

การประเมินการปรับตัวของข้าวโพดอาหารสัตว์สำหรับการหมัก สายพันธุ์ WS402 WS407 และ WS6410 ในชุดดินปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

พิเชษฐ์ จันทร์เป้ง^{1/}สรายุทธ์ ไทยเกื้อ^{2/}ศุภลักษณ์ ศรีจันดี^{3/}

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปรับตัวของข้าวโพดอาหารสัตว์สำหรับการหมัก 3 สายพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ Split plot in Randomized Complete Block Design โดย ปัจจัยหลัก คือ พันธุ์ข้าวโพด 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ WS402 WS407 และ WS6410 ปัจจัยรอง คือ อายุของการตัด 5 ระยะ ได้แก่ 70 75 80 85 และ 90 วัน หลังออก ในดินชุดปากช่อง ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา ระหว่างเดือนธันวาคม 2560 ถึงเดือนกรกฎาคม 2561 ผลการทดลอง พบว่า เมล็ดข้าวโพดพันธุ์ WS402 มีความงอก 93.60 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของค่าความแข็งแรงของเมล็ด (seed vigor) และอายุออกไหมของข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์นั้นไม่มีความแตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.33 และ 59 วัน ตามลำดับ ด้านลักษณะการเจริญเติบโต พบว่า สายพันธุ์ WS402 และ WS6410 มีความสูงถึงใบธงเฉลี่ยเท่ากัน คือ 2.68 เมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสายพันธุ์ WS 407 ที่มีค่าเท่ากับ 2.45 เมตร ส่วนความสูงเฉลี่ยจากพื้นดินถึงฝักแรกของสายพันธุ์ WS 407 WS 6410 มีค่าเท่ากับ 1.42 และ 1.47 เมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกับ WS 402 ที่มีค่าเท่ากับ 1.57 เมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านผลผลิตและเปอร์เซ็นต์โปรตีน พบว่า สายพันธุ์ WS6410 ให้ผลผลิตรวมทั้งต้นสูงสุดเท่ากับ 3,022 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนอายุการตัดที่เหมาะสมเพื่อนำมาหมักควรตัดที่อายุ 85-90 วัน เนื่องจากมีเส้นน้ำนมปรากฏอยู่ในระยะ 50-75 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน 7.79-8.92 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการปลูกเพื่อผลิตข้าวโพดพร้อมฝักหมัก

คำสำคัญ : ข้าวโพดสำหรับการทำหมัก, พันธุ์ข้าวโพด, อายุการตัด

เลขทะเบียนวิชาการ : 63(2)-0214-123

^{1/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์พิจิตร อำเภอดงพานหิน จังหวัดพิจิตร

^{2/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

^{3/}ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สระแก้ว อำเภอลองหาด จังหวัดสระแก้ว

Evaluation of Silage Corn WS402 WS407 and WS6410 Varieties in Pakchong Soil Series Nakhon Ratchasima Province

Pichet Chanpeng^{1/}Sarayut Thaikua^{2/}Supalak Srijundee^{3/}

Abstracts

The objective of this study was to evaluate the whole plant yield and its component of three commercial silage corn varieties. The experiment was arranged into split plot in randomized complete block design. The main plot was three corn varieties, i.e. WS402, WS407 and WS6410. The sub plot was five cutting age, i.e. 70 75 80 85 and 90 days after germination in Pakchong soil series at Nakhon Ratchasima Animal Nutrition Research and Development Center, from December 2016 to July 2017.

The results revealed that the germination percentage of WS402 showed the significant highest among three varieties with the value of 93.60 percent ($P < 0.05$), whereas a seed vigor and days to 50 percent of silking (of plot) did not show any difference among them. (1.33 and 59 days, respectively). In terms of a growth performance a plant height (to flag leaf), were found that WS402 and WS6410 with a height at 2.68 meters, while WS407 was lower at 2.45 meters ($P < 0.05$). An ear height of WS407 and WS6410 was at 1.42 and 1.47 meters, respectively, which was significant different from WS402 of 1.57 meters ($P < 0.05$). A production yield and crude protein content, WS6410 produced the highest whole plant corn yield at 3,022 kilograms per rai with cutting age during 85-90 days. Such cutting age having 50-75 percent of milk line and containing crude protein of 7.79 - 8.92 percent. It can be concluded that WS6410 is the most suitable corn variety to grow for making as silage.

Keywords: Silage Corn, Corn Variety, Cutting Intervals

Registered No. : 63(2)-0214-123

^{1/}Pichit Animal Nutrition Research and Development Center, Taphanhin district, Pichit Province

^{2/}Nakhonratchasima Animal Nutrition Research and Development Center, Pakchong district, Nakhonratchasima province

^{3/}Sakeaw Animal Nutrition Research and Development Center, Klong had district, Sakeaw Province

บทนำ

ตามแผนปฏิบัติงานโครงการภายใต้แผนการผลิตและการตลาดข้าวครบวงจร ปี 2559/60 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดพื้นที่การปลูกข้าวในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมเป็นเกษตรกรรมทางเลือกอื่นที่เหมาะสมกับพื้นที่และกรมปศุสัตว์ได้มีโครงการปรับเปลี่ยนพื้นที่ทำนาไม่เหมาะสม เพื่อส่งเสริมการเลี้ยงปศุสัตว์ และมีเป้าหมายให้เกษตรกรเลี้ยงสัตว์หลายชนิด เช่น โคเนื้อ กระบือ แพะ เป็นต้นและให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวเพื่อปลูกพืชอาหารสัตว์ทดแทน เช่น หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หญ้าแพงโกลา ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง เป็นต้น โดยในส่วนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เกษตรกรจะปลูกเพื่อผลิตเมล็ดแล้วนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารชั้นสำหรับสัตว์ แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ ที่มักจะประสบกับปัญหาการขาดแคลนแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดี การนำต้นข้าวโพดพร้อมฝักที่มีเมล็ดอยู่ในระยะเส้นน้ำนมปรากฏที่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ นำมาหมักเพื่อถนอมไว้ในช่วงที่ขาดแคลน หรือการนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบหลักในอาหารผสมครบส่วน (Total Mixed Ration: TMR) เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในฤดูแล้งได้ สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ จึงได้มีการจัดทำข้อมูลเกี่ยวกับอาหารผสมครบส่วน (TMR) โดยใช้ข้าวโพดพร้อมฝักหมักเป็นอาหารหยาบหลักในสูตรอาหาร สำหรับโคเนื้อ โคเนื้อ เพื่อให้เกษตรกรและผู้สนใจนำไปใช้ประโยชน์ อย่างไรก็ตามข้าวโพดพร้อมฝักหมักที่นำมาใช้ส่วนใหญ่จะเป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งมีหลากหลายพันธุ์ ทั้งพันธุ์ผสมเปิด พันธุ์ลูกผสมทางการค้า ที่ผลิตโดยหน่วยงานของภาครัฐ และบริษัทเอกชน ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อที่จะให้ผลผลิตฝักที่สูง แต่การปลูกเพื่อทำข้าวโพดหมักเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุประมาณ 85-90 วัน หรือพบว่าเมล็ดในฝักเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะเส้นน้ำนมปรากฏที่ประมาณ 50 – 75 เปอร์เซ็นต์ ของเมล็ด ในระยะนี้ส่วนของใบข้าวโพดก็เริ่มที่จะเหี่ยวแห้ง ส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการลดลงได้ ซึ่งก่อนหน้านี้ ประเทศไทยยังไม่มีการพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเพื่อมีวัตถุประสงค์สำหรับใช้ผลิตเป็นพืชอาหารสัตว์ (Forage) หรือข้าวโพดหมัก (Silage corn) โดยเฉพาะ จึงมีการพัฒนา ปรับปรุงพันธุ์ และคัดเลือกพันธุ์ข้าวโพดให้มีลักษณะตรงตามความต้องการในการใช้ประโยชน์ บริษัท WS seeds ประเทศไทย เป็นบริษัทเอกชนรายหนึ่งที่ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเพื่อนำมาใช้สำหรับผลิตเป็นข้าวโพดหมักอยู่หลายสายพันธุ์ ดังมีข้อมูลเบื้องต้นรายงานว่ายสายพันธุ์ WS402 ให้ผลผลิตฝักสด 3-4 ตันต่อไร่ และผลผลิตรวมทั้งต้น 8-11 ตันต่อไร่ ซึ่งเป็นข้อมูลที่น่าสนใจในการนำมาทำข้าวโพดหมัก สอดคล้องกับเป้าหมายการดำเนินงานของสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ที่มุ่งเน้นการศึกษา ค้นคว้า และพัฒนาอาหารหยาบคุณภาพดีเพื่อสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารสัตว์ ทางคณะทำงานจึงได้ทดลองนำข้าวโพด 3 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ WS402 WS407 และ WS6410 มาใช้ในการทดลองครั้งนี้

