

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวฟ่างหวาน (Sweet Sorghum หรือ Sorgo) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sorghum bicolor* (L.) Moench (กสิกร. 2548) เป็นพืชที่มีต้นกำเนิดในประเทศทางแถบตะวันออกของแอฟริกา (เอธิโอเปีย และซูดาน) ต่อมาได้มีการปลูกกันอย่างกว้างขวางโดยทั่วไปในแอฟริกา ตั้งแต่ตอนต้นของยุคก่อนประวัติศาสตร์จนถึงปัจจุบัน ในศตวรรษที่ 13 ได้มีการนำข้าวฟ่างหวานเข้าไปปลูกในประเทศจีน สำหรับในอเมริกาได้มีการนำข้าวฟ่างหวานเข้าไปปลูกในตอนต้นของศตวรรษที่ 17 และมีการปลูกแพร่หลายกันอยู่ทั่วไปส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ (FAO. 2002)

ข้าวฟ่างหวาน เป็นธัญพืชซึ่งได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้น้ำตาลในลำต้น จนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด (ประสิทธิ์ ใจสิด. 2551) ตามประโยชน์การใช้สอยดังนี้คือ ชนิดแรกเป็นพันธุ์ที่มี Invert sugars อยู่ในน้ำหวานจากลำต้นในปริมาณที่มาก จนน้ำตาลไม่ตกผลึก จึงเหมาะสำหรับใช้ในการผลิตน้ำเชื่อม ส่วนชนิดที่ 2 เป็นพันธุ์ที่มีซูโครสมาก และมี Invert sugars น้อย จนน้ำตาลสามารถตกผลึกได้ จึงเหมาะสำหรับใช้ในการผลิตน้ำตาล (Schaffert and Gourley. 1982) และข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี มีความสามารถทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี และมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นใช้เวลาประมาณ 100 – 120 วัน และสามารถปลูกได้ปีละ 2 – 3 ครั้ง (กรีก นฤทุม. 2524) และถ้าปลูกในสภาพน้ำฝน โดยทั่วไปจะให้ผลผลิตต้นสดเฉลี่ยประมาณ 4 – 7 ตันต่อไร่ แต่ถ้าปลูกในสภาพที่มีน้ำชลประทานจะได้ผลผลิตน้ำหนัสดต้นสดประมาณ 15 – 20 ตันต่อไร่ ผลผลิตเมล็ด 128-320 กิโลกรัมต่อไร่ ค่าความหวานอยู่ที่ 16-23 องศาบริกซ์ (Ratnavathi *et al.* 2003) สำหรับการออกดอกข้าวฟ่างหวานนั้น มีการออกดอกเหมือนกันกับข้าวฟ่างเมล็ด คือ ผลิच्छ่อดอกที่ปลายยอดของลำต้น มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน เป็นพืชที่ผสมตัวเองเฉลี่ย 95 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดของข้าวฟ่างหวานมีหลายสีขึ้นอยู่กับพันธุ์ (สุพจน์ หมั่นวณิชกุล. 2549) นอกจากนี้หากที่เหลือจากการหีบน้ำหวานสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อีกด้วย (วัชรวิ เลิศมงคล และ นพพร คล้ายพงษ์พันธุ์. 2547)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ข้าวฟ่างหวาน

2.1.1 ราก (Root)

ข้าวฟ่างหวานมีระบบรากเป็นแบบระบบรากฝอย (Fibrous root system) เหมือนกันกับข้าวฟ่างเมล็ด (ธนัญญา วัณวงษ์. 2546) ต้นอ่อนที่เจริญจากเมล็ดจะมีรากที่เกิดจากเมล็ดและรากที่เกิดจาก

ข้อแรกของลำต้น (Scutellar node) อยู่ระยะหนึ่ง (นพพร สายัมพล และคณะ. 2542) ไสว พงษ์เก่า (2534) กล่าวว่า การเจริญเติบโตของรากเริ่มต้นเมื่อเมล็ดข้าวฟ่างได้รับน้ำประมาณ 3 วัน จะมี Primary root งอกออกมาสู่พื้นดิน ซึ่ง Primary root นี้จะสลายตัวไปหลังจากที่มี Adventitious root เจริญออกมาจากส่วน Mesocotyl เพื่อทำหน้าที่แทน (ธำรงศิลป์ โพธิ์สูง. 2531) สำหรับ Adventitious root ของข้าวฟ่างสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. Adventitious root ที่งอกออกจากส่วนที่เป็น Basal node เป็นรากที่มีขนาดเล็กยาวประมาณ 5.0 ถึง 15.0 เซนติเมตร

2. Adventitious root ที่งอกออกจากข้อที่ถัดขึ้นไปจาก Basal node เป็นรากที่ทำหน้าที่ในการดูดน้ำและดูดธาตุอาหารส่วนใหญ่มาหล่อเลี้ยงต้นข้าวฟ่าง รากชนิดนี้จะมีขนาดใหญ่และยาวกว่าชนิดอื่นๆ บางครั้งยาวมากถึง 6 ฟุต (คณะกรรมการกลุ่มปรับปรุงชุดวิชาพืชเศรษฐกิจ. 2546)

3. Adventitious root ที่งอกออกจากข้อบริเวณส่วนบนของลำต้นข้าวฟ่าง รากชนิดนี้อาจเรียกว่า Brace root ทำหน้าที่ในการยึดเกาะมากกว่าดูดอาหาร (ธำรงศิลป์ โพธิ์สูง. 2531) ในระยะที่ข้าวฟ่างเริ่มออกช่อดอก Adventitious root จะเกิดขึ้นที่ข้อเหนือพื้นดิน 2 ถึง 3 ข้อ รากนี้มีสีเขียวทำหน้าที่ช่วยพยุงลำต้นเรียกว่า Prop root หรือ Aerial root และทำหน้าที่ช่วยในการสังเคราะห์แสงด้วย (นพพร สายัมพล และคณะ. 2542) รากข้าวฟ่างมีปริมาณมากกว่ารากข้าวโพดถึง 2 เท่า จึงทำให้มีความสามารถหาน้ำและอาหารมาหล่อเลี้ยงลำต้นได้ดีกว่าข้าวโพดและในชั้น Endodermis ของรากข้าวฟ่างจะมีสารพวกซิลิกา จึงมีผลทำให้รากของข้าวฟ่างมีลักษณะแข็งแรงและทนไขได้ดีและยังช่วยให้ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดีอีกด้วย (คณะกรรมการกลุ่มปรับปรุงชุดวิชาพืชเศรษฐกิจ. 2546; ไสว พงษ์เก่า. 2534)

2.1.2 ลำต้น (Stem, Column or Stalk)

ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่มีลักษณะคล้ายพืชตระกูลหญ้าทั่วไป ลำต้นของข้าวฟ่างหวานมีลักษณะคล้ายกับต้นข้าวโพดมาก (วัชร เลิศมงคล และ นพพร คล้ายพงษ์พันธุ์. 2547) ลำต้นข้าวฟ่างหวานนั้นมีลักษณะที่ฉ่ำน้ำและมีปริมาณของน้ำตาลในลำต้นค่อนข้างสูง (กลสิกร. 2548) ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ที่ใช้ปลูกกันโดยทั่วไปมีลำต้นสูงประมาณ 4 เมตรจนถึง 5 เมตร (โพธิ์สูง เจ เอ และ ดี เอฟ เคย์. 2524) ส่วนข้าวฟ่างหวานที่ขึ้นในธรรมชาติพบว่า ลำต้นของข้าวฟ่างหวานมีความสูงตั้งแต่ 0.5 – 5.0 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นตั้งแต่ 0.5 – 3.0 เซนติเมตร ลำต้นข้าวฟ่างหวานส่วนใหญ่มักจะตั้งตรง ยกเว้นข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Korgi ซึ่งมีลำต้นโค้งเกือบขนานไปกับพื้นดินจนถึงช่วงระยะออกดอก (สมบุญ ผู้พัฒน์. 2526) ลำต้นของข้าวฟ่างมีลักษณะเป็นข้อและปล้อง ซึ่งปล้องที่อยู่บริเวณต่างๆ ของลำต้นจะสั้นกว่าปล้องที่อยู่บริเวณเหนือกว่าเสมอ จำนวนปล้องอาจจะมีตั้งแต่ 7 – 17 ปล้อง (ไสว พงษ์เก่า. 2534) แต่บางครั้งก็พบว่าข้าวฟ่างหวานบางพันธุ์มีจำนวนปล้องสูงสุด

