

ผลของระยะปลูกที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาของถั่วอัลฟัลฟา สายพันธุ์นีโอทาชิวากาบา

เยาวลักษณ์ แหม่งปิง^{1/} ธนวงศ์ วงศ์เนียม^{2/} แพรพรรณ ชูช่วย^{2/} อัคริน สายเชื้อ^{3/}
เกียรติศักดิ์ กล้าเฒ^{3/} วรรณ อ่างทอง^{3/}

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของระยะปลูกที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาของถั่วอัลฟัลฟาสายพันธุ์นีโอทาชิวากาบา ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึง กันยายน 2565 โดยใช้แผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block design มีจำนวน 4 ซ้ำ โดยมี main plot คือ ระยะระหว่างแถว 10 15 20 และ 25 เซนติเมตร และ sub plot คือระยะระหว่างต้น 5 10 และ 15 เซนติเมตร หลังปลูกดำเนินการตัดปรับต้นถั่วครั้งแรกที่อายุ 60 วัน และตัดเก็บเกี่ยวผลผลิตทุก 45 วัน ตลอดระยะเวลา 2 ปี จากผลการทดลองพบว่าถั่วอัลฟัลฟาให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดในปีแรกของการเพาะปลูกและมีผลผลิตลดลงในปีที่สองจากสาเหตุของโรคและแมลง โดยในปีแรกของการเพาะปลูก พบว่าอิทธิพลร่วมของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้น 10x5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 3,716 กิโลกรัมต่อไร่ สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อแยกพิจารณาเฉพาะปัจจัยของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้น พบว่าระยะระหว่างแถว 10 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งมากกว่าระยะระหว่างแถว 15 20 และ 25 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งมากกว่าระยะระหว่างต้น 10 และ 15 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ระยะปลูกที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความสูงของถั่วอัลฟัลฟาแต่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์จำนวนต้นคงเหลือและจำนวนยอดต่อต้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยถั่วอัลฟัลฟาที่ปลูกในระยะปลูกห่างกันมีเปอร์เซ็นต์ต้นคงเหลือและจำนวนยอดต่อต้นมากกว่าที่ปลูกในระยะปลูกชิดกัน อิทธิพลของระยะปลูกไม่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาของถั่วอัลฟัลฟา จากผลการวิจัยนี้สรุปได้ว่าการปลูกถั่วอัลฟัลฟาสายพันธุ์นีโอทาชิวากาบาระยะระหว่างแถว 10 เซนติเมตร ร่วมกับระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด โดยมีค่า CP EE Ash ADF NDF ADL และ IVTDMD เท่ากับ 19.87 1.85 10.13 47.66 39.04 9.66 และ 72.56 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ ตามลำดับ และมีค่า NDFD เท่ากับ 42.59 เปอร์เซ็นต์ของ NDF

คำสำคัญ : ระยะปลูก ถั่วอัลฟัลฟา พันธุ์นีโอทาชิวากาบา ผลผลิตน้ำหนักแห้ง คุณค่าทางโภชนา

เลขทะเบียนวิจัย : 63(1)-(63 01)-0214-007

^{1/} ศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น 40260

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา 30130

^{3/} สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ อำเภอมือง จังหวัดปทุมธานี 12000

Effects of plant spacings on dry matter yield and nutritive value in alfalfa (*Medicago sativa* cv. Neo-thachiwagaba)

Yaowalak Mangpung^{1/} Thanawong Wongniam^{2/} Phrawphan Chuchuai^{2/} Autawin Saichuer^{3/}
Kiatisak Klum-em^{3/} Wanna Angthong^{3/}

Abstract

This study was to determine the effects of plant spacings on dry matter yield and nutritive value of alfalfa (*Medicago sativa* cv. Neo-thachiwagaba). A field experiment was conducted at Nakhon Ratchasima Animal Nutrition Research and Development Center during October 2019 to September 2022. A split plot in randomized complete block design was used. Treatments consisted of main plot was the row spacings of 10, 15, 20 and 25 cm., and sub plot was plant spacings of 5, 10 and 15 cm., with 4 replications. Alfalfa was closing cut at 60 days after planting and then was interval cutting at 45 days along 2 years for yield harvesting. The results showed that dry matter yield of alfalfa obtained the highest in the first year of cultivation and decreased in the second year due to diseases and insects. In the first year, interaction effect of row and plant spacings at 10x5 cm. obtained the significantly highest ($p<0.05$) of dry matter yield, with an average of 3,716 kilograms/rai. Effect of row spacing at 10 cm. obtained a significantly higher ($p<0.05$) of dry matter yield than row spacing at 15, 20 and 25 cm., whereas effect of plant spacing at 5 cm. obtained a significantly higher ($p<0.05$) of dry matter yield than plant spacing at 10 and 15 cm. In addition, different plant spacing was not affected on height of alfalfa, but there was affected on significantly difference ($p<0.05$) of percent of remaining plants and number of shoots per plant. The distant plant spacing was higher of percent of remaining plants and number of shoots per plant than closely plant spacing. The different plant spacings was not affected on nutritive values. This study concluded that alfalfa var. Neo-thachiwagaba planted with row spacing at 10 cm. in conjunction with plant spacing at 5 cm. produced a highest dry matter yield with CP EE Ash ADF NDF ADL and IVTDMD of 19.87 1.85 10.13 47.66 39.04 9.66 and 72.56 % on DM, respectively, and also NDFD of 42.59 % on NDF.

Keywords: plant spacing, *Medicago sativa* cv. Neo-thachiwagaba, dry matter yield, nutritive value

Registered No. : 63(1)-(63 01)-0214-007

^{1/} Ruminants Feeding Standard Research and Development Center, Muang, Khon Kaen.

^{2/} Nakhon Ratchasima Animal Nutrition Research and Development Center, Pakchong, Nakhon Ratchasima.

^{3/} Bureau of Animal Nutrition Development, Muang, Pathumthani.

คำนำ

ถั่วอัลฟัลฟา (*Medicago sativa* L.) เป็นพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วที่มีอายุหลายปี มีแหล่งกำเนิดในแถบเอเชียไมเนอร์และทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอิหร่าน โดยแพร่กระจายต่อไปยังแถบประเทศอเมริกาและหลายประเทศในยุโรป ซึ่งประเทศในโซนยุโรปจะเรียกถั่วชนิดนี้ว่า ลูเซิน (Lucerne) (Brough *et al.*, 1977) ปัจจุบันถั่วอัลฟัลฟาสามารถปลูกได้ทั่วโลกและปรับตัวเข้ากับพื้นที่เขตอบอุ่นและกึ่งเขตร้อนได้ดี มีการปลูกถั่วอัลฟัลฟาเพื่อนำมาใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เนื่องจากถั่วอัลฟัลฟาเป็นแหล่งอาหารหยาบชั้นเลิศที่มีโปรตีนสูง ซึ่งถ้าตัดต้นถั่วในระยะเริ่มออกดอกจะมีโปรตีนสูงถึง 16-25 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าโภชนะที่ย่อยได้สูงถึง 60-70 เปอร์เซ็นต์ (Clements, 1992) ในประเทศไทยยังไม่มีมีการปลูกถั่วอัลฟัลฟาเพื่อนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ เนื่องจากสายพันธุ์ที่เคยนำเข้ามาปลูกยังไม่เหมาะสมสำหรับปลูกในพื้นที่เขตร้อนบางสายพันธุ์ไม่ติดเมล็ดหรือติดเมล็ดน้อย และไม่ทนต่อโรคและแมลง (ชาญชัย, 2511; ฉายแสง และคณะ, 2548) ต่อมาสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ได้นำเข้าถั่วอัลฟัลฟาสายพันธุ์นีโอทาคิวกาบะ (*Medicago sativa* cv. Neo-thachiwagaba) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีการปรับปรุงพันธุ์ในประเทศญี่ปุ่น เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่เขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ถั่วอัลฟัลฟาสายพันธุ์นี้มีลักษณะสัณฐานวิทยาเป็นทรงพุ่ม ความสูงประมาณ 83 เซนติเมตร และดอกมีสีม่วง โดยจะเริ่มเห็นการออกดอกอยู่ที่ประมาณ 21 วัน ซึ่งถ้าตัดต้นถั่วที่ระยะดอกเริ่มบานพบว่ามีโปรตีนสูงถึง 26 เปอร์เซ็นต์ (NLBC, 2017) มีการนำถั่วอัลฟัลฟาสายพันธุ์นี้ไปปลูกทดสอบเบื้องต้นเพื่อดูการปรับตัวในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สุพรรณบุรี โดยใช้ระยะปลูก 80x30 เซนติเมตร หรืออัตราเมล็ดที่ใช้ประมาณ 0.03- 0.04 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อตัดวัดผลผลิตทุก 30-60 วัน พบว่าให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 680 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี มีค่าวัตถุแห้ง (dry matter, DM) 19.83-21.37 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน (crude protein, CP) 25.83-30.96 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) 20.74-21.03 เปอร์เซ็นต์ และผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) 27.70-28.69 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปพบว่าต้นถั่วอัลฟัลฟาสายพันธุ์นี้เจริญเติบโตได้ดี ทนต่อโรคและแมลง และสามารถติดเมล็ดได้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สุพรรณบุรี, 2558)

