การศึกษาความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน สำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในเขตพื้นที่ จังหวัดขอนแก่นและชัยภูมิ

นางสาวกันญา โกสุมภ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2561

A STUDY ON QUANTITATIVE AND QUALITATIVE LOSSES IN SUGARCANE CHOPPER HARVESTER FOR HARVESTING KHON KAEN 3 SUGARCANE VARIETY IN KHON KAEN AND CHAIYAPHUM PROVINCE AREAS

Kanya Kosum

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Agricultural and Food Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2018

การศึกษาความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในเขตพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและชัยภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน)
ประธานกรรมการ

(อ. ดร.สามารถ บุญอาจ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.เทวรัตน์ ตรีอำนรรค)
กรรมการ

(ผศ. ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร)
กรรมการ

(อ. ดร.ประภากรณ์ แสงวิจิตร)
กรรมการ

(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กันญา โกสุมภ์ : การศึกษาความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในเขตพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและชัยภูมิ (A STUDY ON QUANTITATIVE AND QUALITATIVE LOSSES IN SUGARCANE CHOPPER HARVESTER FOR HARVESTING KHON KAEN 3 SUGARCANE VARIETY IN KHON KAEN AND CHAIYAPHUM PROVINCE AREAS) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สามารถ บุญอาจ, 269 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานวิจัยนี้ คือ การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียอ้อยทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน เพื่อนำเสนอแนวทางในการลดปริมาณการสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยนำเอาเทคนิคการออกแบบการทดสอบเชิงสถิติ แบบ2k Full Factorial Design และโปรแกรม Minitab 18 มาใช้ในการกำหนดรูปแบบการทดสอบและช่วยในการวิเคราะห์ผลของปัจจัยที่ทำการศึกษา ที่ประกอบไปด้วย ประเภทของอ้อย (อ้อยปลูกกับอ้อยตอ) แถวปลูก (แถวเดี่ยวกับแถวคู่) และชนิดของดินปลูก (ดินทรายกับดินเหนียว) ซึ่งทำการทดสอบด้วยรถตัดอ้อย Austoft 8000 เก็บเกี่ยวเฉพาะอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ไม่มีการเผา และผลจากการทดสอบในงานวิจัยนี้ พบว่า

การสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนนั้นประกอบไปด้วย 1) การสูญเสียจากชุดมีดตัดโคน 49 % ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ ประเภทของอ้อย แถวปลูก และชนิดของดินปลูก 2) การสูญเสียจากชุดโรลเลอร์ลำเลียง 26 % ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ แถวปลูก และชนิดของดินปลูก 3) การสูญเสียจากสะพานลำเลียง 16 % และ 4) การสูญเสียจากชุดพัดลมทำความสะอาด 8 % ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ ประเภทของอ้อย แถวปลูก และชนิดของดินปลูก และยังพบอีกว่า อ้อยปลูก แถวคู่ ดินเหนียว เป็นระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สามารถลดปริมาณการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดมีดตัดโคน ชุดโรลเลอร์ลำเลียง และชุดพัดลมทำความสะอาดได้ 59 % 43 % และ 83 % ตามลำดับ

การสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนนั้นประกอบไปด้วย 1) การสูญเสียจากการมียอดอ้อยเจือปนมากับท่อนอ้อย 54 % ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ ประเภทของอ้อย และแถวปลูก 2) การสูญเสียจากการมีกาบใบอ้อยเจือปนมากับท่อนอ้อย 32 % ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ ประเภทของอ้อย แถวปลูก และชนิดของดินปลูก และ 3) การสูญเสียจากการมีรากและดินเจือปนมากับท่อนอ้อย 14 % และยังพบอีกว่า อ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย เป็นระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สามารถลดปริมาณการเจือปนของยอดอ้อยและกาบใบอ้อยได้ 10 % และ 36 % ตามลำดับ

การสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยจากการแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนนั้นพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ ประเภทของอ้อย แถวปลูก และชนิดของดินปลูก และยังพบอีกว่า อ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย เป็นระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สามารถลดปริมาณการสูญเสียเชิงคุณภาพจากการแตกของอ้อยได้ 25 %

การสูญเสียเชิงปริมาณจากการลดลงของน้ำหนักของท่อนอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่ง พบว่า น้ำหนักของท่อนอ้อยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างรอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานเพิ่มขึ้น โดยอ้อยรวมมีแนวโน้มการลดลงของน้ำหนักมากกว่าอ้อยคัด

การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากจุลินทรีย์ พบว่า จุลินทรีย์ในอ้อยมีแนวโน้มคงที่ในชั่วโมงแรกของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน และเพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มเข้าสู่ชั่วโมงที่สองของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน จนกระทั่งมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงของชั่วโมงที่สามของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน

การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการลดลงของค่าความหวาน พบว่า ค่าความหวานของอ้อยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในชั่วโมงแรกของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเริ่มเข้าสู่ชั่วโมงที่สองของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน

โดยที่ความหวานของอ้อยนั้นมีอิทธิพลต่อปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในอ้อยในลักษณะของการแปรผกผันตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

การศึกษาความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในเขตพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและชัยภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ. ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน)
ประธานกรรมการ

(อ. ดร.สามารถ บุญอาจ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.เทวรัตน์ ตรีอำนรรค)
กรรมการ

(ผศ. ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร)
กรรมการ

(อ. ดร.ประภากรณ์ แสงวิจิตร)
กรรมการ

(ศ. ดร.สันติ แม้นศิริ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กันญา โกสุมภ์ : การศึกษาความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนสำหรับเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในเขตพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและชัยภูมิ (A STUDY ON QUANTITATIVE AND QUALITATIVE LOSSES IN SUGARCANE CHOPPER HARVESTER FOR HARVESTING KHON KAEN 3 SUGARCANE VARIETY IN KHON KAEN AND CHAIYAPHUM PROVINCE AREAS) อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.สามารถ บุญอาจ, 269 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการดำเนินงานวิจัยนี้ คือ การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียอ้อยทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน เพื่อนำเสนอแนวทางในการลดปริมาณการสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยนำเอาเทคนิคการออกแบบการทดสอบเชิงสถิติ แบบ2k Full Factorial Design และโปรแกรม Minitab 18 มาใช้ในการกำหนดรูปแบบการทดสอบและช่วยในการวิเคราะห์ผลของปัจจัยที่ทำการศึกษา ที่ประกอบไปด้วย ประเภทของอ้อย (อ้อยปลูกกับอ้อยตอ) แถวปลูก (แถวเดี่ยวกับแถวคู่) และชนิดของดินปลูก (ดินทรายกับดินเหนียว) ซึ่งทำการทดสอบด้วยรถตัดอ้อย Austoft 8000 เก็บเกี่ยวเฉพาะอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ไม่มีการเผา และผลจากการทดสอบในงานวิจัยนี้ พบว่า

การสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนนั้นประกอบไปด้วย 1) การสูญเสียจากชุดมีดตัดโคน 49 % ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ ประเภทของอ้อย แถวปลูก และชนิดของดินปลูก 2) การสูญเสียจากชุดโรลเลอร์ลำเลียง 26 % ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ แถวปลูก และชนิดของดินปลูก 3) การสูญเสียจากสะพานลำเลียง 16 % และ 4) การสูญเสียจากชุดพัดลมทำความสะอาด 8 % ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ ประเภทของอ้อย แถวปลูก และชนิดของดินปลูก และยังพบอีกว่า อ้อยปลูก แถวคู่ ดินเหนียว เป็นระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สามารถลดปริมาณการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดมีดตัดโคน ชุดโรลเลอร์ลำเลียง และชุดพัดลมทำความสะอาดได้ 59 % 43 % และ 83 % ตามลำดับ

การสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนนั้นประกอบไปด้วย 1) การสูญเสียจากการมียอดอ้อยเจือปนมากับท่อนอ้อย 54 % ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ ประเภทของอ้อย และแถวปลูก 2) การสูญเสียจากการมีกาบใบอ้อยเจือปนมากับท่อนอ้อย 32 % ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ ประเภทของอ้อย แถวปลูก และชนิดของดินปลูก และ 3) การสูญเสียจากการมีรากและดินเจือปนมากับท่อนอ้อย 14 % และยังพบอีกว่า อ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย เป็นระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สามารถลดปริมาณการเจือปนของยอดอ้อยและกาบใบอ้อยได้ 10 % และ 36 % ตามลำดับ

การสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยจากการแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนนั้นพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียนี้ คือ ประเภทของอ้อย แถวปลูก และชนิดของดินปลูก และยังพบอีกว่า อ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย เป็นระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สามารถลดปริมาณการสูญเสียเชิงคุณภาพจากการแตกของอ้อยได้ 25 %

การสูญเสียเชิงปริมาณจากการลดลงของน้ำหนักของท่อนอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่ง พบว่า น้ำหนักของท่อนอ้อยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างรอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานเพิ่มขึ้น โดยอ้อยรวมมีแนวโน้มการลดลงของน้ำหนักมากกว่าอ้อยคัด

การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากจุลินทรีย์ พบว่า จุลินทรีย์ในอ้อยมีแนวโน้มคงที่ในชั่วโมงแรกของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน และเพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มเข้าสู่ชั่วโมงที่สองของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน จนกระทั่งมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงของชั่วโมงที่สามของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน

การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการลดลงของค่าความหวาน พบว่า ค่าความหวานของอ้อยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในชั่วโมงแรกของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเริ่มเข้าสู่ชั่วโมงที่สองของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน

โดยที่ความหวานของอ้อยนั้นมีอิทธิพลต่อปริมาณจุลินทรีย์ที่พบในอ้อยในลักษณะของการแปรผกผันตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

KANYA KOSUM : A STUDY ON QUANTITATIVE AND QUALITATIVE LOSSES IN SUGARCANE CHOPPER HARVESTER FOR HARVESTING KHON KAEN 3 SUGARCANE VARIETY IN KHON KAEN AND CHAIYAPHUM PROVINCE AREAS. THESIS ADVISOR : SAMART BUN-ART, Ph.D., 269 PP.

SUGARCANE HARVESTER/LOSSES OF SUGARCANE/IMPURITIES OF SUGARCANE/RUPTURED BILLETS

The objectives of this research are to study the factors influencing the losses of sugarcane in both quantity and quality resulting from the operating process of sugarcane harvester, to propose ways to reduce the amount of losses that occur by adopting techniques designed to test statistical 2k full factorial design and the Minitab V. 18 program used to determine the test pattern and to help analyze the results of the study factors consisting of sugarcane type (plant-sugarcane, ratoon-sugarcane), planting (single-row, double-row) and soil type (sand, clay). Which was tested with Austoft 8000 sugarcane harvester series, harvested only Khon Kaen 3 sugarcane without burning and the results of the tests in this research found that:

The variance analysis done at a significance level of 0.05, the quantitative losses of sugarcane from the operating process of the sugarcane harvester consists of 1) 49% from base cutter, by factors that influences this loss are sugarcane type and soil type. 2) 26% from rollers, the factor that influences this loss are the planting and soil type. 3) 16% from elevator. And 8% from primary extractor, by factors that influence this loss are the sugarcane type, planting and soil type. Also found that plant-sugarcane, double-rows and clay is the level of suitable factors that can reduce

the amount of sugarcane losses from the operating process of the base cutter, rollers and primary extractor up to 59%, 43% and 83%, respectively.

The quantitative losses of sugarcane from the impurities adhering to harvested from sugarcane harvester are following types of impurities can be classified as tops at 54%, trash at 32%, and root and soil at 14%. Also found that ratoon-sugarcane, double-rows and sand is the level of suitable factors that can reduce the amount of impurities adhering from the operating process of tops and trash up to 10% and 36%, respectively.

The quality losses of sugarcane from the ruptured billets when harvesting sugarcane with sugarcane harvester. The experiments showed that the three factors affected the quantity of ruptures billets. And ratoon-sugarcane, double-row and sand is the level of suitable factors that can reduce the amount of ruptures billets by 25%.

Quantitative loss due to the reduction of the weight of the billets after harvesting and waiting for transportation. It was found that the weight of the billets decreased when the post-harvest period was waiting for more sugarcane transport to the sugar mall.

The study of quality loss of sugarcane after harvest to wait for transportation. It was found that the microbial contamination of sugarcane has an influence on the sweetness in sugarcane in the manner of inversion according to the post-harvest period and is the cause of the sugarcane spoiled.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Agricultural Engineering

Academic Year 2018

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จลุล่วงด้วยดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเกิดขึ้นมิได้ ถ้าหากไม่ได้รับความกรุณาจากอาจารย์ ดร.สามารถ บุญอาจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ ความช่วยเหลือคำปรึกษา และชี้แนวทางในการทำวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนแล้วเสร็จ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความเมตตาของท่าน

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทวรัตน์ ตรีอำนรรค ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร และอาจารย์ ดร.ประภากรณ์ แสงวิจิตร คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์

ขอขอบพระคุณ คุณทรงศักดิ์ ผาจันทร์ดา คุณโยธิน แก้วศรีพรหม คุณอนุพงษ์ นามเจริญ คุณวิธิวัต วันไธสงค์ และคุณเกียรติสุดา สุวรรณปา ที่ให้ความรู้ ให้ข้อคิด และมุมมองของการทำวิจัย ในอีกด้านที่ผู้วิจัยมองข้าม และที่สำคัญคือ ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณปรัชญา พละพันธุ์ สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือในการวิเคราะห์งานด้วยโปรแกรม Minitab

ขอขอบคุณ คุณนัฐพิชนต์ บุตรี และคุณกำพล อรนนท์ สำหรับความช่วยเหลือที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิศวกรรมเกษตรและอาหารทุกคน สำหรับคำปรึกษาที่ดีและกำลังใจในวันที่คิดอะไรไม่ออก และที่คอยช่วยเหลือในการทดลองจนเสร็จสิ้น

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ และพี่ๆ ที่เป็นพลังผลักดัน ที่ให้การสนับสนุนและส่งเสริมในเรื่องการศึกษาเป็นอย่างดี ผู้วิจัยรู้สึกสำนึกในความเสียสละของท่านมาโดยตลอด

กันญา โกสุมภ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญรูป ..... ฒ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... บ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 5
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย 5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอ้อย 8
2.1.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของอ้อย 10
2.1.2 การจำแนกพันธุ์อ้อย 14
2.1.3 สิ่งที่ควรพิจารณาในการเลือกใช้พันธุ์อ้อย 15
2.1.4 พันธุ์อ้อย 15
2.1.5 การเจริญเติบโตและระยะการเจริญเติบโตของอ้อย 18
2.1.6 สมบัติของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย 19
2.1.7 องค์ประกอบของพืชอ้อย 23
2.2 ขั้นตอนการผลิตอ้อย 24
2.2.1 การปลูกอ้อย 24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.2 การปฏิบัติรักษาหลังปลูก 26
2.3 คำแนะนำสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อย 32
2.3.1 ควรตัดอ้อยให้ชิดดิน 33
2.3.2 ตัดอ้อยให้สะอาด 34
2.3.3 ควรตัดอ้อยสด 34
2.4 รถตัดอ้อย 34
2.4.1 ชนิดของรถตัดอ้อย 34
2.4.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของรถตัดอ้อย 35
2.4.3 กระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย 41
2.5 การสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อย 43
2.5.1 การสูญเสียเชิงปริมาณระหว่างการเก็บเกี่ยวอ้อย จากแปลงขึ้นรถบรรทุก 43
2.5.2 การสูญเสียเชิงปริมาณระหว่างที่อ้อยอยู่ บนรถบรรทุกในแปลง 44
2.5.3 การสูญเสียเชิงคุณภาพจากการเก็บเกี่ยวอ้อย ด้วยรถตัดอ้อย 44
2.6 ระบบการซื้ออ้อยของโรงงาน 44
2.6.1 การซื้อตามน้ำหนัก 44
2.6.2 การซื้อตามคุณภาพ 45
2.6.3 การตรวจสอบคุณภาพอ้อยและการปฏิเสธการรับซื้ออ้อย 45
2.7 คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ดีสำหรับโรงงานน้ำตาล 46
2.7.1 ต้องการทั้งปริมาณอ้อยและคุณภาพอ้อย 47
2.7.2 ต้องการอ้อยตัดสดหรืออ้อยเผาตัดที่ไม่ค้างไร่ 47
2.7.3 ไม่ต้องการวัตถุดิบที่ถูกไฟไหม้ยืนต้นทิ้งไว้ 47
2.7.4 ต้องการวัตถุดิบที่ได้อายุการเก็บเกี่ยว 47
2.8 จุลินทรีย์ 47

