600 บาทต่อกิโลกรัม
- ค่าถาดเพาะ ราคา 30 บาท
- ค่าวัสดุเพาะ 350 บาท
- ค่าเมล็ดปอเทือง 5 กิโลกรัม กิโลกรัมละ 40 บาท รวม 200 บาท
- ค่าปุ๋ยยูเรีย 560 บาท
- ค่าปุ๋ยอินทรีย์ 250 บาท

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง คือค่าน้ำมันสำหรับรถไถ
ค่าน้ำมันสำหรับเครื่องรถไถ จำนวน 4 ครั้ง ครั้งละ 300 บาท รวม 1,200 บาท

(ผลผลิตทานตะวัน ประมาณ 394 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเมล็ด 70 บาทต่อกิโลกรัม)

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนต่อแปลง (บาทต่อแปลง) ของการปลูกทานตะวัน
ทดแทนในพื้นที่ของศูนย์วิจัย 100 ไร่ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

รายการ	เป็นเงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม	ร้อยละ
ต้นทุนคงที่	0.00	398.33	398.33	2.14
ค่าใช้ที่ดิน	0.00	0.00	0.00	0.00
ค่าเสื่อมอุปกรณ์	0.00	398.33	398.33	2.14
รถไถ	0.00	58.33	59.17	0.31
ระบบน้ำแบบสปริงเกอร์				
แบบสายน้ำพุ่ง				
1. ท่อน้ำ	0.00	190.00	190.00	1.02
2. สายน้ำพุ่ง	0.00	150.00	150.00	0.81

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนต่อแปลง (บาทต่อแปลง) ของการปลูกทานตะวัน
ทดแทนในพื้นที่ของศูนย์วิจัย 100 ไร่ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา (ต่อ)

รายการ	เป็นเงินสด	ไม่เป็นเงินสด	รวม	ร้อยละ
ต้นทุนผันแปร	18,190.00	0.00	18,190.00	97.86
ค่าแรงงาน	15,000.00	0.00	15,000.00	80.70
ค่าแรงงานไถพรวน	300.00	0.00	300.00	1.61
ค่าแรงในการใส่ปุ๋ยและ ไถพรวน	600.00	0.00	600.00	3.23
ค่าแรงงานไถตะ	300.00	0.00	300.00	1.61
ค่าแรงงานปลูกทานตะวัน	600.00	0.00	600.00	3.23
ค่าแรงงานดูแลแปลง 4 เดือน	12,000.00	0.00	12,000.00	64.56
ค่าแรงงานเก็บเกี่ยว*	300.00	0.00	300.00	1.61
ค่าแรงงานในการตากผลผลิต	900.00	0.00	900.00	4.84
ค่าเมล็ดพันธุ์	600.00	0.00	600.00	3.23
ค่าอุปกรณ์เพาะและวัสดุเพาะ	380.00	0.00	380.00	2.04
ค่าเมล็ดปอเทืองบำรุงดิน	200.00	0.00	200.00	1.08
ค่าปุ๋ยยูเรีย	560.00	0.00	560.00	3.01
ค่าปุ๋ยอินทรีย์	250.00	0.00	250.00	1.34
ค่าน้ำเชื้อเพลิง	1,200.00	0.00	1,200.00	6.46
ต้นทุนรวมทั้งหมด	18,190.00	398.33	18,588.33	
ร้อยละ	97.86	2.14	100	
ผลผลิต (กก./ไร่)			394.00	
ผลผลิต (กก./แปลง)			492.50	
ราคาที่เกษตรกรขายได้ (บาท/กก.)			70.00	
รายได้ทั้งหมด (ต่อแปลง)			34,475.00	
รายได้สุทธิ (รายได้ทั้งหมด - ต้นทุนผันแปรทั้งหมด)			(16,285.00)	
รายได้สุทธิเหนือต้นทุนที่เป็นเงินสด [รายได้ทั้งหมด - ต้นทุนที่เป็น เงินสด]			(16,285.00)	
กำไรสุทธิ [รายได้ทั้งหมด - ต้นทุนคงที่ทั้งหมด - ต้นทุนผันแปร ทั้งหมด]			(15,886.67)	
กำไรต่อกิโลกรัม [กำไรสุทธิ/น้ำหนักผลผลิตรวม]			(32.26)	

* ไม่คิดแรงงานประจำที่จ้างให้ดูแลแปลง 4 เดือน, ขนาดแปลง = 1.25 ไร่

หากพิจารณาประเด็นต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนต่อไร่ของการปลูกทานตะวันแม้จะเป็นไปเพื่อการวิจัยก็ตามในพื้นที่ศูนย์วิจัย 100 ไร่ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา สามารถประเมินได้ ดังนี้

ผลผลิตทานตะวันในรอบการวิจัยให้ผลผลิตประมาณ 394 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ยรวมทุกพริตเมนต์) (ตารางที่ 4.5) ซึ่งสูงกว่าที่มีรายงานจากศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักเศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่กล่าวว่าผลผลิตทานตะวันอยู่ระหว่าง 130-150 กิโลกรัมต่อไร่ (จากข้อมูลระหว่างปี 2539-2549) และได้ผลผลิตสูงกว่าที่รายงานโดย ไพศาล เหล่าสุวรรณ และคณะ (2551) ที่พบว่าผลผลิตทานตะวันประมาณ 246-316 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่พบว่าการศึกษาครั้งนี้อย่างถึงกลางค่าเฉลี่ยของการศึกษาวิจัยในต่างประเทศ ที่พบผลผลิตในช่วงที่ค่อนข้างกว้างประมาณ 294-546.73 กิโลกรัมต่อไร่ (Killi and Tekeli, 2016)

สำหรับการปลูกทานตะวันเพื่อการวิจัยในครั้งนี้เป็นลักษณะการปลูกแบบประณีต คือมีการปลูกแบบย้ายต้นกล้า และมีการให้น้ำโดยใช้ระบบสปริงเกอร์แบบสายน้ำพุ่งเพื่อให้เฉพาะทานตะวันแถวปลูกได้น้ำและป้องกันการสูญเสียไอน้ำระหว่างแถวปลูกซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาวัชพืชระหว่างแถวด้วยเช่นเดียวกัน ด้วยเหตุนี้ค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่ง คือ ค่าเสื่อมอุปกรณ์ที่มาจะระบบน้ำ รวมประมาณ 1.83 เพอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเสื่อมคุณภาพได้ค่อนข้างง่าย แต่มีความจำเป็นเมื่อต้องการปลูกทานตะวันได้ตลอดทั้งปี (ตารางที่ 4.11-4.12) เนื่องจากทานตะวันเป็นพืชที่ไม่ไวแสงนั้นคือสามารถปลูกได้ทุกฤดูกาลในประเทศไทย ยกเว้นการปลูกที่มีรอบการเก็บเกี่ยวที่ควรหลีกเลี่ยงฝนเพื่อป้องกันความเสียหายของผลผลิต แต่ทั้งนี้การปลูกในฤดูกาลที่แตกต่าง การได้รับสภาพแวดล้อมที่แตกต่าง เช่น แสง อุณหภูมิ ทำให้มีการแสดงออกของลักษณะต้นและผลผลิตสามารถพบความแตกต่างกันออกไปด้วยเช่นกันแม้จะเป็นพันธุ์เดียวกัน (Khan, 2001; Vanitha *et al.*, 2014)

ข้อดีของการปลูกทานตะวันคือเป็นพืชที่ดูแลและจัดการง่าย โดยเฉพาะการปลูกในสภาพไร่ เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้มีแรงงานหลักที่ดูแลตลอดระยะการปลูกเพียง 1 คนเท่านั้น แต่เนื่องจากทานตะวันมีพื้นที่ปลูกไม่สูงมากนักในประเทศไทยในปัจจุบัน จึงทำให้รถเก็บเกี่ยวอาจไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ ดังนั้นการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ขนาดเล็กอาจใช้แรงงานคนเป็นหลัก แต่เนื่องจากทานตะวันเป็นพืชที่ส่วนใหญ่ใช้พันธุ์ลูกผสม ที่มีการเก็บเกี่ยวพร้อมกัน และเป็นพืชที่ไม่มีการแตกกอหรือแตกกิ่งทำให้การเก็บเกี่ยวผลผลิตทำได้ค่อนข้างง่าย ในการทดลองครั้งนี้ใช้แรงงานในการเก็บเกี่ยวค่อนข้างสูงคือประมาณ 80.70 เพอร์เซ็นต์ โดยเป็นแรงงานเฉพาะที่เก็บเกี่ยวประมาณ 1.61 เพอร์เซ็นต์ แต่ทั้งนี้ได้มีการคำนวณที่หักแรงงานประจำออกไปแล้ว ดังนั้นในความเป็นจริงเปอร์เซ็นต์แรงงานในส่วนนี้จะต้องสูงกว่าที่รายงานได้อีกเล็กน้อย (ตารางที่ 4.5)

ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่สำคัญคือเมล็ดพันธุ์ นอกจากมีความสำคัญแล้วยังเป็นปัจจัยที่ต้องมีการวางแผนเพื่อการผลิตด้วย เนื่องจากการปลูกทานตะวันเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้พันธุ์ลูกผสม เมื่อมีพันธุ์กรรมที่เหมือนกัน ทำให้ง่ายต่อการดูแลและจัดการแปลง แต่เนื่องจากทานตะวันเป็นพืชน้ำมัน เมล็ดพันธุ์สามารถเสื่อมคุณภาพทั้งการงอกและคุณภาพของต้นได้ การเก็บเมล็ดทานตะวันที่เหลือจากฤดูปลูกครั้งก่อนเพื่อการปลูกซ้ำเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง เว้นแต่เป็นการปลูกภายในปีเดียวกัน ด้วยเหตุนี้ เกษตรกรต้องมีการคำนวณปริมาณเมล็ดพันธุ์ที่ต้องการให้เพียงพอและพอดีกับปริมาณที่ต้องใช้เพื่อไม่ให้ต้นทุนส่วนนี้เพิ่ม

สำหรับพันธุ์ทานตะวัน นอกเหนือจากพันธุ์ลูกผสม (Hybrid varieties) แล้ว ยังมีพันธุ์สังเคราะห์ (Synthetic varieties) ที่เกษตรกรสามารถเลือกใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งพันธุ์กรรมทั้งสองแบบต่างมี

จุดเด่นที่ต่างกัน การใช้พันธุ์ลูกผสมซึ่งมีพันธุ์กรรมเดียวกัน การแสดงออกทางพันธุ์กรรมและการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมเหมือนกัน จะทำให้ง่ายต่อการจัดการระดับแปลง เนื่องจากมีหลายลักษณะที่แสดงออกเหมือนกันทำให้ง่ายต่อการจัดการ เช่น ความสูง อายุการเก็บเกี่ยว นั้นเป็นสาเหตุหนึ่งนอกเหนือจากผลผลิตที่สูง ทำให้เกษตรกรหันมาปลูกทานตะวันรวมทั้งพืชชนิดอื่น ๆ โดยใช้ลูกผสมมากขึ้นเรื่อย ๆ (Vázquez and de Romano, 2006; RNC, 2017) แต่อาจกล่าวได้ว่า การแสดงออกของพันธุ์กรรมที่ดีอย่างชัดเจนของลูกผสมจะปรากฏเมื่อเกษตรกรมีการจัดการแปลงได้ค่อนข้างดีซึ่งอาจหมายถึงการมีค่าใช้จ่ายระดับแปลงสูงตามไปด้วย (Keneni *et al.*, 2012) เมล็ดพันธุ์ลูกผสมมีราคาค่อนข้างสูง การปลูกแบบประณีตเพื่อประหยัดเมล็ดพันธุ์จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่แนะนำสำหรับเกษตรกร การที่เมล็ดลูกผสมส่วนใหญ่ให้ผลผลิตและลักษณะต่าง ๆ ที่ดี เป็นเพราะเป็นพันธุ์ที่มีการใช้ประโยชน์จากความดีเด่นของการเป็นลูกผสมชั่วแรก ที่เรียกว่า เฮเทอโรซิส (heterosis) โดยเฉพาะพบในพืชทานตะวัน ทำให้ทานตะวันกลายเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญของโลกในปัจจุบัน พบในปลูกในหลายพื้นที่ทั่วโลกทั้งยุโรปตะวันออกและตะวันตก รัสเซีย อเมริกาใต้และในสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย แอฟริกาใต้ จีน อินเดีย และตุรกี เป็นต้น มีรายงานในพื้นที่ปลูกทานตะวันทั่วโลกกว่า 16.5 ล้านเฮกตาร์ มีการปลูกโดยใช้ทานตะวันพันธุ์ลูกผสมกว่า 11.5 ล้านเฮกตาร์ (Miller, 1998; Ahmad *et al.*, 2005)