อย่างไรก็ตามข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พันธุ์ข้าวโพดที่มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ฤดูปลูก รวมถึงอายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมซึ่งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดหมักของสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ยังมีไม่มากพอ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปรับตัวของข้าวโพดอาหารสัตว์สำหรับการหมัก โดยประเมินลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำไปใช้ถ่ายทอดให้เกิดประโยชน์แก่เกษตรกรที่สนใจในการนำไปปลูกเพื่อผลิตข้าวโพดหมักสำหรับการจำหน่ายต่อไป

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

สถานที่ดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา ตำบลปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือน ธันวาคม 2560 ถึง เดือน กรกฎาคม 2561

อุปกรณ์

1. พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมทางการค้า สายพันธุ์ WS402 WS407 และ WS6410
2. ปุ๋ยเคมี 15-15-15 และปุ๋ยยูเรีย
3. สารเคมีควบคุมวัชพืชอะทราซีนและอะลาคลอร์
4. อุปกรณ์ให้น้ำแบบน้ำหยด

วิธีการดำเนินการ

1) วางแผนการทดลองแบบ Split plot in Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ พันธุ์ข้าวโพด จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ WS402 WS407 และ WS6410 ปัจจัยรอง คือ อายุของการตัด 5 ระยะ ได้แก่ 70 75 80 85 และ 90 วัน หลังออก

2) การปลูก พื้นที่ปลูกเป็นดินชุดปากช่อง

2.1 การเตรียมแปลงก่อนปลูก โดยไถเตรียมดิน 2 ครั้ง ระยะเวลาห่างกันประมาณ 1 สัปดาห์ ครั้งแรกไถด้วยผานสาม ครั้งที่ 2 ไถแปรหรือไถพรวนดินด้วยผานเจ็ดให้ดินละเอียด โดยไถลึกประมาณ 30 เซนติเมตร เพื่อให้ดินเก็บน้ำได้ดีขึ้น และปรับสภาพพื้นที่ให้สม่ำเสมอ โดยพื้นที่ออกเป็น 12 แปลง มีขนาด กว้าง × ยาว เท่ากับ 18×5.4 เมตร แต่ละแปลงมีระยะห่างกัน 1 เมตร ในแต่ละแปลงแบ่งออกเป็น 5 แปลงย่อย ขนาด กว้าง × ยาว เท่ากับ 2.8×5.4 เมตร ซึ่งก่อนการไถเตรียมแปลงจะสุ่มเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ และปัญหาของดินในแปลง ตามวิธีการเอกสารคำแนะนำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สำหรับการปลูกพืชของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

2.2 การปลูก โดยปลูกข้าวโพดให้มีระยะห่างระหว่างต้น × แถว เท่ากับ 20×70 เซนติเมตร ใน 1 แปลงย่อยจะประกอบด้วยต้นข้าวโพดจำนวน 4 แถวละ 27 หลุมหยอดเมล็ด 2 เมล็ดต่อหลุม

2.3 การถอนแยก เมื่อข้าวโพดอายุ 14 วัน ถอนแยกเหลือ 1 ต้นต่อหลุม

3) การดูแลรักษา

3.1 การใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดโรคและแมลง โดยการพ่นสารเคมีควบคุมวัชพืชอะทราซีน อัตรา 200 กรัมและอะลาคลอร์ อัตรา 300 ซีซีผสมน้ำ 40 ลิตร ฉีดพ่นให้ทั่วพื้นที่หลังจากหยอดเมล็ดแล้วในขณะดินมีความชื้น

3.2 การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 เป็นปุ๋ยรองพื้นอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถว แล้วพรวนดินกลบพูนโคนต้นข้าวโพด

3.3 การให้น้ำใช้วิธีแบบน้ำหยด ให้น้ำติดต่อกัน 7 วัน ในระยะแรกของการปลูกจากนั้นให้น้ำสม่ำเสมอทุกๆ 2 วันต่อสัปดาห์ นาน 30 นาที่ต่อแปลง

4) การเก็บตัวอย่างทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด เก็บตัวอย่างสำหรับบันทึกข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี และผลผลิต จำนวน 2 แถว (25 ต้นต่อแถวปลูก) ต่อ 1 ปัจจัยรอง (ระยะการตัด) โดยในแต่ละแปลงย่อยมีระยะห่างกัน 1 เมตร และจะตัดแถวขอบนอกทิ้งแล้ววัดผลผลิตเฉพาะ 50 ต้นที่เหลือ (พื้นที่ 1.4×5 ตร.ม.) ตัดต้นข้าวโพดสูงจากพื้นดิน 5 เซนติเมตร โดยสุ่มวัดความสูงของต้นข้าวโพดจำนวน 20 ต้น (10 ต้นต่อแถวปลูก) ก่อนตัด ชั่งน้ำหนักสดรวมทั้ง 20 ต้น นำตัวอย่างมาสับให้มีขนาดเหมาะสมขนาด 2-5 เซนติเมตร สุ่มเก็บตัวอย่างเพื่อส่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ได้แก่ ค่าวัตถุแห้ง (dry matter, DM) โปรตีน (crude protein, CP) ไขมัน (ether extract, EE) เถ้า (Ash) คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (nitrogen free extract, NFE) เยื่อใย (crude fiber, CF) ตามวิธีการของ AOAC(2016) วิเคราะห์เยื่อใยโดยวิธี

detergent Analysis (Van Soest *et al.*, 1991) ได้แก่ ส่วนประกอบของผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) และลิกนิน (ADL)