การจัดการแปลงปลูกพืชที่ดี นอกจากจะมีการให้น้ำให้ปุ๋ยอย่างเพียงพอ และมีการตัดต้นพืชอย่างเหมาะสมแล้วนั้น ระยะปลูกเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มผลผลิตเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากระยะปลูกที่เหมาะสมจะทำให้พืชได้รับแสง น้ำ และธาตุอาหารอย่างเพียงพอ มีสัดส่วนระหว่างพื้นที่ใบที่รับแสงกับพื้นที่ผิวหน้าดินที่พืชคลุมอยู่อย่างสมดุล จึงทำให้ได้ผลผลิตของพืชสูงสุด (Ludlow *et al.*, 1980) มีหลายงานทดลองที่รายงานว่ารยะปลูกและอัตราเมล็ดที่ใช้มีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของถั่วอัลฟัลฟา Droushiotis (1980) รายงานว่าถั่วอัลฟัลฟาที่ปลูกด้วยการโรยเป็นแถวในระยะระหว่างแถว 15 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าที่ปลูกในระยะระหว่างแถว 30 เซนติเมตร ในขณะที่ Stanisavljevic *et al.* (2008) พบว่าถั่วอัลฟัลฟาที่ปลูกโดยใช้อัตราเมล็ด 2.4 กิโลกรัมต่อไร่ ด้วยการโรยเป็นแถวที่ระยะ 20 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าการปลูกโดยใช้อัตราเมล็ด 1.4 กิโลกรัมต่อไร่ ด้วยการโรยเป็นแถวที่ระยะ 50 เซนติเมตร McConnell and Genever (2014) แนะนำว่าควรปลูกถั่วอัลฟัลฟาโดยวิธีการโรยเป็นแถวที่ระยะ 10-12 เซนติเมตร และใช้อัตราเมล็ดระหว่าง 3.2-4.0 กิโลกรัมต่อไร่ จะทำให้ได้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด ยังไม่มีรายงานการศึกษาระยะปลูกหรืออัตราเมล็ดที่เหมาะสมในการปลูกถั่วอัลฟัลฟาสายพันธุ์นีโอทาคิวกาบะ มีเพียง

คำแนะนำให้ปลูกถั่วอัลฟาลฟาสายพันธุ์นี้ที่อัตราเมล็ด 3.2-4.0 กิโลกรัมต่อไร่ (NLBC, 2017) ดังนั้น การทดลองในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาถึงผลของระยะปลูกที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วอัลฟาลฟาสายพันธุ์โนทาซิวกาบา ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับปลูกเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย โดยข้อมูลระยะปลูกที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้เป็นองค์ความรู้ด้านการจัดการแปลงถั่วอัลฟาลฟาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและเพิ่มคุณภาพของพืชอาหารสัตว์

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ระหว่างเดือนตุลาคม 2562 ถึง กันยายน 2565

แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block design (RCBD) มีจำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย main plot คือ ระยะระหว่างแถว 4 ระยะ ได้แก่ 10 15 20 และ 25 เซนติเมตร และ sub plot คือ ระยะระหว่างต้น 3 ระยะ ได้แก่ 5 10 และ 15 เซนติเมตร

การเก็บตัวอย่างดิน

ก่อนเตรียมดินสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) และ pH ของดิน

การเตรียมแปลงทดลอง

เตรียมพื้นที่ปลูกโดยการไถตะ 1 ครั้ง ไถแปร 1 ครั้ง และไถพรวน 2 ครั้ง เพื่อย่อยดินให้ละเอียด ใส่ปุ๋ยคอกในอัตรา 2 ตันต่อไร่ ทำการไถพรวนกลบแล้วพักแปลงไว้ก่อนปลูกเป็นเวลา 1 เดือน จากนั้นปรับหน้าดินให้มีความสม่ำเสมอ แบ่งแปลงทดลองออกเป็น 4 ซ้ำ (block) โดยแต่ละซ้ำประกอบด้วยแปลงย่อยขนาด 3×4 เมตร จำนวน 12 แปลง รวมมีแปลงย่อยทั้งหมด จำนวน 48 แปลง ยกขอบแปลงโดยรอบให้เหนือระดับพื้นดินอย่างน้อย 10 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการชะล้างของหน้าดินของแต่ละแปลงทดลอง และเว้นระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 2 เมตร

การปลูกและการจัดการแปลง

ดำเนินการเพาะกล้าถั่วอัลฟาลฟาเมื่อวันที่ 8 เมษายน 2563 ในถาดเพาะ โดยหยอดเมล็ด 2-3 เมล็ดต่อหลุม เมื่อต้นกล้าอายุ 2 สัปดาห์ ถอนต้นกล้าที่เหลือเพียงหลุมละ 1 ต้น และเมื่อต้นกล้าอายุ 30 วัน จึงย้ายต้นกล้าลงปลูกในแปลงทดลองที่เตรียมไว้ โดยก่อนปลูกใส่ปุ๋ยโดแอมโมเนียมฟอสเฟต (46% P_2O_5) อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ใส่แบบโรยให้ทั่วแปลงย่อย ดำเนินการปลูกเมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม 2563 โดยขุดหลุมให้ลึกประมาณ 10 เซนติเมตร ปลูกให้มีระยะปลูกตามสิ่งทดลอง หลุมละ 1 ต้น และปลูกซ่อมหลังปลูกไปแล้ว 1-2 สัปดาห์ กำจัดวัชพืชรากครั้งแรกหลังจากย้ายปลูก 30 วัน และกำจัดวัชพืชในครั้งต่อไปเมื่อสังเกตว่าวัชพืชเริ่มหนาแน่นขึ้น ใส่ปุ๋ยโดแอมโมเนียมฟอสเฟต (46% P_2O_5) อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) อัตรา

30 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี โดยแบ่งใส่ปุ๋ยในปริมาณที่เท่ากันในทุกครั้งหลังการตัดเก็บเกี่ยวผลผลิตทุก 45 วัน การทดลองนี้ให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ โดยจะเปิดให้น้ำสัปดาห์ละ 3 วัน เฉพาะในช่วงที่ฝนไม่ตก

การบันทึกข้อมูลและเก็บตัวอย่าง

ก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต เก็บข้อมูลจำนวนต้นโดยสุ่มนับจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ต้นคงเหลือหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต เก็บข้อมูลความสูงโดยสุ่มวัดความสูงและนับจำนวนยอดต่อต้นในแปลง จำนวน 6 ต้น และเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ในทุกเดือนตลอดระยะเวลาการทดลอง

หลังตัดปรับต้นถั่วที่อายุ 60 วัน จึงตัดเก็บเกี่ยววัดผลผลิตทุก 45 วัน โดยเว้นขอบแปลงทดลองด้านละ 50 เซนติเมตร ตัดต้นถั่วสูงจากพื้นดิน 10 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักต้นถั่วสดทั้งแปลง และสุ่มเก็บตัวอย่างต้นถั่วสดจำนวน 1,000 กรัม นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ จากนั้นบันทึกน้ำหนักแห้งเพื่อหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

สุ่มตัวอย่างต้นถั่วมาอบแห้งแล้วนำไปบดและเก็บรวบรวมไว้สำหรับส่งวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ โดยต้นถั่วบดแห้งที่เก็บเกี่ยวในแต่ละครั้งตลอดทั้งปี จะถูกรวบรวมเป็นตัวอย่างที่เก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) และตัวอย่างที่เก็บเกี่ยวในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) ก่อนนำส่งวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้

1. วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น ตามวิธีที่ 930.15 (AOAC, 2016) และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (dry Matter, DM) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) ตามวิธีการ In house method base on ISO (2009) ไขมัน (ether extract; EE) ตามวิธีการ 11085 (ISO, 2015) และเถ้า (Ash) ตามวิธีการ 942.05 (AOAC, 2016) ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) ตามวิธีการ 2002.04 (AOAC, 2016) ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) และ ลิกนิน (acid detergent lignin, ADL) ตามวิธีการ 973.18 (AOAC, 2016)

2. วิเคราะห์ค่าการย่อยได้จริงของวัตถุแห้งในระบบ *In vitro* (*in vitro* true dry matter digestibility, IVTDM) ตามวิธีการของเครื่อง DAISYII incubator (ANKOM Technology, 2017) และค่าการย่อยได้ของผนังเซลล์ (neutral detergent fiber digestibility, NDFD) ตามวิธีการของ Muttoni *et al.* (2013) โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.1 เตรียมถุงไนลอนเบอร์ 57 นำมาล้างด้วยอะซิโตน 2-3 นาที เพื่อชะล้างเอาสารลดแรงตึงผิวที่มีผลยับยั้งการย่อยสารอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์ ปล่อยให้ถุงแห้งสนิทแล้วนำมาชั่งน้ำหนักถุงเปล่า (W1) จากนั้นชั่งตัวอย่างถั่วอัลฟาลฟาขนาด 1 มิลลิเมตร น้ำหนัก 0.5 กรัม (W2) ลงในถุงไนลอนและปิดปากถุงให้สนิทด้วยความร้อน

2.2 เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ A ประกอบด้วย KH_2PO_4 10 กรัม $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 กรัม NaCl 0.5 กรัม $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.1 กรัม และ urea 0.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร และสารละลายบัฟเฟอร์ B ประกอบด้วย Na_2CO_3 15 กรัม และ $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร

2.3 เตรียมโค จำนวน 2 ตัว ให้กินอาหารที่มีอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วน 60:40 และมีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 14 เปอร์เซ็นต์ ให้กินในปริมาณ 1.8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เพื่อให้ได้รับปริมาณโภชนาที่ใกล้เคียงกับระดับความต้องการเพื่อการดำรงชีพ ทำการปรับให้โคกินอาหารเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน ก่อนเก็บของเหลวจากกระเพาะหมัก โดยเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักที่เวลา 8.00 น. (ก่อนให้อาหารมื้อเช้า) กรองผ่านผ้ากรอง 2 ชั้น แบ่งเก็บจากโคทั้ง 2 ตัวๆ ละประมาณ 1 ลิตร และเก็บให้ล้นปากภาชนะเพื่อเป็นการไล่อากาศปิดฝาให้สนิทแช่ในถังน้ำที่มีอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส

2.4 ตวงสารละลายบัฟเฟอร์ A ปริมาตร 1,330 มิลลิลิตร และบัฟเฟอร์ B ปริมาตร 266 มิลลิลิตร ลงในโถหมักย่อย (digestible jar) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 39°C เมื่อสารละลายบัฟเฟอร์มีอุณหภูมิคงที่ 39°C ให้นำถุงไนลอนที่ใส่ตัวอย่างลงในโถย่อยและตวงของเหลวจากกระเพาะหมัก ปริมาตร 400 มิลลิลิตร จากนั้นใส่อากาศออกจากโถย่อยด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเวลา 30 วินาที ปิดฝาให้สนิท และนำเข้าเครื่อง DAISYII บ่มต่อที่อุณหภูมิ 39°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.5 หลังจากบ่มครบ 48 ชั่วโมง ให้นำถุงไนลอนมาล้างด้วยการเปิดน้ำไหลผ่านจนถุงไนลอนสะอาดสังเกตจากน้ำที่ไหลผ่านมีสีใสเป็นปกติ และผึ่งถุงไนลอนให้หมาด ก่อนนำไปย่อยผนังเซลล์ด้วยเครื่อง ANKOM200/220 Fibre Analyzer เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำ ถุงไนลอนออกมาล้างทำความสะอาดอีกครั้ง แล้วนำไปอบแห้งและชั่งน้ำหนัก (W3)

$$2.6 \text{ การคำนวณค่า IVTDM} (\% \text{ DM}) = \frac{100 - (W_3 - (W_1 \times C_1))}{W_2} \times 100$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักถุงเปล่า

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่าง (on %DM)

W_3 คือ น้ำหนักถุง+น้ำหนักตัวอย่างหลังย่อยผนังเซลล์

C_1 คือ น้ำหนักถุงเปล่าหลังการบ่ม/น้ำหนักถุงเปล่าเริ่มต้น

$$\text{การคำนวณค่า NDFD} (\% \text{ NDF}) = \{1 - [(100 - \text{IVTDM}) / \text{NDF}] \times 100$$

เมื่อ NDF คือ ผนังเซลล์ (on % DM)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ split plot in RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี duncan's new multiple range test (DMRT) ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณสมบัติทางเคมีของดิน

พื้นที่ดำเนินการทดลองเป็นชุดดินปากช่อง มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง ดินล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลแดงปนเข้ม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557) จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนเริ่มการทดลอง พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.23 อยู่ในช่วงของ pH 5.60-7.30 เป็นระดับ pH ที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 2.61 และ 94.53

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีปริมาณค่อนข้างสูงแสดงให้เห็นว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 0.13 และ 6.58 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2566) ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีผลต่อผลผลิตของถั่วอัลฟัลฟาเป็นอย่างมาก โดยผลผลิตน้ำหนักรากของถั่วอัลฟัลฟา 1,000 กิโลกรัม มีความต้องการปุ๋ยฟอสฟอรัส เท่ากับ 1.78-2.67 กิโลกรัม ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียม เท่ากับ 7.11-9.78 กิโลกรัมต่อไร่ (Ross and Colin, 2001) ดังนั้น การทดลองในครั้งนี้จึงมีการใส่ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมให้กับถั่วอัลฟัลฟา

สภาพภูมิอากาศ

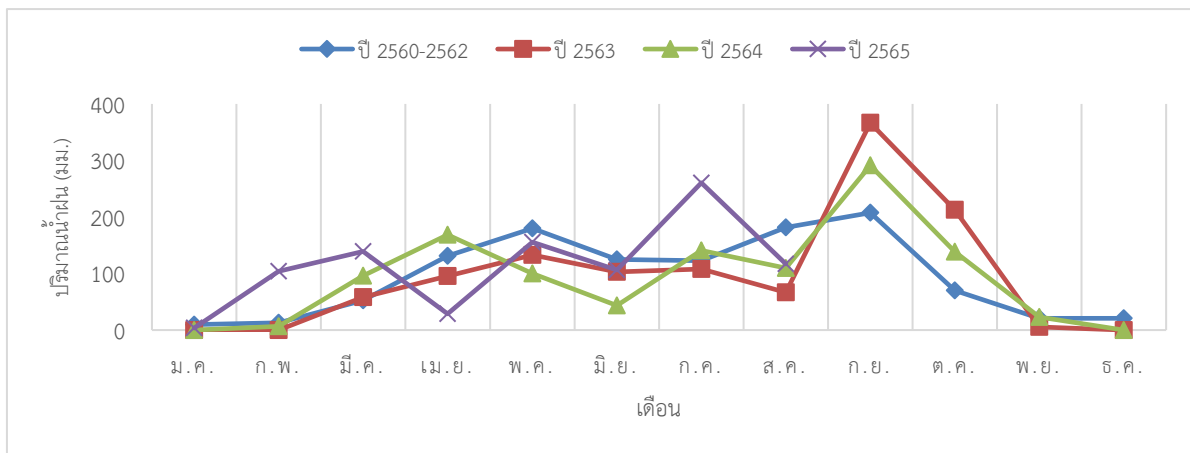
อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงที่ดำเนินการทดลอง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2563 ถึง มิถุนายน 2565 (ตารางที่ 1) พบว่ามีค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 26.44 องศาเซลเซียส โดยเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิต่ำสุด 23.33 องศาเซลเซียส และเดือนพฤษภาคมมีอุณหภูมิสูงสุด 28.13 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ย 74 เปอร์เซ็นต์ โดยในเดือนมกราคมมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด 61 เปอร์เซ็นต์ และเดือนตุลาคมมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 86 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของถั่วอัลฟัลฟา โดยหากพืชเจริญเติบโตในสภาพภูมิอากาศที่อุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้พืชมีการสะสมลิคินินเพิ่มขึ้น ทำให้สัตว์ย่อยพืชได้ลดลง และส่งผลให้คุณภาพของพืชลดลง (Ford *et al.*, 1979) จากสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ดำเนินการทดลองพบว่า มีอุณหภูมิค่อนข้างเย็น และมีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของถั่วอัลฟัลฟา (ฉายแสง และคณะ, 2548)