สำหรับพันธุ์สังเคราะห์เป็นการรวมหลายพันธุ์กรรมที่ดีเกิดจากการรวมตัวอย่างเป็นระบบ (intercrossing of several genotypes of known superior combining ability) (Fehr, 1987; Welu, 2016) มีการคัดเลือกให้เป็นกลุ่มพันธุ์กรรมที่ให้ผลผลิตสูง นิยมทำในพืชผสมข้าม เป็นการดำเนินการปรับปรุงพันธุ์อย่างมีระบบผ่านการจับคู่ผสมระหว่างจีโนไทป์ที่ดี มีการพัฒนามาจากประชากรผสมเปิด (open pollinated populations; OPVs) นั้นเอง (Lonnquist, 1961) พันธุ์สังเคราะห์ที่ได้รับการแนะนำครั้งแรกโดย Hayes และ Garber ในปี ค.ศ. 1919 (Welu, 2016) แต่อย่างไรก็ตามการจัดการสร้างลูกผสมมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าและซับซ้อนกว่าพันธุ์สังเคราะห์ นั้นเป็นสาเหตุให้พันธุ์ลูกผสมมีราคาสูงกว่าพันธุ์สังเคราะห์นั่นเอง (Dhillona and Pasanna, 2001) หากพิจารณาในแง่การตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการแสดงออกทางพันธุ์กรรมพบว่าเนื่องจากพันธุ์สังเคราะห์ประกอบด้วยพันธุ์กรรมที่แตกต่างกันทำให้ลักษณะของต้นที่ในแปลงมีความแตกต่างกันบ้างนั่นเอง แต่หากพิจารณาในแง่บวกแล้ว พันธุ์สังเคราะห์ด้วยเหตุที่มีฐานพันธุ์กรรมกว้างจะสามารถทนต่อสภาพแวดล้อม หรือทนต่อความเครียดเนื่องจากปัจจัยสิ่งมีชีวิตได้ค่อนข้างกว้าง (Gulya, 1985; Miller *et al.*, 1988; Dedio and Rashid, 1991; Touvieille *et al.*, 2000) หรือสภาพการจัดการที่หลากหลายและแตกต่างกันได้มากกว่า (Megaia *et al.*, 2005) ด้วยเหตุนี้ การจัดการระดับแปลงเมื่อใช้พันธุ์กรรมต่าง ๆ เหล่านี้ ต้องมีการมองหาจุดที่เหมาะสม (Carrillo-Avila *et al.*, 2015) เพราะอาจมีลักษณะทางการเกษตรและอายุการสุกแก่ที่แตกต่างกันนั่นเอง

การทดลองที่ 2 ระดับการเสริมกากเมล็ดทานตะวันที่เหมาะสมในสูตรอาหารแพะ จากาทดลองพบว่า

1. จากผลการศึกษาผลของการเสริมกากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณการกินได้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตลอดช่วงการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) และ ระดับความเป็นกรด-ด่างของเหลวในกระเพาะรูเมนพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$)

2. ในการศึกษาผลของการเสริมต้นอ่อนทานตะวันอบแห้งและใบกระถินอบแห้งที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารไก่ไข่จะใช้เป็นหลักการพิจารณาสิ่งที่จะนำไปใช้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตสัตว์ซึ่งการทดลองนี้พบว่าต้นอ่อนทานตะวันและใบกระถินที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารไก่ไข่ทำให้คุณภาพไข่และสีไข่แดงไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมในสูตรอาหารไก่ไข่ไม่มีผลต่อคุณภาพไข่ของไข่ไก่

3. การเสริมต้นอ่อนทานตะวันอบแห้ง 1% และใบกระถินอบแห้ง 1% ในอาหารไก่ไข่ อาหารที่ใช้ในการทดลองมี 3 ทริทเมนต์ กลุ่มที่ 1 อาหารไก่ไข่สำเร็จรูป กลุ่มที่ 2 เสริมต้นอ่อนทานตะวันอบแห้ง 1% กลุ่มที่ 3 เสริมต้นอ่อนทานตะวันอบแห้ง 2% พบว่าการเสริมต้นอ่อนทานตะวันอบแห้ง 1% และเสริมต้นอ่อนทานตะวันอบแห้ง 2% ในอาหารไก่ไข่มีความแตกต่างที่ความกว้าง ไข่แดง, ความยาวไข่แดง, ความสูงไข่, พื้นที่ไข่แดง, ความยาวไข่ขาว, พื้นที่ไข่ขาวแตกต่างกันอย่าง ไม่มีนัยความสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่คุณภาพไข่หลังจากการเสริมต้นอ่อนทานตะวัน อบแห้งและใบกระถินอบแห้งรวมทั้งความแตกต่างของสีไข่แดงพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

4. การเลี้ยงไก่วงที่เสริมกากและเมล็ดทานตะวันและหญ้าเนเปียร์ในอาหารเปรียบเทียบกับตัวควบคุมในการผลิตไข่ไก่วง พบว่า อาหารควบคุมให้น้ำหนักตัวไก่วงตัวผู้ตัวเมียและผลผลิตไข่ดีกว่าอาหารที่เสริมกากและเมล็ดทานตะวัน และ มีมวลไข่ที่ดีกว่าแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% การเสริมกากเมล็ดทานตะวัน ให้น้ำหนักไข่ไก่วงดีกว่าสูตรควบคุมและสูตรที่เสริมเมล็ดทานตะวันแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม ปริมาณการกินอาหารสูตรควบคุมให้ผลผลิตดีกว่าอาหารที่เสริมกากและเมล็ดทานตะวันแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม พบว่าอาหารที่เสริมเมล็ดทานตะวันบดให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า สูตรควบคุมและสูตรที่เสริมกากทานตะวันแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($P < 0.05$)

5. จากการทดลองการใช้อาหารสูตรควบคุมให้ผลผลิตดีกว่าในเรื่องน้ำหนัก ผลผลิตไข่ มวลไข่ และ ปริมาณการกินได้ ส่วนกากและเมล็ดทานตะวันให้ผลดีในเรื่องน้ำหนักไข่ไก่วง

5.1.2 ผลกระทบจากงานวิจัยและการต่อยอดงานวิจัย การใช้ประโยชน์จากต้นอ่อนทานตะวัน และ เศษเหลือจากการสกัดน้ำมันทานตะวันเพื่อเป็นอาหารสัตว์

- เนื่องจากขบวนการสกัดน้ำมันทานตะวันจากเมล็ดทานตะวัน จะมีส่วนที่สกัดออกมา 3 ส่วนด้วยกันคือ น้ำมัน กากทานตะวัน และอีกส่วนที่ยังมีน้ำมันอยู่มากและมีส่วนของกากปนอยู่ โดยน้ำมันทานตะวันในพันธุ์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในประเทศประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวและเป็นกรดไขมันที่จำเป็น ผล

การศึกษาพบว่าสามารถนำกากทานตะวันที่เป็นส่วนที่เหลือจากการหีบน้ำมันมาใช้ในสูตรอาหารแพะได้ โดยไม่กระทบต่อการกินได้ของแพะ

- การนำต้นอ่อนทานตะวันที่เป็นอาหารสุภาพสำหรับมนุษย์มาทดสอบใช้กับการเลี้ยงไก่พบว่าสามารถใช้ได้ เนื่องจากไม่กระทบต่อคุณภาพไข่ ทั้งขนาด สี สัน ปริมาณไข่ขาวและไข่แดง ซึ่งจะเป็นลดต้นทุนการใช้อาหารสำเร็จรูปของบริษัท นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทดแทนการใช้ใบกระถินได้เช่นเดียวกัน ดังนั้น จะเป็นแหล่งอาหารไก่ไข่ทางเลือกสำหรับเกษตรกรในฤดูกาลต่าง ๆ และเป็นการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ทานตะวันได้อย่างหลากหลายมากขึ้น

- กากและเมล็ดทานตะวันสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารไก่วงได้โดยไม่กระทบต่อน้ำหนักของไก่วงทั้งสองเพศ รวมทั้งไม่กระทบต่อการผลิตไข่ของไก่วงเพศเมียทั้งปริมาณและคุณภาพของไข่

- จากผลการศึกษาในโครงการวิจัยย่อยนี้ ทำให้สามารถนำเศษเหลือจากการหีบน้ำมัน หรือใช้ผลิตภัณฑ์การแปรรูปของทานตะวันมาใช้เพื่อประโยชน์อื่นเพิ่มเติมนอกเหนือจากการส่งเสริมให้เป็นอาหารสุภาพสำหรับมนุษย์ เช่น การใช้ต้นอ่อนทานตะวัน การใช้กากตะวัน และการใช้เมล็ดทานตะวัน เพื่อการเป็นอาหารสัตว์คุณภาพและลดต้นทุนการผลิต เป็นแหล่งอาหารสัตว์ทางเลือกและทดแทนสำหรับอาหารสัตว์สำเร็จรูปต้นทุนสูงสำหรับเกษตรกร ซึ่งประโยชน์ข้อนี้สามารถนำไปสนับสนุนทั้งการวิจัย วิชาการ และเพื่อประโยชน์สำหรับเกษตรกร ชุมชนและสังคมได้อย่างชัดเจนในอนาคต

5.1.3 แนวทางการเพิ่มมูลค่าทานตะวันหลังนา (The Value added of Sun flower production after Rice Crop)

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของการปลูกทานตะวันเป็นพืชหมุนเวียนในนาข้าวและศึกษาการใช้ประโยชน์ของทานตะวันแบบครบวงจร โดยทำการวิจัยร่วมกับการให้ความรู้แก่เกษตรกร เพื่อสร้างแนวคิด การสามารถเชื่อมโยงเหตุผลในการเลือกผลิตพืช ผลกระทบหรือประโยชน์ที่จักได้รับ การสร้างมูลค่าเพิ่มในสินค้าเกษตรให้แก่เกษตรกรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และนอกจากนี้การศึกษายังมีการทดลองการนำผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันทานตะวันมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ เพื่อใช้ในสูตรอาหารของแพะนม ได้ศึกษาผลการเสริมกากเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหาร 4 ระดับ ได้แก่ กลุ่มควบคุมไม่มีการเสริมเมล็ดทานตะวัน (0%SFMS) กลุ่มที่ 2 เสริมเมล็ดทานตะวันที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองที่ 3 เสริมที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ 4 เสริมที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่าสามารถใช้เมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารชั้นสำหรับแพะรีดนมได้สูงสุดถึง 15 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตน้ำนมแพะ นอกจากนี้ยังพบว่า การเสริมเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารแพะ มีผลส่งเสริมต่อการให้ผลผลิตน้ำนมแพะต่อตัวต่อวัน โดยพบว่า การเสริมที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มผลผลิตน้ำนมแพะในฟาร์มเกษตรกรได้ เมื่อเทียบกับการจัดการอาหารแพะรีดนมของเกษตรกรเอง ($p < 0.05$) โดยการเสริมเมล็ดทานตะวันในสูตรอาหารแพะนม มีผลต่อการเพิ่มคุณภาพน้ำนมได้แก่ ไขมันนม อยู่ในช่วง 3.5-6.0 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนอยู่ในช่วง 3.5-4.0 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลแลคโตสอยู่ในช่วง 3.5-3.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผลผลิตน้ำนมเฉลี่ยในฟาร์มเกษตรกรมีค่าเท่ากับ 1.3-1.4 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน

การทดลองที่ 3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการแปรรูปและการใช้ประโยชน์จากทานตะวันในระดับชุมชน

3.1 ผลตอบแทนเชิงเศรษฐศาสตร์ในการปลูกทานตะวันหลังนา

จากการศึกษาวิจัยที่มีวัตถุประสงค์ศึกษาความเป็นไปได้ในการส่งเสริมการปลูกทานตะวันเพื่อเป็นพืชทางเลือกในนาข้าวของเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา ประเทศไทย โดยมีการดำเนินการวิจัยที่รวมการขั้นตอน ได้แก่

1) การแนะนำทานตะวันกับเกษตรกรในพื้นที่

2) การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการปลูกทานตะวันเป็นพืชทางเลือกทดแทนการปลูกข้าวในฤดูแล้ง และ

3) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและความเป็นไปได้ในการปลูกทานตะวันในฤดูแล้งให้แก่เกษตรกร ผลการศึกษาพบว่า การปลูกทานตะวันพบว่าแม้ผลผลิตจะค่อนข้างต่ำ ประมาณ 394 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม ผลผลิตที่ได้ยังสามารถสร้างกำไรสุทธิได้จากการขายเมล็ดในลักษณะเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อยอดการแปรรูปอื่น ๆ เพราะสามารถเพิ่มมูลค่าผลผลิตเมล็ดได้ โดยการปลูกทานตะวันได้ผลกำไรสุทธิ 15,886.67 บาท แม้ผลกำไรสุทธิจากการปลูกทานตะวัน (32.26 บาทต่อกิโลกรัมผลผลิต) จะน้อยกว่าการปลูกข้าว (79.79 บาทต่อกิโลกรัมผลผลิต หรือมีกำไรสุทธิรวม 15,886.67 บาท) ในฤดูนาปรังแต่ก็สามารถเป็นพืชทางเลือกสำหรับเกษตรกรได้ในพื้นที่ที่ขาดน้ำและไม่สามารถปลูกข้าวนาปรังได้ แต่ต้องมีการจัดการแปลงที่ดีเพื่อป้องกันน้ำขัง ทั้งนี้เทคโนโลยีการผลิตทานตะวันเพื่อเป็นทางเลือกในพื้นที่ปลูกข้าวในฤดูนาปรังนี้ได้มีการถ่ายทอดไปยังเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา โดยเทคโนโลยีดังกล่าวได้รับการยอมรับจากกลุ่มเกษตรกรผู้เข้าร่วมอบรม และมีการนำผลการอบรมไปขยายผลในพื้นที่ของตนเอง นอกจากนี้บางหน่วยงาน และผู้สนใจทั่วไป มีการเข้าอบรมและนำไปต่อยอดแนวทางการทำต้นอ่อนทานตะวัน เป็นผักรับประทานในครัวเรือน และมีการจำหน่ายด้วย

3.2 ทานตะวันกับการใช้ประโยชน์

“ความรู้คู่ชุมชน” จากโครงการ 1 โปรแกรมวิชา 1 ชุมชน เป็นโครงการที่ดีมากที่ทำให้ชาวบ้านได้มีโอกาสเรียนรู้เพิ่มเติมจากที่เคยรู้ และทำกันมาในอดีต โดยโครงการบริการวิชาการ “เรื่อง การเพาะและการแปรรูปต้นอ่อนทานตะวันเชิงพาณิชย์” เป็นโครงการที่ชาวบ้านในชุมชนได้มีโอกาสทำงานร่วมกับนักวิชาการ อาจารย์ของ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ตั้งแต่การปลูกทานตะวัน การดูแล ใส่ปุ๋ย ให้น้ำ และการเก็บเกี่ยวเมล็ด ถือได้ว่าได้เรียนรู้แบบครบวงจรทีเดียว

ด้วยความประทับใจนั้นเริ่มตั้งแต่การปลูก เพราะชาวบ้านไม่เคยทำมาก่อน เคยทำเฉพาะนาข้าว พืชผักปลอดสารพิษ แต่พอได้ปลูกทานตะวัน เริ่มแรกก็ไม่มีความมั่นใจเลย เพราะกลัวจะปลูกแล้วไม่ได้ออกผลผลิตตามความคาดหวัง จนกระทั่งแปลกปลูกทานตะวันเริ่มออกดอกเหลืองไปทั้ง 7 ไร่ ในช่วงเทศกาลสงกรานต์พอดี ทำให้หมู่บ้านหัวสะพานเป็นที่สนใจของชุมชนใกล้เคียง ต่างพากันมาถ่ายรูป และมีการ

โพสดีในเฟซบุค และไลน์ (โซเชียล) ทำให้มีคนจากต่างถิ่นแวะเวียนมาเที่ยวกัน อันเป็นการสร้างชื่อเสียงให้กับหมู่บ้าน

สุดท้ายเลยประโยชน์ที่ชัดเจนมากของโครงการนี้ คือ **ด้านชุมชน** ได้รับองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับ ทานตะวันหลังนา โดยเฉพาะการแปรรูปต้นอ่อนทานตะวันเพื่อเพิ่มมูลค่า อันเป็นวัตถุประสงค์หลักของการ บริการวิชาการเรื่อง “การเพาะ และการแปรรูปต้นอ่อนทานตะวันเชิงพาณิชย์” โดยหลังจากการอบรม เกษตรกร ได้มีการนำต้นอ่อนทานตะวันแปรรูปเป็น “ส้มตำทานตะวันงอก” กิจกรรมดังกล่าวสามารถนำ เป็นทางเลือกเพื่อการทำส้มตำทานตะวันงอกก่อให้เกิดรายได้เสริม ได้เป็นอย่างดี และ**ด้านคุณภาพชีวิต** **ความสามัคคีในชุมชน** จากการทำแปลงทดลอง สาธิตการปลูกทานตะวัน ซึ่งบานในช่วงเดือนเมษายน (สงกรานต์) พอดี ทำให้เห็นผลสะท้อนเชิงท่องเที่ยว (การถ่ายภาพ) ความสุขของคนในชุมชนทั้งเด็ก คนแก่ และคนที่อาศัยอยู่หมู่บ้านใกล้เคียงเดินทางมาถ่ายภาพ และเป็นการสร้างความสัมพันธ์ และมีการพัฒนา แนวคิดเพื่อที่จะพัฒนาท้องถิ่นในด้านการท่องเที่ยวเชิงเกษตร เช่น “งานทานตะวันบานแล้วที่หัวสะพาน” หรือ “เที่ยวสงกรานต์ ชมทานตะวันบ้านหัวสะพาน” เพื่อเป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่นต่อไป

3.3 การขยายผลงานวิจัยสู่ชุมชน ภายใต้โครงการ “ทานตะวันหลังนา ราษฎร์จุฬาสัมคคี”

โครงการทานตะวันหลังนา ราษฎร์จุฬาสัมคคี เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือที่ใช้ใน “บ้านคำแหน โมเดล” ซึ่งเป็นโครงการพัฒนาชุมชน ซึ่งมีชุมชนเองเป็นผู้กำหนดแนวคิด นโยบายและกระบวนการ (Bottom-up community development) โดยผ่านการให้คำแนะนำโดยนักวิชาการอิสระ ร่วมกับการ สนับสนุนจากหน่วยงานปกครองในพื้นที่ นักวิชาการมหาวิทยาลัยและหน่วยงานเอกชน ซึ่งการดำเนินงาน ของบ้านคำแหนโมเดลประกอบด้วยความร่วมมือระหว่าง

1. โรงเรียนราษฎร์จุฬาสัมคคี หมู่บ้านคำแหน ตำบลคำบัง อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี
2. ชุมชนบ้านคำแหน ตำบลคำบัง อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี
3. เทศบาลคำบัง อำเภอบ้านผือ จังหวัดอุดรธานี
4. นักวิชาการอิสระ
5. นักวิชาการจากมหาวิทยาลัย
6. หน่วยงานเอกชนในจังหวัดอุดรธานี และหน่วยงานเอกชนภายนอก

โครงการบ้านคำแหนโมเดล มีการดำเนินงานต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี 2560 โดยมีจุดเริ่มต้นมาจากการ พัฒนาคุณภาพของนักเรียนโรงเรียนราษฎร์จุฬาสัมคคี ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่หมู่บ้าน และได้มีการต่อยอดขยาย จุดประสงค์ครอบคลุมการยกระดับคุณภาพชีวิตและบรรเทาปัญหาของชุมชนเกษตรกรในพื้นที่ ซึ่งโครงการ ดังกล่าวได้บูรณาการองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ากับทรัพยากรในพื้นที่และองค์ความรู้ของท้องถิ่น โดยใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงร่วมกับการพัฒนาแบบขับเคลื่อนชุมชน (Community-Driven Development; CDD) เพื่อมุ่งตอบสนองความต้องการของชุมชนในหลายมิติ โดยอาศัยโครงการย่อยใน กลุ่มโครงการหลักเป็นเครื่องมือในการดำเนินงาน เช่น กลุ่มโครงการด้านสุขภาพหนึ่งเดียว (Baan Khumnae One Health Model) กลุ่มโครงการพัฒนาเด็กนักเรียนและโรงเรียน กลุ่มโครงการบรรเทา ปัญหาและสร้างอาชีพเสริมของชุมชน เป็นต้น

สำหรับโครงการ “ทานตะวันหลังนา ราษฎร์จุฬาสัมคคี” เป็นเครื่องมือในกลุ่มโครงการบรรเทา ปัญหาและสร้างอาชีพเสริมของชุมชน ซึ่งมีจุดประสงค์เริ่มต้นเพื่อลดผลกระทบจากการทำไร่ตามระบบการ

ปลูกพืชเชิงเดี่ยว และเพิ่มทักษะของนักเรียนและชุมชนในการสร้างรายได้เสริม ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาของชุมชนอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน (Sustainable development) ตัวโครงการได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ (ตารางที่ 3.3.1) ครอบคลุมระยะเวลาดำเนินงาน 3 ปี

ตารางที่ 3.3.1 สรุปแผนการดำเนินงานโครงการทานตะวันหลังนา ราษฎร์จุฬาสามัคคี

ระยะการดำเนินงาน (Phase)	เป้าประสงค์ (Target)	กลยุทธ์ (Strategy)	ระยะเวลา (Timeline)
1	Preliminary study วางพื้นฐานระบบการปลูกและพัฒนาาระบบเชื่อมโยงระหว่างโรงเรียนและชุมชน	โครงการย่อย: ทานตะวันบานที่ลานราษฎร์จุฬา - ฝึกสอนวิธีเพาะกล้าทานตะวันแก่นักเรียน - ชุมชนจัดทำแผนรับกล้าทานตะวันจากโรงเรียนและจัดสรรการทดลองปลูก - ชุมชนทดลองปลูกในพื้นที่ขนาดเล็ก	ปีที่ 1 ก.ย. 2562 – ส.ค. 2563
2	ต่อยอดให้ความรู้ชุมชนด้านการปลูกเพื่อเป็นรายได้เสริมและการสร้างอาชีพ	โครงการย่อย: การจัดการแปลงทานตะวัน และการแปรรูปทานตะวันเบื้องต้น - จัดอบรมการปลูกทานตะวันในแปลงขนาดใหญ่ - เพิ่มทักษะการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากทานตะวัน - เก็บข้อมูลการตลาดในพื้นที่	ปีที่ 2 ก.ย. 2563 – ส.ค. 2564
3	ส่งเสริมความยั่งยืนของอาชีพ	โครงการย่อย: ตลาดทานตะวันบาน - เพิ่มความสามารถในการตลาด ประเมินการขยายของตลาดและพัฒนาารูปแบบการขาย - พัฒนาระบบการผลิตเพื่อเพิ่มความสามารถการแข่งขัน	ปีที่ 3 ก.ย. 2564 – ส.ค. 2565