5) การบันทึกข้อมูล บันทึกลักษณะต่างๆ ดังนี้

1. ลักษณะทางการเกษตร 3 ลักษณะ ได้แก่

- ความแข็งแรงของเมล็ด (seed vigor) ประเมินโดยใช้วิธีการของ Warham *et al.*, (1996) จากนั้นผู้ทดลองจึงนำข้อมูลที่ได้มาประเมินการให้คะแนนดังตาราง

คะแนน	เปอร์เซ็นต์ความงอก
1	91-100
2	81-90
3	71-80
4	61-70
5	51-60
6	41-50
7	31-40
8	21-30
9	0-20

โดยคะแนน 1= ดีที่สุด 5= ปานกลาง 9= แย่สุด

- ความงอกของต้นข้าวโพด นับจำนวนวันที่ต้นกล้าปักดิ่งออกตั้งแต่วันที่ 1 – 14 วัน โดยนับความงอกจากจำนวนเมล็ดข้าวโพดทั้งหมดที่หยอดต่อหลุม

- เปอร์เซ็นต์ต้นกล้ารอดตาย นับจำนวนต้นกล้าที่รอดตาย ที่อายุ 15 วันหลังปลูก

- อายุการออกไหม (วัน) นับอายุตั้งแต่วันที่ต้นกล้าออกจนถึงวันที่เห็นไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝักเป็นจำนวน 50 เปอร์เซ็นต์ ของแปลงย่อย

- ความสูงต้น (เมตร) โดยสุ่มวัดจำนวน 20 ต้นต่ออายุการตัด (10 ต้นต่อแถวปลูก) ในแต่ละแปลงย่อย โดยวัดจากโคนต้นถึงโคนใบธง

- ความสูงฝัก (เมตร) โดยสุ่มวัดจำนวน 20 ต้นต่ออายุการตัด (10 ต้นต่อแถวปลูก) ในแต่ละแปลงย่อย โดยวัดจากโคนต้นถึงโคนของฝักตำแหน่งแรก

2. ลักษณะผลผลิต 2 ลักษณะ ได้แก่

- ผลผลิตฝักข้าวโพด (กิโลกรัมต่อไร่) เก็บผลผลิตฝักข้าวโพดแต่ละพันธุ์ เมื่ออายุ 70 75 80 85 และ 90 วัน เก็บผลผลิตจำนวน 2 แถวปลูก (50 ต้น) เก็บฝักออกจากต้น นำมาชั่งน้ำหนักฝักพร้อมเปลือกทั้งหมด แล้วนำมาคำนวณเป็นผลผลิตฝักต่อไร่

- ผลผลิตต้นข้าวโพด (กิโลกรัมต่อไร่) เก็บผลผลิตต้นข้าวโพดแต่ละพันธุ์ เมื่ออายุ 70 75 80 85 และ 90 วัน เก็บผลผลิตทั้งหมดจำนวน 2 แถวปลูก (50 ต้น) โดยชั่งน้ำหนักต้นข้าวโพดทั้งหมดที่เก็บฝักออก แล้วนำมาคำนวณเป็นผลผลิตต้นข้าวโพดทั้งหมดต่อไร่

- ผลผลิตรวมทั้งต้น (กิโลกรัมต่อไร่) เป็นผลผลิตที่ได้จากผลรวมของผลผลิตฝักและผลผลิตต้นข้าวโพดของข้าวโพดแต่ละสายพันธุ์ เมื่ออายุ 70 75 80 85 และ 90 วัน แล้วนำมาคำนวณเป็นผลผลิตรวมทั้งต้นของข้าวโพดทั้งหมดต่อไร่

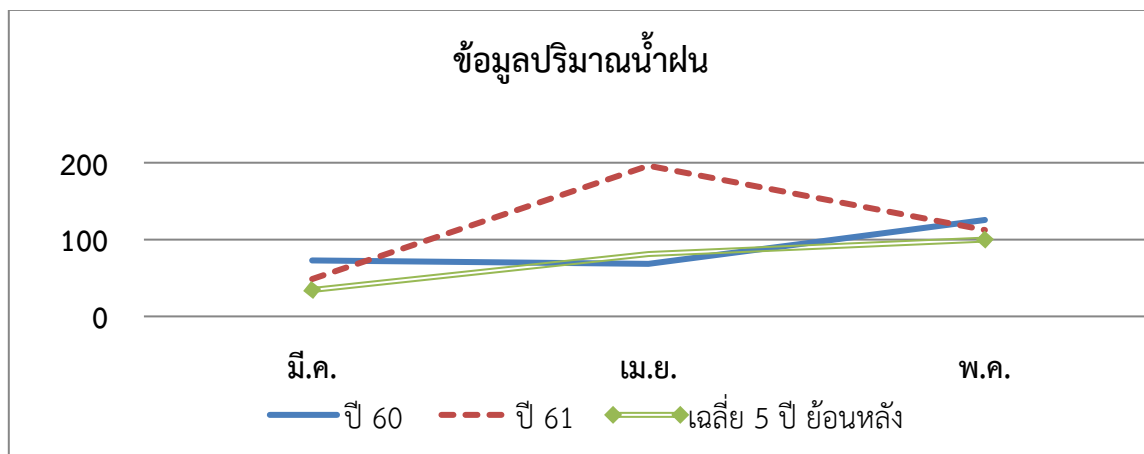
6) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ทางสถิติ (กัลยา, 2558)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนในช่วงการทดลอง (มีนาคม 2561 ถึง พฤษภาคม 2561) มีปริมาณน้ำฝนสะสม 357 มิลลิเมตร ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนสะสมสูงกว่า ปี 2560 และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 5 ปี ย้อนหลัง ที่เท่ากับ 267 และ 215 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยในเดือนเมษายน ของปีที่ทดลอง มีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าเฉลี่ย 5 ปี ย้อนหลัง แสดงไว้ในภาพที่ 1 โดยจากข้อมูลของ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ (2559) รายงานว่าปริมาณความต้องการน้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตลอดระยะเวลาการปลูก 14 สัปดาห์ จำนวน 749 มิลลิเมตร/ฤดูปลูก หรือ 1,198 ลูกบาศก์เมตร/ไร่/ฤดูปลูก ซึ่งปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงการทดลองน้อยกว่าปริมาณน้ำฝนตามคำแนะนำ แต่ว่าการทดลองครั้งนี้ได้มีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอตลอดการทดลองจึงไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตของข้าวโพด