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8.1 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ 48
2.8.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ 48
2.8.3 การเจริญของจุลินทรีย์ 49
2.9 ลักษณะของดินในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น และชัยภูมิ 51
2.10 การทดลองและการออกแบบการทดลอง 58
2.10.1 คำศัพท์ที่ควรรู้จักเกี่ยวกับการทดลอง 59
2.10.2 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง 61
2.10.3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของการทดลอง 62
2.10.4 หลักการพื้นฐาน 3 ประการ สำหรับการออกแบบการทดลอง 63
2.10.5 ประเภทของแผนการทดลอง 64
2.11 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 65
2.11.1 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย 65
2.11.2 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2k 66
2.11.3 การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล แบบ 2 ระดับ 66
2.11.4 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล แบบ 3 ระดับ 67
2.11.5 ข้อดีและข้อเสียของการทดลองชนิดแฟคทอเรียล 67
2.12 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ 67
2.12.1 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอย 68
2.12.2 ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ในการวิเคราะห์การถดถอย 68
2.12.3 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยว 68
2.12.4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ 69
2.12.5 การแปลความหมายค่า R-Square 71
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 74
3 วิธีดำเนินการวิจัย 83

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 83
3.1.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับรถตัดอ้อย 83
3.1.2 ศึกษาเกี่ยวกับพันธุ์อ้อยที่มีการปลูกในพื้นที่ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดชัยภูมิ 83
3.2 การออกแบบแผนการทดสอบและวิธีดำเนินการ 83
3.2.1 การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจาก กระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 85
3.2.2 การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากปริมาณสิ่งเจือปน ที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 94
3.2.3 การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยจากปริมาณการแตก ของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 98
3.2.4 การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณจากการลดลงของ น้ำหนักของท่อนอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่ง 100
3.2.5 การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลัง การเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากจุลินทรีย์ 103
3.2.6 การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว ระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการลดลงของค่าความหวาน 105
3.3 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะ 107
3.3.1 การสรุปผลงานวิจัย 107
3.3.2 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ 107
3.3.3 การจัดทำข้อเสนอแนะ 107
4 ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล 109
4.1 ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 109
4.1.1 ผลการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับ รถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 109

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2 ผลการศึกษาเกี่ยวกับพันธุ์อ้อยที่มีการปลูกในพื้นที่ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดชัยภูมิ 112

4.2 ผลจากการออกแบบแผนการทดสอบและวิธีดำเนินการ 113

4.2.1 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อย จากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 113

4.2.2 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจาก ปริมาณสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จาก การเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 149

4.2.3 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยจาก ปริมาณการแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการ เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 169

4.2.4 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณจากการลดลงของ น้ำหนักของท่อนอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่ง 178

4.2.5 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อย หลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากจุลินทรีย์ 182

4.2.6 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บ เกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการลดลงของค่าความหวาน 187

4.3 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะ 191

4.3.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 191

4.3.2 การวิเคราะห์ต้นทุน 195

4.3.3 เสนอแนวทางการลดการสูญเสียที่เกิดจากการศึกษา กระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย ชนิดสับท่อน 197

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 200

5.1 สรุปผลการวิจัย 200

5.1.1 จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 201

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.2 จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 201
5.1.3 จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 202
5.2 ข้อเสนอแนะ 203
5.2.1 ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการทำวิจัย 203
5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป 203
รายการอ้างอิง 204
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Minitab กับการทดลองแฟคทอเรียล 215
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Minitab กับฟังก์ชั่น Comparisons 233
ภาคผนวก ค รูปประกอบการทดสอบ 241
ภาคผนวก ง การเก็บตัวอย่างและการตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างอ้อย 259
ภาคผนวก จ การหาประสิทธิภาพในการทำงานของรถตัดอ้อย 264
ภาคผนวก ฉ บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา 267
ประวัติผู้เขียน 269

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 การสูญเสียน้ำหนักอ้อยและรายได้จากตออ้อยที่เหลือในไร่ 33
2.2 รายได้ที่สูญเสียเนื่องจากสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อย 33
3.1 ปัจจัยและระดับที่ทำการศึกษาในการทดสอบที่ 3.2.1 86
3.2 ลำดับการทดสอบของการออกแบบการทดสอบในการศึกษาการ
สูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 86
3.3 ปัจจัยและระดับที่ทำการศึกษาในการทดสอบที่ 3.2.2 94
3.4 ลำดับการทดสอบของการออกแบบการทดสอบในการศึกษาปริมาณ
สิ่งเจือปนที่ติดมากับท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วย
รถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 95
3.5 ปัจจัยและระดับที่ทำการศึกษาในการทดสอบที่ 3.2.3 98
3.6 ลำดับการทดสอบของการออกแบบการทดสอบในการศึกษาปริมาณ
การแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 99
3.7 ปัจจัยและระดับที่ทำการศึกษาในการทดลองที่ 3.2.4 101
3.8 ลำดับการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณ (น้ำหนัก) ของ
ท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 101
3.9 ปัจจัยและระดับที่ทำการศึกษาในการทดสอบที่ 3.2.5 103
3.10 ลำดับการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลัง
การเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์ 103
3.11 ปัจจัยและระดับที่ทำการศึกษาในการทดสอบที่ 3.2.6 105
3.12 ลำดับการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลัง
การเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการลดลงของค่าความหวาน 106
4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของแปลงอ้อย 113
4.2 ข้อมูลสภาพของอ้อยในแต่ละแปลง 118
4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของลักษณะแถวปลูกกับ
จำนวนลำอ้อย 119

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.4 ผลการเปรียบเทียบระดับของปัจจัยแถวปลูกด้วยฟังก์ชั่น Comparisons 120
4.5 ประสิทธิภาพในการทำงานของรถตัดอ้อยในแต่ละแปลง 120
4.6 ผลของการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 123
4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียจากชุดมีดตัดโคน 134
4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียจากชุดโรลเลอร์ลำเลียง 135
4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียจากพัดลมทำความสะอาด 136
4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียจากสะพานลำเลียง 137
4.11 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 147
4.12 ผลของปริมาณสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 149
4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย 158
4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบอ้อย 159
4.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสิ่งเจือปนชนิดรากและดิน 160
4.16 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งเจือปนกับอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 167
4.17 น้ำหนักของอ้อยตัวอย่างที่มีการแตกจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 169
4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเสียหายจากการแตกของท่อนอ้อย 174
4.19 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อการแตกของท่อนอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 177
4.20 ผลการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณ (น้ำหนัก) ของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 179
4.21 ผลการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพ (จุลินทรีย์) ของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 183

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.22 ผลการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพ (ความหวาน) ของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 187
4.23 สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 193
4.24 สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 194
4.25 การเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียจากแปลงอ้อยปลูกกับอ้อยตอ 195
4.26 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวอ้อยระหว่างรถตัดอ้อยกับแรงงานคน 196
4.27 ปัญหาและแนวทางแก้ไขเกี่ยวกับรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 197
ก.1 Analysis of Variance ครั้งที่ 1 222
ก.2 Model Summary ครั้งที่ 1 222
ก.3 Coded Coefficients ครั้งที่ 1 223
ก.4 Analysis of Variance ครั้งที่ 2 225
ก.5 Model Summary ครั้งที่ 2 225
ก.6 Coded Coefficients ครั้งที่ 2 226
ก.7 ผลการทำ Response Optimization: primary extractor, rollers, basecutter 231
ข.1 General Linear Model: Stalks per area versus planting, stalks per grove 237
ข.1 การวิเคราะห์ครั้งที่ 2 239
จ.1 ผลการทำ Cube กับ Optimization 266

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ต้นอ้อย 11
2.2 ใบอ้อย 13
2.3 ขอนแก่น 3 16
2.4 แอลเค 92-11 17
2.5 รถตัดอ้อยชนิดตัดเป็นลำ 35
2.6 รถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 35
2.7 ส่วนประกอบของรถตัดอ้อย 36
2.8 ชุดตัดยอดอ้อย 37
2.9 ชุดเกลียวแบ่งอ้อย 37
2.10 ชุดมีดตัดโคนอ้อย 38
2.11 ชุดโรลเลอร์ลำเลียง 39
2.12 ชุดมีดสับท่อนอ้อย 39
2.13 ชุดพัดลมทำความสะอาดท่อนอ้อย 40
2.14 ชุดสะพานลำเลียงอ้อย 41
2.15 กระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย 42
2.16 กราฟการเติบโตของจุลินทรีย์เซลล์เดี่ยว 50
2.17 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.กวางโจน อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ 51
2.18 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.หนองคอนไทย อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ 52
2.19 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.บ้านแก้ง อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ 53
2.20 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.โคกสะอาด อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ 53
2.21 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.นาหนองทุ่ม อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ 54
2.22 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.ผักปัง อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ 55
2.23 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.บ้านเพชร อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ 56
2.24 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.โนนคูณ อ.คอนสาร จ.ชัยภูมิ 57
2.25 แผนที่กลุ่มชุดดิน อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น 58

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.26 ปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ 63
2.27 อิทธิพลของปัจจัยร่วมที่ไม่มีผล และมีผล 66
2.28 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนภาพเศษเหลือ 71
2.29 ตัวอย่างการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล 72
2.30 ตัวอย่างแผนภาพของเส้นตัวแบบ 73
2.31 ตัวอย่างแผนภาพเศษเหลือ 74
3.1 ภาพรวมแนวทางการทดสอบของงานวิจัย 84
3.2 รถตัดอ้อยที่ใช้ในการทดสอบ 88
3.3 ตำแหน่งเก็บข้อมูลในแปลงทดสอบ 90
4.1 ตำแหน่งของกระบวนการที่ทำให้เกิดการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพ 110
4.2 ร้อยละของพันธุ์อ้อยที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและชัยภูมิ 112
4.3 สภาพของแปลงอ้อยตัวอย่างก่อนการเก็บเกี่ยว 115
4.4 สภาพของแปลงอ้อยตัวอย่างขณะทำการเก็บเกี่ยว 116
4.5 สภาพของแปลงอ้อยตัวอย่างหลังการเก็บเกี่ยว 117
4.6 ตำแหน่งการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนที่พบการสูญเสียอ้อย 125
4.7 แนวโน้มของการสูญเสียอ้อยที่เกิดจากกระบวนการทำงาน ของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 127
4.8 ความสูญเสียของอ้อยที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของ รถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 127
4.9 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับการสูญเสีย จากชุดมีดตัดโคน 130
4.10 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับการสูญเสีย จากระบบโรลเลอร์ลำเลียง 131
4.11 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับการสูญเสีย จากพัดลมทำความสะอาด 132

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.12 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับการสูญเสีย
จากสะพานลำเลียง 133
4.13 ผลของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียจาก
การตัดตอสูงของชุดมีดตัดโคน 138
4.14 ผลของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียจาก
ชุดโรลเลอร์ลำเลียง 139
4.15 ผลของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียจาก
ชุดพัดลมทำความสะอาด 140
4.16 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่อการสูญเสียจาก
การตัดตอสูงของชุดมีดตัดโคน 141
4.17 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่อการสูญเสียจาก
ชุดโรลเลอร์ลำเลียง 142
4.18 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่อการสูญเสียจาก
พัดลมทำความสะอาด 143
4.19 สภาวะที่ส่งผลต่อค่าการสูญเสียอ้อยจากชุดมีดตัดโคน 144
4.20 สภาวะที่ส่งผลต่อค่าการสูญเสียอ้อยจากชุดโรลเลอร์ลำเลียง 145
4.21 สภาวะที่ส่งผลต่อค่าการสูญเสียอ้อยจากพัดลมทำความสะอาด 146
4.22 จุดที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยของการสูญเสียอ้อยจาก
กระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 148
4.23 ชนิดของสิ่งเจือปนที่ได้จากการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อย 151
4.24 ชนิดของสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 153
4.25 แนวโน้มของสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วย
รถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 153
4.26 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับ
ปริมาณสิ่งเจือปน ชนิดยอดอ้อย 155

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.27 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับ
ปริมาณสิ่งเจือปน ชนิดกาบใบอ้อย 156
4.28 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับ
ปริมาณสิ่งเจือปน ชนิดรากและดิน 157
4.29 ผลกระทบของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปน
ชนิดยอดอ้อย 161
4.30 ผลกระทบของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปน
ชนิดกาบใบอ้อย 162
4.31 ผลกระทบของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่อปริมาณสิ่งเจือปน
ชนิดยอดอ้อย 163
4.32 ผลกระทบของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย
ต่อปริมาณสิ่งเจือปน ชนิดกาบใบ 164
4.33 สภาวะที่ส่งผลต่อปริมาณการเจือปนของยอดอ้อย 165
4.34 สภาวะที่ส่งผลต่อปริมาณการเจือปนของกาบใบ 166
4.35 จุดที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยของปริมาณสิ่งเจือปนกับท่อนอ้อย
ที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 168
4.36 ตัวอย่างของท่อนอ้อยที่มีการแตกจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย
(ก) ท่อนอ้อยที่สมบูรณ์ (ข) ท่อนอ้อยที่ไม่สมบูรณ์ 171
4.37 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับ
การเสียหายจากการแตกหักของท่อนอ้อย 173
4.38 ผลกระทบของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย
ต่อการแตกของท่อนอ้อย 175
4.39 สภาวะที่ส่งผลต่อการแตกของท่อนอ้อย 176
4.40 จุดที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่ทำให้อ้อยที่เก็บเกี่ยว
ด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนเกิดการแตก 178

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของอ้อยกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน(ก) อ้อยรวม (ข) อ้อยคัด และ (ค) เปรียบเทียบอ้อยรวมกับอ้อยคัด 180

4.42 ร้อยละของความแตกต่างของน้ำหนักของอ้อยกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว 182

4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุลินทรีย์ในอ้อยกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน(ก) อ้อยรวม (ข) อ้อยคัด และ (ค) เปรียบเทียบอ้อยรวมกับอ้อยคัด 184

4.44 ร้อยละของความแตกต่างของจำนวนจุลินทรีย์ของอ้อยกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว 186

4.45 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหวานของอ้อยกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน(ก) อ้อยรวม (ข) อ้อยคัด และ (ค) เปรียบเทียบอ้อยรวมกับอ้อยคัด 188

4.46 ร้อยละของความแตกต่างของความหวานกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว 190