ในปัจจุบัน (ปี 2563) โครงการทานตะวันหลังนา ราษฎร์จุฬาสามัคคี ดำเนินการอยู่ในระยะที่ 2 โดยจากการดำเนินงานในระยะที่ 1 ผลในระดับโรงเรียนพบว่า นักเรียนสามารถสร้างทักษะการเพาะกล้าทานตะวันและจัดเตรียมระบบในการส่งต่อกล้า (supply chain) ให้แก่ชุมชนบ้านคำแหน เป็นการสร้างรายได้ให้แก่โรงเรียนในการสนับสนุนกองทุนโรงเรียน สำหรับในระดับชุมชนพบว่า สมาชิกในชุมชนบ้านคำ

แทน ได้มีการตอบรับและให้ความสนใจโครงการ โดยมีความร่วมมือในการปลูกดอกทานตะวันหน้าบ้าน ให้มีการออกดอกสีเหลืองพร้อมกันในช่วงวันที่ 5 ธันวาคม 2562 ซึ่งเป็นวันคล้ายวันเฉลิมพระชนมพรรษาของพระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลมหาราช บรมนาถบพิตร และจัดเป็นวันดินโลก

สำหรับโครงการต่อเนื่องในระยะที่ 2 ได้มีการวางแผนต่อยอดเพื่อการสร้างอาชีพ โดยมีกำหนดจัดการอบรม “การจัดการแปลงทานตะวัน และการแปรรูปทานตะวันเบื้องต้น” ให้แก่ชุมชนบ้านคำแหน และชุมชนใกล้เคียง ในวันที่ 17 ตุลาคม 2563 โดยได้รับการสนับสนุนจากเทศบาลตำบลคำบงในด้านงบประมาณ และความร่วมมือในการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการจาก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา และคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

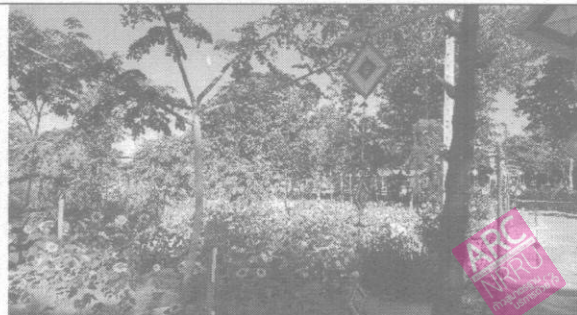
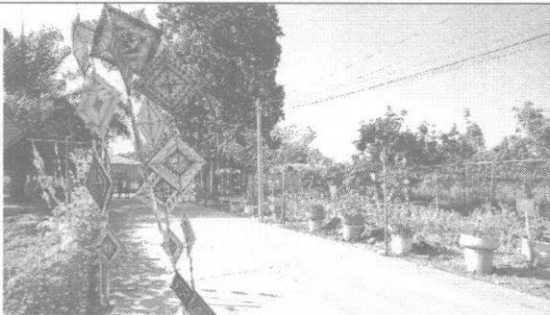
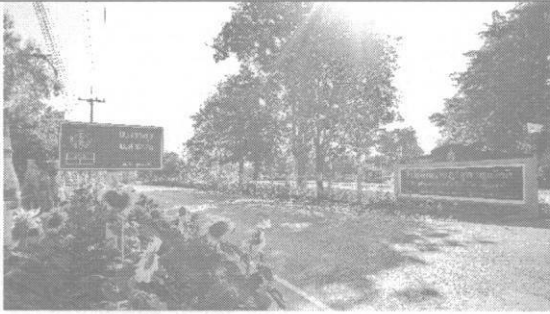
ในส่วนของแผนการดำเนินงานในอนาคต โครงการมีแนวทางในการส่งเสริมให้เกิดความยั่งยืนของอาชีพ โดยมุ่งเน้นการเพิ่มความสามารถในด้านการตลาด และพัฒนาระบบการผลิตเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและยกระดับคุณภาพชีวิตของชุมชน

ลิขสิทธิ์สำนักงานวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา



ภาพโครงการ “ทานตะวันบาน ที่ลานราษฎร์จุฬา” ปี 2562

การปลูกทานตะวันในบริเวณโรงเรียนราษฎร์จุฬาสამัคคีและชุมชนบ้านคำแหน



การประชุมโครงการระหว่าง คณะกรรมการโรงเรียน คณะกรรมการหมู่บ้าน ตัวแทนเทศบาล และ
นักวิชาการอิสระ



การเพาะกล้าทานตะวันของนักเรียนโรงเรียนราษฎร์จุฬาสามัคคี



บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

โครงการย่อยที่ 1 การใช้ปุ๋ยซีลีเนียมต่อการสะสมซีลีเนียม และองค์ประกอบทางเคมีในเมล็ดทานตะวัน

- ผลการเสริมซีลีเนียมระดับแปลง พบว่าการเสริมซีลีเนียมในปริมาณที่สูงขึ้นจะให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น และมีการเพิ่มในลักษณะเป็นเส้นตรง แต่เป็นการศึกษาภายในช่วงการใช้ซีลีเนียมไม่เกิน 24 กรัมซีลีเนียมต่อไร่ โดยเมื่อเทียบผลผลิตระหว่างแปลงที่ไม่ใส่ซีลีเนียมเลยจะให้ผลผลิตประมาณ 360.29 กิโลกรัมต่อไร่ แต่การใส่ซีลีเนียมจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (จากการวิเคราะห์แนวโน้ม) ตามปริมาณการใช้ซีลีเนียมที่เพิ่มขึ้น ได้แก่ การใส่ที่ 8 กรัมซีลีเนียมต่อไร่ (383.79 กิโลกรัมผลผลิตต่อไร่) 16 กรัมซีลีเนียมต่อไร่ (392.86 กิโลกรัมผลผลิตต่อไร่) และ 24 กรัมซีลีเนียมต่อไร่ (440.54 กิโลกรัมผลผลิตต่อไร่) ทั้งนี้ ส่วนหนึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลผลิตในลักษณะเส้นตรงเป็นเพราะการมีน้ำหนักเมล็ดที่เพิ่มขึ้น (แม้จะไม่แตกต่างทางสถิติ) แต่ไม่พบความเกี่ยวข้องกับขนาดของจานดอก เนื่องจากทำการเสริมซีลีเนียมในระยะของการสะสมเมล็ด และแม้จะไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนจากการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่การให้ทางใบให้ค่าลักษณะต่าง ๆ ทางทางเกษตรดีกว่าเมื่อพิจารณาจากกราฟ

- ผลการเสริมซีลีเนียมระดับแปลงนี้สามารถนำไปขยายผลเพื่อเพิ่มผลผลิตทางสังคม โดยมุ่งเน้นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตและสร้างความเป็นเอกลักษณ์ให้แก่ผลผลิตทางการเกษตร จากการใช้ปัจจัยเสริมที่สามารถนำไปต่อยอดสร้างองค์ความรู้ที่เชื่อมโยงระหว่างการผลิตและการแปรรูปผลผลิตในภาคการเกษตรเข้ากับการมุ่งประเด็นอาหารสุขภาพสำหรับผู้บริโภค เนื่องจากซีลีเนียมมีความสำคัญต่อการกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรคและช่วยในการต่อต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุสำคัญของโรคเรื้อรังแรง เช่น มะเร็ง ซึ่งในปัจจุบันการเพิ่มภาวะภูมิคุ้มกันต่อโรคเป็นประเด็นที่ควรมีการต่อยอดการศึกษาเพราะสอดคล้องกับภาวะสุขภาพที่จำเป็นต่อส่งเสริมและสร้างให้เกิดภาวะภูมิคุ้มกันที่ดีให้กับประชากรของประเทศเพื่อสอดคล้องกับปัจจัยการระบาดของโรคที่คาดการณ์ว่าในอนาคตทั่วโลกอาจต้องเผชิญกับปัญหาโรคระบาดที่หลากหลายและรุนแรงต่อเนื่องเช่นกัน

- ทั้งนี้ ทางชุดโครงการวิจัยมีโครงการที่สามารถนำผลการศึกษานี้ไปขยายผลได้ทันที ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างนักวิชาการอิสระและนักวิชาการจากสถาบันการศึกษาจากหลายหน่วยงานที่มีการดำเนินงานร่วมกับชุมชน และหน่วยงานปกครองในพื้นที่ ที่สามารถนำผลการศึกษาไปศึกษาระดับชุมชนเพื่อให้เห็นภาพความเป็นไปได้ในการผลิตระดับเกษตรกร ตามโครงการบ้านคำแหงโมเดล ณ จังหวัดอุดรธานี

- ทั้งนี้ การเสริมซีลีเนียมให้แก่ทานตะวันในระดับแปลงเพื่อประโยชน์สองประการ คือ เพิ่มการเพิ่มผลผลิตระดับแปลง และเพื่อการเพิ่มปริมาณสารซีลีเนียมในเมล็ด อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์จากทานตะวันมีหลายรูปแบบ ทั้งในรูปแบบหลักของการนำทานตะวันไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ การสกัดน้ำมัน การนำเมล็ดไปผลิตต้นอ่อนทานตะวัน การใช้กากทานตะวันเพื่อการผลิตสัตว์ ด้วยเหตุนี้ ประโยชน์ที่สามารถ

นำไปต่อยอดสำหรับโครงการวิจัยนี้ คือ การศึกษาการคงอยู่ของซีลีเนียมในวัตถุดิบและผลผลิตต่าง ๆ ภายหลังการแปรรูปผลิตภัณฑ์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเกิดประโยชน์ต่อสุขภาพ รวมทั้งการใช้ประโยชน์ในระดับแปลงต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเสถียรเพื่อนำไปถ่ายทอดแก่เกษตรกรและผู้สนใจในวงกว้างต่อไป

ผลกระทบจากการวิจัยและการต่อยอดการวิจัย



โครงการย่อยที่ 2 การใช้ต้นอ่อนทานตะวัน และผลพลอยได้จากการทึบน้ำมันเป็นแหล่งสารเสริมในอาหารสัตว์

- เนื่องจากขบวนการสกัดน้ำมันทานตะวันจากเมล็ดทานตะวัน จะมีส่วนที่สกัดออกมา 3 ส่วนด้วยกันคือ น้ำมัน กากทานตะวัน และอีกส่วนที่ยังมีน้ำมันอยู่มากและมีส่วนของกากปนอยู่ โดยน้ำมันทานตะวันในปริมาณที่ใช้นั้นส่วนใหญ่ที่ใช้ในประเทศประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวและเป็นกรดไขมันที่จำเป็น ผลการศึกษาพบว่าสามารถนำกากทานตะวันที่เป็นส่วนที่เหลือจากการทึบน้ำมันมาใช้ในสูตรอาหารแพะได้โดยไม่กระทบต่อการกินได้ของแพะ