ภาพที่ 1 แสดงข้อมูลปริมาณน้ำฝนช่วงระยะเวลาการทดลอง

คุณสมบัติดิน

ลักษณะของดินปากช่อง ดินบนเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนแดงเข้ม ดินล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดงเข้ม สีแดง อาจพบธาตุเหล็กและแมงกานีสสะสมในดินล่าง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงเป็น กรดจัด (pH 4.5-5.5) ในดินล่าง (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2563) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน จากกลุ่มงานวิจัยและวิเคราะห์อาหารสัตว์ สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ พบว่ามีค่า pH 7.38 ค่าอินทรีย์วัตถุอยู่ที่ 2.36 โดยมีไนโตรเจนต่ำมาก ค่าโพแทสเซียมต่ำ ส่วนค่าฟอสฟอรัสอยู่ในระดับที่สูงมากซึ่งจากการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์มีสภาพที่ไม่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไป เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดตามที่กรมวิชาการเกษตรได้ให้คำแนะนำไว้ ว่าควรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH 5.5 -7.5) และมีอินทรีย์วัตถุ มากกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์

เนื้อดินร่วน ร่วนปนทราย ร่วนเหนียว หรือดินเหนียวแต่จะต้องมีความโปร่ง ร่วนซุย และระบายน้ำดี และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต้องมากกว่า 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ลักษณะทางการเกษตร

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าความแข็งแรงของเมล็ด (seed vigor) ตามวิธีการของ Warham *et al.*, (1996) และอายุวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในส่วนของความงอกของต้นข้าวโพด ทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยนับจำนวนต้นกล้าปกติที่งอกตั้งแต่วันที่ 1 – 14 พบว่า ความงอกของข้าวโพดสายพันธุ์ WS402 มีค่าอยู่ที่ 93.60 เปอร์เซ็นต์ (468 ต้น) รองลงมาคือสายพันธุ์ WS6410 และ WS407 มีค่าอยู่ที่ 91.40 และ 90.40 เปอร์เซ็นต์ (457 และ 452 ต้น) ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์ต้นกล้ารอดตายของของข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ ที่มีค่า 93.00 90.75 และ 90.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความงอกอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดของสถาบันวิจัยพืชไร่ ของกรมวิชาการเกษตร ที่ชั้นพันธุ์หลัก ชั้นพันธุ์ขยาย และชั้นพันธุ์จำหน่าย มีค่าไม่ต่ำกว่า 90 85 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559)

ตารางที่ 1 ลักษณะทางการเกษตรของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 3 สายพันธุ์

ปัจจัยที่ศึกษา	ความแข็งแรงของเมล็ด (คะแนน)	ความงอกของ ต้นข้าวโพด (เปอร์เซ็นต์)	กล้ารอดตาย (เปอร์เซ็นต์)	อายุวันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ (วัน)
สายพันธุ์				
WS402	1.25	93.60 ^a	93.00 ^a	60
WS407	1.50	90.40 ^c	90.15 ^c	59
WS6410	1.25	91.40 ^b	90.75 ^b	58
F-test	n.s.	*	*	n.s.
C.V.%	35.63	2.37	1.64	1.39

n.s. (non-significant) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับอยู่ในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การเจริญเติบโตและผลผลิต

การเจริญเติบโตของข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ แสดงในตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาจากปัจจัยหลัก (สายพันธุ์) พบว่า ลักษณะความสูงถึงใบธงและความสูงฝักของข้าวโพด ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยสายพันธุ์ WS402 และ WS6410 มีความสูงเฉลี่ย 2.68 เมตร สูงกว่าสายพันธุ์ WS407 (2.68, 2.68 และ 2.45) ส่วนความสูงฝัก พบว่า สายพันธุ์ WS402 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.57 เมตร สูงกว่าพันธุ์ WS407 และ WS6410 ที่มีความสูงต้นเท่ากับ 1.42 และ 1.47 เมตร ในส่วนของอายุการตัดที่แตกต่างกันนั้น พบว่าไม่มีผลต่อความสูงถึงใบธงและความสูงฝักทั้งนี้เป็นเพราะว่าข้าวโพดจะเจริญเติบโตทางด้านลำต้นจะสิ้นสุดหลังจากระยะการออกไหม หลังจากนั้นก็จะมีการเจริญเติบโตและพัฒนาในส่วนของฝักที่เพิ่มขึ้น (Nazli *et al.*, 2019)

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของข้าวโพดอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์ ที่อายุการตัดต่างกัน

ปัจจัยที่ศึกษา	ความสูงถึงใบธง (เมตร)	ความสูงฝัก (เมตร)
ปัจจัยหลัก (สายพันธุ์)		
WS402	2.68 ^a	1.57 ^a
WS407	2.45 ^b	1.42 ^b
WS6410	2.68 ^a	1.47 ^b
F-test (สายพันธุ์)	*	*
ปัจจัยรอง (อายุการตัด)		
70 วัน	2.60	1.47
75 วัน	2.60	1.49
80 วัน	2.60	1.49
85 วัน	2.59	1.50
90 วัน	2.56	1.49
F-test (อายุการตัด)	n.s.	n.s.
สายพันธุ์ X อายุการตัด	n.s.	n.s.
C.V.%	4.22	4.49

n.s. (non-significant) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับอยู่ในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ในด้านผลผลิตรวมทั้งต้นของข้าวโพดอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์ แสดงในตารางที่ 3 พบว่า สายพันธุ์ WS6410 ให้ผลผลิตรวมทั้งต้นสูงสุด แตกต่างจากสายพันธุ์ WS407 ที่ให้ผลผลิตต่ำสุด ($p < 0.05$) (3,022 และ 2,835) ส่วนสายพันธุ์ WS402 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ WS407 และสายพันธุ์ WS6410 สอดคล้องกับผลผลิตลำต้น ที่พบว่าสายพันธุ์ WS6410 ให้ผลผลิตสูงสุดเช่นกัน รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ WS402 และ WS407 ตามลำดับ (1,997 มากกว่า 1,863 และ 1,827 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) ทั้งนี้สายพันธุ์ WS6410 มีลักษณะของลำต้นที่ใหญ่กว่าอีกสองสายพันธุ์ แต่ในส่วนของผลผลิตฝัก พบว่าผลผลิตของข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์นั้นไม่มีความแตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวโพดที่อายุการตัดต่างกัน พบว่าผลผลิตรวมทั้งต้น เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามช่วงอายุการตัดที่มากขึ้น โดยอายุการตัดที่ 90 วัน มีผลผลิต 3,706 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ที่อายุการตัด 85 80 75 วัน มีผลผลิต 3,113 2,861 2,607 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และผลผลิตต่ำสุดที่อายุการตัด 70 วัน มีผลผลิต 2,365 กิโลกรัมต่อไร่ สอดคล้องกับผลผลิตฝัก ที่ให้ผลผลิตที่อายุการตัด 90 85 80 75 และ 70 วัน มีผลผลิต 1,548 1,356 1,094 743 และ 433 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในส่วนของผลผลิตลำต้นพบว่าที่อายุการตัด 90 มีผลผลิตสูงสุดที่ 2,158 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ อายุหลังการงอกเฉลี่ย 59 วัน ขึ้นไปนั้น ต้นข้าวโพดจำนวน 50 เปอร์เซนต์ ปรากฏไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝัก (ระยะออกไหม) ซึ่งเป็นช่วงที่เข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตทางการเจริญพันธุ์ของข้าวโพด เมล็ดข้าวโพดก็จะเริ่มมีการสะสม