มากถึง 30 ปล้อง (โพลิต เจ เอ และ ดี เอฟ เคย์. 2524) ขณะที่ข้าวฟ่างหวานยังเล็กลำต้นจะมีสีเขียวม่วง หรือม่วงอ่อน ข้าวฟ่างหวานจะมีหน่อเกิดขึ้นบริเวณตาที่ข้อล่างๆ ของลำต้น สำหรับความสามารถในการแตกกอของข้าวฟ่างหวานนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ระยะปลูก ความชื้น และความอุดมสมบูรณ์ของดินรวมทั้งความแข็งแรงของต้นพืช แต่ข้าวฟ่างพันธุ์ปลูกในประเทศไทยมักจะไมแตกกอ ยกเว้นกรณีที่ลำต้นถูกทำลายหรือแตกกอในระยะใกล้เก็บเกี่ยว บนลำต้นจะมีตาข้างทุกข้อ ยกเว้นปล้องบนสุดของลำต้น ตาข้างจะเจริญเป็นกิ่งแขนงที่สามารถให้ช่อดอกได้แต่เป็นลักษณะที่ไม่ต้องการเพราะกิ่งแขนงจะให้เมล็ดที่แก่ช้ากว่าลำต้นหลัก ทำให้ยากแก่การเก็บเกี่ยว (นพพร สายัมพล และคณะ. 2542) ภายในลำต้นข้าวฟ่างจะมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีช่องว่าง (Pith) ตรงกลางลำต้นของข้าวฟ่างบางสายพันธุ์อาจจะมีน้ำในลำต้นและบางพันธุ์มีน้อย น้ำในลำต้นนั้นอาจจะหวาน (Sweet) หรือไม่มีรส (Insipid) (ธำรงศิลป์ โพธิ์สูง. 2531)

2.1.3 ใบ (Leaf)

ข้าวฟ่างหวานจัดว่าเป็นพืชที่มีใบหยาบ (โพลิต เจ เอ และ ดี เอฟ เคย์. 2524) มีลักษณะเรียวยาวประกอบด้วย กาบใบ และแผ่นใบ ส่วนกาบใบจะห่อหุ้มอยู่รอบลำต้น มีสีเขียวอ่อน ในส่วนแผ่นใบมีสีเขียวเข้มกว่า มีเส้นกลางใบ เรียกว่า Mid rib และมีเส้นใบขนานไปกับเส้นกลางใบ (นพพร สายัมพล และคณะ. 2542) ข้าวฟ่างหวานมีใบอยู่ประมาณ 7 – 24 ใบ ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม ใบของข้าวฟ่างหวานติดอยู่กับข้อและจะออกเรียงสลับกันไปบนลำต้น มีรูปร่างคล้ายหอก (Lanceolate) ใบมีความกว้างประมาณ 1.5 – 10 เซนติเมตร และยาวประมาณ 30 – 130 เซนติเมตร (สมบูรณ์ ผู้พัฒน์. 2526) ใบสุดท้ายที่ติดอยู่กับก้านช่อดอกเรียกว่า ใบธง (Flag leaf) ส่วนต่อระหว่างกาบใบกับต้นจะมี Auricle ซึ่งมีลักษณะคล้ายใบหู ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ใบฉีกขาดเมื่อถูกลมพัดหรือเมล็ดฝนกระแทก โดยทำให้ใบบิดตัวไปมาได้เมื่อได้รับแรงกระแทก (คณะกรรมการกลุ่มปรับปรุงชุดวิชาพืชเศรษฐกิจ. 2546) และบริเวณตรงกลางของส่วนต่อระหว่างตัวใบกับกาบใบจะมี Ligules หรือ Dewlap ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม มีขนบางๆ โดยรอบทำหน้าที่ในการกำหนดความตึง และนอนของใบนอกจากนี้ยังเป็นส่วนที่ผลิตขี้ผึ้ง (Wax or bloom) เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำจากใบและลำต้นของข้าวฟ่าง (ไสว พงษ์เก่า. 2534)

2.1.4 ช่อดอก (Inflorescence)

ข้าวฟ่างหวานมีช่อดอกคล้ายกับช่อดอกของข้าวฟ่างเมล็ด (ธนัญญา วุ่นวงศ์. 2546) มีชื่อเรียกทั่วไปว่า Head เป็นแบบ Panicle เจริญมาจากปล้องสุดท้ายของลำต้น หรืออาจเรียกว่า ก้านช่อดอก ก้านช่อดอกของข้าวฟ่างส่วนมากจะตั้งตรง แต่มีบางพันธุ์อาจโค้งงอได้ (นพพร สายัมพล

และคณะ, 2542) ช่อดอกของข้าวฟ่างหวานติดอยู่บนก้านช่อ (Peduncle) ซึ่งเป็นปล้องสุดท้ายเหนือใบธง ช่อดอกข้าวฟ่างหวานจะเป็นช่อแน่นๆ (Compact) หรือเป็นช่อหลวมๆ (Loose) ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของข้าวฟ่างหวาน (ธนัญญา วุ่นวงษ์, 2546) ข้าวฟ่างพันธุ์ปลูกมักจะมีช่อดอกแบบพวก Semi – compact (ไสว พงษ์เก่า, 2534) และข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่มีดอกสมบูรณ์เพศ และเป็นพืชที่ผสมตัวเอง มีอัตราการผสมข้ามตามธรรมชาติโดยเฉลี่ยประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ (Poehman and Borthakur, 1969)

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่ (2535) อธิบายถึงลักษณะช่อดอกของข้าวฟ่างว่าช่อดอกข้าวฟ่างประกอบด้วยก้านช่อ (Peduncle) มีส่วนของก้านช่อที่อยู่ระหว่างฐานของใบธงเรียกว่า Exertion ก้านที่เป็นแกนกลางของช่อที่ติดต่อกับ Peduncle เรียกว่า Rachis จาก Rachis นี้มีแขนงแยกออกไปเรียกว่า Primary Branch และจาก Primary Branch นี้มีแขนงแยกออกไปอีกเรียกว่า Secondary branch กิ่งแขนงทั้ง 2 ชุดนี้เป็นที่เกิดของช่อดอกขนาดเล็ก เรียกว่า Raceme ซึ่งเป็นที่ตั้งของดอกย่อย (Spikelet) Spikelet มีอยู่ 2 ชนิดคือ Sessile spikelet และ Pediceled spikelet ซึ่งจะเกิดอยู่เป็นคู่กันเสมอ ยกเว้นตรงปลายของช่อจะมี Sessile spikelet จำนวน 1 ดอกอยู่ร่วมกับ Pediceled spikelet จำนวน 2 ดอก

การบานของดอกข้าวฟ่างหวานนั้นจะสังเกตได้จากอับเรณู (Anther) สีเหลืองโพล่ห้อยออกมานอกกลีบหุ้มดอกพร้อมทั้งมียอดเกสรตัวเมียมีลักษณะคล้ายขนนก แยกออกเป็น 2 แฉก ดอกข้าวฟ่างจะเริ่มบานในเวลา 22.00 นาฬิกา เป็นต้นไป จนถึงเวลาบ่ายถ้าลมสงบ แต่ถ้ามีลมพัดแรง ดอกข้าวฟ่างจะหยุดบานเร็วขึ้น การบานของดอกข้าวฟ่างจะเริ่มบานจากปลายช่อดอกลงมาถึงโคนช่อดอก ข้าวฟ่าง 1 ช่อจะใช้เวลาบานประมาณ 6-9 วันแล้วแต่ขนาดของดอก อุณหภูมิ และพันธุ์ สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลสำคัญต่อการบานของดอก ถ้าสภาพอากาศเย็นและชื้นดอกข้าวฟ่างจะบานช้า อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการบานของดอกข้าวฟ่างอยู่ระหว่าง 21-35 องศาเซลเซียส ในตอนกลางคืนถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส ดอกข้าวฟ่างจะไม่บานในวันต่อมา ในสภาพของประเทศไทยนั้นดอกข้าวฟ่างจะหยุดบานในช่วงเวลาประมาณ 9.00-10.00 นาฬิกา (ประสิทธิ์ ใจคิด, 2529)