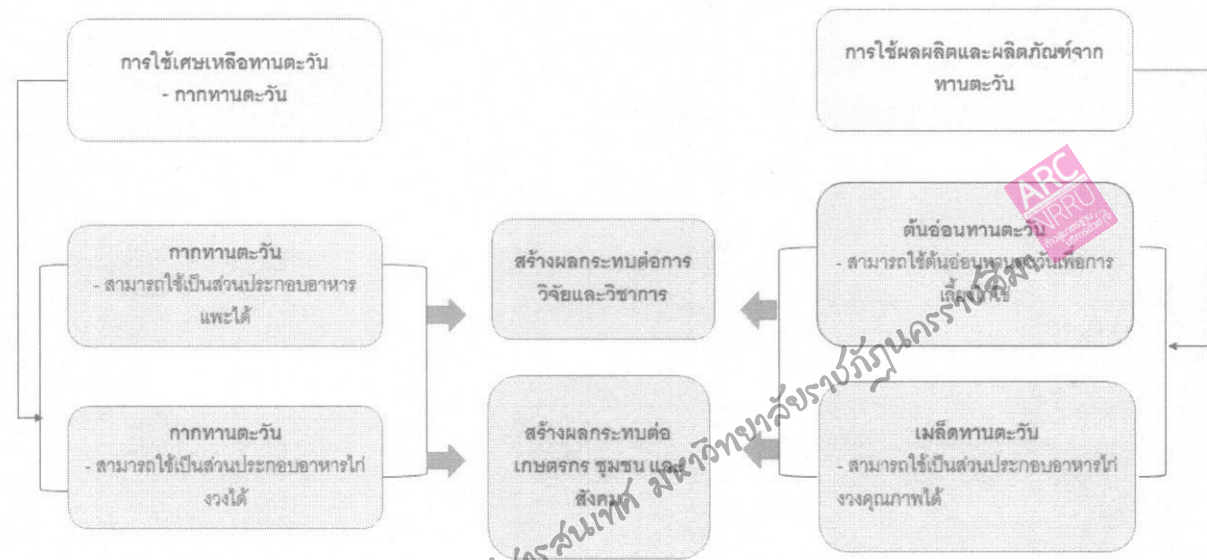
- การนำต้นอ่อนทานตะวันที่เป็นอาหารสุขภาพสำหรับมนุษย์มาทดสอบใช้กับการเลี้ยงไก่พบว่าสามารถใช้ได้ เนื่องจากไม่กระทบต่อคุณภาพไข่ ทั้งขนาด สีสีน ปริมาณไข่ขาวและไข่แดง ซึ่งจะเป็นลดต้นทุนการใช้อาหารสำเร็จรูปของบริษัท นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทดแทนการใช้ใบกระถินได้เช่นเดียวกัน ดังนั้น จะเป็นแหล่งอาหารไก่ไข่ทางเลือกสำหรับเกษตรกรในฤดูกาลต่าง ๆ และเป็นการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ทานตะวันได้อย่างหลากหลายมากขึ้น

- กากและเมล็ดทานตะวันสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารไก่ไข่ได้โดยไม่กระทบต่อน้ำหนักของไข่ทั้งสองเพศ รวมทั้งไม่กระทบต่อการผลิตไข่ของไก่เพศเมียทั้งปริมาณและคุณภาพของไข่

- จากผลการศึกษาในโครงการวิจัยย่อยนี้ ทำให้สามารถนำเศษเหลือจากการหีบน้ำมัน หรือใช้ผลิตภัณฑ์การแปรรูปของทานตะวันมาใช้เพื่อประโยชน์อื่นเพิ่มเติมนอกเหนือจากการส่งเสริมให้เป็นอาหารสุขภาพสำหรับมนุษย์ เช่น การใช้ต้นอ่อนทานตะวัน การใช้กากตะวัน และการใช้เมล็ดทานตะวัน เพื่อการเป็นอาหารสัตว์คุณภาพและลดต้นทุนการผลิต เป็นแหล่งอาหารสัตว์ทางเลือกและทดแทนสำหรับอาหารสัตว์สำเร็จรูปต้นทุนสูงสำหรับเกษตรกร ซึ่งประโยชน์ข้อนี้สามารถนำไปสนับสนุนทั้งการวิจัย วิชาการ และเพื่อประโยชน์สำหรับเกษตรกร ชุมชนและสังคมได้อย่างชัดเจนในอนาคต

ผลกระทบจากการวิจัยและการต่อยอดการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือ ต้นอ่อนและเมล็ดทานตะวันเพื่อการผลิตสัตว์



โครงการย่อยที่ 3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการแปรรูปและการใช้ประโยชน์จากทานตะวันในระดับชุมชนเพื่อเพิ่มมูลค่าการผลิตเพื่อให้เกิดความคุ้มค่า

- การถ่ายทอดเทคโนโลยีเรื่องต้นทุนการผลิตให้แก่เกษตรกร หากเปรียบเทียบการปลูกทานตะวันในระดับแปลงในลักษณะการปลูกแบบพืชไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 394 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 492.5 กิโลกรัมต่อ 1.25 ไร่ และในการศึกษาวิจัยจะให้รายได้ทั้งหมด 34,475 บาท รายได้สุทธิที่หักต้นทุนผันแปรทั้งหมด 16,285 บาท หรือมีกำไรสุทธิที่หักต้นทุนทั้งหมดเท่ากับ 15,886.67 บาท ได้เงื่อนไขของการขายผลผลิตในลักษณะเมล็ดคุณภาพเพื่อการผลิตต้นอ่อนทานตะวัน กิโลกรัมละ 70 บาท แต่ทั้งนี้ ส่วนหนึ่งของการคำนวณมีพื้นฐานจากการมีต้นทุนการดูแลเพื่อการวิจัย ดังนั้นในการถ่ายทอดให้เกษตรกร กำไรสุทธิสามารถเพิ่มขึ้นได้หากเป็นการปลูกในเชิงพาณิชย์ แต่หากเป็นการปลูกที่เป็นการต่อยอดวิจัยเพื่อเสริมสร้างความรู้และกิจกรรมสำหรับโรงเรียนและชุมชนแล้ว ต้นทุนการผลิตอาจใกล้เคียงกันหรือกำไรสุทธิอาจได้

เท่าเทียมกัน ด้วยเหตุนี้ กล่าวได้ว่า การได้ผลกำไรสุทธิของเกษตรกรที่จะเพียงพอสำหรับการปลูกทานตะวันนั้น ผลผลิตที่ได้ต้องถูกจำหน่ายเป็นเมล็ดคุณภาพในราคาอ้างอิงกับการจำหน่ายเพื่อการผลิตต้นอ่อนเท่านั้น จึงจะคุ้มทุนกับการดูแลและการจัดการแบบประณีต (การปลูกแบบย้ายกล้า การจัดการบำรุงดิน การจัดการระบบน้ำ เป็นต้น) นี้ได้

- ในประเด็นของการใช้เมล็ดพันธุ์ เช่น จากพันธุ์ลูกผสม หรือจากพันธุ์สังเคราะห์ สามารถดำเนินการได้ทั้งสองวิธีการ แต่เกษตรกรต้องได้รับการถ่ายทอดความรู้เพื่อการจัดการแปลงจากการผลิตโดยใช้เมล็ดแต่ละชนิดอย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งจะเกี่ยวข้องต่อเนื่องไปกับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ และแนวทางการลดต้นทุนการผลิตในรอบถัด ๆ ไป

แนวทางการถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีให้แก่เกษตรกร

- การให้ความรู้โดยตรงแก่เกษตรกร ทั้งโดยการอบรมเกษตรกร และการให้ความรู้ผ่านสื่อ เช่น คู่มือ แผ่นพับ การโฆษณา ที่มีลักษณะทั้งการมอบแก่ผู้รับหรือเกษตรกรโดยตรง และการให้ความรู้ผ่านสื่อออนไลน์ ซึ่งจะให้เกิดประโยชน์ในวงกว้างสำหรับเกษตรกรในพื้นที่ต่าง ๆ

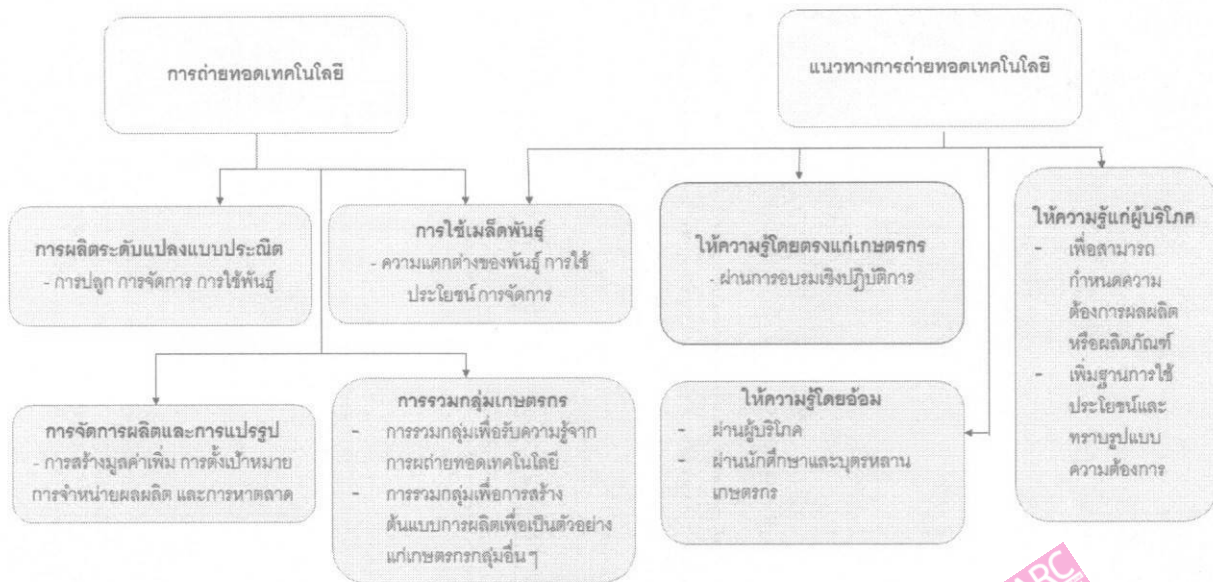
- การให้ความรู้โดยอ้อมผ่านผู้บริโภคเพื่อการมีารู้คุณประโยชน์ของทานตะวัน เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเป็นผู้กำหนดลักษณะความต้องการของในผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากทานตะวัน เพื่อการพัฒนาการปลูกและแปรรูปผลิตภัณฑ์ทานตะวัน และเพิ่มฐานการใช้ประโยชน์และหารูปแบบความต้องการที่มาจากผู้บริโภคและผู้ใช้ประโยชน์ทานตะวัน ซึ่งการผลิตที่มีคุณภาพและเกิดความยั่งยืนต้องอาศัยความร่วมมือของหลายฝ่าย ทั้งผู้ผลิต ผู้บริโภค และนักวิชาการ

- การให้ความรู้แก่นักศึกษา บุตรหลานของเกษตรกร ที่สามารถเป็นทั้งนักวิจัยและเกษตรกรรุ่นใหม่ ที่จะยกระดับการผลิตทานตะวันที่มีคุณภาพและสามารถถ่ายทอดความรู้ไปยังกลุ่มเกษตรกรไปอีกวิธีการหนึ่ง

ลิขสิทธิ์สำนักงานวิทยบริการและหอสมุดประชาชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลกระทบจากการวิจัยและการต่อยอดการวิจัย

ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดทานตะวันและการใช้ประโยชน์จากทานตะวัน



5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาระดับที่เหมาะสมของการใช้เมล็ดทานตะวันเป็นแหล่งวัตถุดิบในสูตรอาหารที่มีผลต่อการผลิตทั้งในสัตว์เคี้ยวเอื้อง และสัตว์กระเพาะเดี่ยว เพื่อประโยชน์ทางเลือกของการใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ในท้องถิ่นในการพัฒนาระบบการผลิตแพะเนื้อแพะนมต่อไป
2. แนวทางการพัฒนาอาชีพการเลี้ยงแพะให้เป็นอาชีพทางเลือกให้กับเกษตรกร เนื่องจากแพะให้ผลผลิตในระยะสั้นเมื่อเทียบกับสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่น
3. จากข้อดีของทานตะวัน ควรมีการพัฒนาเป็นนวัตกรรมอาหารสัตว์ที่สร้างรายได้แบบครบวงจร เป็นทั้งอาหารคน และอาหารสัตว์ เศษเหลือก็ทำเป็นอาหารสัตว์ และสร้างรายได้ในระดับชุมชนได้
4. ควรหาแบบการแปรรูปทานตะวันที่หลากหลาย และสร้างมูลค่าได้มากกว่านี้ เพราะการเก็บต้นสดยังมีข้อจำกัดในเรื่องวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว การทำรูปแบบอบแห้ง หรือการทำรูปแบบอาหารเสริมอย่างง่าย น่าจะเป็นการเพิ่มช่องทางตลาดที่สร้างรายได้มากขึ้น
5. ควรเพิ่มช่องทางการทำตลาดแบบครบวงจร เพื่อเชื่อมต่อจุดจำหน่ายเมล็ดทานตะวันที่มีคุณภาพ โดยมีการพัฒนาชุดเชื่อมต่อระหว่างชุมชน หน่วยงานเอกชน ราชการ โดยใช้ศูนย์ฝึกอบรมและวิจัยทางการเกษตร 100 ไร่ เป็นหน่วยเชื่อมผู้ผลิตและผู้บริโภค

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ป. การจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็ม. เอกสารทางวิชาการเผยแพร่. แหล่งข้อมูล:

<https://goo.gl/EPEFju>. ค้นเมื่อ 13 มิถุนายน 2560.