ตารางที่ 1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตลอดช่วงที่ดำเนินการทดลอง (พฤษภาคม 2563 - มิถุนายน 2565)

เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
มกราคม	24.53	61
กุมภาพันธ์	25.60	62
มีนาคม	28.02	69
เมษายน	27.74	73
พฤษภาคม	28.13	77
มิถุนายน	27.98	73
กรกฎาคม	27.48	79
สิงหาคม	27.53	79
กันยายน	26.61	85
ตุลาคม	25.21	86
พฤศจิกายน	25.15	74
ธันวาคม	23.33	66
เฉลี่ย	26.44	74

แหล่งที่มา : กลุ่มงานอากาศเกษตร (ปากช่อง), กรมอุตุนิยมวิทยา (2565)

ปริมาณและการกระจายตัวของน้ำฝนในพื้นที่ดำเนินการวิจัย (ภาพที่ 1) พบว่ามีปริมาณน้ำฝนสะสมย้อนหลัง 3 ปี (พ.ศ. 2560- 2562) มีค่าอยู่ระหว่าง 900-1,500 มิลลิเมตรต่อปี โดยในช่วงที่ดำเนินการทดลองตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2563 ถึง มิถุนายน 2565 มีปริมาณน้ำฝนสะสมเท่ากับ 1,060 มิลลิเมตรต่อปี โดยเดือนที่มีน้ำฝนสะสมสูงสุดคือ เดือนกันยายน มีปริมาณน้ำฝนสะสมในปี 2563 และ 2564 เท่ากับ 366 และ 291 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ ซึ่งเป็นเดือนที่มีฝนตกหนักและมีปริมาณน้ำฝนมาก ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของถั่วอัลฟัลฟา เนื่องจากต้นถั่วหักล้มจากแรงลมทำให้ถั่วอัลฟัลฟาไม่สามารถเจริญเติบโตได้เต็มที่และให้ผลผลิตลดลง



ภาพที่ 1 แสดงปริมาณน้ำฝนย้อนหลัง 3 ปี และช่วงที่ดำเนินการทดลอง (พฤษภาคม 2563 - มิถุนายน 2565) แหล่งที่มา : กลุ่มงานอากาศเกษตร (ปากช่อง), กรมอุตุนิยมวิทยา (2565)

ผลผลิตน้ำหนักร้าง

ถั่วอัลฟัลฟาที่ปลูกในระยะปลูกต่างกันให้ผลผลิตน้ำหนักร้างแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าอิทธิพลร่วมของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้นมีผลต่อผลผลิตน้ำหนักร้างรวมในปีที่ 1 ($p < 0.05$) โดยอิทธิพลร่วมของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้น 10×5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักร้างมากกว่าระยะปลูกอื่นๆ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับอิทธิพลร่วมของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้น 20×5 เซนติเมตร (ตารางที่ 3) เมื่อแยกพิจารณาเฉพาะปัจจัยของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้น พบว่าถั่วอัลฟัลฟาที่ปลูกในระยะระหว่างแถว 10 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักร้างมากกว่าที่ปลูกในระยะระหว่างแถว 15 20 และ 25 เซนติเมตร ($p < 0.05$) และถั่วอัลฟัลฟาที่ปลูกในระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักร้างมากกว่าที่ปลูกในระยะระหว่างต้น 10 และ 15 เซนติเมตร ($p < 0.05$)

อิทธิพลร่วมของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้นไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักร้างรวมในปีที่ 2 และผลผลิตน้ำหนักร้างเฉลี่ย (ตารางที่ 2) เมื่อแยกพิจารณาเฉพาะปัจจัยของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้น พบว่าระยะระหว่างแถวไม่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักร้างรวมในปีที่ 2 ในขณะที่ระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักร้างมากกว่าที่ปลูกในระยะระหว่างต้น 10 และ 15 เซนติเมตร ($p < 0.05$) ปัจจัยของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้นมีผลต่อผลผลิตน้ำหนักร้างเฉลี่ย ซึ่งพบว่าถั่วอัลฟัลฟาที่ปลูกในระยะระหว่างแถว 10 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักร้างมากกว่าที่ปลูกในระยะระหว่างแถว 20 และ 25 เซนติเมตร ($p < 0.05$) แต่ไม่

แตกต่างกับที่ปลูกในระยะระหว่างแถว 15 เซนติเมตร และถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกในระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักรากมากกว่าที่ปลูกในระยะระหว่างต้น 10 และ 15 เซนติเมตร ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 ผลของระยะปลูกที่แตกต่างกันที่มีต่อผลผลิตน้ำหนักรากของถั่วอัลฟาลฟา

สิ่งทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักราก (กิโลกรัมต่อไร่)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	เฉลี่ย
ระหว่างแถว (ซม.)			
10	3,416 ^a	745	2,066 ^a
15	3,257 ^b	716	2,001 ^{ab}
20	3,237 ^b	701	1,969 ^{bc}
25	3,071 ^c	701	1,886 ^c
Significance	*	ns	*
ระหว่างต้น (ซม.)			
5	3,450 ^a	788 ^a	2,119 ^a
10	3,228 ^b	725 ^b	1,976 ^b
15	3,058 ^c	634 ^c	1,846 ^c
Significance	*	*	*
ระหว่างแถว x ระหว่างต้น	*	ns	ns
C.V.%	3.93	12.07	4.22

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

เมื่อ * = มีความแตกต่างทางสถิติ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 3 ผลของอิทธิพลร่วมของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้นต่อผลผลิตน้ำหนักรากของถั่วอัลฟาลฟา (กิโลกรัมต่อไร่) ในปี 1

ระหว่างแถว (ซม.)	ระหว่างต้น (ซม.)		
	5	10	15
10	3,716 ^a	3,320 ^{cd}	3,212 ^{cde}
15	3,366 ^{bc}	3,271 ^{cd}	3,134 ^{de}
20	3,547 ^{ab}	3,275 ^{cd}	2,888 ^f
25	3,169 ^{cde}	3,045 ^{ef}	2,999 ^{ef}

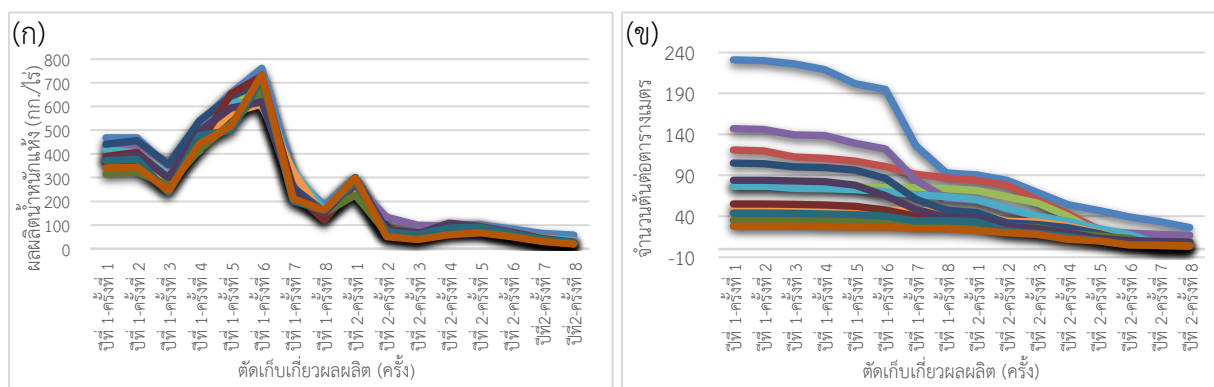
หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ผลการทดลองนี้พบว่าถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกในระยะชิดกันให้ผลผลิตน้ำหนักรากมากกว่าที่ปลูกในระยะห่างกัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกในระยะชิดกันมีจำนวนต้นต่อพื้นที่หนาแน่นกว่าที่ปลูกในระยะห่างกัน และจำนวนต้นที่มีอยู่อย่างหนาแน่นนี้สามารถชดเชยน้ำหนักรากต่อต้นได้ จึงทำให้ผลผลิตน้ำหนักรากรวมสูงกว่าถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกในระยะห่างกัน ดังรายงานของ Bohle and Simmons (2007) ที่พบว่าการปลูก