2.1.5 เมล็ด (Seed)

ธนัญญา วุ่นวงษ์ (2546) กล่าวว่าเมล็ดของข้าวฟ่างหวานนั้นมีลักษณะเมล็ดเหมือนกันกับเมล็ดของข้าวฟ่างเมล็ดทั่วๆ ไป จะแตกต่างกันบ้างก็เพียงแต่ลักษณะสีของเมล็ด ซึ่งทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของข้าวฟ่างหวาน และเมล็ดข้าวฟ่างหวานจะมีลักษณะกลมรีหรือแบน และขนาดจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ (Doggett, 1970) นพพร สายัมพล และคณะ (2542) ได้อธิบายถึงลักษณะเมล็ดของข้าวฟ่างว่า เมล็ดของข้าวฟ่างที่แท้จริงแล้วคือผลชนิด Caryopsis ซึ่งเป็นผลแห้ง (Dry fruit) ไม่แตกมีเปลือกผลกับเปลือกเมล็ดเชื่อมติดกัน เมล็ดข้าวฟ่างจะเจริญโดยที่ยังมีกลีบ (Glumes) หุ้มบางส่วน

หรือทั้งเมล็ดไว้ ขนาดรูปร่าง สีของเปลือกของเมล็ด ความยาวของ Glumes ที่หุ้มเมล็ด และลักษณะของแป้งในเอนโดสเปิร์มจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ อาจมีสีขาว เหลือง แดง ส้ม หรือน้ำตาล ซึ่งเมล็ดสีที่ทำให้เกิดสีอาจอยู่ที่ Pericarp หรือ Seed coat เมล็ดของข้าวฟ่างจะมีสารแทนนิน (Tannin) อยู่ที่ชั้นเนื้อเยื่อที่ต่อจากเยื่อหุ้มเมล็ด ซึ่งเรียกว่า Testa หรือ Seed coat

ถ้าพิจารณาถึงน้ำหนักเมล็ดแล้ว ข้าวฟ่าง 1,000 เมล็ดจะมีน้ำหนักเมล็ดตั้งแต่ 10 - 60 กรัม เมล็ดข้าวฟ่างมีองค์ประกอบด้วยกัน 3 ส่วน คือ เปลือก (Pericarp) ต้นอ่อน (Embryo) และอาหารสะสม (Endosperm) ซึ่งโดยปกติแล้วเมล็ดข้าวฟ่างจะประกอบด้วย Endosperm เท่ากับ 84 เปอร์เซ็นต์ Embryo เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ และ Pericarp ประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก (ธำรงศิลป์ โพธิ์สูง. 2531)

2.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

2.2.1 ดิน

ข้าวฟ่างหวานจะสามารถเจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิด ตั้งแต่ดินทรายไปถึงดินเหนียว และดินที่เหมาะสมที่สุด ควรเป็นดินที่มีการระบายน้ำได้ดี มีความเป็นกรด - ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.0 - 7.5 (ประสิทธิ์ ใจศีล. 2551ก) และ เกษม สุขสถาน (2525) พบว่าปฏิกิริยาของดิน (pH) ไม่ค่อยมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวฟ่าง และในสภาพดินเค็มข้าวฟ่างยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าข้าวโพด (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535)

2.2.2 อุณหภูมิ

ข้าวฟ่างเกือบทุกสายพันธุ์นั้นต้องการอุณหภูมิที่สูงในการเจริญเติบโต ซึ่งอยู่ระหว่าง 25 - 32 องศาเซลเซียส (Doggett. 1970 ; Balogun *et al.* 2006) ประสิทธิ์ ใจศีล (2551ก) พบว่าข้าวฟ่างหวานมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 25 - 35 องศาเซลเซียส และเฉลิมพล แซมเพชร (2535) พบว่า เมล็ดข้าวฟ่างจะสามารถงอกได้ดีที่อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 7 - 10 องศาเซลเซียส ข้าวฟ่างสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส ยาวนานกว่า 4 เดือน (นพพร สายัมพล และคณะ. 2542)

2.2.3 แสง

แสงนอกจากจะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อผลผลิตข้าวฟ่างแล้ว แสงยังมีผลต่อการออกดอกของข้าวฟ่างอีกด้วย โดยธรรมชาติข้าวฟ่างจัดว่าเป็นพืชวันสั้น ซึ่งจะออกดอกเร็วเมื่อได้รับช่วงแสงที่สั้นลง และพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้า ส่วนใหญ่จะไม่ตอบสนองต่อช่วงแสงไม่ว่าจะปลูกในช่วงที่มีกลางวันสั้นหรือกลางวันยาว เมื่อถึงอายุที่จะออกดอก ข้าวฟ่างก็จะออกดอก ระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนถึงออกดอกจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ของข้าวฟ่างและสภาพแวดล้อม (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535)

2.2.4 ปริมาณน้ำและการกระจายของน้ำฝน

ข้าวฟ่างหวานต้องการปริมาณน้ำตลอดฤดูกาลประมาณ 320 – 500 มิลลิเมตร (ประสิทธิ์ ใจศีล. 2551ก) ซึ่งต้องการน้ำชลประทานน้อยกว่าอ้อย ประมาณ 4 เท่า (สุรพงษ์ เจริญรัต และ ประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์. 2551) โดยเฉพาะในช่วงที่ข้าวฟ่างกำลังตั้งท้อง ดอกบาน และเมล็ดเป็นระยะน้ำนม ถ้าขาดน้ำในช่วงเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อผลผลิตเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ความต้องการน้ำของข้าวฟ่างจะลดลงในระยะที่เมล็ดเริ่มแก่จนถึงเก็บเกี่ยว ข้าวฟ่างเป็นพืชที่ไม่ทนต่อสภาพน้ำขัง ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (ระยะกล้า) จะพบว่า เมื่อเกิดน้ำท่วมขังในแปลงปลูกข้าวฟ่างหวานจะมีใบสีเหลือง ลำต้นแคระแกรน และถ้าไม่มีการระบายน้ำออกจากแปลงปลูกก็อาจมีผลทำให้ข้าวฟ่างหวานตายไปในที่สุด (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535)

2.2.5 ฤดูกาลเพาะปลูก

การปลูกข้าวฟ่างหวานสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปีถ้ามีน้ำระบบชลประทาน แต่ถ้าปลูกในช่วงฤดูฝน ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมคือ ช่วงระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนกรกฎาคม เนื่องจากข้าวฟ่างหวานจะได้รับน้ำฝนตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตทำให้ได้ผลผลิตเต็มที่ (ประสิทธิ์ ใจศีล และคณะ. 2550) ซึ่งช่วงระยะเวลาปลูกพืชอาจขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพื้นที่ที่ปลูก เพราะแต่ละพื้นที่จะมีปริมาณน้ำฝนและช่วงเวลาที่ฝนตกแตกต่างกันไป (อนุรัตน์ ศรีสุระ. 2550)