เกียรติศักดิ์สร้อยสุวรรณ. 2546. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์ปีก. คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช, นครศรีธรรมราช. 292 น.

ข่าวสด. 2560. เกษตรกรปรับนาข้าวปลูกทานตะวันช่วงฤดูแล้งรับนักท่องเที่ยว.

https://www.khaosod.co.th/view_newsonline.php?newsid=1454936563. เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2561.

ชัชวีก์ ฌโนมถิน. 2533. การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของทานตะวันต่อไนโตรเจนและความหนาแน่นของต้นปลูก. วิทยานิพนธ์ (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชูศักดิ์ จอมพุท. 2541. ทานตะวัน (sunflower). ในวาสนา วงษ์ใหญ่ และรังสฤษฎ์ กาวิตะ. กองบรรณาธิการ, พฤษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 90-95 น.

ณัฐณิย์ รัตนพาณิชย์. 2534. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและ ปริมาณน้ำมันของทานตะวัน. วิทยานิพนธ์ (วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาปฐพี ศาสตร์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นราทิพย์ ชุตินวงศ์. 2539. ทฤษฎีเศรษฐศาสตร์จุลภาค. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ ฯ โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นรินทร์ ทองวิทยา และเผ่าพันธุ์ ประณะพงษ์. 2535(ช).ระดับเยื่อใยที่เหมาะสมในอาหารลูกเป็นพันธุ์กากี้แคมป์เบลพื้นเมือง. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 30, สาขาสัตว สัตวแพทย์ ประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 133-144 น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, สุชน ตั้งทวีพัฒน์, รุ่งภา ลัมเจริญพร และสุรภี ทองหลอม. 2540. การเสริมเอนไซม์ไฟเตสในอาหารไก่เนื้อ 1. อาหารที่มีกากเรปซิดหรือกากทานตะวัน หรือมีโปรตีนและฟอสฟอรัสระดับต่ำ. วารสารเกษตร.13(1): 76-87.

บุปผา โตภาคงาม. 2549. ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 263 หน้า

พรรณธิดา ณ เชียงใหม่ วิไลวรรณ สิริโรจนพุด และวิรัตน์ กันแก้ว. 2562. ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพต่อการปลูกทานตะวันที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วารสารผลิตภัณฑ์การเกษตร 1(1): 15-27.

เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง, ศิริวรรณ อัมพันฉาย, รัฐพล ชูยอด, อารัง เชื้อกิตติศักดิ์, สายสุนีย์ รังสิยกุล, สมใจ โควสุรัตน์, จุไรรัตน์ หวังเป็น และสมพงษ์ ชมบุญกุลรัตน์. 2560. การปรับปรุงประชากรของทานตะวันพันธุ์เชียงใหม่ 1. คลังผลงานวิจัย กรมวิชาการเกษตร. <http://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=2250>. เข้าถึงเมื่อ 22 มิถุนายน 2560.

- ไพจิตร จันทรวงศ์. 2538. เทคโนโลยีการสกัดน้ำมัน. งานวิจัยพืชน้ำมัน. กองเกษตรเคมี. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- ไพศาล เหล่าสุวรรณ ปริฉัตร สิงห์ศักดิ์ตระกูล และชนิษฐา ศิริรัตน์. 2551. การผลิตทานตะวันเพื่อเป็นแหล่งน้ำมันเชื้อเพลิงชุมชนชนบท. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่. 35 หน้า.
- ภาณุเดชา กมลมานิพย์ และ พุกษา หล้าวงษา. 2561. การใช้ถ่านเพื่อเป็นตัวคั่นการเคลื่อนที่ของเกลือในดินเค็มและผลต่อพืชที่ไวต่อความเค็ม. แก่นเกษตร. 46: 345-358.
- วันชัย จันทรประเสริฐ. 2542. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 276 หน้า.
- วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ และ สุริยนต์ ธัญกิจจานุกิจ. 2552. จากปฏิกิริยาเชื้อราสู่พันธุวิศวกรรม บทเรียนสำหรับอนาคตเกษตรกรรมไทย. ห้างหุ้นส่วนจำกัด สามลดา. กรุงเทพฯ. 334 หน้า.
- ศุภชัยและบริกาโรไปโอติเชล มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่. 2550. คู่มือการปลูกทานตะวัน. มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่, เชียงใหม่. 1-4 น.
- สมชาย บุญประดับ และวันชัย ถนอมทรัพย์. 2544. การตอบสนองของพันธุ์ทานตะวันต่อการให้น้ำต่างระดับ. ใน การประชุมวิชาการ งาน ทานตะวัน ละหุ่ง และคำฝอยครั้งที่ 2 (หน้า 118-121). ณ วังรี รีสอร์ท จังหวัดนครนายก วันที่ 16-17 สิงหาคม 2544
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. ทานตะวัน. [ออนไลน์]. ได้จาก : <http://www.oae.go.th/statistic/import/im>
- สุชน ตั้งทวีพัฒน์ และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2533. การใช้เมล็ดทานตะวันเป็นแหล่ง โปรตีนและพลังงานในอาหารสัตว์ปีก. รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 28 สาขาสัตวศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 45-59 น.
- สุปราณี พิสมัย. 2558. ผลของสารนาโนซิงค์ออกไซด์ในการยับยั้งเชื้อราแป้งของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “สร้างสรรค์และพัฒนา เพื่อก้าวหน้าสู่ประชาคมอาเซียน” ครั้งที่ 2. 18-19 มิถุนายน 2558. วิทยาลัยนครราชสีมา.
- สุพจน์ แสงประทุม. 2542ก. การผลิตและงานวิจัยทานตะวันในประเทศไทย. ใน การประชุมวิชาการ งานทานตะวันละหุ่ง และคำฝอยแห่งชาติ ครั้งที่ 1 (หน้า 128-141). ณ โรงแรมรามาร์คเดนมาร์ก กรุงเทพฯ วันที่ 7-8 กันยายน.
- สุพจน์ แสงประทุม. 2542ข. การส่งเสริมการผลิตทานตะวัน. เอกสารรายงานการประชุมเรื่อง การส่งเสริมการปลูกทานตะวันของประเทศไทย วันที่ 26 สิงหาคม 2542 ณ โรงแรมมารวยการ์เด็น. กรุงเทพฯ กลุ่มพืชน้ำมัน. กองส่งเสริมพืชไร่และนา, กรมส่งเสริมการเกษตร. น. 22-26.
- เสาวรี ดังสกุล, ศุภชัย แก้วมัยชัย, สมยศ พิชิตพร, เพิ่มศักดิ์ สุภาพรเหมินทร์, สมศักดิ์ ศรีสมบูรณ์ และเสน่ห์ เครือแก้ว. 2544. ความก้าวหน้าของการปรับปรุงพันธุ์ทานตะวันพันธุ์สังเคราะห์เบอร์ 1. ใน การประชุมวิชาการ งาน ทานตะวัน ละหุ่ง และคำฝอยแห่งชาติ ครั้งที่ 2 (หน้า 148-155). ณ วังรี รีสอร์ท จังหวัดนครนายก วันที่ 16-17 สิงหาคม 2544
- หทัยรัตน์ หทัยวิม. 2545. การวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจการผลิตทานตะวันในอำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ ปีการผลิต 2542/43. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- อนงค์ รัตนจินดาวงศ์. 2546. การผลิตและการตลาดเมล็ดทานตะวันในอำเภอพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี. รายงานการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อรรถพร ปัญญาโฉม. 2555. โครงการจัดระบบการปลูกข้าว. สืบค้นเมื่อ 27 พฤษภาคม 2561. จาก <http://kmcenter.rid.go.th/kmc10/data/Stratregic/rice.pdf>
- Aakre, P. L. 1983. Field testing sunflower oil/diesel fuel blends on twelve North Carolina farms. M.S. Thesis. North Dakota State Univ., Fargo, ND.
- Abayomi, Y. A. and Adelfila, O. E. 2008. Interactive effects of soil moisture content and fertilizer level on growth and achene yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). J. Agro. 7(2): 182-186.
- Abou Khadrah, S. H., Mohamed, A. A. E., Gerges, N. R. and Diab, Z. M. 2002. Response of four sunflower hybrids to low nitrogen fertilizer levels and phosphorine biofertilizer. J. Agric. Res., Tanta Univ. 28 (1): 105-118.
- Ahmad, I., K. Javed ,R. H. Mirza, A. Sattar and F.bAhmad1, 2004. Effect of feeding sunflower meal as a substitute of cotton seed cakes on growth and age at maturity in holsteinfriesian heifers. Pakistan Vet. J., 24 : 2, 95 – 97.
- Ahmad, J.S. and S. Riffat. 2008. Effect of replacing cotton seed cake with sunflower meal in the ration of lactating crossbred cows. J. Vet. Anim. Sci. Vol. 1: 11-13.
- AOAC. 2000. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Aowas, M. M. and Mohamed, A. A. A. 2009. The effect of bio, organic and mineral fertilization on productivity of sunflower seed and oil yields. J. Agric. Res. Kafrelsheikh Univ. 35(4): 1013-1028.
- Araki, H., Hossain, M. A. and Takahashi, T. 2012. Waterlogging and hypoxia have permanent effects on wheat root growth and respiration. Journal of Agronomy and Crop Science 198(4): 264-275.
- Awad, M. M. M. 2004. Effect of nitrogen fertilization, farmyard manure and bio-fertilizers on yield and yield components of some sunflower hybrids in north delta region. PhD. Thesis, Agron. Dept., Fac. Of Agric., Kafr El-sheikh, Tanta Univ., Egypt .
- Azadmard-Damirchi A, Dutta PC. 2006. Novel solid-phase extraction method to separate 4-desmethyl-4 - monomethyl-, and 4 , 4 '-dimethylsterols In Vegetable Oils. J. Chromatography, 1108(A): 183-187.
- Backer, L. f., Jacobsen, L. and Oldsen, P. L. 1986. Processing sunflower oil for fuel. North Dakota farm Res. 39(6): 6-8.

- Balakhnina, T. I., Matichenkov, V. V., Włodarczyk, T., Borkowska, A., Nosalewicz, M. and Fomina, I. R. 2012. Effects of silicon on growth processes and adaptive potential of barley plants under optimal soil watering and flooding. *Plant Growth Regulation* 67(1): 35-43.
- Baraiya, V. K., Jagtap, P. K. and Patel, H. R. 2018. Genetic variability, heritability and genetic advance for seed yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *International Journal of Chemical Studies* 6(5): 2141-2143.
- Beserra, F., M. Madruga, A. Leite, E. Da Silva and E. Maia. 2004. Effect of age at slaughter on chemical composition of meat from Moxotó goats and their crosses. *Small Ruminant Research*. 55(1): 177-181.
- Bhattacharyya AK, Connor WE. 1974. 8-Sitosterolemia and xanthomatosis: A newly described lipid storage disease in two sisters. *J. Clin. Invest.* 53: 1033-1043.
- Bremner, J.M.; D.R. Keeney. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium, nitrate and nitrite. *Anal. Chem. Acta.* 32 : 485.
- Carellós, Jose Augusto de Freitas Lima, Elias Tadeu Fialho, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, Hinaldo and Oliveira Silva. 2005. Evaluation of sunflower meal on growth and carcass traits of finishing pigs. *Cienc.agrotec., Lavras*, v. 29, n.1, 208-215.
- Carlucci, A., A. Griolami, F. Napolitano and E. Monteleone. 1998. Sensory evaluation of young goat meat. *Meat Sci.* 50: 131-136.
- Carrillo-Avila, E., C. Garcia-Acedo, J. Arreola-Enriquez, C. Landeros-Sanchez, M. L. Osnaya-Gonzalez and C. Castillo-Aguilar. 2015. Evaluation of four sunflower hybrids (*Helianthus annuus*) under three irrigation regimes and two doses of fertilization on flower production. *J. Agric. Sci.* 7(4): 183-194
- Carvalho, K. M., Gallardo-Williams, M. T., Benson, R. F. and Martin, D. F. 2003. Effects of selenium supplementation of four agricultural crops. *Journal of agricultural and food chemistry* 51(3):. 704-709.
- Chiou, P.W.S., K.J. Chen, K.S. Kuo, J.C. Hsu and B. Yu. 1995. Studies on the protein degradabilities of feedstuffs in Taiwan. *Anim. Feed Sci. Technol.* 55: 215-226.
- Clifton PM, M. Noakes, D. Sullivan, N. Erichsen, D. Ross, G. Annison, A. Fassoulakis, M. Cehun and P. Nestel. 2004. Cholesterol-lowering effects of plant sterol esters differ in milk, yoghurt, bread and cereal. *Eur J Clin Nutr.* 58(3):503-509.
- Cooper, E. L. 1997. *Agriscience fundamentals and application* 2nd edition. America: International Thomson Publishing Inc. 279 p.
- Croissant, R. L. and Follett, R. H. 2003. Sunflower product. [On-line]. Available: <http://www.colostate.edu/Depts/IPM/pdf/00102.pdf>.