ถั่วอัลฟาลฟาโดยใช้อัตราเมล็ดสูงที่ 4.5-5.7 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีจำนวนต้นต่อพื้นที่หนาแน่น มีน้ำหนักต่อต้นต่ำสุดเท่ากับ 0.48 กรัม แต่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 558 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกโดยใช้อัตราเมล็ดต่ำที่ 0.6-0.7 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักต่อต้นเท่ากับ 0.73 กรัม ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 385 กิโลกรัมต่อไร่ สอดคล้องกับรายงานของ Volenec *et al.* (1987) พบว่าความหนาแน่นของจำนวนต้นต่อพื้นที่ส่งผลต่อผลผลิตของถั่วอัลฟาลฟา โดยต้นถั่วที่ปลูกหนาแน่น 172 ต้นต่อตารางเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งมากกว่าต้นถั่วที่ปลูกหนาแน่น 11 22 43 และ 97 ต้นต่อตารางเมตร และ Abdelrahmand and Abusuwar (2012) รายงานเช่นกันว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของถั่วอัลฟาลฟาพันธุ์ Hegazi และ Siriver ที่ปลูกโดยใช้อัตราเมล็ด 4 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งมากกว่าที่ปลูกโดยใช้อัตราเมล็ด 1.6 และ 2.4 กิโลกรัมต่อไร่

จำนวนต้นคงเหลือ

จากผลการทดลองพบว่าถั่วอัลฟาลฟาจากทุกระยะปลูกสามารถเก็บเกี่ยวให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงในปีที่ 1 (ภาพที่ 2-ก) โดยผลผลิตน้ำหนักแห้งลดลงในการตัดเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 มาจากสาเหตุต้นถั่วหักล้มจากพายุลมแรง (เดือนกันยายน-ตุลาคม) ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกอย่างหนัก ในขณะที่การตัดเก็บเกี่ยวครั้งที่ 4 และ 5 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดเพราะเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ (เดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์) ซึ่งเป็นสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของถั่วอัลฟาลฟา ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมในปีที่ 2 ลดลงเกือบ 5 เท่า เมื่อเทียบกับปีที่ 1 ซึ่งมีสาเหตุมาจากจำนวนต้นที่ลดลงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต (ภาพที่ 2-ข) โดยต้นถั่วอัลฟาลฟาหลังเก็บเกี่ยวปีที่ 1 มีจำนวนต้นคงเหลือ 71 เปอร์เซ็นต์ และหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตปีที่ 2 มีจำนวนต้นคงเหลือ 9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) จำนวนต้นที่ลดลงมาจากสาเหตุการตายของต้นถั่วจากการเกิดโรคและแมลงเข้าทำลาย เนื่องจากพบว่าต้นถั่วมีลักษณะลำต้นแห้ง ใบขาวซีด และรากเน่า คล้ายการเกิดโรคแอนแทรคโนสที่มีสาเหตุจากเชื้อ *Colletotrichum trifolii* ที่พบได้มากในแปลงปลูกถั่วอัลฟาลฟา (Lima *et al.*, 2021) ในขณะเดียวกันฉายแสงและคณะ (2548) เคยรายงานเช่นกันว่าถั่วอัลฟาลฟา 24 สายพันธุ์ ที่ปลูกในพื้นที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีการตายของต้นถั่วเกิดขึ้นจากทั้งโรคและแมลง โดยมีลักษณะของต้นถั่วยืนต้นตาย มีใบและยอดเหี่ยวแห้งซีดจากเชื้อ *Colletotrichum trifolii* และลักษณะใบขาวเหลืองไม่มีสีเขียวจากการทำลายของ Nematode



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยของผลผลิตน้ำหนักแห้ง (ก) และจำนวนต้นต่อตารางเมตร (ข) จากทุกระยะปลูก ในการตัดเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละครั้งตลอดระยะเวลา 2 ปี

ตารางที่ 4 ผลของระยะปลูกที่แตกต่างกันที่มีต่อจำนวนต้นคงเหลือหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต

สิ่งทดลอง	จำนวนต้น เริ่มการทดลอง (ต้น)	จำนวนต้นคงเหลือ หลังเก็บเกี่ยวปีที่ 1 (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนต้นคงเหลือ หลังเก็บเกี่ยวปีที่ 2 (เปอร์เซ็นต์)
ระหว่างแถว (ซม.)			
10	143	69	8 ^b
15	91	74	9 ^b
20	65	69	9 ^b
25	52	71	11 ^a
Significance	-	ns	*
ระหว่างต้น (ซม.)			
5	142	43 ^c	10 ^a
10	71	76 ^b	8 ^b
15	47	94 ^a	10 ^a
Significance	-	*	*
ระหว่างแถว x ระหว่างต้น	-	ns	*
C.V.%	-	9.23	12.23
เฉลี่ย	-	71	9

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวดังแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

เมื่อ * = มีความแตกต่างทางสถิติ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

อิทธิพลร่วมของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้นไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นคงเหลือในปีที่ 1 (ตารางที่ 4) โดยเมื่อแยกพิจารณาเฉพาะปัจจัยของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้น พบว่าระยะระหว่างแถวไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นคงเหลือ ในขณะที่ระยะระหว่างต้น 15 เซนติเมตร มีเปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นคงเหลือมากกว่าที่ปลูกในระยะ 5 และ 10 เซนติเมตร ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาจำนวนต้นคงเหลือในปีที่ 2 พบว่าอิทธิพลร่วมของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้นมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ต้นคงเหลือค่อนข้างแปรปรวน (ตารางที่ 5) เนื่องจากการตายของต้นถั่วไม่ได้มีสาเหตุมาจากปัจจัยเรื่องระยะปลูก แต่มีสาเหตุจากการเกิดโรคและแมลง ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นคงเหลือในปีที่ 2 จึงค่อนข้างสรุปผลได้ยาก จากผลการทดลองนี้ พบว่าเปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นคงเหลือในปีที่ 1 ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยเรื่องระยะปลูก โดยระยะปลูกชิดกันมีเปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นคงเหลือน้อยกว่าระยะปลูกห่างกัน เนื่องจากต้นถั่วที่ปลูกชิดกันเกิดการแข่งขันกันอย่างรุนแรงเพื่อแย่งธาตุอาหารและแสงสำหรับการเจริญเติบโต ดังนั้นต้นถั่วที่อ่อนแอจึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลให้ไม่สามารถดำรงชีพต่อไปได้ (Donald, 1963)

ตารางที่ 5 ผลของอิทธิพลร่วมของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้นต่อจำนวนต้นคงเหลือหลังเก็บเกี่ยว ผลผลิตปีที่ 2 (เปอร์เซ็นต์)

ระหว่างแถว (ซม.)	ระหว่างต้น (ซม.)		
	5	10	15
10	12 ^a	7 ^{cd}	5 ^d
15	12 ^a	7 ^{bcd}	9 ^{ab}
20	6 ^{cd}	9 ^{bc}	11 ^a
25	10 ^{ab}	8 ^{bc}	12 ^a

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ความสูงและจำนวนยอดต่อต้น

ระยะปลูกที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความสูงของต้นถั่วอัลฟาลฟา (ตารางที่ 6) ผลการทดลองนี้เป็นไปได้ว่า ถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกในระยะชิดกันไม่ได้มีการแข่งขันกันยึดตัวสูงเพื่อเข้าหาแสง จึงทำให้ต้นถั่วจากทุกระยะปลูกมีความสูงไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ถั่วอัลฟาลฟาสายพันธุ์นีโอทาสีวากาบามีความสูงประมาณ 79 เซนติเมตร ซึ่งมีความสูงใกล้เคียงกับที่ปลูกในประเทศญี่ปุ่นประมาณ 83 เซนติเมตร (NLBC, 2017) ดังนั้น ถั่วอัลฟาลฟาสายพันธุ์นี้จึงน่าจะมีความสูงเต็มที่แล้วตามลักษณะทางพันธุกรรม ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Abdelrahmand and Abusuwar (2012) ที่พบว่าถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกโดยใช้อัตราเมล็ด 1.6 2.4 3.2 และ 4.0 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ต้นถั่วมีความสูง 53 54 52 และ 51 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความสูงไม่แตกต่างกัน ในขณะที่รายงานของ Abasov *et al.* (2019) กลับพบว่าอัตราเมล็ดที่แตกต่างกันทำให้ถั่วอัลฟาลฟาที่มีความสูงแตกต่างกัน โดยถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกโดยใช้อัตราเมล็ด 0.6 กิโลกรัมต่อไร่ มีความสูง 87 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกโดยใช้อัตราเมล็ด 0.3 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีความสูง 83 เซนติเมตร