2.3 การเขตกรรมของข้าวฟ่างหวาน

2.3.1 การเตรียมดิน

การเตรียมดินที่ดีควรมีการไถดินให้ลึกประมาณ 5 – 6 นิ้ว ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อให้วัชพืชตาย จากนั้นก็จะมีการไถแปรหรือไถพรวนให้ดินร่วนโดยเฉพาะบริเวณที่จะโรยเมล็ด เพราะดินอ่อนของข้าวฟ่างหวานจะเจริญเติบโตได้ช้า ดินบริเวณดังกล่าวควรจะมีการเตรียมให้ร่วนซุยดี เพื่อเก็บความชื้นและมีการถ่ายเทอากาศได้ดี เหมาะแก่การงอกและการเจริญเติบโตของต้นข้าวฟ่างหวาน การเตรียมดินไม่ดีอาจจะทำให้ต้นข้าวฟ่างหวานงอกไม่สม่ำเสมอได้ (น้อม ชันติคุณ. 2524)

2.3.2 วิธีการปลูก

การปลูกเป็นแถวอาจจะใช้วิธีการหยอดเป็นหลุม หรือใช้ควายไถ หรือเปิดร่องให้ลึกประมาณ 1.5 – 2.0 นิ้ว แล้วโรยเมล็ดให้ห่างกันไ้ระยะแล้วจึงกลบดิน การกลบดินไม่ควรเหยียบปากหลุมที่ปลูกเพราะเมล็ดข้าวฟ่างหวานจะงอกขึ้นมาไม่ได้ เนื่องจากเมล็ดมีขนาดเล็กมาก ระยะปลูกที่แนะนำก็คือระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร และระหว่างต้น 15 – 20 เซนติเมตร ซึ่งมีจำนวนต้นต่อไร่ประมาณ 10,800 – 14,400 ต้น การปลูกเป็นแถวจะใช้เมล็ดข้าวฟ่างหวานประมาณ 1.5 – 2.0 กิโลกรัม (กรมวิชาการเกษตร. 2536 ; สุนทร ทวีโกศล. 2524) เพื่อให้เมล็ดข้าวฟ่างหวานขึ้นอย่างสม่ำเสมอควรมีการคลุกเมล็ดก่อนปลูกด้วยยาป้องกันกำจัดเชื้อราคือ แคปแทน หรือ ไคเพนเอ็ม 45 ในอัตรา 2.5 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม นอกจากนี้ เวลากลบ ควรมีการโรยปุ๋ยมูลคางคกในแถวที่ปลูกด้วย เพื่อป้องกันกำจัดหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่างหวาน อัตราที่ใช้ประมาณ 3 กิโลกรัมต่อไร่ (น้อม ชันติคุณ. 2524)

2.3.3 การใส่ปุ๋ย

ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่ต้องการปุ๋ยน้อยกว่าอ้อยประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ (ประสิทธิ์ ใจคิด. 2551ข) การใส่ปุ๋ยข้าวฟ่างหวานควรจะมีการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่ในตอนปลูก และครั้งหลังใส่ก่อนออกดอกเล็กน้อย โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งปุ๋ยไนโตรเจนนี้พบว่าในบริเวณที่มีการให้น้ำชลประทาน หรือปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอ ข้าวฟ่างหวานสามารถตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้มาก และให้ผลผลิตได้มากถึง 100 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหรือปุ๋ยคอกสูงอาจมีผลต่อการเพิ่มสารพิษไซยาไนด์และสารประกอบไนเตรตในลำต้นข้าวฟ่างหวานให้มีปริมาณมากขึ้นได้ (กฤตพล สมมาตรย์ และ ประสิทธิ์ ใจคิด. 2550) ปุ๋ยฟอสฟอรัสควรใส่ก่อนปลูก เพราะมีการสลายตัวได้ช้า และ พบว่า ข้าวฟ่างหวานตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสค่อนข้างน้อย หรือแทบไม่ตอบสนองเลย (Weidenfeld. 1984) แต่ปุ๋ยโปแตสเซียมสามารถใส่พร้อมกับปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่สองได้ เพราะสลายตัวได้เร็ว ปุ๋ยโปแตสเซียมมีส่วนช่วยทำให้เปอร์เซ็นต์ของน้ำตาลซูโครสในลำต้น

ข้าวฟ่างหวานเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าการให้ปุ๋ยโปแตสเซียมจึงควรใส่ให้มากกว่าทุกธาตุ ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ที่แนะนำให้ใช้คือปุ๋ยสูตร 13 – 13 – 21 หรือ 16 – 16 – 18 ใส่ลงในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำในอัตรา 50 – 60 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามปัจจุบันปุ๋ยวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีราคาแพง ดังนั้นจึงควรจะมีการใส่ปุ๋ยคอกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (กรมวิชาการเกษตร. 2536)

2.3.4 การตัดและการเก็บเกี่ยว

ข้าวฟ่างหวานจะเริ่มออกดอกเมื่อมีอายุครบ 60 วัน การออกดอกเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับพันธุ์ของข้าวฟ่างหวาน การเจริญเติบโตของข้าวฟ่างหวานในระยะแรกคือที่อายุ 10 – 20 วันจะค่อนข้างช้า แต่ในระยะ 30 – 60 วันข้าวฟ่างหวานมีการเจริญเติบโตที่เร็วมาก และเมล็ดเริ่มแก่เมื่อมีอายุครบ 100 วันซึ่งเป็นระยะเดียวกันกับที่จะตัดลำต้นข้าวฟ่างหวานไปผลิตน้ำเชื่อมเพื่อนำไปทำแอลกอฮอล์ได้ (ส่วนวิชาการสำนักงานบริหารธนาคารกสิกรไทย. 2524) และได้มีการศึกษาถึงผลผลิตของน้ำเชื่อมในลำต้นของข้าวฟ่างหวานที่มีการสะสมน้ำตาลในช่วงระยะเวลาต่างๆ พบว่า ระยะที่มีน้ำตาลซูโครสมากที่สุดก็คือระยะแก่ (Ripe) เพราะหลังจากระยะนี้ไปแล้วน้ำตาลซูโครสจะมีค่าลดลงมากที่สุด (แมคเคเลอร์ โทมัส เจ และ อแลน สแคนซ์แลนด์. 2522 ; Lingle. 1987) ซึ่งจะแตกต่างกันกับอ้อย เพราะอ้อยนั้นเมื่อมีการออกดอก ผลผลิตและความหวานจะลดลงประมาณ 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ธงชัย ตั้งเปรมศรี และคณะ. 2537) การตัดข้าวฟ่างหวานมักตัดเหมือนอ้อย โดยการตัดยอดและกาบใบออกแล้วตัดช่อดอก หลังจากนั้นตัดลำต้นรวมเป็นมัดส่งเข้าโรงงาน เพื่อผลิตเป็นน้ำเชื่อมภายใน 24 ชั่วโมง ส่วนเมล็ดพันธุ์นั้นได้จากการกะเทาะเอาเมล็ดออกจากช่อดอกก่อน ต่อจากนั้นนำเมล็ดไปตากแดด 3 – 4 วัน เพื่อทำให้แห้ง แล้วคลุกยากันแมลงไว้เพื่อเตรียมปลูกในครั้งต่อไป (กรมวิชาการเกษตร. 2536)

2.4 การป้องกันและกำจัดวัชพืช

การไถพรวนเพื่อเตรียมดินในการปลูกข้าวฟ่าง เป็นวิธีหนึ่งที่ป้องกันการรบกวนจากวัชพืช แต่ถ้าในแปลงปลูกข้าวฟ่างหวานยังมีวัชพืชมากอาจมีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดวัชพืช เช่น ใช้ Atrazine นีดพ่นในอัตรา 350 – 480 กรัมต่อน้ำ 40 ลิตรต่อไร่ หลังจากทำการปลูกข้าวฟ่างแล้ว และดินยังมีความชื้นอยู่ เพื่อควบคุมวัชพืชไม่ให้มารบกวนข้าวฟ่างขณะที่ต้นยังเล็กอยู่ อาจใช้แรงงานคนดายหญ้า (ทำร่น) เมื่อข้าวฟ่างมีอายุประมาณ 1 เดือน (เฉลิมพล แซมเพชร. 2535) แต่ข้าวฟ่างหวานมีอาการแพ้ต่อ Atrazine ดังนั้นการใช้ Lasso นีดพ่นป้องกันกำจัดวัชพืชจะได้ผลดีกว่า (กรมวิชาการเกษตร. 2536) ธนชัย ช่างศรี (2541) รายงานว่า ถ้าไม่มีการกำจัดวัชพืชในแปลงปลูก