- Dar, J. S., Cheema, M. A., Wahid, M. A., Saleem, M. F., Farooq, M. and Basra, S. M. A. 2009. Role of planting pattern and irrigation management on growth and yield of spring planted sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Int. J. Agric. Biol.* 11: 701–706.
- Dedio, W. and Rashid, K. 1991. Registration of 11 sunflower parental lines: CM612, CM614, CM615, CM616, CM617, CM619, CM620, CM621, CM622, CM624, CM625. *Crop Sci* 31: 1403–1404.
- Das, S.K, A. Biswas, R.P. Neema and B. Maity. 2010. Effect of soybean meal substitution by different concentrations of sunflower meal on egg quality traits of white and coloured dwarf dam lines. *British Poultry Science*.51: 3.427-433.
- De Deckere EAM, Korver O. 1996. Minor constituents of rice bran oil as functional foods. *Nutr Rev* 54:S120–6.
- Derakhshan-Honarparvar M, Hamedei MM, PirouzifardMKh. 2010.Rice bran phytosterols of three widespread Iranian cultivars. *J. Agr. Sci. Tech.* 12: 167-172.
- Dhanda, J., D. Taylor and P. Murray. 2003a. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Ruminant Research*. 50(1): 57-66.
- Dhanda, J., D. Taylor and P. Murray. 2003b. Carcass composition and fatty acid profiles of adipose tissue of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Ruminant Research*. 50(1): 67-74.
- Endo T, Uneo K, Inaba Y. 1968. Ferulates in rice bran oil. Analysis of ferulates by gas chromatography and thin-layer ehromotograph. *Yukagaku* 17: 344.
- Feng, R., Wei, C. and Tud, S. 2013. The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. *Environmental and Experimental Botany* 87: 58–68.
- Fordyce, F. M. 2013. Selenium deficiency and toxicity in the environment. In: O. Selinus, B. Alloway, J. A. Centeno, et al, eds. *Essentials of medical geology*, revised edn. Dordrecht: Springer, 375–416.
- Gulya, T. 1985. Registration of five disease resistant sunflower germplasm. *Crop Sci* 25: 719–720.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. (1970) *Forage Fiber Analysis (Apparatus Reagents, Procedures and Some Applications)*. Agriculture Handbook. United States Department of Agriculture, Washington DC.
- Gorai, M., Ennajeh, M., Song, J., Khemira, H. and Neffati, M. 2011. Changes in leaf gas exchange, water relations, biomass production and solute accumulation in *Phragmites australis* under hypoxic conditions. *Acta Ecologica Sinica* 31(2): 97-102.

- Gorttappeh, A. H., Ghalavand, A., Ahmady, M. R. and Miria, S. K. 2000. Effects of organic, inorganic and integrated fertilizers on quantitative and quantitative trails of different cultivars of sunflower (*helianthus annuus.*) in western Azorabayjan, Iran.J.of Agric.Sci., Islamic Azad Univ. 2(85): 104-130.
- Gholinezhad, E. and Sajedi, N. 2012. Evaluation of water deficit stress effects, different rates of nitrogen and plant density on remobilization, current photosynthesis and grain yield in sunflower var. Iroflor. World Applied Sciences Journal 19(5): 650-658.
- Grassini, P., Indaco, G. V., Pereira, M. L., Hall, A. J. and Trápani, N. 2007. Responses to short-term waterlogging during grain filling in sunflower. Field Crops Research 101(3): 352-363.
- Geay, Y., D. Bauchart, J.F. Hocquette and J. Culioli. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscle in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial quality of meat. Reproduction Nutrition Development. 41: 1-26.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. (1970) Forage Fiber Analysis (Apparatus Reagents, Procedures and Some Applications). Agriculture Handbook. United States Department of Agriculture, Washington DC.
- Gould RG. 1955. Absorbability of Bsitosterol. Trans. N.Y. Acad. Sci. 18: 129.
- Gompone. M.A. 2005. Sunflower oil. In:Shahidi,F. (ed) Bailey's Industrial oil &fat products. Vol.2 Edible Oil & Fat Products, edible oil 6th ed.
- Griinari, J. M., D. A. Dwyer, M. A. McGuire, D. E. Bauman, D. L. Palmquist, and K. V. V. Nurmela. 1998. Trans-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81: 1251-1261.
- Grundy S, Ahrens EH. 1968. Evidence for degradation of the ring structure of cholesterol in its passage through human intestine. Implications for sterol balance studies. J. Lipid Res. 9: 374.
- Gunstone F. 2002. Vegetable Oil in Food Technology.CRC Press.
- Gylling, H., M. Hallikainen, MJ. Nissinen, P. Simonen, TA. Miettinen. 2010. Very high plant stanol intake and serum plant stanols and non-cholesterol sterols. Eur. J. Nutr. 49(2):111-117.
- Hendriks H F J et al (1999). Spreads enriched with three different levels of vegetable oil sterols and the degree of cholesterol lowering in normocholesterolaemic and mildly hypercholesterolaemic subjects. European Journal of Clinical Nutrition, 53, 319-327.

- Hogg, B., G. Mercer, B. Mortimer, A. Kirton and D. Duganzich. 1992. Carcass and meat quality attributes of commercial goats in New Zealand. *Small Ruminant Research*. 8(3): 243-256.
- Ikedo I, Tanaka K, Sugano M, Vahouny GV, Gallo LL. 1988. Inhibition of cholesterol absorption in rats by plant sterols. *J. Lipid Res*. 29: 1573-1582.
- Institute of Food Science and Technology (IFST). 2005. Phytosterol esters (plant sterol and stanol esters) www.ifst.org/document.aspx?id=133 (20 November 2013).
- Jabbar, S. Ahmad and S. Riffat. 2008. Effect of Replacing Cotton Seed Cake with Sunflower Meal in the Ration of Lactating Crossbred Cows. *Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 1: 11-13.
- Johnson, M.E. and C.M. Chen. 1995. Technology of manufacturing reduced-fat cheddar cheese. *Adv. Exp. Med. Biol*. 367:331 - 337.
- Kakar, A. A. and Soomro, A. G. 2001. Effect of water stress on the growth, yield and oil content of sunflower. *Pak. J. Agri. Sci*. 38: 1-2.
- Kashani, A.B. and C.W. Carlson. 1988. Use of sunflower seed in grower diets for pullets and Subsequent performance as affected by aureomycin and pelleting. *Poultry Science*. 67:445 - 541.
- Keneri, G., E. Bekele, M. Imtiaz and K. Dagne. 2012. Genetic vulnerability of modern crop cultivars: causes mechanism and remedies. *Int. J. Plant Sci*. 2(3): 69-79.
- Khan, A. 2001. Yield performance, heritability and interrelationship in some quantitative traits in sunflower. *Helia* 24(24): 35-40.
- Killi, F. and Tekeli, F. 2016. Seed yield and some yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes in Kahramanmaraş (Turkey) conditions. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 3(4): 346-349.
- Kline, R. B. 2013. Beyond significance testing: Statistics reform in the behavioral science (2nd ed.). Washington, DC: American Psychological Association.
- Laosuwan, P. 1997. Sunflower production and research in Thailand. *Suranaree J. Sci. Technol*. 4: 159-167.
- Laosuwan, P. and Macartney, J. C. 1992. On-farm research methodology for extension. A case history from oilseed crops. *Amarin printing group Co., Ltd, Bangkok*. 17: 147-168
- Law M. 2000. Plant sterol and stanol margarines and health. *British Medical Journal*, 320, 861-864.
- Lees AM, Mok HYI, Lees RS, McCluskey MA, Grundy SM. 1977. Plant sterols as cholesterol - lowering agents: clinical trials in patients with hypercholesterolemia and studies of sterol balance. *Atherosclerosis* 28:325-38.

- Loharson J. 2004. Phytosterol oxidation products. Doctoral thesis, Department of Food Science, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Lough, A.K. and L.J. Anderson. 1973. Effect of ensilage on the lipids of pasture grasses. In: Proceedings of Nutritional Society. 32: 61-62.
- Leland, E. F. 1996. Salinity effect on four sunflower hybrids. Agron. J. 88: 215-219.
- Licausi, F. 2011. Regulation of the molecular response to oxygen limitations in plants. New Phytologist 190(3): 550-555.
- Magaia, H. E., M. Freire, A. Monjana, O. Davolio Marani, A. Zazzerni, M. Durante and F. Cecconi. 2005. Selection of new sunflower (*Helianthus annuus* L.) synthetic varieties adapted for production areas of Mozambique. Helia 28(43): 69-76
- Meo, A. A. 1999. Influence of fertilizer and water stress on leaf area of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pah. J. Agri. Sci. 36(1-2): 60-62.
- Meo, A. A. and Baig, F. 1999. Drought and nitrogen effects on sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pah. J. Agri. Sci. 2(3): 846-848.
- Miller, J., Rodriguez, R. and Gulya, T. 1988. Evaluation of genetic materials for inheritance of resistance to Race 4 rust in sunflowers. In: Proc. 12th Int. Sunflower Conf. Novi Sad, SRB, pp. 361-365.
- Mohamed, A. A. E. 2003. Response of sunflower to phosphorine and cerealine in inoculation under low NP-fertilizer levels J. Agric. Res., Tanta Univ., 29(2):653-663.
- McMillin, K.W. and A.P. Brock. 2005. Production practices and processing for value-added goat meat. J. Anim. Sci. 83 (Suppl.): E57-E68.
- Mlay, P. S., A. E. Pereka, S. T. Balthazary, E. C. J. Phiri, T. Hvelplund, M. R. Weisbjerg, and J. Madsen. 2005. The effect of maize bran or maize bran mixed with sunflower cake on the performance of small holder dairy cows in urban and peri-urban areas in Morogoro, Tanzania. J. Livestock Res. Rural Development. 17: 9-10.
- Muci, M.R., A.R. Cappello, G. Vonghia, E. Bellitti, L. Zezza, and G.V. Gnani. 1992. Change in cholesterol levels and in lipid fatty acid composition in safflower oil fed lambs. Int. J. Vit. Nutr. Res. 62: 330-333.
- Na Chiangmai, P., L. Krittawongwiman and P. Laosuwan. 2012. Potential of Sunflower Varieties Grown under Different Input Levels. In 3rd International Conference on Environmental and Rural Development at Khon Kaen University, Thailand, 21-22 January 2012.