อิทธิพลร่วมของระยะระหว่างแถวและระยะระหว่างต้นไม่มีผลต่อจำนวนยอดต่อต้น แต่ปัจจัยของระยะระหว่างแถวและปัจจัยของระยะระหว่างต้นมีผลต่อจำนวนยอดต่อต้น (ตารางที่ 6) พบว่าถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกในระยะระหว่างแถว 20 เซนติเมตร มีจำนวนยอดต่อต้นมากกว่าที่ปลูกในระยะระหว่างแถว 10 เซนติเมตร ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับที่ปลูกในระยะระหว่างแถว 15 และ 25 เซนติเมตร ในขณะที่ถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกในระยะระหว่างต้น 10 เซนติเมตร มีจำนวนยอดต่อต้นมากกว่าที่ปลูกในระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกับที่ปลูกในระยะระหว่างต้น 15 เซนติเมตร จากผลการทดลองนี้ พบว่าระยะปลูกห่างกันมีจำนวนยอดต่อต้นมากกว่าระยะปลูกชิดกัน เนื่องจากถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกในระยะห่างกันทำให้ใบได้รับแสงสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสงได้อย่างเต็มที่ ส่งผลให้มีสารอาหารสะสมไว้ที่บริเวณหัว (crown) ในปริมาณมากเพื่อใช้สำหรับการแตกยอดใหม่ ในขณะที่ถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกในระยะชิดกันมีการบดบังแสง จึงทำให้ใบไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้อย่างมีประสิทธิภาพส่งผลให้จำนวนยอดต่อต้นลดลง ดังรายงานของ Fan *et al.* (2020) ที่พบว่าการปลูกถั่วอัลฟาลฟาร่วมกับพืชชนิดอื่นส่งผลให้จำนวนยอดต่อต้นลดลง เนื่องจากมีการแข่งขันกันบดบังแสงสำหรับการเจริญเติบโต ในทำนองเดียวกันกับที่ Volenec *et al.* (1987) รายงานว่าจำนวนยอดต่อต้นของถั่วอัลฟาลฟาตกลงในแปลงที่มีจำนวนต้นหนาแน่น โดยถั่วอัลฟาลฟาที่มีจำนวนต้น 11 22 43 97 และ 172 ต้นต่อตารางเมตร มีจำนวนยอดต่อต้นประมาณ 22 19 13 9 และ 7 ยอดต่อต้น ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ผลของระยะปลูกที่ต่างกันที่มีต่อความสูงและจำนวนยอดต่อต้นของถั่วอัลฟัลฟา

สิ่งทดลอง	ความสูง (เซนติเมตร)			จำนวนยอดต่อต้น		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	เฉลี่ย	ปีที่ 1	ปีที่ 2	เฉลี่ย
ระหว่างแถว (ซม.)						
10	81	77	79	15 ^b	19	17 ^b
15	82	76	79	16 ^{ab}	19	17 ^{ab}
20	82	76	79	17 ^a	20	18 ^a
25	81	77	79	16 ^{ab}	19	18 ^{ab}
Significance	ns	ns	ns	*	ns	*
ระหว่างต้น (ซม.)						
5	82	77	79	15 ^b	19 ^b	17 ^b
10	81	76	79	16 ^a	20 ^a	18 ^a
15	82	76	79	16 ^a	19 ^{ab}	18 ^{ab}
Significance	ns	ns	ns	*	ns	*
ระหว่างแถว x ระหว่างต้น	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.%	1.92	4.01	2.43	4.32	4.12	4.00

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)
เมื่อ * = มีความแตกต่างทางสถิติ ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

องค์ประกอบทางเคมี

ระยะปลูกที่ต่างกันไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของถั่วอัลฟัลฟา (ตารางที่ 7) พบว่าถั่วอัลฟัลฟามีค่า DM เท่ากับ 22.71 เปอร์เซ็นต์ CP เท่ากับ 19.87 เปอร์เซ็นต์ EE เท่ากับ 1.85 เปอร์เซ็นต์ Ash เท่ากับ 10.13 เปอร์เซ็นต์ NDF เท่ากับ 47.66 เปอร์เซ็นต์ ADF เท่ากับ 39.04 เปอร์เซ็นต์ และ ADL เท่ากับ 9.66 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองนี้เป็นไปได้ว่าถั่วอัลฟัลฟาที่ปลูกในระยะชิดกันไม่ได้มีการแข่งขันกันอย่างเข้มข้นเพื่อแย่งธาตุอาหารในดินสำหรับการเจริญเติบโต และเนื่องจากตัดเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุการปลูกเท่ากันจึงทำให้ถั่วอัลฟัลฟามีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกัน ผลการทดลองในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Droushiotis (1980) ที่พบว่าการใช้อัตราเมล็ดที่ต่างกันไม่ได้ส่งผลต่อค่า DM และ CP เมื่อตัดต้นถั่วที่ระยะดอกบาน 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่า DM เท่ากับ 21.90-22.30 เปอร์เซ็นต์ และ CP เท่ากับ 25.40 เปอร์เซ็นต์ Stanisavljevic *et al.* (2008) รายงานว่าความหนาแน่นของต้นไม่ส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของถั่วอัลฟัลฟาเมื่อปลูกโดยใช้อัตราเมล็ด 2.4 และ 1.4 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่า CP เท่ากับ 19.40 เปอร์เซ็นต์ EE เท่ากับ 4.24 เปอร์เซ็นต์ และ Ash เท่ากับ 8.60 เปอร์เซ็นต์ และ Berti and Samarappuli (2018) รายงานว่าถั่วอัลฟัลฟาที่ปลูกโดยใช้อัตราเมล็ด 1.6 3.1 6.3 9.4 12.5 และ 15.6 กิโลกรัมต่อไร่ มีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกัน โดยในปีแรกของการตัดเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ระยะดอกบาน 10-25 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่า CP เท่ากับ 24.10-25.10

เปอร์เซ็นต์ ADF เท่ากับ 28.30-29.00 เปอร์เซ็นต์ NDF เท่ากับ 31.70-32.90 เปอร์เซ็นต์ และ Ash เท่ากับ 13.1-14.4 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 7 ผลของระยะปลูกที่แตกต่างกันที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของถั่วอัลฟัลฟาที่อายุ 45 วัน

สิ่งทดลอง	DM	CP	EE	Ash	NDF	ADF	ADL
	%	<----- %DM ----->					
ระหว่างแถว (ซม.)							
10	22.58	19.71	1.88	10.05	47.85	39.94	9.75
15	22.57	19.98	1.78	10.18	48.04	39.10	9.46
20	22.75	19.80	1.90	10.07	46.72	37.86	9.78
25	22.92	19.98	1.84	10.21	47.47	39.26	9.64
Significance	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ระหว่างต้น (ซม.)							
5	22.71	19.80	1.83	10.00	47.57	38.86	9.53
10	22.72	19.86	1.85	10.22	48.11	39.40	9.76
15	22.69	19.94	1.86	10.16	47.88	38.84	9.68
Significance	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ระหว่างแถว x ระหว่างต้น	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.%	2.34	2.88	9.57	4.59	2.33	3.61	6.39
ค่าเฉลี่ย	22.71	19.87	1.85	10.13	47.66	39.04	9.66