แบ่งในเมล็ดเพิ่มขึ้น เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น ขนาดของฝักข้าวโพดก็จะมีการเจริญเติบโตเต็มที่และมีขนาดใหญ่ขึ้น จึงทำสัดส่วนของฝักต่อลำต้นฝักก็จะเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3 ผลผลิตของข้าวโพดอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์ ที่อายุการตัดต่างกัน (น้ำหนักแห้ง กก./ไร่)

ปัจจัยที่ศึกษา	ผลผลิตรวมทั้งต้น	ผลผลิตฝัก	ผลผลิตลำต้น
ปัจจัยหลัก (สายพันธุ์)			
WS402	2,935 ^{ab}	1,072	1,863 ^b
WS407	2,835 ^b	1,008	1,827 ^b
WS6410	3,022 ^a	1,025	1,997 ^a
F-test (สายพันธุ์)	*	n.s.	*
ปัจจัยรอง (อายุการตัด)			
70 วัน	2,365 ^e	433 ^e	1,932 ^b
75 วัน	2,607 ^d	743 ^d	1,864 ^{b,c}
80 วัน	2,861 ^c	1,094 ^c	1,767 ^c
85 วัน	3,113 ^b	1,356 ^b	1,757 ^c
90 วัน	3,706 ^a	1,548 ^a	2,158 ^a
F-test (อายุการตัด)	*	*	*
สายพันธุ์ X อายุการตัด	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.%	16.60	41.13	1.25

n.s. (non-significant) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับอยู่ในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

คุณค่าทางโภชนาและองค์ประกอบทางเคมี

ผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาและองค์ประกอบทางเคมีรวมทั้งต้นของข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ แสดงในตารางที่ 4 พบว่า

วัตถุแห้ง (DM) พบว่าสายพันธุ์ WS402 มีวัตถุแห้งต่ำที่สุด คือ 21.75 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือสายพันธุ์ WS407 และ WS6410 (22.15 และ 22.75 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอายุการตัดพบว่า อายุการตัดที่ 70 วัน มีวัตถุแห้งต่ำที่สุด 18.34 เปอร์เซนต์ ส่วนการตัดที่อายุ 90 วัน มีวัตถุแห้งสูงที่สุด 28.01 เปอร์เซนต์ โดยที่วัตถุแห้งมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้นตามอายุการตัดที่มากขึ้น ($p < 0.05$) ซึ่งการศึกษาของ Estrada *et al.*, (2006) รายงานว่าการพัฒนาการเจริญเติบโตในส่วน of ฝักตั้งแต่ระยะการ ออกใหม่ จนถึงระยะนํ้านม ข้าวโพดต้องการนํ้ามาก ส่งผลให้องค์ประกอบของความชื้นสูง วัตถุแห้งต่ำ แต่การเจริญเติบโตของส่วนของใบและลำต้นซึ่งหลังจากผ่านช่วงการติดฝักจะสูญเสียความชื้นในเซลล์ได้ง่ายกว่า ซึ่งพันธุ์ข้าวโพดที่ต่างกันการเจริญเติบโตที่ระยะต่างกัน วัตถุแห้งก็จะต่างกัน ความเหมาะสมในการเก็บเกี่ยวเพื่อนำมาใช้ประโยชน์จะต่างกัน Wiersma *et al.* (1993) รายงานว่าระยะที่

เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดสำหรับหมักนั้นขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้ง ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนา ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้งที่เหมาะสมในการหมักข้าวโพดควรอยู่ในช่วง 30 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ โดย Keady *et al.*, (2013) รายงานว่าข้าวโพดหมักควรมีวัตถุดิบแห้ง 30 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดข้าวโพดอยู่ในระยะเส้นน้ำนมปรากฏที่ 50 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ของเมล็ด

โปรตีน (CP) พบว่าสายพันธุ์ WS6410 มีโปรตีนสูงที่สุด รองลงมาคือ สายพันธุ์ WS402 ซึ่งแตกต่างจากสายพันธุ์ WS407 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (8.92 8.75 และ 7.94 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอายุการตัดพบว่า อายุการตัดที่ 70 วัน มีโปรตีนสูงที่สุด 9.94 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ อายุการตัดที่ 75 90 85 และ 80 วัน (8.50 8.24 8.02 และ 7.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ซึ่งการจำแนกระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดตามแบบสากลแล้ว แบ่งได้เป็น 2 ระยะ คือ 1. การเจริญเติบโตทางลำต้น เริ่มจากระยะงอกจนถึงระยะที่ปรากฏช่อดอกตัวผู้ และ 2. ระยะการเจริญเติบโตทางการเจริญพันธุ์ ข้าวโพดที่มีอายุน้อยก็จะมีสัดส่วนของใบต่อลำต้นที่มาก ส่วนของใบจะมีโปรตีนมากกว่าส่วนของลำต้น ในส่วนของอายุการตัดที่ 90 และ 85 วัน มีโปรตีนสูงกว่าอายุการตัด 80 วัน นั้นอาจเป็นเพราะว่าเมล็ดข้าวโพดมีการเจริญอยู่ในระยะเส้นน้ำนมปรากฏมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จึงได้โปรตีนเพิ่มขึ้นมาจากส่วนของเมล็ดข้าวโพด ซึ่งการศึกษาในพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ ก็ได้ผลในลักษณะเดียวกัน เช่น การศึกษาในหญ้าเนเปียร์ยักษ์ ของ สำราญและพรชัย (2554) พบว่า การเพิ่มอายุการตัดหญ้าเนเปียร์ยักษ์ ทำให้ผลผลิตน้ำหนักรวมเพิ่มขึ้นแต่โปรตีนลดลง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และอายุการตัดข้าวโพดที่มีผลต่อค่าโปรตีนของข้าวโพด (ตารางที่ 5) กล่าวคือ การตัดที่อายุ 70 วัน พบว่า ข้าวโพดสายพันธุ์ WS6410 มีโปรตีนสูงที่สุด มากกว่าสายพันธุ์ WS402 และ WS407 มีค่า 10.30 10.07 และ 9.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่การตัดอายุ 75 80 85 และ 90 วัน ของทั้งสามสายพันธุ์ มีโปรตีนที่ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าตั้งแต่ 7.40 - 8.92 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นสายพันธุ์ WS407 ที่การตัดอายุ 90 วัน มีโปรตีนต่ำที่สุด 6.73 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 คุณค่าทางโภชนาและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์ ที่อายุการตัดต่างกัน