4.43 ผลที่ได้จากการทดสอบของงานวิจัย 192

ก.1 ไอคอนของโปรแกรม 216

ก.2 ลำดับการออกแบบการทดลอง 216

ก.3 หน้าต่าง Create Factorial Design Display Available Design 217

ก.4 หน้าต่าง Create Factorial Design 217

ก.5 หน้าต่าง Create Factorial Design : Design 218

ก.6 หน้าต่าง Create Factorial Design : Factors 218

ก.7 หน้าต่าง Create Factorial Design : Options 219

ก.8 หน้าต่าง Worksheet 219

ก.9 หน้าต่างที่บันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง 220

ก.10 หน้าต่างการวิเคราะห์ผล 220

ก.11 หน้าต่าง Analyze Factorial Design : Terms ครั้งที่ 1 221

ก.12 หน้าต่าง Analyze Factorial Design : Graphs 221

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ก.13 ถึงอิทธิพลของปัจจัยต่อผลตอบสนอง ครั้งที่ 1 223
ก.14 ผลการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด ครั้งที่ 1 224
ก.15 หน้าต่าง Analyze Factorial Design : Terms ครั้งที่ 2 224
ก.16 ถึงอิทธิพลของปัจจัยต่อผลตอบสนอง ครั้งที่ 2 226
ก.17 ผลการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด ครั้งที่ 2 227
ก.18 ลำดับการวิเคราะห์ผล 227
ก.19 หน้าต่าง Factorial Plot 228
ก.20 ผลกระทบของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสีย 228
ก.21 ผลกระทบของปัจจัยร่วมที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสีย 229
ก.22 กราฟสภาวะของผลตอบสนองที่ปัจจัยต่าง ๆ 229
ก.23 หน้าต่าง Response Optimization 230
ก.24 กราฟผลการทำ Response Optimization 232
ข.1 ไอคอนของโปรแกรม 234
ข.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ 234
ข.3 หน้าต่าง General Linear Model: Random/Nest 235
ข.4 หน้าต่าง General Linear Model: Graphs 235
ข.5 หน้าต่าง General Linear Model: Model 236
ข.6 หน้าต่าง General Linear Model: Results 236
ข.7 ผลการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด 238
ข.8 หน้าต่าง General Linear Model: Comparisons 238
ข.9 หน้าต่าง General Linear Model: Faction Plot 239
ข.10 ผลกระทบของปัจจัยหลัก 240
ข.10 ผลกระทบของปัจจัยร่วม 240
ค.1 การเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 242
ค.2 การท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 242
ค.3 ลักษณะของตออ้อย 243

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ค.4 ลักษณะของท่อนอ้อยที่ถูกเฉือนและหล่นในแปลง 243
ค.5 ลักษณะของท่อนอ้อยที่ล่วงหล่นในแปลง 244
ค.6 ลักษณะของยอดอ้อย 244
ค.7 ลักษณะของท่อนอ้อยสะอาด 245
ค.8 ลักษณะของรากและดิน 245
ค.9 ลักษณะของกาบใบ 246
ค.10 ลักษณะของท่อนอ้อยพร้อมสิ่งเจือปน 246
ค.11 ท่อนอ้อยที่หล่นจากสะพานลำเลียง 247
ค.12 ลักษณะของอ้อยที่แตกจากชุดมีดตัดโคน 247
ค.13 ลักษณะของอ้อยที่หล่นอยู่ในแปลง เพราะไม่ผ่านกระบวนการของชุดโรลเลอร์ลำเลียง 248
ค.14 ลักษณะของท่อนอ้อยที่แตก 248
ค.15 ตัวอย่างของท่อนอ้อยที่หล่นจากสะพานลำเลียง 249
ค.16 ตัวอย่างของท่อนอ้อยที่ออกมาจากพัดลมทำความสะอาด 249
ค.17 ตัวอย่างการเก็บตัวอย่างเพื่อวัดบริกซ์และ Swab เชื้อ 250
ค.18 ตัวอย่างการวัดบริกซ์ 250
ค.19 ตัวอย่างการทำ Dilution 251
ค.20 ตัวอย่างการเจือจางเชื้อที่ได้จากท่อนอ้อยเพื่อนำไปเลี้ยงเชื้อ 251
ค.21 ตัวอย่างการกวนสาร 252
ค.22 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 0 hr (10^{-1}) 252
ค.23 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 0 hr (10^{-2}) 253
ค.24 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 0 hr (10^{-3}) 253
ค.25 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 1 hr (10^{-1}) 254
ค.26 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 1 hr (10^{-2}) 254
ค.27 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 1 hr (10^{-3}) 255
ค.28 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 2 hr (10^{-1}) 255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ค.29 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 2 hr (10^{-3}) 256
ค.30 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 2 hr (10^{-3}) 256
ค.31 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 3 hr (10^{-1}) 257
ค.32 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 3 hr (10^{-2}) 257
ค.33 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 3 hr (10^{-3}) 258
ง.1 การเจือจางจุลินทรีย์ 260
ง.2 ขั้นตอนการเพาะเชื้อด้วยเทคนิค pour plat และ spread plate 261

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

W_{aver}	=	น้ำหนักเฉลี่ยของอ้อย (กิโลกรัมต่อลำ)
W	=	น้ำหนักอ้อย (กิโลกรัม)
N	=	จำนวนลำอ้อย (ลำ)
A_{simp}	=	พื้นที่ตัวอย่าง (ตารางเมตร)
$Width$	=	หน้ากว้างของร่องอ้อย (เมตร)
N_1	=	จำนวนลำต่อไร่
ρ_{cane}	=	ความหนาแน่นของอ้อย (ตันต่อไร่)
$WC_{@theoreticd}$	=	อัตราการทำงานเชิงทฤษฎี (ไร่ ต่อ ชั่วโมง)
$Width_{cane}$	=	หน้ากว้างในการทำงานของรถตัดอ้อย (เมตร)
$time_{operate}$	=	เวลาที่รถตัดอ้อยวิ่งผ่าน (ชั่วโมง)
$WC_{@area}$	=	อัตราการทำงานจริงเชิงพื้นที่ (ไร่ ต่อ ชั่วโมง)
A_{harves}	=	พื้นที่ที่ตัดอ้อย (ไร่)
T_{total}	=	เวลาในการทำงานทั้งหมด (ชั่วโมง)
WC	=	อัตราการทำงานจริงเชิงวัสดุ (ตัน ต่อ ชั่วโมง)
$Cane_{harves}$	=	ปริมาณอ้อยที่ตัดได้ (ตัน)
T_{total}	=	เวลาในการทำงานทั้งหมด (ชั่วโมง)
TE	=	ประสิทธิภาพการทำงานเชิงเวลา (%)
$loss_{cane,1}$	=	การสูญเสียจากการตัดตอสูง (กิโลกรัม ต่อ ไร่)
$W_{cane,1}$	=	น้ำหนักอ้อยที่ได้จากการตัดตออ้อยที่เหลือในพื้นที่สุ่ม (กิโลกรัม)
$loss_{cane,2}$	=	การสูญเสียจากการลำเลียงอ้อย (กิโลกรัม ต่อ ไร่)
$W_{cane,2}$	=	น้ำหนักอ้อยที่ได้จากการเก็บลำอ้อยที่เหลือในพื้นที่สุ่ม (กิโลกรัม)
$loss_{cane,3}$	=	การสูญเสียจากพัดลมใหญ่ (กิโลกรัม ต่อ ไร่)
$W_{cane,3}$	=	น้ำหนักอ้อยที่ได้จากเก็บอ้อยท่อนด้านยอดที่เหลือในพื้นที่สุ่ม (กิโลกรัม)
$loss_{cane,4}$	=	การสูญเสียจากการลำเลียงขึ้นรถบรรทุก (กิโลกรัม ต่อ ไร่)
$W_{cane,4}$	=	น้ำหนักอ้อยที่ได้จากการเก็บอ้อยท่อนที่เหลือในพื้นที่สุ่ม (กิโลกรัม)
$W_{loss@1hr}$	=	น้ำหนักที่สูญเสียจากท่อนอ้อยเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง (กิโลกรัม)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$W_{cane@1hr}$	=	น้ำหนักอ้อยหลังเก็บเกี่ยวผ่านไป 1 ชั่วโมง (กิโลกรัม)
W_{cane}	=	น้ำหนักอ้อยหลังเก็บเกี่ยว (กิโลกรัม)
$impur$	=	สิ่งเจือปนจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย (เปอร์เซ็นต์)
W_{impur}	=	น้ำหนักสิ่งเจือปนจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย (กิโลกรัม)
W_{total}	=	น้ำหนักอ้อยทั้งหมด (กิโลกรัม)
EFF	=	ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลา (เปอร์เซ็นต์)
TFC	=	ความสามารถในการทำงานเชิงทฤษฎี (ไร่ต่อชั่วโมง)
$Width_{work}$	=	หน้ากว้างของพื้นที่ในการทำงาน (เมตร)
$Speed_{work}$	=	ความเร็วในการทำงาน (ชั่วโมง)
FC	=	ความสามารถจริงในการทำงานเชิงพื้นที่ (ไร่ต่อชั่วโมง)
$Working_area$	=	พื้นที่เก็บเกี่ยวต่อ 1 คันรถบรรทุก (ไร่)
$time$	=	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)
K	=	อัตราส่วนระหว่างสิ่งเจือปนกับท่อนอ้อย
$W_{impurities_type/area}$	=	น้ำหนักของสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย กาบใบอ้อย รากและดิน (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)
$W_{billets/area}$	=	น้ำหนักของท่อนอ้อย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)
F	=	อัตราการป้อนของรถตัดอ้อย (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
W_{total}	=	น้ำหนักของอ้อยรวมสิ่งเจือปนที่เก็บเกี่ยวได้ต่อหน่วยพื้นที่ (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)
dS/m	=	deciSiemens ต่อเมตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลนั้น เป็นอุตสาหกรรมที่สร้างประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติเป็นอย่างมาก โดยสามารถนำรายได้เข้าสู่ประเทศ 121,369 ล้านบาท ในปี 2560 ที่ผ่านมาซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลรายใหญ่ อันดับ 3 ของโลก รองจากอินเดีย และสหภาพยุโรป (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) โดยประเทศผู้นำเข้าน้ำตาลจากไทยที่สำคัญ คือ อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น จีน มาเลเซีย และกัมพูชา สำหรับภายในประเทศ นอกจากประชาชนได้บริโภคน้ำตาลในราคาที่เป็นธรรมแล้ว น้ำตาลยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมขนม อุตสาหกรรมเครื่องดื่มต่าง ๆ และผลพลอยได้จากการผลิตน้ำตาล ได้แก่ กากน้ำตาล ซึ่งสามารถนำไปผลิตแอลกอฮอล์ เหล้า ผงชูรส ปุ๋ย การใช้กากอ้อยในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ทำเยื่อกระดาษ ปาติเคิลบอร์ดที่ก่อเกิดรายได้ โดยที่อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเป็นแหล่งสร้างงานให้แก่ เกษตรชาวไร่อ้อย และแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อยในชนบทกว่า 600,000 คน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2557)

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่รัฐบาลได้มีการกำหนดพระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลขึ้น เพื่อให้เกิดความยุติธรรมระหว่างเกษตรกรและโรงงานผลิตน้ำตาล รวมทั้งได้มีการสนับสนุนให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูกอ้อยภายใต้พระราชบัญญัติที่กำหนด เพื่อเป็นการเพิ่มปริมาณอ้อยภายในประเทศให้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่เป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่ใหญ่ที่สุดในประเทศ ที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยมากถึง 4.7 ล้านไร่ ผลผลิต 54.4 ล้านตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2561) และประกอบกับพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้นเป็นราบสูงที่สามารถขยายพื้นที่ปลูกอ้อยได้

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีด้านการเกษตรเข้ามาใช้อย่างกว้างขวาง เพื่อการอำนวยความสะดวกในทุกขั้นตอนของการผลิตอ้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนของการเก็บเกี่ยว ซึ่งมีช่วงระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคมของทุกปี และในช่วงเวลาดังกล่าวเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยจะมีความต้องการใช้แรงงานจำนวนมาก เพื่อเก็บเกี่ยวอ้อยให้ทันส่งโรงงานน้ำตาลก่อนการปิดหีบของปีการผลิต แต่ในสภาวการณ์ปัจจุบัน ที่แรงงานภาคเกษตรยังมีไม่เพียงพอ เนื่องจากโครงสร้างประชากรที่มีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่วัยสูงอายุ อีกทั้งแรงงานรุ่นใหม่ขาดแรงจูงใจในการทำงานในภาคเกษตร เพราะเป็นงานหนัก มีรายได้ไม่แน่นอน และไม่มีสวัสดิการ ประกอบกับการ

เพิ่มขึ้นของอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำ จึงส่งผลกระทบให้เกิดการเคลื่อนย้ายแรงงานออกจากภาคเกษตรกรรมเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม วิธีการหนึ่งในการลดปัญหาแรงงานคือ การนำรถตัดอ้อยเข้ามาใช้ซึ่งสามารถทดแทนแรงงานได้เป็นอย่างมาก สามารถตัดอ้อยได้รวดเร็ว ทันฤดูการเปิดหีบของโรงงานน้ำตาล

ในการเก็บเกี่ยวอ้อยนั้น มีการใช้เทคโนโลยีในการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันไป เพื่อให้แน่ใจว่าจะสามารถเก็บเกี่ยวอ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยวิธีปฏิบัติในการเก็บเกี่ยวอ้อยสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีการเผาอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว และกลุ่มที่เก็บเกี่ยวอ้อยสด จากวิธีปฏิบัติดังกล่าวของเกษตรกร จึงทำให้มีการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยขึ้นมาใน 2 ลักษณะ ได้แก่ รถตัดอ้อยชนิดตัดทั้งลำ และรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน (Shaochun, Manoj, Patrick & Tin, 2014) โดยที่รถตัดอ้อยชนิดตัดทั้งลำ จะประกอบด้วย ชุดตัดยอดอ้อย ชุดมีดตัดโคน ชุดโรลเลอร์ลำเลียง และชุดจ่ายอ้อย ซึ่งหลักการทำงานนั้นจะเริ่มจากการตัดยอดอ้อยของชุดตัดยอด แล้วปล่อยยอดอ้อยที่ตัดไปด้านข้างของแถวที่เก็บเกี่ยว จากนั้นชุดมีดตัดโคนจะทำการตัดโคนอ้อยที่ระดับเหนือพื้นดินประมาณ 30 มิลลิเมตร (Esquivel et al., 2008) จากนั้นกลไกของชุดลูกกลิ้งจะทำหน้าที่ในการลำเลียงลำอ้อยไปส่งต่อยังชุดจ่ายอ้อย เพื่อส่งลำอ้อยไปยังภาชนะรองรับหรือวางไว้บนพื้นเพื่อรอการขนส่งในลำดับต่อไป สำหรับส่วนประกอบพื้นฐานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนก็จะเหมือนกับรถตัดอ้อยชนิดตัดทั้งลำ แต่จะมีที่เพิ่มเติมขึ้นมาคือ ชุดมีดสับท่อน ชุดพัดลมทำความสะอาด และชุดสะพานลำเลียง โดยที่ชุดมีดสับท่อนจะทำหน้าที่ในการสับอ้อยที่ได้รับจากชุดโรลเลอร์ลำเลียงให้เป็นท่อนสั้น ๆ มีความยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร จากนั้นท่อนอ้อยจะถูกชุดพัดลมทำความสะอาดตัวที่หนึ่งดูดเอาสิ่งเจือปนที่ติดมากับท่อนอ้อยให้แยกออกไปทางด้านบนของตัวรถ ส่วนท่อนอ้อยที่สะอาดจะตกลงด้านล่างและถูกชุดสะพานลำเลียง ลำเลียงส่งขึ้นไปเพื่อให้พัดลมทำความสะอาดตัวที่สองดูดเอาสิ่งเจือปนที่ยังอยู่ออกจากท่อนอ้อยอีกครั้ง แล้วจะได้ท่อนอ้อยที่สะอาดตกลงไปบนรถบรรทุก (Shaochun et al., 2014)

ในการทำงานของรถตัดอ้อยไม่ว่าจะเป็นที่ผลิตและนำเข้าจากต่างประเทศ หรือที่ผลิตจากภายในประเทศยังพบว่า มีปัญหาที่ก่อให้เกิดการสูญเสียผลผลิตทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยการสูญเสียเชิงปริมาณ ประกอบด้วย 1) การสูญเสียอ้อยในระหว่างกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย โดยทั่วไปเกิดขึ้นจากการตัดอ้อยไม่หมดที่เกิดจากการทำงานของชุดมีดตัดโคน การปรับความเร็วรอบของชุดพัดลมทำความสะอาดไม่เหมาะสมกับปริมาณของท่อนอ้อยที่เข้าไปในกระบวนการ ทำให้ท่อนอ้อยบางส่วนถูกดูดออกไปพร้อมกับกาบใบอ้อย การร่วงหล่นของท่อนอ้อยจากสะพานลำเลียงอ้อย และการร่วงหล่นของท่อนอ้อยจากรถบรรทุกในระหว่างการขนส่ง (Ridge and Lindale, 1993) 2) การมีสิ่งเจือปนจำพวก ยอดอ้อย กาบใบอ้อย รากและดิน ติดมากับท่อนอ้อย โดยอ้อยที่มีสิ่งเจือปนมากจะมีผลกระทบต่อเกษตรกรคือถูกตัดราคาเพราะอ้อยที่เก็บเกี่ยว