ข้าวฟ่างหวาน จะทำให้ผลผลิตต้นสดของข้าวฟ่างหวานลดลง 79.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งรวมถึงความสูงที่ลดลงด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่มีการกำจัดวัชพืชอยู่ตลอด

2.5 โรคและแมลงศัตรูของข้าวฟ่างหวาน

Freeman *et al.* (1986) รายงานว่า โรคที่ทำให้ความเสียหายให้แก่ข้าวฟ่างหวาน คือ โรค Leaf anthracnose และโรค Stalk red rot ซึ่งเป็นผลมาจากเชื้อ *Collectotrichum graminicolum* (Doggett, 1970) นอกจากนี้โรคอื่นที่เกิดกับข้าวฟ่างหวานเท่าที่พบในสหรัฐอเมริกา มีโรคราน้ำค้าง โรคราสนิม โรค Gray leaf spot, Bacterial stripe, Rough spot และ Zonate leaf spot เป็นต้น (ธนินฐา วุ่นวงษ์, 2546)

แมลงศัตรูที่สำคัญของข้าวฟ่างหวานคือ หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด เพลี้ยอ่อนข้าวโพด และเพลี้ยอ่อนอ้อย (นวลศรี โชตินันท์, 2549) คณะกรรมการกลุ่มปรับปรุงชุดวิชาพืชเศรษฐกิจ (2546) ได้รายงานถึง แมลงศัตรูข้าวฟ่างหวานที่สำคัญ คือ หนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่าง (Shoot fly; *Atherigona* (Rond)) แมลงชนิดนี้จะเข้าทำลายข้าวฟ่างในระยะต้นกล้า ตั้งแต่เริ่มงอกไปจนถึงข้าวฟ่างมีอายุ 45 วัน ตัวเต็มวัยมีลักษณะคล้ายแมลงวันบ้านแต่มีขนาดเล็กกว่า จะวางไข่สีขาวเป็นแท่งเดี่ยวๆ ที่ใต้ใบ เมื่อไข่ถูกฟักออกเป็นตัวหนอน (Larva) ตัวหนอนจะเข้าไปทำลายจุดเจริญของต้นข้าวฟ่าง (Growth point) ทำให้ข้าวฟ่างเกิดอาการยอดแห้ง (Dead heart) ไม่สามารถเจริญเติบโตจนสร้างช่อดอกได้ ตามปกติแล้วในพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวฟ่างปีละครั้งและปลูกพร้อมกันกับข้าวฟ่างแปลงอื่นๆ แมลงชนิดนี้มีการระบาดและเข้าทำลายน้อยมาก ส่วนในบริเวณที่ปลูกข้าวฟ่างตลอดปีหรือปลูกตามหลังข้าวฟ่างแปลงอื่นๆ มักจะถูกแมลงชนิดนี้ทำลายอยู่เสมอ วิธีการป้องกันกำจัดคือ ใช้ฟูราดาน 3 เปอร์เซ็นต์ หรือคูราเทอร์โรยพร้อมกับการหยอดเมล็ดข้าวฟ่างในอัตรา 6 – 8 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ถ้าปลูกข้าวฟ่างเก็บเมล็ดเพื่อเป็นการค้าแล้วการใช้ฟูราดาน 3 เปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันหนอนแมลงวันเจาะยอดข้าวฟ่างจะไม่คุ้มกับการลงทุน วิธีการที่ดีเพื่อหลีกเลี่ยงการระบาดของแมลงชนิดนี้ก็คือ การกำหนดวันปลูกที่เหมาะสมและปลูกข้าวฟ่างหมุนเวียนกับพืชไร่ชนิดอื่นๆ ด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2540)

2.6 ประโยชน์ของข้าวฟ่างหวาน

ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่มีความเหมาะสมที่นำมาผลิตเป็นเอทานอล เพราะน้ำคั้นของลำต้นมีความหวานใกล้เคียงกับอ้อย สามารถนำไปหีบเพื่อเอาน้ำคั้นมาหมักเป็นเอทานอลได้ไม่ต่างจากอ้อย (ประสิทธิ์ ใจศล, 2551ข) โดยให้ผลผลิตเทียบเท่ากับอ้อย คือ ผลิตเอทานอลได้ประมาณ 70 ลิตรต่อ

1 ต้นของลำต้นสด (พรเทพ ถนนแก้ว, 2549) และข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่มีคุณสมบัติทางพฤกษศาสตร์เหนือกว่าอ้อย อีกทั้งยังสามารถใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างมากกว่าอ้อย กล่าวคือ ผิวส่วนนอกของลำต้นข้าวฟ่างหวาน ที่เหลือจากการผลิตน้ำตาลแล้ว สามารถนำไปใช้การผลิตกระดาษแข็งได้ และแกนในหรือไส้จะเป็นส่วนประกอบของน้ำหวาน ซึ่งมีน้ำตาลอยู่มาก สามารถนำไปหมักผลิตเป็นแอลกอฮอล์ใช้เป็นเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ใบและเมล็ดสามารถนำไปรวมกันหมักเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์นอกจากนี้ยังใช้ทำปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งเป็นปุ๋ยธรรมชาติ หรือนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับติดไฟได้ (น้อม ชันติคุณ, 2524 ; ส่วนวิชาการสำนักงานบริหารธนาคารกสิกรไทย, 2523) สำหรับอ้อยนั้นใช้ประโยชน์เฉพาะด้านการผลิตเป็นน้ำตาล และกากอ้อยใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงติดไฟได้เท่านั้น (น้อม ชันติคุณ, 2523 ; น้อม ชันติคุณ, 2524)

นอกจากนั้นแล้วข้าวฟ่างหวานยังสามารถนำไปผลิตเป็นน้ำเชื่อมได้ดี ใช้เป็นสารให้ความหวานในอุตสาหกรรมอาหารและขนมได้ ในปัจจุบันมีการผลิตน้ำเชื่อมจากข้าวฟ่างหวานจำหน่ายในรัฐ Kentucky และ Alabama ของประเทศสหรัฐอเมริกา องค์ประกอบทางเคมีของน้ำเชื่อมจากข้าวฟ่างหวานให้คุณค่าทางโภชนาการเทียบเท่ากับน้ำผึ้ง และยังอุดมไปด้วยธาตุเหล็กและแคลเซียม (Anonymous, 2003)

