

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ข้าวฟ่างหวาน (Sweet Sorghum) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sorghum bicolor* (L.) Moench เป็นพืชที่มีต้นกำเนิดในประเทศทางแถบตะวันออกของแอฟริกา (เอธิโอเปียและซูดาน) ต่อมาได้มีการปลูกกันอย่างกว้างขวางโดยทั่วไปในแอฟริกาตั้งแต่ตอนต้นของยุคก่อนประวัติศาสตร์จนถึงปัจจุบัน ในศตวรรษที่ 13 ได้มีการนำข้าวฟ่างหวานเข้าไปปลูกในประเทศจีน สำหรับในอเมริกาได้มีการนำข้าวฟ่างหวานเข้าไปปลูกในตอนต้นของศตวรรษที่ 17 และมีการปลูกแพร่หลายกันอยู่ทั่วไปส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ (FAO, 2002)

ข้าวฟ่างหวานจัดเป็นพืชตระกูลหญ้า ส่วนใหญ่ปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารมนุษย์และเป็นอาหารสัตว์ จัดเป็นพวกที่มีใบหยาบ ลำต้นมีลักษณะค่อนข้างแข็ง มีความสูงตั้งแต่อย่างน้อยกว่า 4 เมตรจนถึง 5 เมตร แล้วแต่พันธุ์ ลำต้นเป็นข้อมีข้อตั้งแต่ 15 จนถึง 30 ข้อ มีใบออกมาในแต่ละข้อ อาจจะมีการแตกหน่อบ้างเล็กน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ สำหรับการออกดอกข้าวฟ่างหวานมีการออกดอกเหมือนกันกับข้าวฟ่างที่ผลิตเมล็ดโดยทั่วไปคือ ผลิच्छ่อดอกที่ปลายของลำต้น มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน มีการผสมตัวเองเฉลี่ย 95 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดของข้าวฟ่างหวานมีหลายสีขึ้นอยู่กับพันธุ์

การเกษตรกรรมของข้าวฟ่างหวาน

การปลูก

ดินที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างหวานคือ เป็นดินร่วนปนทราย แปลงปลูกต้องมีการระบายน้ำได้ง่าย ไม่เป็นที่ลุ่มน้ำขังเมื่อฝนตกชุก การเตรียมดินที่ดีควรมีการไถให้ลึก 5-5 นิ้ว ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อให้วัชพืชตาย จากนั้นก็จะมีการไถแปรหรือไถพรวนให้ดินร่วนโดยเฉพาะบริเวณที่จะโรยเมล็ด เพราะดินอ่อนของข้าวฟ่างหวานจะเจริญเติบโตได้ช้า ดินบริเวณดังกล่าวควรจะมีการเตรียมให้ร่วนซุยดี เพื่อเก็บความชื้นและมีการถ่ายเทอากาศได้ดี เหมาะแก่การงอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าวฟ่าง การเตรียมดินไม่ดีอาจจะทำให้ต้นข้าวฟ่างงอกไม่สม่ำเสมอได้ (น้อม, 2524)

วิธีปลูก

การปลูกเป็นแถวอาจจะใช้วิธีหยอดเป็นหลุมหรือใช้ควายไถหรือเปิดร่องให้ลึกประมาณ 1.5 - 2 นิ้ว แล้วโรยเมล็ดให้ห่างกันได้ระยะแล้วจึงกลบ การกลบไม่ควรเหยียบปากหลุมที่ปลูกเพราะเมล็ดข้าวฟ่างหวานจะงอกขึ้นมาไม่ได้ เนื่องจากเมล็ดเล็กมาก ระยะการปลูกที่แนะนำคือระหว่างแถว 75 เซนติเมตร และระหว่างต้น 15-20 เซนติเมตร จะมีจำนวนต้นต่อไร่ประมาณ 14,400-10,800 ต้น ปลูกเป็นแถวจะใช้เมล็ดประมาณ 1.5-2 กิโลกรัม (ณรงค์ศักดิ์, 2533 : สุนทร, 2524)

เพื่อให้เมล็ดข้าวฟ่างหวานขึ้นสม่ำเสมอควรคลุกเมล็ดก่อนปลูกด้วยยากันราคือ แคบแทนหรือ ไค-เทนเอ็ม 45 ในอัตรา 2.5 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม นอกจากนี้เวลาปลูกควรมีการโรยพริกขี้หนูราดลงในแถวที่ปลูกด้วย เพื่อป้องกันหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่างอัตราที่ใช้ประมาณ 3 กิโลกรัมต่อไร่