แบบมียอดและกาบใบเจือปนมีแนวโน้มที่จะให้แป้งสูงมากกว่าอ้อยที่เก็บเกี่ยวแบบไม่มียอดและกาบใบเจือปน (กนกทิพย์ และคณะ, 2546) ส่วนผลกระทบต่อโรงงานน้ำตาลคือ มีต้นทุนในขบวนการผลิตและดูแลรักษามากขึ้นเพราะต้องเสียค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตเพื่อขจัดสิ่งเจือปนออก นอกจากนั้นสิ่งเจือปนประเภทดิน หิน และทรายแล้ว สิ่งเจือปนยังทำให้หม้อต้ม หม้อตกตะกอนรวมถึงลูกหีบ มีอายุการใช้งานที่สั้นลง และ3) การสูญเสียจากการลดลงของน้ำหนักของท่อนอ้อยระหว่างรอการขนส่งภายหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วเสร็จ และสำหรับการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยที่เกิดขึ้นนั้นประกอบไปด้วย 1) การแตกของท่อนอ้อยที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย 2) การสูญเสียจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของท่อนอ้อย 3) และการสูญเสียจากการลดลงของค่าความหวานในน้ำอ้อยดิบ ที่เกิดจากการใช้น้ำตาลของจุลินทรีย์ประจำถิ่นที่อยู่ในน้ำอ้อยดิบ แล้วสร้างกรดแลกติก กรดอะซิติก และเอททิลแอลกอฮอล์ ที่ส่งผลให้ปริมาณน้ำตาลในน้ำอ้อยดิบลดลงอีกด้วยนั่นเอง

ทั้งนี้การเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนนั้น มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพของอ้อย โดยสามารถแยกออกเป็นปัจจัยภายใน คือ ลักษณะทางกายภาพของรถตัดอ้อย ที่ยังพบปัญหาในการกำหนดขนาดของส่วนประกอบของชิ้นส่วนที่ยังไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสภาพของแปลงปลูกในแต่ละพื้นที่ และจากรายงานของ Di Bella et al. (2006) ที่กล่าวถึงความสามารถของเครื่องจักรในการทำความสะอาดอ้อยอาจลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการเก็บเกี่ยวอ้อยสด หรือ Hockings et al. (2000) ที่รายงานว่าระบบสับท่อนที่ดีที่สุดมีผลต่อการสูญเสียอ้อยและน้ำตาลเป็นสัดส่วนกับปริมาณงาน คือ อัตราการไหลสูงจะมีความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มการสูญเสียของอ้อยผ่านระบบตัดอ้อยในการเก็บเกี่ยวแบบกว้าง และสำหรับปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพของอ้อย มีหลายประการ เช่น 1) อายุของอ้อย หรือระยะสุกแก่ จะเป็นระยะที่อ้อยมีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้น โดยสะสมจากส่วนโคนจนกระทั่งความหวานถึงส่วนยอด ซึ่งพร้อมเก็บเกี่ยว ระยะนี้อ้อยต้องการอุณหภูมิต่ำ แสงแดดจัด และน้ำน้อย (เกษม, 2540) 2) สภาพพื้นที่ โดยสภาพพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการปลูกอ้อยควรเป็นพื้นที่ราบเรียบ ที่มีความลาดชันของพื้นที่น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2526; Bakker, 1999) แต่หากพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ก็สามารถทำการปลูกอ้อยได้เช่นกัน แต่ควรทำการไถพรวนตามแนวระดับและมีระบบการให้น้ำที่เหมาะสม (Blackburn, 1984) 3) ความชื้น โดยความชื้นในดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดปริมาณซูโครสในลำต้นของอ้อย (Bakker, 1999) และ Humbert (1963) รายงานว่า ในแหล่งปลูกอ้อยชายฝั่งทะเล Hilo ของฮาวาย ได้เคยมีการสำรวจพื้นที่ที่เคยใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยวอ้อยขณะที่ดินเปียกจำนวน 1 2 3 หรือมากกว่า 3 ครั้งขึ้นไป มีผลให้ผลผลิตของอ้อยลดลงมากขึ้นตามจำนวนครั้งที่ใช้เครื่องจักรเข้าไปเก็บเกี่ยว และในไร่อ้อยที่ใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยว 3 ครั้งหรือมากกว่า จะมีผลให้ผลผลิตของอ้อยลดลง 20 ถึง 36 เปอร์เซ็นต์ต่อไร่

ทั้งนี้เนื่องจากดินถูกอัดจนแน่นและโครงสร้างของดินถูกทำลายทำให้ดินบริเวณรากมีอากาศไม่เพียงพอ ซึ่งทำให้รากอ้อยเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร 4) ลม โดยอ้อยจะมีการคายน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อมีลมพัดแรง ซึ่งในระยะสุกแก่จะทำให้อ้อยหวานยิ่งขึ้น เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำออกจากลำต้นนั่นเอง (เกษม, 2542)

โดยปกติแล้วมีการใช้วิธีการหลายวิธีในการวัดปริมาณการสูญเสียอ้อย เช่น การเก็บโดยตรง (ชั่งน้ำหนัก) การวัดทางอ้อม (เทคนิคสมดุลมวล) และการวัดเชิงอนุมาน (การตรวจสอบการสูญเสียอ้อย) โดยที่วิธีการเก็บโดยตรง เพื่อรวบรวมวัสดุที่สูญเสียต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งเป็นที่นิยมมากกว่าในทางทฤษฎีเพราะมีเพียงข้อผิดพลาดเดียวเท่านั้นที่เกี่ยวข้องกับการวัดน้ำหนัก (Brotherton, 2002) โดยที่ Esquivel B M et al. (2008) ได้ทำการศึกษาระบบควบคุมการทำงานของชุดมีดตัดโคน ภายใต้สภาพแปลงตัวอย่างหลายแปลง ที่มีชนิดของดินในแปลงเป็นดินทรายที่มีอนุภาคการยึดเกาะของเม็ดดินต่ำ และดินเหนียวที่มีอนุภาคการยึดเกาะของเม็ดดินสูง ที่มีวิธีการปลูกแบบแถวคู่และแถวเดียว ในแปลงที่เป็นอ้อยปลูกและอ้อยตอ ที่อยู่ในสภาวะการณ์ที่แตกต่างกันในแต่ละแถว และ Meyer E. & Govender N. (2002) ได้รายงานไว้ว่า ประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยนั้นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องจักร ผลผลิตอ้อย สภาพการเพาะปลูก และสภาพไร่

จากปัญหาทั้งหมดที่กล่าวมาในข้างต้น ประกอบกับสถานการณ์ในปัจจุบันที่มีการนำรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนมาใช้ในการเก็บเกี่ยวอ้อยกำลังแพร่หลายและมีแนวโน้มของการใช้งานที่จะเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับปริมาณการผลิตอ้อยภายในประเทศไทยที่มีจำนวนมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นหากสามารถหาแนวทางในการลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในการเก็บเกี่ยวอ้อย และการนำเสนอแนวทางในการปรับระบบของกลไลในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อสภาพการเพาะปลูก สภาพของไร่ และสภาพของอ้อยที่มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ จะทำให้ปริมาณการสูญเสียอ้อยที่จะเกิดขึ้นจากการเก็บเกี่ยวโดยรวมนั้นลดลงได้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน เพื่อให้เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้ทราบถึงตำแหน่งของกลไกที่ก่อให้เกิดความสูญเสียของอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนโดยประมาณ โดยที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งการสำรวจสภาพของไร่อ้อย ก่อนทำการวางแผนและออกแบบการทดสอบด้วยวิธีการแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบ สำหรับศึกษาปัจจัย - ปัจจัย คือ ประเภทของอ้อย แถวปลูกอ้อย และชนิดดินปลูก ที่ปัจจัยละ 2 ระดับ คือ อ้อยปลูกและอ้อยตอ แถวเดี่ยวและแถวคู่ ดินทรายและดินเหนียว ตามลำดับ ด้วยหวังให้เป็นข้อมูลสำหรับนำไปประกอบการจัดทำข้อเสนอที่จะเป็นแนวทางตัดสินใจในการปฏิบัติงานอย่างเหมาะสม เพื่อลดความสูญเสียจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อหาความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

1.2.2 เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

1.2.3 เพื่อนำเสนอแนวทางลดความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ทำการศึกษากับรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน Austoft รุ่น 8000 ที่ผลิตในปี 2011 โดยบริษัทCase IH มีเครื่องยนต์ Iveco ขนาด 355 แรงม้า อายุการใช้งาน 5 ปี

1.3.2 ทำการศึกษากับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่มีอายุ 12 เดือน โดยทำการเก็บเกี่ยวในเวลากลางวัน ในแปลงที่มีลักษณะของผิวหน้าดินแห้ง ไม่มีน้ำขัง ที่ระดับความชื้นของดินไม่เกิน 7 % by weight

1.3.3 ทำการศึกษากับไร่อ้อยในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดชัยภูมิ

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ระเบียบวิธีวิจัย

1) สืบค้นวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอ้อย ขั้นตอนการผลิต และการเก็บเกี่ยว
   - ทฤษฎีของรถตัดอ้อย
   - การทดสอบเกี่ยวกับรถตัดอ้อย

2) ศึกษากระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน เกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการทำงานของส่วนประกอบของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน จากนั้นสังเกตการทำงานจริงของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนในระหว่างการปฏิบัติงานตั้งแต่รถตัดอ้อยชนิดสับท่อนเริ่มเข้าสู่แปลงอ้อย เริ่มตัดอ้อย จนถึงได้ท่อนอ้อยออกมาส่งให้รถบรรทุกจึงสิ้นสุดกระบวนการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

3) กำหนดขอบเขตของการศึกษา กำหนดปัจจัยที่ต้องการศึกษา เลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบการทดสอบ

4) บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับ หน้ากว้างในการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ความเร็วในการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน เวลาในการทำการเก็บเกี่ยวอ้อยของรถตัดอ้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ชนิดสับท่อน ซึ่งการศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสามารถในการทำงานของรถตัดอ้อย คือ

- ความสามารถในการทำงานเชิงทฤษฎี
- ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลา

5) ศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

- การสูญเสียอ้อยจากการตัดตอสูง
- การสูญเสียอ้อยจากโรลเลอร์ลำเลียง
- การสูญเสียอ้อยจากพัดลมทำความสะอาด
- การสูญเสียอ้อยจากสะพานลำเลียง
- ปริมาณสิ่งเจือปนที่ติดมากับท่อนอ้อย

6) ศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพของท่อนอ้อยที่ผ่านการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนที่อยู่บนรถบรรทุกในแปลงระหว่างรอการขนส่งไปโรงงานน้ำตาล

- ปริมาณน้ำตาลและจุลินทรีย์ในท่อนอ้อย
- ปริมาณการแตกหักของท่อนอ้อย
- น้ำหนักของท่อนอ้อย

7) วิเคราะห์ และสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

- วิเคราะห์วิจารณ์ปัจจัย และกระบวนการที่มีผลต่อการสูญเสียของอ้อยทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน
- จัดทำข้อเสนอแนะ เพื่อนำเสนอเป็นแนวทางในการลดความสูญเสียของอ้อยทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

1.4.2 สถานที่ทำการวิจัย

1) อาคารเกษตรภิวัฒน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2) ไร่อ้อยในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดชัยภูมิ

1.4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยประกอบด้วย

1) รถตัดอ้อย Austoft 8000
2) เครื่องคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค
3) โปรแกรม Minitab
4) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล และเครื่องชั่งละเอียด (Analytical balance)
5) เครื่องรีแฟลกโตมิเตอร์

6) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

7) เครื่องกวนสาร (Magnetic stirrer)

8) เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)

9) สายวัด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ข้อมูลความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนในพื้นทีจังหวัดขอนแก่นและชัยภูมิ

1.5.2 ทราบปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและชัยภูมิ

1.5.3 ได้แนวทางในการลดความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและชัยภูมิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอ้อย ซึ่งแสดงไว้ในหัวข้อ 2.1 ส่วนหัวข้อ 2.2 กล่าวถึงขั้นตอนการผลิตอ้อยจนส่งเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ส่วนหัวข้อ 2.3 จะกล่าวถึงการเก็บเกี่ยวและการสูญเสียอ้อย ส่วนหัวข้อ 2.4 จะกล่าวถึงรายละเอียดต่าง ๆ ของรถตัดอ้อย หัวข้อ 2.5 จะกล่าวถึงความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวอ้อย เพื่อให้เกิดความเข้าใจเบื้องต้นถึงความจำเป็นในการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย หัวข้อ 2.6 กล่าวถึงระบบในการรับซื้ออ้อยของโรงงานน้ำตาล หัวข้อ 2.7 กล่าวถึงการตรวจสอบคุณภาพอ้อยและการปฏิเสธการรับซื้ออ้อยของโรงงานน้ำตาล หัวข้อ 2.8 กล่าวถึงคุณสมบัติที่ดีของอ้อยที่โรงงานน้ำตาลต้องการ หัวข้อ 2.9 กล่าวถึงรายละเอียดของการออกแบบการทดสอบ หัวข้อ 2.10 กล่าวถึงการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล หัวข้อ 2.11 การวิเคราะห์เชิงแฟกทอเรียล หัวข้อ 2.12 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ และหัวข้อ 2.13 จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอ้อย

อ้อยเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว อยู่ในตระกูลหญ้า (Gramineae หรือ Poaceae) ที่มีอายุหลายปี มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Saccharum officinarum L. สามารถจัดเป็นลำดับต่าง ๆ ได้ดังนี้ (Daniels and Roach, 1987)

Class: Monocotyledones
Order: Glumaceae
Family: Gramineae
Subfamily: Panicoideae
Tribe: Andropogoneae
Groups of Subtribe: Saccharinae
Subtribe: Saccharastrae
Genus: Saccharum

โดยสามารถแยกเป็นอ้อยชนิดต่าง ๆ คือ

S. officinarum ชื่อทั่วไปว่า The Noble Canes ถิ่นกำเนิดแถบหมู่เกาะนิวกินี ลักษณะที่สำคัญคือ ลำต้นใหญ่ ใบกว้าง มีปริมาณน้ำตาลสูง มีปริมาณเส้นใยต่ำ แตกกอน้อย ไม่ค่อยทนทาน

ต่อโรค แมลง และสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม อ้อยชนิดนี้ที่ปลูกในประเทศไทย เรียกว่า อ้อยเคี้ยว อ้อยชนิดนี้ใช้ประโยชน์มากในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล

S. spontaneum ชื่อทั่วไปว่า Tropical wild canes เป็นอ้อยป่าที่ขึ้นอยู่ทั่วไปแถบเส้นศูนย์สูตร มีลักษณะสำคัญคือ ลำต้นขนาดเล็กเมื่อเทียบกับ officinarum ปริมาณน้ำตาลต่ำ ปริมาณเส้นใยสูง มี 2 ประเภทคือ เจริญเติบโตเป็นกอคล้ายหญ้า และเจริญเติบโตลักษณะทางต้นสูง ทั้ง 2 ประเภทมีเหง้า ใบเรียวเล็ก ขอบใบคม ดอกมีขนาดเล็ก เป็นปุยสีขาว ช่อดอกยาวประมาณ 10-12 เซนติเมตร และที่โคนช่อดอกจะมีขนอย่าง อ้อยชนิดนี้ในประเทศไทยมีชื่อเรียกว่า เลาหรือพง ปรับตัวเข้ากับสภาพแห้งแล้ง และอากาศหนาวได้ดี ต้านทานโรค จึงมีความสำคัญมากในแง่เชื้อพันธุกรรม ซึ่งนักปรับปรุงพันธุ์อ้อยใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผสมข้ามกับชนิดอื่น ๆ