ปัจจัยที่ศึกษา	DM	CP	EE	CF	Ash	NFE	NDF	ADF	ADL
ปัจจัยหลัก (สายพันธุ์)									
WS402	21.75	8.75 ^a	1.13	27.26 ^b	5.83 ^b	57.03 ^b	63.87 ^c	35.26 ^b	4.70
WS407	22.15	7.94 ^b	1.13	26.83 ^b	5.70 ^b	58.41 ^a	68.25 ^a	34.54 ^b	4.90
WS6410	22.45	8.92 ^a	1.19	28.75 ^a	6.61 ^a	54.52 ^c	65.85 ^b	36.59 ^a	4.77
F-test (สายพันธุ์)	n.s.	*	n.s.	*	*	*	*	*	n.s.
ปัจจัยรอง (อายุการตัด)									
70 วัน	18.34 ^e	9.94 ^a	1.11 ^b	33.57 ^a	7.40 ^a	47.98 ^e	73.65 ^a	43.44 ^a	5.42 ^a
75 วัน	19.45 ^d	8.50 ^b	0.88 ^c	29.81 ^b	6.35 ^b	54.46 ^d	68.70 ^b	38.78 ^b	4.29 ^b
80 วัน	21.47 ^c	7.97 ^c	1.10 ^b	27.10 ^c	5.87 ^{b,c}	57.96 ^c	64.62 ^c	34.20 ^c	4.44 ^b
85 วัน	23.31 ^b	8.02 ^c	1.22 ^b	24.92 ^d	5.57 ^{c,d}	60.27 ^b	62.75 ^d	32.26 ^d	5.37 ^a
90 วัน	28.01 ^a	8.24 ^{b,c}	1.43 ^a	22.67 ^e	5.05 ^d	62.60 ^a	60.24 ^e	28.65 ^e	4.43 ^b
F-test (อายุการตัด)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
สายพันธุ์ X อายุการตัด	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.
C.V.%	0.97	0.78	2.26	0.67	1.67	0.33	0.44	0.49	2.33

n.s. (non-significant) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับอยู่ในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 5 อิทธิพลร่วมของสายพันธุ์และอายุการตัดที่มีต่อโปรตีนของข้าวโพดอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์	อายุการตัด					เฉลี่ย
	70	75	80	85	90	
WS402	10.07 ^a	8.77 ^b	8.02 ^b	8.88 ^b	8.00 ^b	8.75
WS407	9.44 ^{ab}	8.19 ^b	7.90 ^b	7.40 ^b	6.73 ^c	7.94
WS6410	10.30 ^a	8.54 ^b	7.99 ^b	7.79 ^b	8.92 ^b	8.92
เฉลี่ย	9.94	8.50	7.97	8.02	8.24	8.53

ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับอยู่ในแนวตั้งและแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ไขมัน (EE) พบว่าค่าไขมันของข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอายุการตัดพบว่า อายุการตัดที่ 90 วัน มีไขมันสูงที่สุด 1.43 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือ อายุการตัดที่ 75 90 85 และ 80 วัน (8.50 8.24 8.02 และ 7.97 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ)

เยื่อใยหยาบ (CF) พบว่าสายพันธุ์ WS6410 มีค่า 28.75 เปอร์เซนต์ สูงกว่าสายพันธุ์ WS402 และ WS407 (27.26 และ 26.83 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอายุการตัด พบว่าเยื่อใยหยาบลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น โดยการตัดที่อายุ 70 วัน มีเยื่อใยหยาบ 33.57 เปอร์เซนต์ สูงกว่าการตัดที่อายุอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เถ้า (Ash) พบว่าสายพันธุ์ WS6410 มีเถ้า 6.61 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือ สายพันธุ์ WS402 และ WS407 มีค่า 5.83 และ 5.70 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอายุการตัดพบว่า อายุการตัดที่ 70 วัน มีเถ้าสูงสุด 7.40 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือ อายุการตัดที่ 75 80 85 และ 90 วัน (6.35 5.87 5.57 และ 5.07 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ)

คาร์โบไฮเดรต (NFE) พบว่าสายพันธุ์ WS407 มีคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด แตกต่างจากสายพันธุ์ WS402 และ WS6410 โดยมีค่า ร้อยละ 58.41 57.03 และ 54.52 ตามลำดับ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอายุการ ตัดพบว่า ค่าของคาร์โบไฮเดรตเพิ่มมากขึ้นตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) โดยที่อายุการตัดที่ 90 วัน มีค่า ของคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด (62.20 เปอร์เซนต์) เมื่อข้าวโพดมีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีอายุเพิ่มขึ้นนั้นส่วนของฝักจะมีการสะสมแป้งในเมล็ดข้าวโพดเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น (Dahmardeh, 2009) ในการศึกษาของ Nazli (2019) รายงานว่าการนำข้าวโพดแต่ละพันธุ์ที่จะนำมาหมักนั้นแตกต่างกันตามแต่ละสายพันธุ์ เช่น ข้าวโพดหวาน ควรตัดทำหมักในระยะที่มีการสะสมแป้ง (Dough) ซึ่งเป็นระยะที่มีวัตถุดิบสูงที่สุด ส่วนข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 การเก็บเกี่ยวผลผลิตเพื่อทำข้าวโพดหมักในระยะแป้งแข็ง (dent) เป็นระยะที่มีความเหมาะสมที่สุด ซึ่งค่าเปอร์เซนต์ของวัตถุดิบแห้งสอดคล้องกับค่าของคาร์โบไฮเดรตที่มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) แม้ว่าค่าที่ได้นี้จะมาจากการคำนวณก็ตาม

ส่วนประกอบของผนังเซลล์ (NDF) พบว่า สายพันธุ์ WS407 มีค่าส่วนประกอบของผนังเซลล์ สูงที่สุด 68.25 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือ สายพันธุ์ WS6410 และ WS402 มีค่า 65.85 และ 63.87 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอายุการตัดพบว่า ค่าส่วนประกอบของผนังเซลล์ลดลงตามอายุการตัดที่