2.6.1 การผลิตเป็นน้ำตาลและแอลกอฮอล์

โพลีค เจ เอ และ ดี เอฟ เคย์ (2524) อธิบายถึงการผลิตเป็นน้ำตาลและแอลกอฮอล์ ไว้ว่า การหีบน้ำตาลจากต้นข้าวฟ่างหวานโดยใช้ลูกหีบเช่นเดียวกับอ้อย ซึ่งจะมีการหีบซ้ำอีก บีบคั้นและพรมน้ำเพื่อล้างเอาน้ำตาลออกจากลำต้นของข้าวฟ่างหวานที่หีบแล้ว สำหรับช่อดอก เมล็ด หรือใบของข้าวฟ่างหวานจะต้องตัดดอกก่อนหีบ เพื่อไม่ให้มีสิ่งที่ไม่ใช่น้ำตาลเข้ามาปะปนอยู่ในน้ำหวาน การทดสอบได้ค้นพบว่า ในการเติมปูนขาว (Milk of lime) ลงในน้ำหวานเพื่อปรับระดับความเป็นกรด – ด่างอยู่ระหว่าง 7.7 – 7.9 แล้วต้มในอุณหภูมิ 130 องศาฟาเรนไฮต์ แล้วเติมสารตกตะกอน (Flocculating agent) เล็กน้อย แล้วตั้งน้ำหวานทิ้งไว้จะทำให้เกิดแป้ง 95 เปอร์เซ็นต์ และมีตะกอนอื่นๆ ลอยรวมอยู่ด้วย การต้มน้ำหวานที่ตกตะกอนแล้วนี้จะเปลี่ยนไปเป็นน้ำเชื่อม ภายใต้อุณหภูมิ 140 องศาฟาเรนไฮต์ ปฏิบัติการเช่นเดียวกับการต้มเคี่ยวน้ำเชื่อมจากอ้อย เมื่อส่วนบนของน้ำเชื่อมซึ่งมีปริมาณของน้ำหนักรวมของแข็งอื่นๆ เจือปนอยู่ 35 เปอร์เซ็นต์ ก็จะถูกกลั่นรวมออกมากับไอน้ำ และปฏิบัติซ้ำอีกเช่นเดียวกับน้ำหวานชุดแรก ทั้งนี้เพื่อบำบัดการกำจัดแป้งและสารที่ไม่ต้องการออกไป และวิธีการทำใส (Clarification) ทำได้โดย นำน้ำเชื่อมส่วนบนที่เบากว่าจะนำไปประเหยออก แล้วเติมน้ำใส่ให้เพียงพอภายใต้ระบบสุญญากาศ ก็สามารถผลิตเป็นน้ำเชื่อม 65 เปอร์เซ็นต์ มีการเติมปูนขาวและแคลเซียมคลอไรด์ลงไป เพื่อเอากรดอะโคนิติกออกจากน้ำเชื่อม ต้มจนเดือดแยกเอาสารไม่ละลายออกไปในรูปของเกล็ดอะโคนิติกออก น้ำเชื่อมจะมีสี

ใส สามารถที่จะมาทำเป็นน้ำตาลชนิดเม็ดหรือผลึกได้ต่อไป (กรดอะโคนิกเป็นแป้งที่ไม่สามารถทำให้น้ำตาลตกผลึกได้) ส่วนการผลิตแอลกอฮอล์ เมื่อเราได้น้ำหวานจากการหีบแล้วนำน้ำหวานมาเติมปูนเพื่อให้ตกตะกอนแล้วจึงนำน้ำหวานไปต้มเคี่ยวในอุณหภูมิ 246-255 องศาฟาเรนไฮต์ จนได้น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นในระดับ 35 – 36 โบเม (Baume) และน้ำเชื่อมที่ได้สามารถนำไปผลิตเป็นแอลกอฮอล์ได้

สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักเพื่อผลิตเอทานอลโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 30-35 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการหมักแอลกอฮอล์ เนื่องจากต้องการเฉพาะแอลกอฮอล์เท่านั้น จึงไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงสารที่ก่อให้เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก ซึ่งสารเหล่านี้จะระเหยได้ง่ายในอุณหภูมิสูง ดังนั้นการหมักที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ระยะเวลาการหมักสั้นลง ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตลดลง (สมใจ ศิริโชค, 2544)

2.7 ข้าวฟ่างหวานในประเทศไทย

ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ทั่วไปโดยเฉพาะในเขตร้อน (ธนัญญา วุ่นวงษ์, 2546) น้อม ชันติคุณ (2524) ได้นำเมล็ดข้าวฟ่างหวาน 3 พันธุ์ จากสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2523 ได้แก่ พันธุ์ เรย์ (Wray) คีลเลอร์ (Keller) และพันธุ์ริโอ (Rio) เพื่อนำมาปลูกทดสอบหาปริมาณน้ำตาลในการที่จะผลิตเป็นแอลกอฮอล์และทดแทนน้ำตาลจากอ้อยในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี จากการเปรียบเทียบทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีน้ำตาลของข้าวฟ่างหวานทั้ง 3 พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย ปรากฏว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความหวานของพันธุ์ Wray และ Keller สูงกว่าในสหรัฐอเมริกา แต่พันธุ์ริโอซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่าง Wray และ Keller ความบริสุทธิ์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ สำหรับการผลิตน้ำตาล และแอลกอฮอล์จากข้าวฟ่างหวาน

พรพรรณ ยานะโส และ สมยศ เดชภักดีนมงคล (2552) ได้ทดลองปลูกข้าวฟ่างหวาน 18 พันธุ์ และมีการจัดการให้น้ำชลประทานคือ ให้ข้าวฟ่างหวานได้รับการขาดน้ำ และไม่ได้รับการขาดน้ำ ผลจากการทดลองพบว่าข้าวฟ่างหวานทั้ง 18 พันธุ์นั้น พันธุ์ E36-1 มีความสูงของลำต้น น้ำหนักต้นแห้ง และผลผลิตน้ำหนักต้นสดมีค่ามากที่สุด ในขณะที่พันธุ์ ICSR 93031 มีค่าต่ำที่สุด ข้าวฟ่างหวานที่ได้รับการขาดน้ำมีผลทำให้ความสูงของลำต้น น้ำหนักแห้ง และผลผลิตน้ำหนักต้นสดมีค่าลดลง แต่ข้าวฟ่างหวานที่ไม่ขาดน้ำพบว่าไม่มีผลกระทบต่ออายุเจริญเติบโตและผลผลิต

วัชรพงศ์ วรรณวงศ์ (2551) ได้ศึกษาถึงผลของช่วงเวลาในการปลูกและการให้น้ำชลประทานที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิต ของข้าวฟ่างหวานปลูกข้าวฟ่างหวานในเดือน กุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน สิงหาคม ตุลาคม และ ธันวาคม ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ข้าวฟ่างหวานกับช่วงเวลาปลูก ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Rio มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์ Keller ข้าวฟ่างหวานที่ปลูกเร็วในเดือน เมษายน ให้

ผลผลิตน้ำหนัสดั้งสดสูงสุดในขณะที่การปลูกข้าวฟ่างหวานที่ล่าช้าออกไปคือ จากเดือน มิถุนายน ถึงเดือน ตุลาคม ผลผลิตน้ำหนัสดั้งสดของข้าวฟ่างหวานมีค่าลดลงโดยการปลูกในเดือน ธันวาคม ผลผลิตลำต้นข้าวฟ่างหวานมีค่าต่ำสุด การให้น้ำมีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวฟ่างหวานข้าวฟ่างหวานที่เจริญเติบโตภายใต้การให้น้ำที่มีความถี่มากที่สุด และปริมาณน้ำมากที่สุด มีความสูงของลำต้น น้ำหนักแห้งของลำต้นและใบ ผลผลิตน้ำหนัสดั้งสด ความยาวราก และความหนาแน่นของรากมากที่สุด ในขณะที่ข้าวฟ่างหวานที่เจริญเติบโตภายใต้การให้น้ำที่มีความถี่น้อยที่สุด และปริมาณน้ำน้อยที่สุด มีค่าต่ำที่สุด การให้น้ำในระดับความถี่และปริมาณน้ำที่น้อยนั้นมีผลทำให้ อัตราการคายน้ำ ปริมาณน้ำในใบและ ค่า Total stomata conductance มีค่าลดลง แต่อุณหภูมิใบของข้าวฟ่างหวานมีค่าเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ วัชรพงศ์ วรรณวงศ์ และ สมยศ เฉษกรรัตนมงคล (2551)

สำหรับลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวฟ่างหวานที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ มีดังต่อไปนี้คือ

ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Rio มีลักษณะเมล็ดสีขาว ต้นสูงประมาณ 2.5 – 3.0 เมตร ใบมีขนาดใหญ่ แผ่นกว้าง ช่อดอกยาวประมาณ 20 – 30 เซนติเมตร อายุการเก็บเกี่ยว ประมาณ 105 – 130 วัน หลังปลูก มีความต้านทานต่อโรค Leaf anthracnose (*Colletotrichum graminicolum*) (พันธุ์ลักษณะ กุดแกลง และคณะ. 2538) มีเปอร์เซ็นต์ความหวานของน้ำหวานประมาณ 14.30 องศาบริกซ์ (ประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์ และ กนกทิพย์ เลิศประเสริฐรัตน์. 2550)

ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller มีลักษณะเมล็ดสีน้ำตาล ต้นสูงประมาณ 2.0 – 2.5 เมตร ใบมีลักษณะใบตั้ง จะมีอายุการออกดอกที่ 67 วันหลังปลูก ใบขนาดใหญ่ ความต้านทานโรค แมลง และศัตรูพืชชนิดอื่นๆ ไม่ดี มีเปอร์เซ็นต์ความหวานของน้ำหวานประมาณ 17.61 องศาบริกซ์ (ธนียฐา วุ่นงษ์. 2546)

ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ KKKU40 มีลักษณะเมล็ดสีน้ำตาลแดง ต้นสูง 2.1 – 2.6 เมตร มีเมล็ดน้อย ช่อดอกหลวม ใบอ่อนตั้งตรง ในขณะที่ใบแก่โค้งลง เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 90-100 วันหลังปลูก (25-35 วันหลังดอกบาน) มีความต้านทานโรค แมลง และศัตรูพืชชนิดอื่นๆ ได้ดี มีเปอร์เซ็นต์ความหวาน 18-22 องศาบริกซ์ (ประสิทธิ์ ใจศีล. 2550)

ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Cowley มีลักษณะเมล็ดสีน้ำตาลอ่อนไปจนถึงสีน้ำตาลแดง ต้นสูง 2.6 – 3.2 มีเมล็ดน้อย ใบตั้งตรง มีจำนวนข้อประมาณ 17 ข้อ เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 100 วัน มีเปอร์เซ็นต์ความหวาน 15-18 องศาบริกซ์ มีน้ำหนักลำต้นประมาณ 825 กรัม (Li Guiging *et al.* 2006)

ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Ethanol 1 มีลักษณะเมล็ดสีแดงอมส้ม เมล็ดใหญ่ทรงช่อดอกมีลักษณะตั้งตรง อายุดอกบาน 56 วันหลังปลูก น้ำหนัก 1,000 เมล็ดหนัก 39 กรัม ต้นสูง 1.3 – 1.6 เมตร ใบตั้งตรงเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 110 วันมีความต้านทานโรค แมลง และศัตรูพืชชนิดอื่นๆ ได้ดีมาก มีเปอร์เซ็นต์ความหวาน 16-20 องศาบริกซ์ (บริษัท เฟอ์ดีไลเซอร์ แอนด์ ไบโอสคัล จก. 2555)

ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Ethanol 2 มีลักษณะเมล็ดสีแดงเข้ม เมล็ดใหญ่ทรงช่อดอกมีลักษณะตั้งตรง อยุ่ดอกบาน 58 วันหลังปลูกลงน้ำหนักรวม 1,000 เมล็ดหนัก 35 กรัม ต้นสูง 1.4 – 1.8 เมตร ใบตั้งตรง เก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 120 วัน มีความต้านทานโรค แมลง และศัตรูพืชชนิดอื่นๆ ได้ดีมาก มีเปอร์เซ็นต์ความหวาน 18-22 องศาบริกซ์ (บริษัท เฟอร์ติไลเซอร์ แอนด์ ไบโอสคัล จก. 2555)

กนกทิพย์ เลิศประเสริฐรัตน์ (2548) รายงานว่า พันธุ์ข้าวฟ่างหวานที่มีศักยภาพในการผลิตต้นและเมล็ดพันธุ์ คือ พันธุ์ Rio และ พันธุ์ Cowley ซึ่งได้ผลผลิตต้นสดเฉลี่ย 8 ตันต่อไร่ ผลผลิตน้ำหวานประมาณ 350 – 400 ลิตรต่อต้น ต้นสดถ้านำมาหมักเป็นเอทานอลจะได้ประมาณ 50 – 70 ลิตรต่อต้น ข้าวฟ่างหวานนี้ให้เมล็ดพันธุ์ 200 – 250 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่ง ประสิทธิ์ ใจสีล (2551) พบว่าข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยได้ดี แต่พันธุ์ที่นำเข้ามาในระยะแรกยังมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูง อันเนื่องมาจากการผสมข้ามตามธรรมชาติ จึงได้ทำการคัดเลือกพันธุ์บริสุทธิ์ (Pure line selection) จนกระทั่งได้ข้าวฟ่างหวานสายพันธุ์ใหม่ ให้ชื่อว่า พันธุ์ มข.40 ซึ่งให้ผลผลิตน้ำหวานเฉลี่ย 2,500 – 3,500 ลิตรต่อไร่ สามารถนำไปผลิตเป็นเอทานอลได้ประมาณ 250 – 420 ลิตรต่อไร่ และได้มีการปลูกทดสอบเปรียบเทียบผลผลิตต้นสดของข้าวฟ่างหวาน 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Rio, Keller, Ethanol 1 และ สุพรรณบุรี BJ 281 พบว่าข้าวฟ่างหวาน พันธุ์ Keller มีผลผลิตน้ำหนักรวมต้นสดมากที่สุด รองลงมาคือพันธุ์ Rio พันธุ์ สุพรรณบุรี BJ 281 และพันธุ์ Ethanol 1 ตามลำดับ แต่ค่าความหวานของข้าวฟ่างหวานพันธุ์ Keller จะมีย่าน้อยที่สุด เนื่องจากลำต้นมีปริมาณน้ำสะสมมากจึงทำให้มีปริมาณน้ำตาลน้อย และมีความหวานน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่นๆ ส่วนพันธุ์ที่มีความหวานมากที่สุด 2 พันธุ์ คือ สุพรรณบุรี BJ 281 และ พันธุ์ Ethanol 1 รองลงมาคือพันธุ์ Rio (ปรารอด แก้วกรุด และ สุพรรณยา หุ่นสาร. 2550) นอกจากนี้ Ratnavathi *et al.* (2003) ได้ทดสอบปลูกพันธุ์ข้าวฟ่างหวาน 5 สายพันธุ์ ได้แก่ Keller, SSV 84, BJ 248, Wray (สายพันธุ์แท้) และ NSSH 104 (ลูกผสม) พบว่าน้ำหวานในลำต้นที่หีบได้ และปริมาณน้ำตาลมีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ในพันธุ์ Wray มีค่าปริมาณน้ำหวานน้อยที่สุด เท่ากับ 3,110 ลิตรต่อไร่ และข้าวฟ่างหวานพันธุ์ SSV 84 ให้ปริมาณน้ำหวานสูงสุด เท่ากับ 5,504 ลิตรต่อไร่ ส่วนพันธุ์ Keller ให้ค่าความหวานสูงและให้ผลผลิตเอทานอลสูงด้วย

2.8 สารไกลโฟเสต (glyphosate) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

พีรเดช ทองอำไพ (2529) รายงานว่า ไกลโฟเสต [N-(phosphonomethyl)glycine] เป็นสารที่คล้ายคลึงกับ glyphosine ใช้เป็นยากำจัดวัชพืชประเภทยาดูดซึมและยังใช้เร่งการแก่และเพิ่มน้ำตาลในอ้อยได้จัดเป็นสารที่มีพิษน้อย Mason (1986) กล่าวว่าสารไกลโฟเสตชนิดนี้อาจมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่ผลก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์พืชและระดับความเข้มข้นที่