การใส่ปุ๋ย

ควรจะมีการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่ในตอนปลูก และครั้งหลังใส่ก่อนออกดอกเล็กน้อย โดยเฉพาะในโตรเจนซึ่งปุ๋ยในโตรเจนนี้พบได้ว่าในบริเวณที่มีการชลประทานหรือปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอ ข้าวฟ่างหวานสามารถตอบสนองต่อปุ๋ยในโตรเจนได้ถึง 100 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ปุ๋ยฟอสฟอรัส ควรใส่ก่อนปลูก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2536)

การป้องกันกำจัดวัชพืช

การใช้ยากำจัดวัชพืช เราใช้พวก atrazine ใช้ฉีดก่อนปลูกและหลังปลูกในอัตราที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดของดินที่ใช้ปลูกในดินทรายควรจะใช้ในอัตราที่ต่ำกว่าดินเหนียว อัตราที่ใช้แนะนำคือ 480 กรัมต่อน้ำ 40 ลิตรต่อไร่ แต่ข้าวฟ่างหวานมีอาการแพ้ต่อ atrazine ดังนั้นการใช้ Lasso ฉีดพ่นจะดีกว่า (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2536)

การตัดและการเก็บเมล็ด

ข้าวฟ่างหวานจะเริ่มออกดอกเมื่ออายุครบ 60 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ การเจริญเติบโตในระยะแรก 10-20 วันค่อนข้างช้า แต่ในระยะ 30-60 วันจะเริ่มเจริญเติบโตเร็วมากและเมล็ดเริ่มแก่ เมื่อครบ 100 วัน ซึ่งเป็นระยะเดียวกับที่จะตัดลำต้นไปผลิตน้ำเชื่อมทำแอลกอฮอล์ได้ (ส่วนวิชาการสำนักงานบริหารธนาคาร กสิกรไทย, 2524)

ได้มีการศึกษาถึงช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ในการเก็บเกี่ยวของข้าวฟ่างหวาน ที่มีผลต่อผลผลิตของน้ำเชื่อมในลำต้นเพื่อดูว่าระยะไหนของข้าวฟ่างหวานที่จะเหมาะสมต่อการเก็บมากที่สุด พบว่าระยะที่มีน้ำตาลซูโครสมากที่สุดก็คือระยะแก่ (ripe) เพราะหลังจากระยะนี้ไปแล้วน้ำตาลซูโครสจะลดมากที่สุด (แมคเคเลอร์ และอแลน, 2522)

การตัดลำต้นของข้าวฟ่างหวานมักตัดเหมือนอ้อย โดยการตัดยอดและกาบใบออกแล้วจึงตัดช่อดอก หลังจากนั้นตัดลำต้นรวมเป็นมัดส่งโรงงานเข้าผลิตเป็นน้ำเชื่อมภายใน 24 ชั่วโมง ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากการกะเทาะเอาเมล็ดออกจากช่อดอกก่อน ต่อจากนั้นนำเมล็ดไปตากแดด 3-4 วัน แล้วคลุกยากันแมลงไว้ เพื่อเตรียมปลูกในครั้งต่อไป (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2536)

การผลิตเป็นน้ำตาลและแอลกอฮอล์

การหีบน้ำตาลจากต้นข้าวฟ่างหวานโดยใช้ลูกหีบเช่นเดียวกับอ้อย ซึ่งจะมีการหีบซ้ำอีกบีบกั้นและพรมน้ำ เพื่อล้างเอาน้ำตาลออกจากลำข้าวฟ่างหวานที่หีบแล้ว สำหรับช่อดอกหรือเมล็ดหรือใบข้าวฟ่างหวานจะต้องตัดออกก่อนหีบ เพื่อมิให้มีสิ่งที่มีชีวน้ำตาลเข้าปะปนอยู่ในน้ำหวานได้

การทดสอบได้ค้นพบว่า ในการเติมปูนขาว (milk of lime) ลงในน้ำหวานเพื่อยกระดับความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 7.7-7.9 แล้วต้มในอุณหภูมิ 130 องศาฟาเรนไฮต์ แล้วเติมสารตกตะกอน (flocculating agent) สักเล็กน้อย แล้วตั้งน้ำหวานทิ้งไว้จะทำให้เกิดแป้ง 95 เปอร์เซ็นต์ และมีตะกอนอื่น ๆ ลอยรวมอยู่ด้วย