เพิ่มขึ้น โดยที่อายุการตัด 70 วัน มีค่าส่วนประกอบของผนังเซลล์สูงสุด 73.65 เปอร์เซ็นต์ ค่าของเยื่อใยส่วนประกอบของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ลดลงตามช่วงอายุที่มากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะในระยะการปลูกที่เพิ่มขึ้น ในส่วนของฝัก เมล็ดข้าวโพดมีการสะสมแป้งเพิ่มขึ้นทำให้สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดรวมทั้งต้นเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างสายพันธุ์และอายุการตัดข้าวโพด ที่มีผลต่อส่วนประกอบของผนังเซลล์ พบว่าการตัดที่อายุ 70 วัน สายพันธุ์ WS6410 มีค่า สูงกว่าสายพันธุ์ WS402 และ WS407 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การตัดอายุ 90 วัน พบว่า สายพันธุ์ WS402 มีค่าส่วนประกอบของผนังเซลล์ ต่ำที่สุด 56.67 (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 อิทธิพลร่วมของสายพันธุ์และอายุการตัดที่มีต่อส่วนประกอบของผนังเซลล์ของข้าวโพดอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์	อายุการตัด					เฉลี่ย
	70	75	80	85	90	
WS402	72.28 ^{ab}	67.97 ^c	63.01 ^c	59.43 ^d	56.67 ^d	63.87
WS407	74.16 ^a	68.64 ^c	67.30 ^c	65.74 ^c	65.42 ^c	68.25
WS6410	74.51 ^a	69.50 ^{bc}	63.55 ^c	63.08 ^c	58.62 ^d	65.85
เฉลี่ย	73.65	68.70	64.62	62.75	60.24	65.99

ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับอยู่ในแนวตั้งและแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิกโนเซลลูโลส (ADF) พบว่าสายพันธุ์ WS6410 มีค่าลิกโนเซลลูโลส 36.59 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าข้าวโพดอีกสองสายพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอายุการตัดพบว่าค่าลิกโนเซลลูโลสลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น โดยที่อายุการตัด 70 วัน มีค่าลิกโนเซลลูโลสสูงสุด 43.44 เปอร์เซ็นต์ อิทธิพลร่วมของสายพันธุ์และอายุการตัดข้าวโพดที่มีผลต่อค่าลิกโนเซลลูโลส แสดงในตารางที่ 7 พบว่า การตัดข้าวโพดที่อายุมากขึ้น ค่าลิกโนเซลลูโลสจะลดลง การตัดที่อายุ 70 วัน สายพันธุ์ WS6410 มีค่าลิกโนเซลลูโลส สูงกว่าสายพันธุ์ WS402 และ WS407 (45.95 43.60 และ 40.77 ตามลำดับ) การตัดที่อายุ 90 วัน พบว่า ข้าวโพดสายพันธุ์ WS6410 มีค่าลิกโนเซลลูโลสต่ำที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากอีกสองสายพันธุ์

ตารางที่ 7 อิทธิพลร่วมของสายพันธุ์และอายุการตัดที่มีต่อลิกโนเซลลูโลสของข้าวโพดอาหารสัตว์ 3 สายพันธุ์

สายพันธุ์	อายุการตัด					เฉลี่ย
	70	75	80	85	90	
WS402	43.60 ^b	39.80 ^c	33.50 ^e	29.92 ^f	29.47 ^f	35.26
WS407	40.77 ^c	36.80 ^d	33.23 ^e	33.41 ^e	28.51 ^f	34.54
WS6410	45.95 ^a	39.76 ^c	35.87 ^d	33.44 ^e	27.95 ^f	36.59
เฉลี่ย	43.44	38.78	34.20	32.26	28.65	35.47

ตัวเลขที่มีอักษรต่างกันกำกับอยู่ในแนวดิ่งและแนวนอน แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดย DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ลิกนิน (ADL) พบว่าลิกนินของข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละอายุการตัดพบว่า อายุการตัดที่ 70 และ 85 วัน มีค่าลิกนินไม่แตกต่างกัน (5.42 และ 5.37 เปอร์เซนต์ตามลำดับ) แต่แตกต่างจากการตัดอายุอื่นๆ

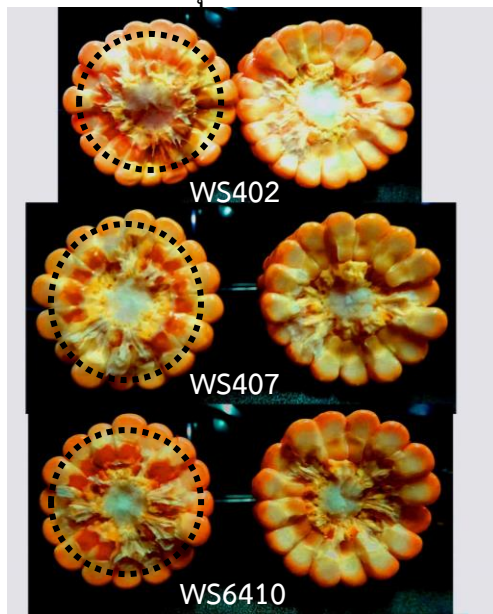
ความสัมพันธ์ของค่าวัตถุแห้ง ระยะเส้นน้ำนมที่ปรากฏ และอายุหลังออกไหม 50 เปอร์เซนต์

ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่าอายุการตัดข้าวโพด ที่ 85 และ 90 วัน เมล็ดข้าวโพดมีเส้นน้ำนมปรากฏที่ 50 ถึง 75 เปอร์เซนต์ ของเมล็ด และมีอายุหลังออกไหม 50 เปอร์เซนต์ ไปแล้ว 24 และ 31 วัน มีวัตถุแห้งเหมาะสมในการทำข้าวโพดหมักมากที่สุด ซึ่งสามารถใช้วิธีการนับจำนวนวันหลังออกไหม 50 เปอร์เซนต์ เป็นตัวบ่งบอกระยะเวลาการตัดข้าวโพดเพื่อนำมาทำข้าวโพดหมักได้ แสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 2 นอกจากนั้นแล้วเส้นระยะน้ำนมยังสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ของช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพทางสรีรวิทยาสูงสุด ระยะที่เหมาะสม คือระยะที่ไม่พบเส้นน้ำนม (Santos *et al.*, 2005) ซึ่งในการเก็บเกี่ยวเมล็ดข้าวโพดนั้นจะคำนึงถึงความสุขแก่ของเมล็ด การสุขแก่ของข้าวโพด แบ่งได้ 2 ระดับ คือ การสุขแก่ทางสรีรวิทยา และการสุขแก่เก็บเกี่ยว การสุขแก่ทางสรีรวิทยาเป็นระยะที่ ข้าวโพดสิ้นสุดการเจริญเติบโตและมีการสะสมน้ำหนักร้างสูงสุด โดยทั่วไปประมาณ 45 วันหลังออกไหม หรือ สังเกตได้จากส่วนโคนเมล็ดจะมีเนื้อเยื่อสีดำ เรียกว่า black layer เกิดขึ้น ทำให้การส่งผ่านธาตุอาหารจาก ส่วนต่าง ๆ ของต้นข้าวโพดสู่เมล็ดสิ้นสุดลง เมล็ดจะมีความชื้น 35-40 เปอร์เซนต์ หลังจากนั้นความชื้นภายในเมล็ดจะเริ่มลดลงเรื่อย ๆ จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ส่วนการเก็บเกี่ยวที่ระดับการสุขแก่เก็บเกี่ยว หมายถึง การเก็บเกี่ยวข้าวโพดที่ความชื้นของเมล็ดต่ำกว่า 25 เปอร์เซนต์ ถ้าสังเกตภายนอกจะเห็นกาบหุ้มฝักเป็นเป็นสีน้ำตาลและแห้ง (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2562)