หมายเหตุ : เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

เมื่อ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

อายุการตัดเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของถั่วอัลฟัลฟา ดังรายงานของ Atis *et al.* (2019) ที่พบว่าอายุการตัดที่แตกต่างกันส่งผลทำให้ค่า CP NDF และ ADF แตกต่างกัน โดยเมื่อตัดเก็บเกี่ยวผลผลิตตลอดระยะ 3 ปี ที่อายุ 20 30 และ 45 วัน มีค่า CP เท่ากับ 21.2 19.80 และ 18.20 เปอร์เซ็นต์ ค่า NDF เท่ากับ 37.00 42.10 และ 45.40 เปอร์เซ็นต์ และค่า ADF เท่ากับ 24.80 26.90 และ 29.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ Xu *et al.* (2021) รายงานเช่นกันว่าคุณภาพของถั่วอัลฟัลฟาไม่ได้ขึ้นอยู่กับอัตราเมล็ดที่ใช้แต่ขึ้นอยู่กับอายุการตัด โดยเมื่อตัดเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 28 และ 35 วัน พบว่ามีค่า CP เท่ากับ 17.50 และ 16.90 เปอร์เซ็นต์ ค่า NDF เท่ากับ 36.4 และ 39.3 เปอร์เซ็นต์ และค่า ADF เท่ากับ 45.3 และ 49.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากหลายงานทดลองจะเห็นได้ว่าการตัดถั่วอัลฟัลฟาที่อายุเพิ่มขึ้นทำให้มีค่า NDF และ ADF เพิ่มขึ้น เนื่องจากถั่วอัลฟัลฟามีการสะสมสารต่างๆ ภายในชั้นผนังเซลล์เพื่อสร้างความแข็งแรงให้กับลำต้นเพิ่มขึ้น เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน เป็นต้น ในขณะที่ค่า CP มีค่าลดลง เนื่องจากถั่วอัลฟัลฟาที่อายุเพิ่มขึ้นมีสัดส่วนของใบต่อต้นที่ลดลงทำให้ค่า CP ซึ่งพบได้มากในใบมีปริมาณลดลง (Atis *et al.*, 2019)

ค่าการย่อยได้จริงของวัตถุดิบ และค่าการย่อยได้ของผนังเซลล์

ระยะปลูกที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อค่าการย่อยได้ของถั่วอัลฟาลฟา (ตารางที่ 8) พบว่าถั่วอัลฟาลฟามีค่าการย่อยได้จริงของวัตถุดิบ (IVTDMD) เท่ากับ 72.56 เปอร์เซ็นต์ และค่าการย่อยได้ของผนังเซลล์ (NDFD) เท่ากับ 42.59 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Berti and Samarappuli (2018) ที่พบว่าถั่วอัลฟาลฟาที่ปลูกโดยใช้อัตราเมล็ดที่แตกต่างกันไม่ได้ส่งผลต่อค่าการย่อยได้ของผนังเซลล์ โดยในปีแรกของการตัดเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ระยะดอกบาน 10-25 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่า NDFD ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี near-infrared spectroscopy (NIR) เท่ากับ 38.71 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 8 ผลของระยะปลูกที่แตกต่างกันที่มีต่อการย่อยได้ของถั่วอัลฟาลฟาที่อายุ 45 วัน

สิ่งทดลอง	IVTDMD (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ)	NDFD (เปอร์เซ็นต์ของ NDF)
ระหว่างแถว (ซม.)		
10	73.06	42.82
15	72.23	41.74
20	73.16	42.28
25	71.79	42.64
Significance	ns	ns
ระหว่างต้น (ซม.)		
5	72.68	42.67
10	72.47	43.48
15	72.54	42.49
Significance	ns	ns
ระหว่างแถว x ระหว่างต้น	ns	ns
C.V.%	2.68	5.27
ค่าเฉลี่ย	72.56	42.59

หมายเหตุ : เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

เมื่อ ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ผนังเซลล์ของพืชอาหารสัตว์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง หากค่าการย่อยได้ของผนังเซลล์ต่ำจะทำให้อัตราการไหลของอาหารในทางเดินอาหารช้าลง อาหารจะคงอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้น ทำให้ปริมาณการกินอาหารของสัตว์ลดลง (ฉลอง, 2549) จากรายงานของ Mertens (2002) ถั่วอัลฟาลฟาคุณภาพดีควรมีค่า NDFD ไม่ต่ำกว่า 46.90 เปอร์เซ็นต์ แต่ผลการทดลองในครั้งนี้พบว่าถั่วอัลฟาลฟามีค่า NDFD เท่ากับ 42.59 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์คุณภาพพอใช้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะถั่วอัลฟาลฟามีการสะสมลิกนินในปริมาณสูง เท่ากับ 9.66 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 8) โดยลิกนินอาจจะเข้าไปขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ใน

กระเพาะหมัก (Moore and Jung, 2001) จึงทำให้ค่าการย่อยได้ของถั่วอัลฟาลาตลง สอดคล้องกับรายงานของ Volenec *et al.* (1987) ที่พบว่าลำต้นของถั่วอัลฟาลาที่สะสมลิคินินในปริมาณสูงส่งผลให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้งลดลง โดยถั่วอัลฟาลาที่มีค่า ADL เท่ากับ 12.60 และ 13.50 เปอร์เซ็นต์ มีค่า IVTDM เท่ากับ 62.40 และ 58.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า ค่าองค์ประกอบทางเคมีและค่าการย่อยได้ของถั่วอัลฟาลาที่ตัดเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 45 วัน อาจจะยังไม่เหมาะสมในด้านคุณภาพ เนื่องจากถูกจัดอยู่ในเกณฑ์คุณภาพพอใช้ โดยถั่วอัลฟาลาที่อยู่ในเกณฑ์คุณภาพดีควรมีค่า CP เท่ากับ 21.00-25.40 เปอร์เซ็นต์ EE เท่ากับ 2.40-2.70 เปอร์เซ็นต์ Ash เท่ากับ 9.10-10.40 เปอร์เซ็นต์ NDF เท่ากับ 30.00-42.20 เปอร์เซ็นต์ ADF เท่ากับ 24.00-33.00 เปอร์เซ็นต์ และ ADL เท่ากับ 4.53-7.08 เปอร์เซ็นต์ (Martin, 2007) และมีค่า NDFD เท่ากับ 46.9 เปอร์เซ็นต์ของ NDF (Mertens, 2002)

สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาระยะปลูกที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วอัลฟาลาสายพันธุ์นีโอทาสีวากาบา พบว่าการปลูกถั่วอัลฟาลาที่ระยะระหว่างแถว 10 เซนติเมตร ร่วมกับระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดในปีแรกของการเพาะปลูก และมีผลผลิตน้ำหนักแห้งลดลงในปีที่ 2 จากการลดลงของจำนวนต้นที่มีสาเหตุจากโรคและแมลง ระยะปลูกที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความสูงของต้นถั่วอัลฟาลา แต่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ต้นคงเหลือและจำนวนยอดต่อต้น ซึ่งถั่วอัลฟาลาที่ปลูกในระยะปลูกห่างกันมีเปอร์เซ็นต์ต้นคงเหลือและจำนวนยอดต่อต้นมากกว่าที่ปลูกในระยะชิดกัน และระยะปลูกที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและค่าการย่อยได้ของถั่วอัลฟาลาแต่อย่างใด