S robustum Jiswiet (brassel) ชื่อทั่วไปว่า The wild Canes of new Guinea เป็นอ้อยป่า ถิ่นกำเนิดแถบหมู่เกาะนิวกินี รูปร่างลักษณะภายนอกคล้ายกับ officinarum แต่มีปริมาณน้ำตาลต่ำ และปริมาณเส้นใยสูง ลำต้นแข็งแรง ขนาดใหญ่ ความสูงอาจถึง 10 เมตร ลำต้นโป่งออกที่ข้อ growth ring นูนเห็นได้ชัดเจน ไม่ทนทานต่อโรค ชาวเกาะปลูกไว้เพื่อทำรั้วหรือที่พักอาศัย

S. sinese Hassk ชื่อทั่วไปว่า Chinese canes ถิ่นกำเนิดแถบเอเชียตะวันออก เมืองไทยเรียกอ้อยจีน ลักษณะสำคัญคือ ลำต้นขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2 เซนติเมตร ปล้องขาว สีเขียวหรือเขียวออกแดง ใบยาวแคบ แข็งแรง ทนทานต่อโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสได้ดี ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมดินเลวได้ดี ปริมาณน้ำตาลต่ำ ปริมาณเส้นใยสูง อ้อยชนิดนี้ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล ปลูกทั่วไปทางตอนเหนือของอินเดีย จีน ทางตอนใต้ของญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ และฮาวาย

S. barberi Jeswiet ชื่อทั่วไปว่า The northern indian canes ถิ่นกำเนิดแถบตอนเหนือของอินเดีย เมืองไทยเรียกว่า อ้อยอินเดีย ลักษณะคล้ายกับอ้อยจีนมาก แต่ลำต้นและใบเล็กกว่า ลักษณะสำคัญคือ ที่ฐานกาบใบมีขนโดยรอบ ต้านทานโรคได้ดี

S. edule Hassk. ถิ่นกำเนิดแถบหมู่เกาะนิวกินี อ้อยชนิดนี้สันนิษฐานว่า เกิดการผสมข้ามชนิดระหว่าง *Miscanthus floridus* กับ S. *robustcem* ช่อดอกที่เป็นหมันจะมีลักษณะคล้ายกับ cauliflower ใช้เป็นอาหารมนุษย์ได้

S. hybrids Sacharum มีดอกสมบูรณ์เพศ (fertile flower) สามารถผสมข้ามกับตระกูลอื่น ๆ เช่น Eriathas Imperata Miscanthidium Miscanthus Narenga และ Sclerosachya

โดยที่อ้อยมีถิ่นกำเนิดทางตอนเหนือของประเทศอินเดีย และหมู่เกาะนิวกินีในมหาสมุทรแปซิฟิก (ปรีชา, 2544; Bakker, 1999) มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้ คือ รากเป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) เป็นรากที่แข็งแรงและสามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึก ลำต้นสามารถแตกหน่อได้จากตาของข้อที่อยู่ติดดิน ใบจะเกิดสลับกันสองข้างของข้อที่หุ้มตาไว้ โดยมากจะมีไขและขนขึ้นบริเวณกาบใบและแผ่นใบ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2527)

2.1.1 ลักษณะทางพฤษศาสตร์ของอ้อย

ข้อมูลจากสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน ฯ เล่มที่ 5 เรื่องที่ 3 ได้กล่าวถึงลักษณะทั่ว ๆ ไป และลักษณะทางพฤษศาสตร์ของอ้อย ดังนี้

1) ราก (Root)

ด้วยเหตุที่ว่าอ้อยจัดเป็นพืชตระกูลหญ้า จำพวกพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ดังนั้นเมื่อนำเมล็ดอ้อยมาเพาะรากที่เจริญออกมาจากเมล็ดอ้อยนั้นก็จะมีระบบรากแบบรากฝอยเช่นเดียวกับธัญพืชทั่ว ๆ ไป แต่เนื่องจากว่าอ้อยมีการขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์ (sett or cutting) ซึ่งท่อนพันธุ์ที่ได้นี้มาจากการตัดลำต้นออกเป็นท่อน แต่ละท่อนมีตาอย่างน้อยหนึ่งตา เมื่อนำท่อนพันธุ์อ้อยไปปลูกในดิน ตาก็จะเจริญขึ้นมาเป็นต้นอ่อน ขณะเดียวกันปุ่มราก (root primodia or root initial) ที่ข้อของท่อนพันธุ์จะเจริญออกมาเพื่อทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารให้กับต้นอ่อน รากที่งอกออกมาจากท่อนพันธุ์นี้เรียกว่า รากของท่อนพันธุ์ (sett root or cutting root) ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นเล็ก ๆ และแตกแขนงมาก ต่อมาเมื่อต้นอ่อนเจริญเติบโตขึ้น ที่ข้อของต้นอ่อนที่อยู่ในดินจะงอกรากที่เรียกว่า รากของหน่อ (shoot root) ทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหารแทน ส่วนรากของท่อนพันธุ์ก็จะสิ้นสภาพและแห้งตายไป รากของหน่อนี้มีลักษณะใหญ่กว่า และแข็งแรงกว่ารากของท่อนพันธุ์ ซึ่งรากนี้จะเจริญเติบโตเป็นรากถาวรของต้นอ้อยต่อไป ความยาวและการแพร่กระจายของรากถาวรนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะดินและความอัดแน่นของดิน อย่างไรก็ตาม รากถาวร ของอ้อยที่เติบโตเต็มที่แล้วจำแนกออกได้ 3 ชนิด คือ

A) รากค้ำยัน (buttress root) เป็นรากที่เกิดจากโคนของหน่ออ้อย

B) รากฝอย (fibrous root or superficial root) เป็นรากที่เจริญอยู่ในชั้นดินลึกประมาณ 25 ถึง 60 เซนติเมตร แผ่กระจายออกรอบ ๆ ลำต้นยาวประมาณ 2 เมตร หรือมากกว่า รากชนิดนี้มีขนาดเล็กและแตกแขนงมาก และ

C) รากหยั่งลึก (deep root) มีลักษณะคล้ายเส้นเชือกรวมอยู่เป็นกลุ่ม ๆ ที่หยั่งลึกดิ่งลงไปในดิน อาจลึกถึง 6 เมตรก็ได้ ถ้าดินมีความร่วนซุยดี รากชนิดนี้สามารถดูดน้ำในดินที่ระดับความลึก 2 ถึง 4 เมตร ทำให้อ้อยทนสภาพแห้งแล้งได้

2) ลำต้น (Stalk)

ที่แสดงในรูปที่ 2.1 ตาอ้อยที่เจริญจากท่อนพันธุ์ที่นำไปปลูก จะเติบโตเป็นหน่ออ้อยอันแรก (mother or primary shoot) แทงทะลุโผล่ขึ้นมาเหนือพื้นดินเจริญเป็นลำต้นอ้อย ต่อมาตาที่โคนของหน่ออ้อยที่อยู่ในดินก็จะเจริญเติบโตขึ้นมาเป็นหน่ออ้อยอันที่สอง (secondar shoot) และตาของหน่ออ้อยอันที่สองก็จะเจริญเป็นหน่ออ้อยอันที่สาม (tertiary shoot) ตามลำดับ ซึ่งลักษณะเช่นนี้เป็นการแตกแขนงของอ้อยออกไปเรื่อย ๆ ทำให้อ้อยเจริญอยู่เป็นกอที่เรียกว่า กออ้อย

A) ลำต้นอ้อย (stalk) มีลักษณะเป็นลำตั้งตรงและมีกาบใบหุ้ม ความสูงประมาณ 2.5 ถึง 6 เมตร ไม่แตกกิ่งก้านสาขา ประกอบด้วยข้อ (node) และปล้อง (internode) ความยาวของปล้องจากรอยกาบใบ (leaf scar or sheath scar) อันหนึ่งถึงรอยกาบใบอีกอันหนึ่งหรือเป็นความยาวของข้อและปล้องรวมกันเรียกว่า joint ดังนั้นลำต้นอ้อยจะประกอบด้วย joint หลาย ๆ อัน ขนาดของ joint แตกต่างไปตามพันธุ์ โดยทั่วไป joint แต่ละอันมีความยาวประมาณ 5 ถึง 25 เซนติเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 ถึง 6 เซนติเมตร โดย joint ตอนโคนและตอนปลายของลำต้นมีขนาดสั้นมาก นอกจากนี้รูปร่างของ joint ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะประจำพันธุ์ด้วย ซึ่งสามารถแบ่งรูปร่างออกได้ 6 ลักษณะ คือ

a) ทรงกระบอก (cylindrical)
b) มัดข้าวต้ม (tume-scent)
c) กลางคอด (bobbin-shaped)
d) โคนโป่ง (conoidal)
e) ปลายโป่ง (obconoidal) และ
f) โค้ง (concave-convex) ส่วนการจัดเรียงของ joint นั้นมี 2 แบบ คือ แบบเส้นตรง และแบบซิกแซก สำหรับสีของลำต้นอ้อยก็จะผันแปรไปตามลักษณะประจำพันธุ์และสิ่งแวดล้อม อ้อยบางพันธุ์อาจมีสีเขียว สีเหลือง สีน้ำตาล หรือสีม่วงแก่

รูปที่ 2.1 ต้นอ้อย

B) บริเวณของข้ออ้อยคือ บริเวณที่เกิดราก (root ring or root band) ซึ่งเป็นบริเวณตั้งแต่รอยกาบใบจนถึงวงเจริญ หรือเยื่อเจริญ (growth ring or intercalary meristem) บริเวณข้ออ้อยที่เกิดราก มีปุ่มราก (root primordia) อยู่กระจัดกระจายทั่วไป และมีตาอ้อยอยู่ข้อละหนึ่งตา เกิดสลับกัน แต่อาจพบว่าข้ออ้อยบางข้ออาจมีตามากกว่าหนึ่งตาหรืออาจจะไม่มีตาอยู่เลยก็ได้

C) ส่วนปล้องของอ้อยซึ่งเป็นบริเวณที่นับจากวงเจริญขึ้นไปจนถึงกาบใบนั้นประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ 4 ส่วนคือ

a) วงไข (wax ring) เป็นส่วนที่อยู่ใต้กาบใบ โดยปกติมีสีขาว

b) รอยแตกลายงา (corky crack or ivory marking) เป็นรอยแตกมีลักษณะเป็นเส้นยาว ๆ บนผิวลำต้นและรอยแตกหลาย ๆ รอยอาจรวมกันเป็นแผ่นเรียกว่า corky patch

c) รอยแตกลึก (growth crack or rind crack) เป็นรอยแตกที่มีขนาดใหญ่ตามความยาวของลำต้นลึกเข้าไปถึงเนื้ออ้อยรอยแตกนี้จะก่อให้เกิดความเสียหาย และเป็นบริเวณที่ศัตรูของอ้อยเข้าทำลายได้ และ

d) ร่องตา (bud furrow or eye groove) เป็นร่องที่เกิดขึ้นเหนือตาอ้อย

3) ใบ (Leaf)

ที่แสดงในรูปที่ 2.2 ใบอ้อยประกอบด้วยกาบใบ (leaf sheath) ที่หุ้มลำอ้อยกับแผ่นใบ (leaf blade) ที่แผ่กางออกไปจากลำอ้อยสลับกันทั้งสองข้าง ใบแรก ๆ ที่เจริญจากตาเป็นใบเกล็ด (scale leaf) เมื่ออ้อยเจริญเติบโตขึ้น ใบอ้อยก็จะมีขนาดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีขนาดสูงสุด หลังจากนั้นใบอ้อยจะค่อย ๆ มีขนาดเล็กลงเมื่ออ้อยใกล้ออกดอก จำนวนใบก็เช่นเดียวกัน พบว่า อ้อยในระยะที่เจริญเติบโตเต็มที่จะมีใบประมาณ 10 ใบ เมื่อมีใบอ้อยเจริญขึ้นมาใบที่แก่ที่สุดจะแห้งและตายไป ใบที่แห้งนั้นอาจจะร่วงหลุดไปจากลำต้นหรือยังคงอยู่ติดกับลำต้นก็ได้ ส่วนล่างสุดของกาบใบติดกับปล้องตรงข้อ และหุ้มรอยลำต้นไว้โดยส่วนขอบของกาบใบจะเหลื่อมซ้อนทับกัน ผิวด้านนอกของกาบใบมีขนเล็ก ๆ ปกคลุมอยู่ซึ่งลักษณะของกลุ่มขน และการร่วงของกลุ่มขนที่กาบใบนี้เป็นลักษณะประจำพันธุ์อ้อยแต่ละชนิด ใบอ้อยประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ คือ แผ่นใบ ที่เรียวแหลมสู่ปลายใบ ขอบใบเป็นจักรคล้ายฟันเลื่อย กับส่วนที่สำคัญอีกอันหนึ่ง คือ แกนใบ (midrib) ซึ่งอยู่ตรงกลางของใบอ้อย บริเวณส่วนฐานของใบอ้อยที่ต่อกับกาบใบนั้นเรียกว่า คอใบ (dewlap or collar or triangle) มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมแข็งและหนาสองรูปพบกันที่ฐานของกาบใบ ส่วนด้านในของรอยต่อระหว่างใบกับกาบใบจะมีลิ้นใบ (ligule) เป็นแผ่นบาง ๆ แนบชิดกับส่วนของลำต้นทำหน้าที่เป็นแผ่นเยื่อกันน้ำ สำหรับส่วนบนสุดของกาบใบที่หุ้มลำต้นนั้น ขอบของกาบใบเป็นติ่งเรียกว่า เขี้ยวใบหรือหูใบ (auricle) หูใบนี้อาจจะมีข้างเดียวหรือมี

ทั้งสองข้างหรือไม่มีเลยก็ได้ ดังนั้นในการจำแนกพันธุ์อ้อยนอกจากใช้กลุ่มขนที่กาบใบแล้วยังต้องพิจารณาถึงขนาด รูปร่าง และสีของใบ แกนกลางใบ คอใบ ลิ้นใบ และหูใบ อีกด้วย

รูปที่ 2.2 ใบอ้อย

4) ช่อดอก (Inflorescence)

เมื่ออ้อยแก่เต็มที่และอยู่ในช่วงออกดอก อ้อยจะแทงช่อดอกออกจากกาบของใบธง (flag leaf) ที่อยู่ตรงส่วนบนสุดของลำต้น ช่อดอกอ้อยนี้เรียกว่า arrow or tassel มีลักษณะเป็นพู่ เป็นช่อดอกแบบ panicle รูปร่าง ขนาด และสีของช่อดอกจะแตกต่างไปตามลักษณะประจำพันธุ์ ช่อดอกประกอบด้วยแกนกลาง (main axis or rachis) ก้านแขนงแรก (lateral axis or primary branch) และก้านแขนงชั้นที่สอง (secondary branch) หรือบางทีอาจมีก้านแขนงชั้นที่สาม(tertiary branch) อีกก็ได้ ความยาวของแกนกลางช่อดอกอาจยาวตั้งแต่ 25 ถึง 50 เซนติเมตร และมีก้านแขนงแตกออกโดยรอบ ที่ส่วนของก้านแขนงเป็นที่เกิดของดอกอ้อยเรียก spikelet ดอกอ้อยนี้จะเกิดเป็นคู่ตรงข้อของก้านแขนง โดยดอกหนึ่งจะไม่มีก้านดอก (sessile spikelet) และอีกดอกมีก้านดอก (pedicelled or stalked spikelet) ดอกทั้งสองชนิดนี้เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีลักษณะต่าง ๆ ของดอกเหมือนกันทุกประการ โดยดอกแต่ละดอกนั้นวงนอกสุดของดอกมีขนยาวสีขาวเรียกว่า silky hairs ที่เกิดตรงส่วนของฐานดอกและหุ้มอยู่รอบ ๆ ดอก ถัดจากวงของขนยาวสีขาวเข้าไปจะเป็นวงของกลีบดอกสองอันที่หุ้มดอกย่อย (floret) อยู่ ซึ่งกลีบดอกอันนอกสุดเรียกว่า outer glume และกลีบดอกอันในเรียกว่า inner glume ดอกย่อยที่กลีบดอกทั้งสองหุ้มอยู่นั้นประกอบด้วย 2 ดอกย่อย คือ ดอกย่อยอันล่างเป็นหมัน มีเพียง sterile lemma or third glume อันเดียวเท่านั้น และมีขนาดเล็กกว่า