ตารางที่ 8 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของวัตถุแห้ง ระยะเส้นน้ำนมปรากฏ และ อายุหลังออกไหม 50 เปอร์เซนต์

อายุการตัด	วัตถุแห้ง (DM) (on dry basis) (เปอร์เซนต์)	ระยะเส้นน้ำนมปรากฏ (เปอร์เซนต์)	อายุหลังออกไหม 50 เปอร์เซนต์ (วัน)
70 วัน	18.34	น้อยกว่า 25	11
75 วัน	19.45	25	14
80 วัน	21.47	25 ถึง 50	21
85 วัน	23.31	50	24
90 วัน	28.01	50 ถึง 75	31

อายุ 75 วัน



อายุ 80 วัน



อายุ 85 วัน



อายุ 90 วัน



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะระยะน้ำนมของข้าวโพด 3 สายพันธุ์ ที่อายุการตัดต่างกัน

สรุปผลการทดลอง

การประเมินการปรับตัวของข้าวโพดอาหารสัตว์สำหรับการหมัก โดยประเมินลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตของข้าวโพด ความงอกของข้าวโพดทั้ง 3 สายพันธุ์ สรุปได้ว่า 1.) ลักษณะทางการเกษตร พบว่าสายพันธุ์ WS402 มีเปอร์เซ็นต์ต้นกล้ารอดตายอยู่ที่ 93.00 เปอร์เซ็นต์ และมีความงอกสูงสุด 93.60 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงถึงใบธงและความสูงฝักสูงกว่าอีกสองสายพันธุ์ มีความสูงเฉลี่ย 2.68 เมตร และ 1.57 เมตร ตามลำดับ 2.) ด้านผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการพบว่า สายพันธุ์ WS6410 ให้ผลผลิตรวมทั้งต้นสูงสุด 3,022 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีค่าของวัตถุแห้งและโปรตีนสูงสุด 22.45 และ 8.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ 3.) การตัดข้าวโพดเพื่อนำมาทำข้าวโพดหมักควรตัดที่อายุตั้งแต่ 85-90 วัน เพราะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูง มีร้อยละของวัตถุแห้งเหมาะสม (23.31 - 28.01 เปอร์เซ็นต์) เมล็ดข้าวโพดอยู่ในระยะเส้นน้ำนมปรากฏที่ 50 - 75 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ด หรือหลังจากออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ 24 - 31 วัน ขึ้นไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณวีระชัย ศรียี่สุน ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสำหรับใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้ ขอขอบคุณ คุณจันทกานต์ อรณนันทน์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์อาหารสัตว์ที่ช่วยให้คำแนะนำสำหรับการวางแผนการทดลองและการเขียนรายงานผลการทดลอง ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ นครราชสีมา เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ อาหารสัตว์ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมาที่ให้การสนับสนุนการทดสอบในพื้นที่ และการวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างรวมทั้งผู้ปฏิบัติงานและผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2558. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 15. โรงพิมพ์สามลดา. กรุงเทพฯ. 531หน้า.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2562. ข้าวโพด: การเก็บเกี่ยว. แหล่งที่มา: <http://www3.rdi.ku.ac.th/?p=17123>, 12 ธันวาคม 2562.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ.4407-2559. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด. กรุงเทพฯ: 18 หน้า
- สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2563. ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ชุดดินปากช่อง. http://oss101.ldd.go.th/thaisoils_museum /pf_desc/northeast/Pc.htm, 3 มิถุนายน 2563.
- สำราญ วิจิตรพันธ์ และ พรชัย ล้อวิสัย. 2554. อิทธิพลของอายุการตัดที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของหญ้าเนเปียร์ยักษ์ ภายใต้การให้น้ำชลประทาน. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 16(3) : หน้า 215 -224.

- ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร. 2559. ปริมาณความต้องการน้ำของพืชไร่. แหล่งที่มา: <http://www.doa.go.th/fc/nakhonsawan/wp-content/uploads/2018/11/pwater requirement for fieldcrops.pdf>, 2 เมษายน 2563.
- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis. 20th edition. Association of Official Analysis Chemist, Inc. Washington D.C., USA.
- Dahmardeh, M., A. Ghanbari, B. Syasar and M. Ramroudi. 2009. Effect of intercropping maize (*Zea mays* L.) with cow pea (*Vigna unguiculata* L.) on green forage yield and quality evaluation. *Asian Journal of Plant Science*; 8: 235-239.
- Estrada, F. M. Gonzalez-Ronquillo, F.L. Mould, C. M. Arriaga-Jordan. 2006. Chemical composition and fermentation characteristics of grain and different parts of the stover from maize land races harvested at different growing periods in two zones of central Mexico. *Animal Science*; 82(6): p.845-852.
- Keady T.W.J., A.W. Gordon and B.W. Moss. 2013. Effects of replacing grass silage with maize silages differing in inclusion level and maturity on the performance, meat quality and concentrate-sparing effect of beef cattle. *Animal*; 7: p. 768-777.
- Nazli M.H., A.H. Ridzwan A.H., M.A. Amin, H. Ghazali and A.S. Anjas. 2019. Potential of four corn varieties at different harvest stages for silage production in Malaysia. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*; 32 (2): p.224-232.
- Santos dos C.T., V. A. Dalpasquale, C. A. Scapim, A. L. Braccini and F. C. Krzyzanowski. 2005. Milk Line as an Indicator of the Harvesting Time of Three Hybrid Seeds of Corn (*Zeamays*.L.) *Brazilian Archives of Biology and Technology national and International Journal*; 48: p.161 -170.
- Van Soest, P. J., J.B. Robertson, B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*; 74: p 3583-3597.
- Warham E.J., L.D. Butler and B.C. Sutton. 1996. Seed Testing of Maize and Wheat A Laboratory Guide. International Maize and Wheat Improvement Center. p 81.
- Wiersma D.W., P. R. Carter, K. A. Albrecht and J. G. Coors. 1993. Kernel Milk line Stage and Corn Forage Yield, Quality and Dry Matter Content. *Journal of Production*; 6(1): p.93- 99.