- Na Chiangmai, P., L. Krittawongwiman, Y. Pootaeng-on, P. Laosuwan, S. Kittigul and M. Kanjanamaneesathian. 2014. Sunflower: A potential crop for rotating with rice in small farm setting. International Conference in Title "Rethink: Social Development for Sustainability in ASEAN Community", 11-13 June 2014, Khon Khan. pp 77-81.
- Najafi, N. and Mardomi, S. 2012. The effects of waterlogging, sewage sludge and manure on the growth characteristics of sunflower in a sandy loam soil. *Journal of water and soil (Agricultural Sciences and Technology)*, 25(6): 1264-2176.
- Nguyen T T et al (1999). cholesterol-lowering effect of stanol ester in a US population of mildly hypercholestrolemic men and women: a randomised controlled trial. *Mayo Clinical Proceedings*, 74 (12) 1198-1206.
- Noci, F., P. French, F.J. Monahan and A.P. Moloney. 2007. The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of grazing heifers supplemented with plant oil-enriched concentrates. *J Anim Sci*.85:1062-1073.
- Paengkoum, P., M. Wanapat and C. Wachirapakorn. 2002. Supplementation of cassava chip and cottonseed meal on feed intake, rumen fermentation and microbial protein synthesis in dairy cattle. *PWPA Journal-Thailand*. 4(1):9-15.
- Piironen V, Toivo J, Lampi A. 1999. Plant sterols in cereals products. *J. Cereal Chemistry*, 79(1): 148-158.
- Pollak O J and Kritchevsky, D (1981). *Sitosterol. Monographs on atherosclerosis*. Basel: S. Karger.
- Putnam, D. H., Oplinger, E. S., Hicks, D. R., Durgan, D. R., Noetzel, D. M., Meronuck, R. A., Doll, J. D. and Schulte, E. E. 2002. Sunflower. [On-line]. Available: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/atcm.html>
- RNC. 2017. Catálogo Nacional de Cultivares. Available from <https://www.inase.gov.ar/consultaGestion/gestiones> (last consult: 2017/30/6).
- Raghuram TC, Rukmini C. 1995. Nutritional significance of rice bran oil. *Indian J Med Res* 102:241-4.
- Rezaei, M. and H. Hafezian. 2007. Use of different levels of high fiber sunflower meal in commercial leghorn type layer diets. *International Journal of Poultry Science*, 6: 431-433.
- Richardson ,Beville, R. K. Ratcliff and R. C. Albin. 1981. Sunflower meal as a protein supplement for growing ruminants. *Texas Tecb University* 3. 557 – 563.
- Roche, J., Alignan, M., Bouniols, A., Cerny, M., Mouloungui, Z., & Merah O. 2010. Sterol dynamic accumulation and distribution in sunflower seed (*Helianthus annuus* L.). *Food Chemistry*. 119 (4). :1451-1456.

- Rosa, P.M., R. Antoniassi, S.C. Freitas, H.R. Bizzo, D.L. Olivetra and V.B.R. Castiglioni. 2009. Chemical composition of Brazilian sunflower varieties. *HELLA* 32(5):145-156.
- Ruvuna, F., J. Taylor, M. Okeyo, M. Wanyoike and C. Ahuya. 1992. Effects of breed and castration on slaughter weight and carcass composition of goats. *Small Ruminant Research*. 7(2): 175-183.
- Sayda, A. M .Ali, Hyder O. Abdalla and M.A. Abasaïd. 2011. Sunflower meals as an alternative protein source to groundnut meal in laying hens ration. *Egypt. Poultry Science*, 31: 745-753.
- Sanders, D.J. 2000. The safety evaluation of phytosterol-esters Part 6.The comparative absorption and tissue distribution of phytosterols in the rat. *Food and Chemical Toxicology*, 38 (6) 485-491.
- Santos-Filho, J.M., S.M. Morais, D. Rondina, F.J. Beserra, J.N.M. Neiva and E.F. Magalhães. 2005. Effect of cashew nut supplemented diet, castration, and time of storage on fatty acid composition and cholesterol content of goat meat. *Small Ruminant Research*. 57(1): 51-56.
- Schwab, C.G. 1995. Protected proteins and amino acids for ruminants. In: *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding*, R.J. Wallace and A. Chesson, Eds. VCH Verlagsgesellschaft MBH, D-Weinheim. pp. 116-141.
- Scislowski, V., D. Bauchart , D.Gruffat, P.M. Laplaud and D. Durand. 2005. Effect of dietary $n-6$ and $n-3$ polyunsaturated fatty acids on peroxidizability of lipoproteins in steers. *Lipids*. 40(12):1245–1256.
- Scollan, N.D., P. Costa, K.G. Hallett, G.R. Nute, J.D. Wood and R.I. Richardson. 2006. The fatty acid composition of muscle fat and relationships to meat quality in Charolais steers: influence of level of red clover in the diet. *Proceedings of the British Society of Animal Science*. 23 p.
- Senkoylu and Dale. 2006. Nutritional evaluation of a high-oil sunflower meal in broiler starter diets. *Poultry Science Association, Inc.* 40 – 47.
- Shulman RS, Bhattacharyya AK, Connor WE, Fredrickson DS. 1976. B-sitosterolemia and xanthomatosis. *N. Engl. J. Med.* 29: 482-483.
- Simopoulos, A.P. 2004. Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. *Food Reviews International*. 20: 77–90.
- Slavica, Levic Jovanka and Djuragic Olivera. 2006. Enhancing nutritional quality of sunflower meal in broiler feeding. *Archiva Zootechnica*. 65 – 72 .
- Subbiah MR. 1973. Dietary plant sterols: Current status in human and animal sterol metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.*26: 219.

- Sugano M, Tsuji E. 1997. Rice bran oil and cholesterol metabolism. *J Nutr* 127:5521-4.
- Schick, M. L., Hanna, M. A. and Schinstock. 1986. Soybean and sunflower oil performance in a diesel engine. ASAE Pap. 86-3086. Trans. ASAE St. Joseph, MI.
- Shimono, H., Konno, T., Sakai, H. and Sameshima, R. 2012. Interactive Effects of Elevated Atmospheric CO₂ and Waterlogging on Vegetative Growth of Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Plant Production Science* 15(3): 238-245.
- Smith, D. R. 1984. Tractor performance with sunflower-diesel oil blends. ASAE Pap. MCR 84-110. ASAE St. Joseph, MI.
- Tamminga, S. 1996. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74: 3112-3124.
- Terry, N., Zayed, A. M., De Souza, M. P. and Tarun, A. S. 2000. Selenium in higher plants. *Plant Mol. Biol.* 51: 401-432.
- Tit, H.H. 2003. Replacing soybean meal with sunflower meal with or without fibrolytic enzymes in fattening diets of goat kids. *Small Ruminant Res.* 48: 45-50.
- Tourvieille D, Pilorgé E, Nicolas P, Vear F. 2000. Le mildiou du tournesol. Point techniques, France : Cetiom, 200 p.
- Toivo J, Lampi A, Aalto S, Piironen V. 2000. Factors affecting sample preparation in the gas chromatographic determination of plant sterols in whole wheat flour. *Food Chemistry*, 68: 239-245.
- Vanitha, J., N. Manivannan and R. Chandirakala. 2014. Qualitative trait loci analysis for seed yield and component traits in sunflower. *Afr. J. Biotechnol.* 13(6): 754-761.
- Vázquez A, de Romano A. 2006. Sunflower crop in Argentina to date. *Helia* 44: 159-164.
- Vieira, S. L., A. M. Penz Jr, E. M. Lebouté, and J. A. Corteline. 1998. Nutritional evaluation of a high fiber sunflower meal. *Journal Applied of Poultry Research*, 1: 382-388.
- Villamide, T. and C. San Juan. 2001. Sites and extent of starch digestion in ruminants. In: International Workshop Current Research and Development on Use of Cassava as Animal Feed. Khon Kaen, Thailand. 73-76.
- Vissers MN, Zock PL, Meijer GW, Katan MB. 2000. Effect of plant sterols from rice bran oil and triterpene alcohols from sheanut oil on serum lipoprotein concentrations in human. *American Society for Clinical Nutrition* 72(6): 1510-1515.
- Weststrate J A and Meijer G W (1998). Plant sterol-enriched margarines and reduction of plasma total- and LDL-cholesterol concentrations in normocholesterolaemic and mildly hypercholesterolaemic subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 52, 334-343.

- Wheeler KB, Garleb KA. 1991. Gamma oryzanol-plant sterol supplementation: metabolic, endocrine, and physiologic effects. *International Journal of Sport Nutrition* 1: 170-177.
- White, P. J. 2015. Selenium accumulation by plants. *Annals of Botany* 1-9.
Doi:10.1093/aob/mcv180, available online at www.aob.oxfordjournals.org
- Wiesner, and A. E. Nel. 2006. Comparison of the abilities of ambient and manufactured nanoparticles to induce cellular toxicity according to an oxidative stress paradigm. *Nano Letters*. 6: 1794-1807.
- Wiens, S. and Nilsson, M. E. 2017. Performing contrast analysis in factorial designs: from NHST to confidence intervals and beyond. *Educational and Psychological Measurement* 77(4): 690-715.
- Zaidi, P. H., Rashid, Z., Vinayan, M. T. and Babu, T. 2012. Pre-germination anaerobic stress tolerance in tropical maize ('*Zea mays*' L.). *Journal of Crop Science* 6(12): 1703.
- Zeng, W. Z., C. Xu, J. W. Wu, J. S. Huang, Q. Zhao, and M. S. Wu. 2014. Impacts of salinity and nitrogen on the photosynthetic rate and growth of sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Pedosphere*. 24: 635-644.
- Zhao, L., J. R. Peralta-Videa, M. Ren, A. Varela-Ramirez, C. Li, J. A. Hernandez-Viezcas, J. A. Renato and J. L. Gardea-Torresdey. 2012. Transport of Zn in a sandy loam soil treated with ZnO NPs and uptake by corn plants: electron microprobe and confocal microscopy studies *Chem. Eng. J.* 184: 1-8.

ประวัตินักวิจัยโดยย่อ

ชื่อ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชมัยพร เจริญพร

เกิด : วันที่ 1 มิถุนายน 2511

อายุ : 45 ปี

ภูมิลำเนา : ต. นิคมพัฒนา อ. นิคมพัฒนา จ. ระยอง

ที่อยู่ปัจจุบัน : 506 ถ. สุรนารายณ์ ต. ในเมือง อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

โทร. (มือถือ) 08-1593-7183

ที่ทำงาน : โปรแกรมวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ
นครราชสีมา

340 ถ. สุรนารายณ์ ต. ในเมือง อ. เมือง จ. นครราชสีมา โทร. 0-4400-9009 ต่อ 1322

ตำแหน่งงาน : ข้าราชการครู

ประวัติการศึกษา :

- ระดับปริญญาตรี (พ.ศ. 2529-2533) : วท.บ. (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
- ระดับปริญญาโท (พ.ศ. 2533-2537) : วท.ม. (เกษตรศาสตร์) สาขาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ระดับปริญญาเอก (พ.ศ. 2549-2553) : ประ.ด. (เทคโนโลยีชีวภาพทางโรคพืช) หลักสูตรนานาชาติ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ประวัติการทำงาน :

- เริ่มรับราชการ วันที่ 15 สิงหาคม 2537 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จ. นครราชสีมา
- พ.ศ. 2537-ปัจจุบัน อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

งานวิจัย :

- เรื่อง ผลของเปลือกบุงต่อการเจริญเติบโตของไม้ดอก ใน งานวิจัยชุดการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากบุง
- เรื่อง การศึกษาพันธุ์บุงเพื่อคัดเลือกพันธุ์ในเชิงอุตสาหกรรมพื้นบ้าน
- การวิจัยและพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์จากเชื้อเห็ดฟางที่สามารถนำมาเป็นวัสดุปรับปรุงดิน
- เรื่อง การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของพืชและสัตว์ในพื้นที่ป่าชุมชน ตำบลพลสงคราม อำเภอโนนสูง จังหวัดนครราชสีมา

เอกสาร-ตำราวิชาการ : เอกสารวิชา ศัตรูพืชและการป้องกันกำจัด

ตำรา เห็ดและการผลิตเห็ด

สาขาวิชาที่มีความเชี่ยวชาญ : โรคพืช เห็ด พืชไร่ และงานเกษตรทั่วไป