กลีบดอกที่หุ้มอยู่ ส่วนดอกย่อยอันบนเป็นดอกที่สมบูรณ์เพศที่ไม่เป็นหมัน ซึ่งอ้อยพวก *S. spontaneum* จะมี sterile lemma ด้วย แต่อ้อยพวก *S. officinarum* จะมีเพียง fertile palea เท่านั้น ภายในดอกย่อยอันบนประกอบด้วย

A) lodicules 2 อัน บังคับให้ดอกบาน

B) เกสรตัวผู้ 3 อันและ

C) เกสรตัวเมีย 1 อัน ซึ่งยอดเกสรตัวเมียแยกออกเป็น 2 แฉก มีสีม่วง ลักษณะเป็นขนนก (purplish feathery stigma)

5) ผล (Fruits)

ผลจะมีขนาดที่เล็กละเอียด มีขนาดความยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร เรียกว่า caryopsis ผลที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้วประมาณ 3 อาทิตย์ จะแก่และร่วงปลิวไปตามลม โดยอาศัย silky hairs ช่วยพยุงตัว

2.1.2 การจำแนกพันธุ์อ้อย

อ้อยที่ปลูกอยู่ในประเทศไทยมีอยู่จำนวนหลายพันธุ์ ซึ่งการจำแนกพันธุ์อ้อยสามารถจำแนกโดยอาศัยลักษณะภายนอก และลักษณะทางการเกษตรที่สังเกตได้เด่นชัดเป็นสิ่งจำแนกโดยกำหนดมาตราฐานดังนี้คือ (ศูนย์เกษตรอ้อยภาคกลาง, 2537)

1) อายุของอ้อย

อายุที่เหมาะสมสำหรับการใช้จำแนกพันธุ์คือ ระหว่าง 8 ถึง 10 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่อ้อยเจริญเติบโตเต็มที่

2) สีของลำต้น

คือส่วนของลำต้นที่แก่และไม่มีอะไรปกปิด ไม่ได้มีการสัมผัสกับลมและแสงแดดโดยตรง

3) รอยแตกของลำและร่องตา

ดูจากปล้องสูงสุดที่มีกาบแห้งหุ้มอยู่หรือปล้องที่อยู่ถัดลงมา รอยแตกมีทั้งรอยแตกลึก และรอยแตกตื้น ตามลำดับ

4) ข้อและปล้อง

คือ ส่วนกลางของลำต้นของอ้อยที่ใช้ได้ แต่นิยมใช้ปล้องที่อยู่ส่วนปลาย ซึ่งมีกาบแห้งหุ้มอยู่

5) ตา

ตาที่ดีที่สุดคือตาที่อยู่สูงสุดซึ่งมีกาบแห้งหุ้มอยู่ ลักษณะที่สังเกตได้จากตาอ้อย คือ สี ตำแหน่ง ขนาด รูปร่าง และกลุ่มขน

6) ลักษณะ

ขนาดวัดจากใบที่เจริญเติบโตเต็มที่ เช่น ใบที่ 2 ถึงใบที่ 4 โดยการนับใบสูงสุดที่เห็น คอใบเป็นใบที่ 1 ส่วนลิ้นใบ หูใบ และคอใบ ดูจากใบที่ 3

นอกจากนี้จำเป็นต้องพิจารณาลักษณะอื่น ๆ ประกอบด้วยคือ พันธุ์ที่เป็นพ่อแม่การทราบ พ่อแม่ จะช่วยให้การศึกษาลักษณะทำได้ถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น ลักษณะการเจริญเติบโต ลักษณะโดยทั่วไปของอ้อยขณะที่เจริญเติบโตอยู่ในไร่ จะช่วยในการจำแนกพันธุ์เป็นอย่างดี อ้อยบางพันธุ์อาจมีลักษณะเฉพาะ ซึ่งเราอาจบอกว่าเป็นพันธุ์ใดได้ โดยไม่ถูกต้องอย่างใกล้ชิด ลักษณะดังกล่าวได้แก่ ทรงกอและทรงใบ เป็นต้น

2.1.3 สิ่งที่ควรพิจารณาในการเลือกใช้พันธุ์อ้อย

ข้อมูลจาก สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, (2557) มีดังนี้

1) สภาพพื้นที่และชนิดดิน

สภาพพื้นที่แบ่งเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ ที่ลุ่มมีน้ำขังในช่วงฤดูฝน (น้ำมาก) ควรเลือกใช้พันธุ์ที่ทนต่อสภาพน้ำแช่ขังได้ดี ส่วนที่ราบมีการระบายน้ำดี (น้ำพอดี) ใช้ได้ทุกพันธุ์ และที่ดอน (ฤดูแล้งมักขาดน้ำ น้ำน้อย) ควรเลือกพันธุ์ที่ไม่ชอบน้ำแช่ขัง แต่มีความทนแล้งได้ดี

2) ชนิดดิน

สามารถแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ดินเหนียว ควรเลือกพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในดินเหนียวและทนต่อสภาพน้ำแช่ขังได้ดี ส่วนดินร่วน ใช้ได้ทุกพันธุ์ แต่ควรจะเป็นพันธุ์ที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตที่สูง และดินทราย ควรเลือกพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในดินทรายและทนต่อความแห้งแล้งได้ดี

3) ช่วงเวลาปลูก

สามารถแบ่งได้ดังนี้ ปลูกอ้อยต้นฝน (ปลายเมษายน ถึง ต้นมิถุนายน) ควรเลือกพันธุ์อ้อยที่โตเร็ว สะสมน้ำตาลเร็ว มีอายุการเก็บเกี่ยว 9 ถึง 10 เดือน (พันธุ์เบา) หรือปลูกอ้อยน้ำราดหรือน้ำสูบ (มกราคม ถึง มีนาคม) ควรเลือกพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ถึง ปานกลาง มีอายุการเก็บเกี่ยว 11 ถึง 12 เดือน (พันธุ์กลาง) และปลูกอ้อยข้ามแล้ง (พฤศจิกายน ถึง ธันวาคม) ควรเลือกพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นในช่วง 4 เดือนแรกช้า แต่มีการพัฒนาระบบรากที่ดี เพราะในช่วงฤดูแล้งดินมักมีความชื้นน้อย หากเลือกใช้พันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นในช่วงแรกเร็ว พืชจะต้องการน้ำและธาตุอาหารมาก พืชมีโอกาสได้รับน้ำและธาตุอาหารในช่วง 4 เดือนแรกไม่เพียงพอจะชะงักการเจริญเติบโต ควรเป็นพันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 13 ถึง 15 เดือน (พันธุ์หนัก)

2.1.4 พันธุ์อ้อย

เกษตรกรชาวไร่อ้อยแต่ละรายควรเลือกพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นของตนเอง และเลือกใช้อ้อยอย่างน้อย 2 ถึง 3 พันธุ์ โดยเลือกพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น อายุการเก็บเกี่ยว

ปานกลาง และอายุการเก็บเกี่ยวยาว เพื่อวางแผนการเก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละพันธุ์อ้อยให้สามารถเก็บเกี่ยวส่งเข้าโรงงานได้ในช่วงต้นฤดูหีบ กลางฤดูหีบ และปลายฤดูหีบ โดยที่พันธุ์อ้อยที่เลือกใช้นอกจากให้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพความหวานมากกว่า 10 ซีซีเอส แล้วควรเป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคหรือแมลงที่มีการระบาด เช่น เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเน่าแดง โรคแส้ดำ โรคกอตะไคร้ และต้านทานต่อหนอนกอชนิดต่าง ๆ โดยพันธุ์อ้อยที่ดีควรเป็นพันธุ์ที่มีความสามารถในการไว้ตอได้ไม่น้อยกว่า 2 ครั้ง และมีผลผลิตลดลงจากอ้อยปลูกไม่เกินร้อยละ 20 ซึ่งพันธุ์อ้อยที่นิยมใช้ปลูกส่วนใหญ่จะมีความสูง 2.5 เมตร ขึ้นไป มีลำต้นตั้งตรงไม่หักล้ม สามารถลอกกาบได้ง่าย ทนแล้ง อายุเก็บเกี่ยว 10 ถึง 13 เดือน ให้ผลผลิตสูงกว่า 13 ตันต่อไร่ ความหวาน 11 ซีซีเอส ขึ้นไป โดยทางหน่วยงานราชการได้แนะนำถึงพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมสำหรับแหล่งปลูกต่าง ๆ ดังนี้

1) ขอนแก่น 3

ที่แสดงในรูปที่ 2.3 เป็นพันธุ์อ้อยของกรมวิชาการเกษตร มีลักษณะทรงกอกว้าง กาบใบมีไขปานกลาง มีขนเล็กน้อย แตกกอได้ดี โตเร็ว ต้านทานต่อโรคแส้ดำ ทนทานต่อหนอนกอลายจุดใหญ่และหนอนกอลายจุดเล็ก เป็นพันธุ์ที่ฟื้นตัวหลังกระทบแล้งได้ดี จึงเหมาะสำหรับเขตที่มีการกระจายตัวของฝนไม่ดี

รูปที่ 2.3 ขอนแก่น 3

2) เค 88-92

เป็นพันธุ์ของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย มีลักษณะของทรงกอค่อนข้างกว้าง หักล้มง่าย คอใบมีสีเขียวปนน้ำตาล กาบใบสีเขียวปนม่วง มีไขปานกลาง ปล้องเป็นรูปทรงกระบอก แตกกอได้ดี โตเร็ว ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเน่าแดงและโรคแส้ดำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) แอลเค 92-11

ที่แสดงในรูปที่ 2.4 เป็นพันธุ์ของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย มีลักษณะทรงกอ ค่อนข้างกว้าง ขนาดลำปานกลาง มีไขเล็กน้อย แตกกอได้ดี โตช้าในช่วง 4 เดือนแรก ทนแล้งได้ปานกลาง ในอ้อยตอจะแตกกอได้ดีมากไม่ค่อยหักล้ม ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเน่าแดงและโรคแส้ดำ และทนทานต่อหนอนกอได้ดี ชอบดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียว แต่ไม่ชอบที่ดอนสูง ซึ่งรูปดังกล่าวนำมาจาก คู่มือการจัดการไร่อ้อยอย่างยั่งยืน สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย

รูปที่ 2.4 แอลเค 92-11

4) เค 95-84

เป็นพันธุ์ของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย เป็นพันธุ์ที่โตเร็ว ทนแล้งปานกลาง แต่หักล้มได้ง่าย ต้านทานต่อโรคเหี่ยวเน่าแดง โรคกอตะไคร้ โรคแส้ดำ และโรคใบจุดเหลือง ทนทานต่อหนอนเจาะลำต้น แตกกอได้ดีปานกลาง ความหวานสูง ไว้ตอได้ดี

5) อู่ทอง 5

เป็นอ้อยโคลน 90-2-318 ได้จากการผสมข้ามแบบ polycross โดยโคลนพันธุ์ 87-2-1033 (พันธุ์อู่ทอง 1 กับพันธุ์อีเหี่ยวเป็นแม่พันธุ์) จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี ให้ผลผลิตน้ำตาลสูง ไว้ตอดี จำนวนลำต่อกอมาก ทรงกอตั้งตรง ล้มยาก ลำต้นตรง ลำเมื่อไม่ถูกแดดสีเขียวอมเหลือง เมื่อถูกแดดสีม่วงอมเขียว ข้อเรียบ ปล้องป่องกลาง มีไขที่ลำปานกลาง ไม่มีร่อง

เหนือตา ตารูปไข่ ยอดป้าน ใบยาวขนาดใหญ่ ปลายโค้ง กาบใบสีเขียว ไม่มีขนที่กาบใบ ออกดอกปลายเดือนตุลาคม ความสูงต้น 264 เซนติเมตร มี 6 ถึง 7 ลำต่อกอ ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ 16 ถึง 18 ตันต่อไร่ ค่าความหวาน 13 ถึง 14 ซีซีเอส ควรปลูกในสภาพไร่ที่มีดินร่วนปนทราย ในเขตใช้น้ำฝนภาคกลางและภาคตะวันออก อ่อนแอต่อหนอนเจาะลำต้น ออกดอกเร็ว

2.1.5 การเจริญเติบโตและระยะการเจริญเติบโตของอ้อย

1) การเจริญเติบโตของอ้อย

สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ (เกษม, 2540) คือ

A) การเจริญเติบโตทางปริมาณ เป็นการเจริญเติบโตหรือการเปลี่ยนแปลงภายนอกที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย เช่น ขนาด รูปร่าง จำนวน และน้ำหนัก เป็นต้น ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้อุปกรณ์ชั่ง ตวง วัด เป็นต้น

B) การเจริญเติบโตทางคุณภาพ เป็นการวัดการเจริญเติบโตหรือการเปลี่ยนแปลงภายในที่สังเกตและวัดได้ยาก โดยก่อนที่จะเห็นการเปลี่ยนแปลงภายนอกในเชิงปริมาณนั้น ได้มีการเปลี่ยนแปลงหรือการเจริญเติบโตทางคุณภาพเกิดขึ้นภายในต้นอ้อยนั้นก่อน เช่น มีการเพิ่มจำนวน และขนาดของเซลล์ขึ้นก่อนที่ความสูงของลำต้นจะเพิ่มขึ้น เป็นต้น

2) ระยะการเจริญเติบโตของอ้อยแบ่งเป็น 4 ระยะ (phase)

ซึ่งแต่ละระยะมีความแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน (เกษม, 2540) ดังนี้

A) ระยะเริ่มงอก (germination phase) เป็นระยะตั้งแต่เริ่มปลูกด้วยท่อนพันธุ์จนกระทั่งหน่อโผล่พ้นพื้นดิน โดยมากใช้เวลาประมาณ 2 ถึง 3 สัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ความสมบูรณ์ของท่อนพันธุ์ และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ระยะเริ่มงอกจะเป็นตัวกำหนดจำนวนกอต่อไร่ ซึ่งมีผลต่อผลผลิตอ้อยเมื่อเก็บเกี่ยว ดังนั้น ระยะนี้จึงมีความสำคัญเป็นอันดับแรก

B) ระยะแตกกอ (tillering phase) การแตกกอของอ้อย เริ่มตั้งแต่อายุประมาณ 2 ถึง 4 เดือน การแตกกอจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม การแตกกอเป็นตัวกำหนดจำนวนลำต่อไร่ เป็นระยะที่ต้องการแสงแดดจัด และอุณหภูมิสูง โดยเฉพาะบริเวณโคนต้นจะทำให้การแตกกอดีขึ้น ระยะนี้อ้อยมีความต้องการน้ำและธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนมากขึ้น

C) ระยะย่างปล้อง (elongation phase) เป็นระยะที่ต่อเนื่องจากระยะแตกกอ เมื่ออ้อยมีอายุประมาณ 3 ถึง 4 เดือน อ้อยจะมีการเพิ่มขนาดและความยาวของลำต้นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในเดือนที่ 6 ถึง 8 อ้อยจะมีการเจริญเติบโตเร็วที่สุด (grand period of growth หรือ boom stage) และไวต่อการขาดน้ำมากที่สุด ถ้าขาดน้ำจะมีผลให้อ้อยปล้องสั้น และผลผลิตลดลงกว่าที่ควรจะเป็น ระยะนี้อ้อยต้องการแสงแดด น้ำและธาตุไนโตรเจนค่อนข้างมาก