การคัมน้ำหวานที่ตกตะกอนแล้วนี้แล้วจะเปลี่ยนไปเป็นน้ำเชื่อม ภายใต้ความดันสุญญากาศและอุณหภูมิ 140 องศาฟาเรนไฮต์ ปฏิบัติการเช่นเดียวกับการคัมน้ำเชื่อมจากอ้อย เมื่อส่วนบนของน้ำเชื่อมซึ่งมีปริมาณของน้ำหนักของแข็งอื่น ๆ เจือปนอยู่ 35 เปอร์เซ็นต์ ก็จะถูกกลั่นรวมออกมากับไอน้ำ และปฏิบัติซ้ำอีกเช่นเดียวกับน้ำหวานชุดแรก ทั้งนี้เพื่อบำบัดการขจัดแป้งและสารที่ไม่ต้องการออกไป

วิธีการทำใส (clarification) น้ำเชื่อมส่วนบนที่บางกว่าจะนำไปประเหยออก แล้วเติมน้ำใส่ให้เพียงพอภายใต้ระบบสุญญากาศ ก็สามารถผลิตเป็นน้ำเชื่อม 65 เปอร์เซ็นต์ มีการเติมปูนขาวและแคลเซียมคลอไรด์ลงไปเพื่อเอากรดอะโคนิตออกจากน้ำเชื่อม คัมนจนเดือดแยกเอาสารไม่ละลายออกไปในรูปของเกล็ดอะโคนิตออก น้ำเชื่อมจะมีสีใสที่จะมาเป็นน้ำตาลชนิดเม็ดหรือผลึกได้ต่อไป (กรดอะโคนิตเป็นแป้งที่ไม่สามารถทำให้น้ำตาลตกผลึกได้)

ส่วนการผลิตแอลกอฮอล์ เมื่อเราได้น้ำหวานจากการหีบจากลูกหีบแล้ว นำน้ำหวานมาเติมปูนเพื่อให้ตกตะกอน นำน้ำหวานไปคัมนในอุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียส และนำน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นในระดับ 35-36 โบเม (baume) น้ำเชื่อมที่ได้สามารถนำไปผลิตเป็นแอลกอฮอล์ (โพลีและเคย์, 2524)

คุณสมบัติของข้าวฟ่างหวาน

ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่มีคุณสมบัติทางพฤกษศาสตร์ เหนือกว่าอ้อยอีกทั้งยังสามารถใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างมากกว่าอ้อย กล่าวคือ ส่วนฝัวนอกของท่อนลำต้นข้าวฟ่างหวาน ที่เหลือจากการผลิตน้ำตาลแล้ว สามารถนำไปใช้การผลิตกระดาษแข็ง แขนในหรือไส้จะเป็นส่วนประกอบของน้ำหวานซึ่งมีน้ำตาลอยู่มาก สามารถนำไปหมักผลิตเป็นแอลกอฮอล์ใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี ใบและเมล็ดสามารถนำไปรวมกันเป็นอาหารหมักใช้เลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้ช่อดอกยังใช้ทำปุ๋ยในดินธรรมชาติหรือเป็นเชื้อเพลิงสำหรับติดไฟได้ (น้อม, 2524 : ส่วนวิชาการสำนักงานบริหารธนาคารกสิกรไทย, 2523)

สำหรับอ้อยนั้นใช้ประโยชน์เฉพาะด้านการผลิตเป็นน้ำตาล และกากอ้อยใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงติดไฟได้เท่านั้น (น้อม, 2523 : น้อม, 2524)

สาร Fusilade super (Fluazifop-p-butyl) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

สาร Fusilade super หรือ Fusilade Forte หรือ Fluazifop-p-butyl เป็นสารเคมีที่ใช้กำจัดวัชพืชซึ่งเมื่อพ่นไปที่พืชสามารถทำให้ตายอดตายได้ ในปัจจุบันได้มีการนำสาร Fusilade super มาใช้กันอย่างกว้างขวางเพื่อเป็นสารเร่งการสุกแก่ (Ripener) ในอ้อย ซึ่งการใช้สารเร่งการสุกแก่นี้สามารถเพิ่มความหวานให้แก่อ้อยได้ สาร Fusilade super นี้มีข้อดีคือ ฉีดพ่นไปแล้ว มีฤทธิ์ตกค้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสารไกลโฟเสท Silva and Caputo (2012) กล่าวว่าสาร Fusilade super สามารถเคลื่อนย้ายไปในลำต้นพืชหลังจากฉีดพ่นโดยไม่ใช้พลังงาน สารนี้ได้นำมาใช้ในอ้อยโดยใช้เป็นสารเร่งการสุกแก่แต่จะใช้ฉีดพ่นในปริมาณความเข้มข้นที่น้อยคือ 0.1 ถึง 0.3 ลิตรต่อเฮกตาร์ สาร Fusilade super สามารถซึมเข้าไปทางใบทำให้ใบมีสีขาว มีฤทธิ์ลักษณะเหมือนกับยากำจัดวัชพืช ซึ่งสามารถทำให้ตายอดชะงักการ