ข้อเสนอแนะ

การปลูกถั่วอัลฟาลาสายพันธุ์นีโอทาสีวากาบาให้สามารถยืนต้นไว้เก็บเกี่ยวผลผลิตได้นานหลายปี ควรมีการจัดการแปลงที่ดีเพื่อป้องกันและกำจัดโรคแอนแทรคโนสที่มีสาเหตุจากเชื้อ *Colletotrichum trifolii* อย่างสม่ำเสมอ โดยหากพบต้นที่เป็นโรคให้นำไปทำลายทิ้ง ไม่ควรปลูกถั่วอัลฟาลาในพื้นที่เดิมหรือหากจำเป็นต้องปลูกในพื้นที่เดิมควรนำพืชหมุนเวียนชนิดอื่นมาปลูกเพื่อตัดวงจรโรค ก่อนปลูกแนะนำให้พ่นด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มา หรือหากพบการระบาดของรบกวนควรพ่นด้วยสารป้องกันและกำจัดโรคพืชเป็นระยะ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมาและศูนย์วิจัยและพัฒนามาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่แปลงทดลองและห้องปฏิบัติการในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบคุณคณะกรรมการวิชาการสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ที่ให้การปรึกษาจนผลงานสำเร็จลุล่วงด้วยดี และสุดท้ายขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนงบประมาณสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2557. ชุดดินปากช่อง. ลักษณะและสมบัติของชุดดินหลักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. แหล่งที่มา: https://www.ddd.go.th/thaisoils_museum, วันที่ 9 มกราคม 2566
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2566. การแปลผลค่าวิเคราะห์ดิน. คู่มือวิเคราะห์ดินทางเคมีเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน. หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน. แหล่งที่มา: <http://e-library.ddd.go.th/library/flip/bib10134f/bib10134f.html#p=50>, วันที่ 9 มกราคม 2566
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2565. ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547-ปัจจุบัน. กลุ่มงานอากาศเกษตร (ปากช่อง) สถานที่ตั้ง : ภายในบริเวณศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา.
- ฉายแสง ไผ่แก้ว ศศิธร ถิ่นนคร กานดา นาคมณี และศศิพร คุณาพงษ์กิติ. 2548. ผลผลิต ส่วนประกอบทางเคมีและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วอัลฟัลฟา 24 สายพันธุ์ปลูกในพื้นที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา, น. 60-76. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2548. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ฉลอง วชิราภากร. 2549. อาหารและการจัดการให้อาหารโคนม, น. 171-222. ใน ประชุมวิชาการโคนมเรื่องอุตสาหกรรมโคนมไทยกับการแข่งขันในอนาคตและการปรับตัวของเกษตรกร, 21-22 สิงหาคม 2549. ขอนแก่นฟิมพ์, ขอนแก่น.
- ชาญชัย มณีคุณย์. 2511. การทดลองเปรียบเทียบผลผลิตถั่วอัลฟัลฟา, น. 27-28. ใน รายงานผลงานและการวิจัย พ.ศ. 2501-2519. สถานีอาหารสัตว์ปากช่อง กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์.
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สุพรรณบุรี. 2558. ถั่วอัลฟัลฟา (*Alfalfa*) *Medicago sativa*. ใน โปสเตอร์และแผ่นพับประชาสัมพันธ์ในงานแสดงความก้าวหน้าด้านอาหารสัตว์สำหรับอนาคต “Alfalfa Day” วันที่ 21 กรกฎาคม 2561.
- Abasov, M.S., S.M. Abasov, H.A. Husainov, I.Y. Shishkhaev, and R.K. Bekbulatov. 2019. Effect of seeding methods on productivity of alfalfa crops. International scientific and practical conference “AgroSMART-Smart solutions for agriculture”, KnE Life Sciences, 842-850.
- Abdelrahman, E.M. and A.O. Abusuwar. 2012. Effect of seedling rate on growth and yield of two alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars. International journal of Sudan research, 2 (2): 141-154.
- ANKOM Technology. 2017. *In vitro* true digestibility using the DAISY II incubator. Available source: https://www.ankom.com/sites/default/files/documentfiles/Method_3_Invitro_D200_D200I.pdf. 2022, October 25, 2022.

- AOAC. 2016. Official Methods of Analysis. Association of Official Analysis Chemist, Inc. Washington, D.C., USA.
- Atis, I., N. Celiktaş, E. Can, and S. Turkey. 2019. The effects of cutting intervals and seedling rates on forage yield and quality of alfalfa. *Turkish Journal of field crops*, 24(1): 12-20.
- Berti, M.T. and D. Samarappuli. 2018. How does sowing rate affect plant and stem density, forage yield, and nutritive value in glyphosate-tolerant alfalfa? *Agronomy journal*, 8: 1-12.
- Bohle, M. and R. Simmons. 2007. Seeding rate effect on four-cut alfalfa forage production. Central Oregon agricultural research center 2006 annual report, 1973. Available source: https://agsci.oregonstate.edu/sites/agscid7/files/coarec/publications/06_4_cut_alfalfa_seeding_rate.pdf. January 5, 2023.
- Brough, R.C., L.R. Robison, and R.H. Jackson. 1977. The historical diffusion of alfalfa¹. *Journal of agronomic education*, 13-19.
- Clements, R.J. 1992. *Medicago sativa* L. In: 't Mannetje, L. and Jones, R.M. (Editors). Forage. plant resources of South-East Asia, 4: 163-164.
- Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Advance in agronomy*, 15: 1-118.
- Droushiotis, D. 1980. Effect of seed rate and method of sowing on yield of irrigated lucerne. Agricultural research institute, ministry of agriculture and natural resources, 1-12.
- Fan, Y., B. Li, X. Dai, L. Ma, X. Tai, Z. Yang, and X. Zhang. 2020. Optimizing cropping systems of cultivated pasture in the Mountain-Basin systems in Northwest China. *Applied sciences*, 10: 1-16.
- Ford, C.W., I.M. Morrison, and J.R. Wilson. 1979. Temperature effects on lignin, hemicellulose and cellulose in tropical and temperate grasses. *Australian journal of agricultural research*, 30: 621-633.
- ISO. 2009. International Standard (ISO 5983-2: 2009). 2nd Edition. Animal feeding stuffs- Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content-Part 2: Block digestion and steam distillation method. International Standard Organization, Geneva.

- ISO. 2015. International Standard (ISO 11085: 2015(E)). Cereals, cereals-based products and animal feeding stuffs – Determination of crude fat and total fat content by the Randall extraction method. International Organization for Standardization. All rights reserved. Geneva.
- Lima, N.B., C. Conforto, D.L. Serri, E. Javier, C. Mancilla, S. Stenglein, and S. Vargas-Gil. 2021. Anthracnose on alfalfa caused by *Colletotrichum americae-borealis* in Córdoba province, Argentina. Available source: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219421002027#preview-section-abstract>. January 10, 2023.
- Ludlow, M.M. and D.A. Charles-Edwards. 1980. Analysis of the regrowth of a tropical grass/legume sward subjected to different frequencies and intensities of defoliation. Australian journal of agricultural research, 31(4): 673-692.
- Martin, N.P. 2007. Alfalfa: Forage crop of the future. Available source: https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1072&context=ky_alfalfa, January 30, 2023.
- McConnell, D. and L. Genever L. 2014. Growing and feeding Lucerne. Agriculture and Horticulture Development Board (AHDB), UK, 1-18. Available source: <https://media.ahdb.org.uk/media/Default/Imported%20Publication%20Docs/Growing%20and%20feeding%20lucerne.pdf>
- Mertens, D.R. 2002. Nutritional implications of fiber and carbohydrate characteristics of corn silage and alfalfa hay. California Animal Nutrition Conference, 94-107.
- Moore, K.J. and H.J.G. Jung. 2001. Lignin and fiber digestion. Journal of range management, 54 (4): 420-430.
- Muttoni, G., N. Palacios-Rojas, L. Galicia, A. Rosales, K.V. Pixley, and N. de Leon. 2013. Cell wall composition and biomass digestibility diversity in Mexican maize (*Zea mays* L) landraces and CIMMYT inbred lines. Available source: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/893>. January 10, 2023.
- NLBC. 2017. Technique of cultivation, harvesting and silage production of alfalfa. The presentation of Mr. Yoshiro Tozawa. Iwate station of National Livestock Breeding Center (NLBC), Japan.
- Ross, H. and R. Colin. 2001. Fertilizer requirements of irrigated alfalfa. Available source: <https://open.alberta.ca/dataset/d9df3070-58bf-43d2-9b6299c11dcf6f33/resource/73b3fc9c-e5c2-4992-b638-69a577e3b380/download/2001-561-18.pdf>. January 30, 2023.

- Stanisavljevic, R., Z. Tomic, Z. Lugic, J. Milenkovic, and D. Dokic. 2008. Yield and nutritive value of alfalfa cultivars sown at different densities. *Biotechnology in animal husbandry*, 24 (3-4): 147-156.
- Stanisavljevic, R., D. Bekovic, D. Djukic, V. Stevovic, D. Terzic, J. Milenkovic, and D. Djokic. 2012. Influence of plant density on yield components, yield and quality of seed and forage yields of alfalfa varieties. *Romanian agricultural research*, 29: 245-254.
- Volenec, J.J., J.H. Cherney, and K.D. Johnson. 1987. Yield and components, plant morphology, and forage quality of alfalfa as influenced by plant population. *Crop science*, 27: 321-326.
- Xu, X., D. Min, and I. McDonald. 2021. Effects of harvest intervals and seeding rates on dry matter yield and nutritive value of alfalfa cultivars. *Journal of animal science and technology*, 63(5): 1098-1113.