ไช้ นิรันดร์ จันทวงศ์ และคณะ (2531) รายงานว่าการให้สารไกลโฟเสทแก่อ้อย ในอัตรา 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจมีผลทำให้อ้อยเหี่ยวเฉาได้ เนื่องจากได้รับสารไกลโฟเสทที่มากเกินไป และการให้ในอัตรา 400 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจจะต่ำเกินไปจึงไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของอ้อย โดยเฉพาะอ้อยพันธุ์ F140 อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครสของอ้อยที่ได้รับไกลโฟเสทมีน้ำตาลซูโครสเพิ่มมากขึ้นถึง 15.92 เปอร์เซ็นต์ และซูโครสที่เพิ่มขึ้นก็ไม่ได้เป็นผลมาจากปริมาณน้ำในลำต้นที่ลดน้อยลง (น้ำหนักสดไม่ลด) จึงเป็นการเพิ่มซูโครสอย่างแท้จริง (Mason, 1986; Tianco and Gonzales, 1986) สอดคล้องกับการทดลองของ ปรีชา สุริยพันธุ์ และนางลักขณ์ รัตนารักษ์ (2535) ได้ทดลองพ่นสารไกลโฟเสทแก่อ้อย ซึ่งอ้อยได้มีการตอบสนองต่อไกลโฟเสทอย่างชัดเจน โดยใบอ้อยมีสีเหลืองขึ้นอยู่กับสารไกลโฟเสท การเจริญเติบโตส่วนยอดหยุดชะงักและการดูดใช้คาร์บอน (Assimilation) ลดลง แต่มีการเคลื่อนย้ายคาร์บอนซึ่งเป็นองค์ประกอบของน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น (Babu, 1979) และภายหลังการพ่นสารไกลโฟเสทควรเก็บเกี่ยวให้เสร็จภายใน 8 สัปดาห์ จึงจะให้ผลผลิตน้ำตาลสูงสุด แต่ถ้าหากมีการปล่อยทิ้งไว้นานจนเกินกว่ากำหนดก็มีผลทำให้ความหวานมีค่าลดลง (Donaldson, 1990) Richard (2009) ก็พบเช่นเดียวกันว่า เมื่อมีการฉีดพ่นสารไกลโฟเสททางใบให้กับอ้อย จะทำให้ตาของอ้อยถูกยับยั้ง แต่การเคลื่อนย้ายน้ำตาลซูโครสยังคงมีอยู่ต่อไป และหลังจากการฉีดพ่น 3 สัปดาห์ จะมีการสะสมน้ำตาลซูโครสเพิ่มมากขึ้นถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ปรีชา สุริยพันธุ์ และนางลักขณ์ รัตนารักษ์ (2535) รายงานว่าถ้ามีการพ่นสารไกลโฟเสทร่วมกับ ซีโอพีเอ ในอัตราส่วนรวมกันคือ 500+500 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้ ซี.ซี.เอส เพิ่มขึ้น 8.03 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตน้ำตาล (ต้นต่อไร่) เพิ่มขึ้น 60.86 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 650 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ Morgan *et al.* (2006) พบว่า การใช้สารไกลโฟเสทร่วมกับสารอีเทรล เป็นสารที่เร่งการสุกในอ้อย สามารถเพิ่มปริมาณของน้ำตาลซูโครสในลำต้นอ้อยให้มากขึ้นได้ หลังจากการฉีดพ่นสารทางใบ อรรถสิทธิ์ บุญธรรมและคณะ (2533) ได้พยายามใช้สารไกลโฟเสท ในการเพิ่มความหวานให้แก่อ้อยและพบว่าสามารถเพิ่มความหวานได้มากกว่า 23.6 เปอร์เซ็นต์ พิรเดช ทองอำไพ (2529) พบว่าการใช้สารไกลโฟซีนหรือสารไกลโฟเสท อัตรา 320-940 กรัมต่อไร่ ผสมน้ำ 8-24 ลิตร (ความเข้มข้นปริมาณ 4 เปอร์เซ็นต์) ทำการฉีดพ่นในช่วงอ้อยเริ่มมีการสะสมน้ำตาล จะช่วยเร่งการแก่และเพิ่มปริมาณน้ำตาล ภายหลังจากการให้สารแล้วต้องไม่มีฝนตกภายใน 4 ชั่วโมง เนื่องจากสารบางส่วนจะถูกชะล้างออกจากใบ ทำให้ไม่สามารถแสดงผลต่อพืชได้เต็มที่

2.9 ปุ๋ยโปแตสเซียมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ธาตุโปแตสเซียมจัดว่าเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ในการใช้ปุ๋ยโปแตสเซียมนี้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในใบเพิ่มขึ้น วันชัย โกศลกุล

(2525) รายงานว่าการให้ปุ๋ยโปแตสเซียมซัลเฟตกับองุ่นมีผลทำให้องุ่นมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลเพิ่มขึ้นและมีกรดต่ำลง ปรีชา พิมพ์ประภากรณ์ (2526) ได้ทดลองให้ปุ๋ยโปแตสเซียมในเตรทติดพันทางใบแก่มะม่วง พบว่ามีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในใบเพิ่มขึ้น ปรีชา ประจวบเหมาะ และคณะ (2532) ได้ทดลองให้ปุ๋ยโปแตสเซียมแก่อ้อยทางดินและพบว่าไม่ได้ทำให้ความหวานของอ้อยเพิ่มขึ้น ทั้งนี้การให้ปุ๋ยโปแตสเซียมแก่อ้อยทางดิน อาจต้องผ่านกระบวนการตรึง (Fixation) ทำให้ไม่สามารถเป็นประโยชน์แก่อ้อยได้เต็มที่ การให้โปแตสเซียมโดยการฉีดพ่นทางใบน่าจะทำให้อ้อยได้ประโยชน์มากกว่า ปรีชา พรหมณีย์ และคณะ (2536) พบว่าเมื่อนิพพานสารโปแตสเซียมในเตรทโปแตสเซียมซัลเฟต และโปแตสเซียมคลอไรด์ ในความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ให้แก่อ้อยพันธุ์สะสมน้ำตาลช้า คือพันธุ์ อู่ทอง 1 และพันธุ์ที่มีการสะสมน้ำตาลเร็ว คือ พันธุ์ 026 พบว่าปุ๋ยโปแตสเซียมทั้ง 3 ชนิด ไม่สามารถเพิ่มน้ำตาลแก่อ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ได้ แต่สามารถเพิ่มปริมาณน้ำตาลให้อ้อยพันธุ์ 026 สูงขึ้นได้ พืชที่ขาดโพแทสเซียมจะแสดงอาการที่ขอบใบโดยเฉพาะใบแก่จะมีอาการแห้งตายจากบริเวณขอบใบและลุกลามไปสู่กลางใบ การสะสมแป้งและน้ำตาลน้อยลงในอ้อยพืชพบว่าเมื่อมีเมล็ดลึบมากขึ้น ความหวานและปริมาณน้ำตาลของอ้อยลดลง คุณภาพของผลผลิตตกต่ำลง ความต้านทานต่อโรคและแมลงพืชลดลง (จินดารักษ์ วีระวุฒิ, 2541) การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในพืชพบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณของคาร์โบไฮเดรตในใบเพิ่มขึ้น มั่นทนิย์ เศรษฐภักดี (2532) ได้มีการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมทางใบแก่ข้าวโพดพบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของข้าวโพดได้ มั่นทนิย์ เศรษฐภักดี (2532) ได้ทดลองฉีดพ่นปุ๋ยโปแตสเซียมทางใบให้กับข้าวโพดพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยโปแตสเซียมในเตรท สามารถทำให้ผลผลิตข้าวโพดเพิ่มมากขึ้นได้ และมีค่ามากกว่าการฉีดพ่นปุ๋ยโปแตสเซียมคลอไรด์และโปแตสเซียมซัลเฟต นอกจากนี้ Sithanantham *et al.* (1974) ได้ศึกษาการฉีดพ่นปุ๋ยโปแตสเซียมทางใบให้กับอ้อย พบว่า ปุ๋ยโปแตสเซียมซัลเฟตสามารถเพิ่มความหวานของอ้อยมากกว่าการใช้ปุ๋ยโปแตสเซียมคลอไรด์

สำหรับศึกษาการใช้สารไกลโฟเสทเป็นสารเร่งการสุกแก่ และการใช้ปุ๋ยโปแตสเซียมเป็นปุ๋ยที่เพิ่มความหวานหรือผลผลิตนั้นมีการศึกษาในพืชชนิดอื่นๆ หลายชนิดดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่การศึกษาในข้าวฟ่างหวานนั้นจากการตรวจเอกสารทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศ ยังไม่เคยมีการศึกษากันมาก่อน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ขึ้น ซึ่งผลของการศึกษาในครั้งนี้จะมีประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวฟ่างหวานต่อไปในอนาคต