เจริญเติบโตได้ ดังนั้นการฉีดพ่นในอ้อยควรใช้ก่อนการเก็บเกี่ยวอ้อย 4-6 สัปดาห์ ถ้ามีการฉีดพ่นเร็วเกินไปไปอาจจะมีผลกระทบต่อการสูญเสียคุณภาพ และปริมาณของผลผลิตของอ้อยได้ สาร Fusilade super มีฤทธิ์ยับยั้งการออกดอก และจำกัดปริมาณของเนื้อเยื่อพารนไคมาโดยไม่มีผลต่อน้ำในเนื้อเยื่อไม่มีผลต่อหน่อ หรือตาขอดที่จะแตกออกมาใหม่ แต่ถ้าใช้สาร ไกลโฟเสทจะมีผลกระทบมากกว่า นอกจากนี้สาร Fusilade super ยังมีผลที่จะไปยับยั้งการสร้าง acetyl-coenzyme A carboxylase (ACCase) ซึ่งเอนไซม์นี้มีผลกระทบต่อการสร้างกรดไขมันในพืช (fatty acid biosynthesis) (Burton *et al.*, 1989) เอนไซม์ ACCase ลดลงมีผลต่อการยับยั้งการสร้างไขมันในเนื้อเยื่อซึ่งมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเซลล์ ผลก็คือ ทำให้เนื้อเยื่อเจริญของพืชตายโดยเฉพาะอย่างยิ่งตาขอด (Donaldson and Van Staden, 1995) ผลของสาร Fusilade super ต่ออ้อยจะมีปฏิกิริยาก่อนข้างช้าและไม่มีผลโดยตรงรบกวนต่อการสังเคราะห์แสง ซึ่งทำให้การสะสมน้ำตาลยังคงดำเนินการต่อไปได้ในขณะที่ตาขอดหยุดการเจริญเติบโต Watson and Stefano (1986) แสดงให้เห็นว่าการใช้สาร Fusilade super ที่ 0.13 ถึง 0.28 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์จะมีผลอย่างมากเทียบเท่ากับการใช้สาร ไกลโฟเสทเร่งการสุกแก่ในอ้อยที่มลรัฐฟลอริดา ในมลรัฐหลุยเซียน่า การใช้สาร Fusilade super ที่ 0.13 ถึง 0.28 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์สามารถเพิ่มน้ำตาลซูโครสในอ้อยได้มากถึง 6 พันธุ์จากที่ทำการทดลองทั้งหมดจำนวน 7 พันธุ์ นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มผลผลิตน้ำหนักลำต้นอ้อยได้มากขึ้น (Watson and Stefano, 1986) อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่ามีการใช้สาร Fusilade super เป็นสารเร่งการสุกแก่เริ่มต้นที่อเมริกาใต้ใช้ในอุตสาหกรรมอ้อย แต่ก็มีการใช้เพิ่มมากขึ้นที่สหรัฐอเมริกา (Dalley and Richard, 2010) นอกจากนี้ Morgan *et al.* (2001) รายงานว่ามีการใช้สาร Fusilade super กันอย่างแพร่หลายในประเทศแอฟริกาใต้ กานา และสวาซิแลนด์ โดยเฉพาะในอ้อยพันธุ์ที่มีน้ำตาลในระดับต่ำในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวซึ่งมีผลทำให้ผลผลิตลดลง แต่ถ้ามีการพ่นสาร Fusilade super ซึ่งเป็นสารเร่งการสุกแก่สามารถเพิ่มน้ำตาลซูโครสในอ้อยก่อนที่จะถึงช่วงเก็บเกี่ยวได้ Morgan *et al.* (2001) กล่าวเพิ่มเติมอีกว่า ถ้ามีการใช้สาร Ethrel ร่วมกับสาร Fusilade super ฉีดพ่นในอ้อย 4 สัปดาห์ก่อนเก็บเกี่ยวจะทำให้ค่าของ CCS ในอ้อยเพิ่มมากขึ้นถึง 1.3 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับ control ที่ไม่มีการฉีดพ่นสารเร่งการสุกแก่ อย่างไรก็ตามจะเห็นได้จากการตรวจสอบเอกสารทั้งหมด พบว่าสาร Fusilade super ได้มีการศึกษากันมากในอ้อย และเป็นการศึกษาในต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการศึกษาในข้าวฟ่างหวานพบว่า ยังไม่เคยมีการศึกษากันมาก่อนดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ขึ้น