D) ระยะสุกแก่ (maturity and ripening phase) ในสามระยะที่ผ่านมาน้ำตาลที่อ้อยสร้างขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสงส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต ต่อเมื่ออายุอ้อยประมาณ 8 เดือนจนถึงเก็บเกี่ยว อ้อยจะมีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้น การสะสมน้ำตาลจะเริ่มจากโคนสู่ปลาย เมื่อสะสมน้ำตาลในลำต้นจนกระทั่งความหวานถึงส่วนยอดจะเรียกว่า ระยะสุกแก่ ซึ่งพร้อมเก็บเกี่ยวโดยสังเกตจากใบส่วนยอดจะอยู่ชิดกันมาก ปล้องที่ส่วนยอดจะสั้นลง ระยะนี้อ้อยต้องการอุณหภูมิต่ำ แสงแดดจัด น้ำน้อย และธาตุไนโตรเจนน้อย

2.1.6 สมบัติของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย

1) สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

A) สภาพพื้นที่ สภาพพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกอ้อยควรเป็นพื้นที่ราบเรียบความลาดชันของพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 3 (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2526; Bakker, 1999) แต่หากพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงถึงร้อยละ 10 ก็สามารถทำการปลูกอ้อยได้เช่นกัน แต่ควรทำการไถพรวนตามแนวระดับและมีระบบการให้น้ำที่เหมาะสม (Blackburn, 1984) อย่างไรก็ตามไม่ควรทำการปลูกอ้อยในสภาพพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง (เกษม และอุดม, 2521)

B) เนื้อดินและโครงสร้างของดิน อ้อยสามารถปลูกได้ในเนื้อดินทุกประเภท โดยเนื้อดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกอ้อยควรเป็นดังนี้ คือ เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) และดินร่วนเหนียว (clay loam) (Blackburn, 1984; Hunsigi, 1993) ส่วนโครงสร้างของดินควรมีโครงสร้างที่ดีซึ่งมีลักษณะเป็นแบบก้อนกลม (granular structure) จะทำให้ง่ายต่อการไถพรวน (เกษม, 2542) ดินที่มีความร่วนซุย จะมีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง แต่ในปัจจุบันมีการนำเครื่องจักรกลการเกษตรเข้ามาใช้กันมากหากใช้โดยไม่คำนึงถึงน้ำหนักรถและความชื้นของดินก็จะทำให้เกิดปัญหาโครงสร้างดินที่อัดแน่น เป็นแผ่น (Hunsigi, 1993) ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ไม่พึงประสงค์ทางการเกษตร

Humbert (1963) รายงานว่า ในแหล่งปลูกอ้อยชายฝั่งทะเล Hilo ของฮาวาย ได้เคยมีการสำรวจพื้นที่ที่เคยใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยวอ้อยขณะที่ดินเปียกจำนวน 1 2 3 หรือมากกว่า 3 ครั้งขึ้นไป มีผลให้ผลผลิตของอ้อยลดลงมากขึ้นตามจำนวนครั้งที่ใช้เครื่องจักรเข้าไปเก็บเกี่ยว และในไร่อ้อยที่ใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยว 3 ครั้งหรือมากกว่า จะมีผลให้ผลผลิตของอ้อยลดลง 20 ถึง 36 เปอร์เซ็นต์ต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากดินถูกอัดจนแน่นและโครงสร้างของดินถูกทำลายทำให้ดินบริเวณรากมีอากาศไม่เพียงพอ ซึ่งทำให้รากอ้อยเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร

Trouse and Humbert (1961) รายงานว่า เมื่อรถบรรทุกอ้อยหนัก 25 ถึง 40 ตัน วิ่งผ่านพื้นที่ จะทำให้เกิดความกดของดินในบริเวณใกล้เคียงได้ถึง 15.3 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ทำให้ดินแน่นลึกลงไป 15 เซนติเมตร ในดินแห้ง และอาจลึกลงไป 50 เซนติเมตร ในดินเปียก อย่างไรก็ตาม เมื่อความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) การกระจายของช่อง (pore size

distribution) และความคงทนของเม็ดดิน (aggregate stability) เกิดการเปลี่ยนแปลงจะมีผลให้การถ่ายเทอากาศในดิน (soil aeration) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

Taylor (1949) รายงานว่า การฟุ้งกระจายของออกซิเจนขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของดินและปริมาณความชื้นในดิน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างดินนั้น ๆ

C) ความลึกของดิน อ้อยสามารถขึ้นได้ดีในดินที่มีหน้าดินลึก (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2526) โดยมากดินที่ใช้ปลูกอ้อยควรมีความลึกของหน้าดินอย่างน้อย 50 เซนติเมตร และปราศจากชั้นดานในดินล่าง (Husz, 1972) อย่างไรก็ตามความลึกของหน้าดินที่เหมาะสมควรลึกมากกว่า 100 เซนติเมตร และควรเป็นดินที่ระบายน้ำดี เนื่องจากอ้อยเป็นพืชอายุหลายปี และมีรากหยั่งลึก (Blackburn, 1984; บัณฑิต และคำรณ, 2542)

D) ความชื้นในดิน อ้อยจะเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอต้องได้รับน้ำในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตอย่างเพียงพอคือ ดินจะต้องมีความชื้นที่เป็นประโยชน์อยู่ระหว่างร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 100 ถ้าความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำกว่าร้อยละ 50 อ้อยจะขาดน้ำทำให้อ้อยเจริญเติบโตไม่ดี ส่งผลให้ผลผลิตของอ้อยลดลงในที่สุด (อรรถสิทธิ์, 2541) นอกจากนี้ ยังพบว่าความชื้นในดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดปริมาณซูโครสในลำต้นอ้อยอีกด้วย (Bakker, 1999)

E) ความหนาแน่นรวมของดิน อัตราการเจริญเติบโตของอ้อยจะลดลงเมื่อรากชอนไชเจริญผ่านดินที่แน่นและมีช่องว่างขนาดใหญ่อยู่ในดินน้อย โดยส่งผลให้รากแขนงสั้นทำให้มีพื้นที่สำหรับดูดน้ำและธาตุอาหารน้อยลง (Humbert, 1968) อย่างไรก็ตามผลของความหนาแน่นรวมของดินต่อรากอ้อยจะมีค่าวิกฤตอยู่ที่ 1.8 ถึง 1.9 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Hunsigi, 1993)

Hunsigi (1993) รายงานว่า ดินปลูกอ้อยที่ดีควรมีความหนาแน่นรวมของชั้นดินบนและชั้นดินล่างเป็น 1.5 และ 1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ อ้อยที่ปลูกในดินที่มีการไถระเบิดดินล่างจะมีผลให้ระบบรากทั้งในแง่การหยั่งลึก การแผ่กระจายของราก รวมทั้งจำนวนรากที่เจริญในดินนั้นดีกว่าดินที่ไม่ได้ทำการไถ (Evans, 1936)

F) อากาศในดิน อ้อยเป็นพืชที่มีความไวต่อการขาดก๊าซออกซิเจน ซึ่งมีผลให้พัฒนาการของรากในการดึงดูดธาตุอาหารลดลง (Hunsigi, 1993) ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนมีปฏิสัมพันธ์กับความหนาแน่นรวมของดิน กล่าวคือ เมื่อความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้นจะมีผลให้รากอ้อยมีความต้องการก๊าซออกซิเจนสูงขึ้น ทั้งนี้เพื่อรักษาระดับการเจริญเติบโตของรากให้เป็นปกติ (Banath and Moteith, 1966)

2) สมบัติทางเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

A) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) Husz (1972) รายงานว่าอ้อยสามารถเจริญเติบโตได้ตั้งแต่ค่า pH4.0 ถึง 8.5 แต่เจริญเติบโตได้ดีที่ pH 6.5 (Blackburn, 1984) ในขณะที่ค่า pH สำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของอ้อยจะอยู่ในช่วง 6.0 ถึง 8.0 (Hunsigi, 1993) โดยส่วนใหญ่ดินที่ใช้ปลูกอ้อยจะมีค่า pH ประมาณ 5.0 ถึง 6.5 และค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของอ้อยคือ 5.6 ถึง 7.3 (บัณฑิต และคำรณ, 2542)

B) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่า อินทรียวัตถุในดินมีอิทธิพลต่อการดูดยึดธาตุอาหาร ช่วยเพิ่มความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ช่วยปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน และยังสัมพันธ์กับความสามารถในการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนให้กับพืช โดยทั่วไปดินที่ใช้ปลูกอ้อยควรมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินในช่วงร้อยละ 1.5 ถึงร้อยละ 4.5 (Hunsigi, 1993)

C) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) พบว่า ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกอ้อย ควรมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมากกว่า 15 มิลลิกรัมสมมูลย์ (me) ต่อ 100 กรัมของดิน (Blackburn, 1984; บัณฑิต และคำรณ, 2542)

D) ความเค็มของดิน ความเค็มของดินจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพน้ำตาลในอ้อย (Alexander, 1973) โดยระดับความเค็มของดินที่เหมาะสมกับการปลูกอ้อย ควรมีค่าการนำไฟฟ้า (ECe) น้อยกว่า 2.5 dS/m (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2544) ส่วน Hunsigi (1993) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของระดับความเค็มของดินจะมีผลกระทบต่อค่าศักย์น้ำรวมในดิน (total water potential) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการดูดน้ำและธาตุอาหารของพืช นอกจากนี้ ค่าความเค็มที่เพิ่มขึ้นยังมีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยของลักษณะต่าง ๆ ของอ้อยตอ 1 (อายุ 10 เดือน) เช่น ความสูง น้ำหนักลำที่เข้าหีบได้ต่อกอ จำนวนปล้องต่อลำ เปอร์เซ็นต์บริกซ์ เปอร์เซ็นต์โพล ซีซีเอส ปริมาณคลอโรฟิลล์ และอัตราการสังเคราะห์แสงของอ้อยลดลงอีกด้วย (ทิวา, 2542)

E) ค่าความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (base saturation) ควรจะมีค่าสูงกว่าร้อยละ 75 (Blackburn, 1984)

F) ธาตุอาหารสำหรับอ้อย อ้อยเป็นพืชที่ใช้ธาตุอาหารจากดินในปริมาณค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเมื่อปลูกอ้อยแบบพืชเดี่ยว นอกจากนี้ การนำผลผลิตและเศษเหลือออกจากพื้นที่เท่ากับเป็นการนำธาตุอาหารต่าง ๆ ออกไปอย่างถาวร จึงเป็นเหตุให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ (Hunsigi, 1993)

3) ปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของอ้อย

A) ปริมาณและการกระจายของน้ำฝน อ้อยสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 500 ถึง 2,500 มิลลิเมตรต่อปี (Hunsigi, 1993) หรือในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยหรือมีปริมาณน้ำฝนไม่แน่นอนร่วมกับการใช้น้ำชลประทาน ซึ่งความต้องการน้ำของอ้อยตั้งแต่

ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวมีปริมาณไม่น้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตร (ประเสริฐ, 2542) บัณฑิต และคำรณ (2542) กล่าวว่า พื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการปลูกอ้อยควรมีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 1,600 ถึง 2,500 มิลลิเมตรต่อปี สำหรับความต้องการน้ำของอ้อยจะมีปริมาณมากหรือน้อยแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตของอ้อย กล่าวคือ อ้อยที่เริ่มงอกใหม่มักต้องการน้ำปริมาณน้อยมาก แต่เมื่ออ้อยเจริญเติบโตมากขึ้นก็ต้องการน้ำปริมาณมากขึ้น ดังนั้น การปลูกอ้อยในเขตอาศัยน้ำฝนควรจัดการช่วงเวลาในการปลูกอ้อยให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำฝน (ประเสริฐ, 2542) กองพืชไร่ (2523) รายงานว่า การปลูกอ้อยในเดือนที่แตกต่างกันทั้งในเขตและนอกเขตชลประทาน จะมีผลต่อร้อยละของการงอกและการเจริญเติบโตของอ้อยที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของความชื้นในอากาศ และปริมาณน้ำฝนที่มีต่อการเจริญเติบโตของอ้อย โดยอ้อยที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอจะมีการเจริญเติบโตที่ดีและให้ผลผลิตสูง ส่วนอ้อยที่ขาดน้ำ หรือได้รับน้ำมากเกินไปจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อยลดลง เนื่องจากความชื้นในดินไม่เหมาะสมต่อการพัฒนาของราก อุทัย และคณะ (2532) ได้ศึกษาอิทธิพลของการขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ต่อผลผลิตอ้อย พบว่า อ้อยที่ให้น้ำตลอดฤดูปลูกมีผลผลิตใกล้เคียงกับอ้อยที่ขาดน้ำในช่วงหลังแตกกอ 30 วัน และอ้อยที่ให้น้ำทั้ง 2 แบบนี้จะให้ผลผลิตสูงกว่าอ้อยที่ขาดน้ำในระยะย่างปล้อง

B) แสงแดด ในสภาพที่มีปริมาณแสงแดดและความยาวของช่วงแสงมากจะทำให้อ้อยเจริญเติบโตได้ดี โดยเฉพาะระยะที่อ้อยกำลังแตกกอและระยะย่างปล้อง (ประเสริฐ, 2542) การสร้างและสะสมน้ำตาลมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณหรือความเข้มของแสงแดด (เกษม , 2542) ซึ่งจะมีผลให้ผลผลิตและคุณภาพของอ้อยสูง โดยทั่วไปประเทศไทยจะมีแสงแดดเพียงพอกับความต้องการของอ้อย แต่จะแตกต่างกันบ้างในเรื่องปริมาณเมฆหมอกและจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดในแต่ละวัน (ประเสริฐ, 2542; Bakker, 1999)

C) อุณหภูมิ ในช่วงตั้งแต่ปลูกจนถึงระยะย่างปล้องอุณหภูมิมีผลต่อการงอก ความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อย (ประเสริฐ, 2542; Bakker, 1999; Hunsigi, 1993) โดยช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 24 ถึง 27 องศาเซลเซียส (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2542)เกษม (2542) รายงานว่า ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 15 ถึง 16 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส อ้อยจะมีการเจริญเติบโตช้ามาก Dillewijn (1952) พบว่า ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่มีผลให้อ้อยหยุดชะงักการเจริญเติบโต ถึงแม้ว่าที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส อาจมีอ้อยบางพันธุ์งอกได้ก็ตาม ทั้งนี้อุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วงการเจริญเติบโตอาจแตกต่างกันตามพันธุ์อ้อย (เกษม, 2542) เมื่ออ้อยเข้าสู่ระยะสุกแก่ (อายุมากกว่า 7 เดือน) อ้อยต้องการอุณหภูมิต่ำประมาณ 18 ถึง 24 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ถึง 6 สัปดาห์ เพื่อการสะสมน้ำตาลและเพิ่มความหวาน ซึ่งเกิดจากการที่อุณหภูมิตอนกลางคืนต่ำจะช่วยทำให้การเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบสู่ลำต้นได้ดีขึ้น (ประเสริฐ, 2542)

D) ลม ลมมีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย โดยลมมีอิทธิพลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงและการเคลื่อนย้ายสารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปยังส่วนต่าง ๆ ของอ้อย (Hunsigi, 1993) ลมยังช่วยพาความชื้น ความร้อนหรือความเย็น และคาร์บอนไดออกไซด์เข้าหรือออกจากแปลงซึ่งจะมีผลกับอ้อยในทางลบหรือทางบวกแล้วแต่กรณี เช่น เมื่อลมพัดอ่อน ๆ จะช่วยเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้แก่อ้อยทำให้กระบวนการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น บางกรณีอ้อยมีการคายน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อมีลมพัดแรง ส่งผลให้การคายน้ำมากกว่าปกติ กระทั่งทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยลดลง (เกษม, 2542; Humbert, 1963) ในทางกลับกันในระยะสุกแก่จะทำให้อ้อยหวานยิ่งขึ้น เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำออกจากลำต้นนั่นเอง (เกษม, 2542)

E) ความสูงจากระดับน้ำทะเล อ้อยมักเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับสูงต่ำกว่าระดับน้ำทะเล 1,500 เมตร โดยในบริเวณที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากขึ้น และมีเมฆหมอกมากมักมีอุณหภูมิลดลง ซึ่งอ้อยเป็นพืชที่ต้องการอากาศอบอุ่นหรือร้อนตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโตและต้องการสภาพแห้งและเย็นเมื่อเข้าสู่ระยะสุกแก่ จึงมีผลทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยลดลงและทำให้อ้อยสุกแก่ช้า เช่น บริเวณทวีปแอฟริกาตะวันออก ซึ่งอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 4,500 ฟุต พบว่า อ้อยที่ปลูกในบริเวณนี้มีอายุสุกแก่เฉลี่ยเพิ่มขึ้นอีก 7 เดือน (Humbert, 1968)

F) ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยโดย Hartt and Burr (1965) รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากร้อยละ 0.01 ไปเป็นร้อยละ 0.07 มีผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงของอ้อยเพิ่มขึ้น ซึ่งในแต่ละพันธุ์ของอ้อยจะแตกต่างกันออกไป

2.1.7 องค์ประกอบของพืชอ้อย

สมศักดิ์ (2556) ได้ให้รายละเอียดไว้ในเอกสารเผยแพร่ เรื่อง เดชคัมภีร์อ้อย 30 ตัน ว่า อ้อยที่ปลูกเป็นการค้า (Noble Sugacane) แบ่งตามอายุการเก็บเกี่ยวได้ 3 ประเภท ได้แก่ อ้อยพันธุ์เบา ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 9 เดือน ถึง 10 เดือน อ้อยพันธุ์กลาง ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 11 เดือน ถึง 12 เดือน และอ้อยพันธุ์หนัก ที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 13 เดือนขึ้นไป ซึ่งอ้อยเหล่านี้จะมีองค์ประกอบที่เหมือนกัน ประกอบด้วย

1) น้ำ ประมาณร้อยละ 70 (ร้อยละ 50 ถึง 80)
2) ไฟเบอร์ ประมาณร้อยละ 15 (ร้อยละ 8 ถึง 40)
3) ของแข็งที่ละลายได้ ประมาณร้อยละ 15 (ร้อยละ 8 ถึง 30)
   A) น้ำตาล ร้อยละ 8 ถึง 27
   B) ซูโครส ร้อยละ 8 ถึง 27
   C) กลูโคส ร้อยละ 0.1 ถึง 2.5

D) ฟรุกโตส ร้อยละ 0.1 ถึง 2.5

4) เถ้า ร้อยละ 0.3 ถึง 8

2.2 ขั้นตอนการผลิตอ้อย

สำหรับขั้นตอนของการผลิตอ้อยนั้น ประกอบด้วย

2.2.1 การปลูกอ้อย

1) ฤดูปลูก

การปลูกอ้อยในประเทศอาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่แบ่งได้ออกเป็น 3 ฤดู คือ

A) ปลูกต้นฤดูฝน คือ ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม หรืออาจจะล่าไปถึงเดือนสิงหาคม เกษตรกรชาวไร่ในภาคกลางส่วนมากนิยมปลูกต้นฤดูฝน อย่างไรก็ตามการปลูกในช่วงฤดูกาลนี้อาจจะมีปัญหาเรื่องน้ำมากเกินไปในขณะที่อ้อยยังเล็กอยู่ ปัญหาวัชพืช และปัญหาอ้อยไม่แก่เมื่อต้องส่งโรงงาน ซึ่งจะถึงเวลาปิดหีบ เป็นต้น เป็นอ้อยที่มีอายุระหว่าง 8 ถึง 10 เดือน

B) ปลูกปลายฝนหรือปลูกเมื่อหมดฝน คือ ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฝนหมดช้าหรือเร็ว เป็นฤดูกาลที่เกษตรกรชาวไร่ในภาคตะวันออก เช่น ชลบุรี ระยอง นิยมปลูกกันส่วนมาก ส่วนทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะนิยมปลูกตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม ข้อดีของการปลูกในช่วงฤดูกาลนี้คือ ลดปัญหาเรื่องวัชพืช สามารถปลูกได้ตามกำหนดเวลาที่ต้องการทำให้ได้อ้อยแก่พอดีเมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยวและพบว่า ให้ผลผลิตสูงด้วย โดยอ้อยรุ่นนี้จะเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุเกิน 12 เดือน

C) ปลูกหน้าแล้ง คือ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน คือ สามารถทำการเพาะปลูกได้เฉพาะในพื้นที่ที่มีน้ำซับหรือมีความชื้นพอเพียง หรือในเขตที่มีน้ำชลประทาน วิธีการปฏิบัติจะต้องมีการเตรียมดินที่ดีโดยการปลูกลึก กลบให้หนา เนื่องจากต้องการให้ท่อนพันธุ์ได้สัมผัสกับความชื้นที่อาจจะเป็นปัญหาในฤดูแล้ง มีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในภาคกลางและภาคตะวันตก อ้อยที่ได้เป็นอ้อยอายุ 8 เดือน ถึง 12 เดือน

2) การเตรียมดิน

อ้อยสามารถเจริญเติบโตในดินหลายชนิด แต่จะต้องรู้ลักษณะของดินแต่ละแห่งโดยเฉพาะในเรื่องของชั้นดิน เช่น ดินที่มีชั้นดินดาน การไถด้วยไถดินลึก นับว่าเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากอ้อยเมื่อปลูกแล้วสามารถไว้ตอได้นานโดยเฉลี่ยถึง 3 ปี จึงจะมีการรื้อตอเพื่อปลูกใหม่ ในกรณีที่ไม่มีชั้นดินดานก็ไม่จำเป็นต้องไถลึก การไถดินด้วยไถจานลึกประมาณ 60 เซนติเมตร นับว่าเพียงพอ ส่วนในกรณีที่มีชั้นดินดาน (hard pan) ควรใช้ไถสิ่ว ติดท้ายรถไถขนาด 90 แรงม้าขึ้นไป การไถทำลายดินดานจะช่วยให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศได้ดีช่วยให้รากอ้อยแผ่ลึกดูดน้ำ

และอาหารได้ดียิ่งขึ้น พื้นที่ที่มีลักษณะเป็นดินเหนียวจะมีปัญหาในเรื่องการระบายน้ำจึงต้องมีการขุดรางระบายน้ำเพื่อช่วยให้รากอ้อยมีการหายใจดีขึ้น หลังจากที่มีการไถด้วยไถจานแล้วเพื่อให้ดินร่วนซุยอาจจะตามด้วยการไถแปร 1 ถึง 2 ครั้ง แต่ถ้าปลูกต้นฝนก็ไม่จำเป็นต้องไถให้ดินแตกละเอียดก็ได้ หลังจากนั้นทำการยกร่องโดยให้จุดกึ่งกลางร่องห่างกันเท่ากับระยะปลูกของอ้อย การยกร่องหรือเปิดร่องมีแนวทางการปฏิบัติดังนี้

A) เปิดร่องเมื่อต้องการจะปลูกโดยเฉพาะในช่วงปลูกปลายฝนหรือหน้าแล้งไม่ควรเปิดร่องทิ้งไว้โดยไม่จำเป็น ควรเปิดร่องขวางทิศทางลาดเอียงเพื่อให้การชะล้างเกิดขึ้นน้อยลงและยังช่วยให้น้ำซึมลงดินเป็นประโยชน์ต่ออ้อยได้มากยิ่งขึ้น

B) เปิดร่องให้เท่ากับระยะระหว่างแถวที่ต้องการปลูกโดยปกติห่างกันระหว่าง 80 ถึง 150 เซนติเมตร แล้วแต่พันธุ์อ้อย สภาพแวดล้อมและเครื่องมือที่ใช้ เช่น จากการทดลองอ้อยพันธุ์ F140 และ Pindar ใช้ระยะระหว่างแถว 80 หรือ 120 และ 160 เซนติเมตร ตามลำดับ และในเขตชลประทานพบว่า การใช้ระยะระหว่างแถวที่แคบผลผลิตของอ้อยจะเพิ่มขึ้น และสามารถกำจัดวัชพืชเพียงครั้งเดียวได้ในขณะที่การปลูกห่างกัน ต้องกำจัดวัชพืชหลายครั้งเมื่อปลูกแถวห่างออกไปอ้อยจะแตกกอมากขึ้น และมีขนาดลำใหญ่ ส่วนผลผลิตอาจจะไม่มีความแตกต่างกัน

C) ควรมีการใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนการวางท่อนพันธุ์ซึ่งพบว่า ได้ผลดีกว่าใส่เมื่ออ้อยงอกแล้ว ปุ๋ยรองพื้นควรเป็นสูตรสมบูรณ์ เช่น 15-15-15 14-9-0 16-11-14 อัตรา 50 ถึง 100 กิโลกรัมต่อไร่ โดยพิจารณาชนิดและอัตราปุ๋ยที่ใช้จากความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งดินที่มีโปแตสเซียมสูง เช่น ดินชุดกำแพงแสน อาจจะใช้ปุ๋ยสูตร 20-20-0 ก็ได้ เป็นต้น การใส่ปุ๋ยหลังจากปลูกแล้วจะใช้เกณฑ์ในเรื่องความต้องการธาตุอาหารปุ๋ย

3) การเตรียมพันธุ์อ้อย

พันธุ์อ้อยที่ใช้ปลูกเป็นการค้าในประเทศไทย มีหลายพันธุ์ดังได้กล่าวมาแล้ว เกษตรกรชาวไร่จะต้องรู้จักอ้อยพันธุ์ต่าง ๆ สำหรับใช้ในการวางแผนปลูกให้ถูกต้อง เนื่องจากมีลักษณะประจำพันธุ์ต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องอายุเก็บเกี่ยวและความหวานสูงสุด เมื่อจะทำการเก็บเกี่ยวในการเตรียมท่อนพันธุ์ปลูกมีหลักการปฏิบัติทั่วไปดังนี้

A) เป็นอ้อยปลูกหรืออ้อยใหม่ที่ได้รับปุ๋ยและน้ำอย่างเพียงพอ มีอายุ 5 ถึง 8 เดือน ซึ่งสามารถใช้ทำพันธุ์ได้ทั้งลำ ถ้าอ้อยอายุเกินกว่านี้ตาล่าง ๆ จะไม่งอกหรืองอกช้า ไม่ควรใช้อ้อยตอในการทำพันธุ์ ต้องตรวจสอบให้แน่นอนว่าเป็นพันธุ์ตรงตามที่ต้องการ

B) ท่อนพันธุ์ควรปราศจากโรคและแมลงที่ควรระวังคือ โรคใบขาว ซึ่งสามารถติดต่อทางท่อนพันธุ์ได้ โดยควรแช่ท่อนพันธุ์ในน้ำร้อน 52 องศาเซลเซียส ที่มียาเชื้อรา เช่น แคปแตน 500 ส่วนในล้าน นาน 45 นาที จะช่วยป้องกันโรคที่เกิดจากเชื้อราได้หลายชนิด ในกรณีที่

สงสัยว่าจะเป็นโรคใบขาว ควรแช่ในสารละลายเตตราไซคลินในอัตรา 500 มิลกรัมต่อลิตร ที่ทำให้ร้อนประมาณ 55 องศาเซลเซียส นานประมาณ 10 ถึง 15 นาที

C) ท่อนพันธุ์ที่ตัดทำพันธุ์ควรให้มี 3 ตา เพื่อให้แน่ใจในการงอก หากตาใดตาหนึ่งหรือสองตาไม่งอก ขณะสับท่อนพันธุ์ระวังอย่าให้ตากระทบกระเทือนมิฉะนั้นตาจะช้ำและไม่งอก บางแห่งจะมีการปลูกโดยวางอ้อยทั้งลำลงในร่องแล้วใช้มีดสับขาดเป็นท่อน ๆ ท่อนละประมาณ3 ตา ซึ่งจะช่วยประหยัดแรงงาน หรืออาจจะมีการปลูกด้วยชิ้นตา (ส่วนของข้อที่มีตาและปุ่มรากพร้อมทั้งเนื้อเยื่อบางส่วน) โดยอาจจะปลูกโดยตรงหรือเพาะให้งอกก่อนแล้วย้ายปลูกก็ได้ การตัดชิ้นตาจะต้องแช่ด้วยยาฆ่าเชื้อราเสมอ การปลูกด้วยชิ้นตาจะประหยัดท่อนพันธุ์ได้มากโดยในหนึ่งไร่ใช้ชิ้นตาประมาณ 50 ถึง 100 กิโลกรัมเท่านั้น ในขณะที่ถ้าใช้ท่อนพันธุ์จะใช้ถึง 1 ตัน และลำต้นส่วนที่ตัดเอาชิ้นตาออกแล้ว สามารถส่งขายให้โรงงานได้อีก

D) ท่อนพันธุ์ที่ต้องมีการขนส่ง ไม่ควรลอกกาบใบ เพราะกาบใบจะช่วยป้องกันตาไม่ให้กระทบกระเทือนได้ง่าย ก่อนปลูกจึงลอกกาบออก

4) การปลูก

ส่วนใหญ่จะนิยมปลูกด้วยมือโดยการวางท่อนพันธุ์ลงในร่องให้แนบก้นร่องให้ห่างกันจากกึ่งกลางท่อนประมาณ 30 ถึง 50 เซนติเมตร (ระยะระหว่างกอ) แล้วใช้ดินละเอียดจากส่วนที่มีความชื้นอยู่กลบให้มิดโดยสม่ำเสมอ ความหนาของดินที่กลบขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหรือฤดูกาล ถ้าปลูกหน้าฝนกลบบางประมาณ 2.5 เซนติเมตร แต่ถ้าปลูกหน้าแล้งหรือปลายฝนต้องกลบหน้าประมาณ 5 เซนติเมตร และเหยียบให้แน่น ในดินที่มีการระบายน้ำยากหรือดินที่มีน้ำมากเกินไป การปลูกแบบปักเอียง 45 องศา ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การงอกดีกว่าการวางท่อนพันธุ์ในแนวราบ ในกรณีที่มีการใส่ปุ๋ยรองพื้นอย่าให้ท่อนพันธุ์สัมผัสกับปุ๋ยในร่อง เพราะจะทำให้อ้อยงอกช้า ในแหล่งที่มีปลวกมากควรพ่นยากันปลวกลงบนท่อนพันธุ์ก่อนกลบดิน

2.2.2 การปฏิบัติรักษาภายหลังปลูก

ภายหลังการปลูกอ้อย จำเป็นต้องมีการปฏิบัติการเพื่อการบำรุงรักษาอ้อยให้เจริญเติบโต จนกว่าจะสามารถเก็บเกี่ยวได้ ดังนี้

1) การให้น้ำ

การที่จะให้น้ำก่อนหรือหลังขึ้นอยู่กับชนิดของดิน เช่น ดินชุดกำแพงแสน เกษตรกรชาวไร่มักจะให้น้ำก่อนเมื่อดินหมาดจึงปลูก หากให้น้ำหลังจากปลูกทำให้ดินแน่น ในดินที่ไม่มีปัญหาเรื่องดินแน่น นิยมให้น้ำภายหลังปลูก อ้อยมีอายุเก็บเกี่ยว 9 ถึง 12 เดือน ตลอดระยะการเจริญเติบโตจึงต้องการน้ำอย่างสม่ำเสมอโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่อ้อยมีการย่างปล้อง อย่างไรก็ตามหากอ้อยได้รับน้ำมากเกินไปจนเกิดสภาพน้ำขังจะทำให้รากอ้อยไม่สามารถดำเนินกิจกรรมตามปกติได้อ้อยจะเติบโตช้า และมี ซีซีเอส ต่ำ นอกจากนี้การที่ดินมีความชื้นมากเกินไปใน

ระยะอ้อยเริ่มงอกจะทำให้มีวัชพืชเกิดขึ้นมาก ต้องเสียแรงงานในการกำจัดวัชพืชสูง อีกประการหนึ่งก่อนเก็บเกี่ยวอ้อยหนึ่งเดือน ควรหยุดให้น้ำเพื่อบังคับให้ลดอัตราการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบและให้รีดิวซิงซูการ์เปลี่ยนไปเป็นซูโครสให้มาก

2) การกำจัดวัชพืช

ในกระบวนศัตรูพืชที่สำคัญซึ่งได้แก่ โรคพืช แมลง และสัตว์ต่าง ๆ วัชพืชนับได้ว่าทำความเสียหายให้กับพืชปลูกมากที่สุด จากการทดสอบการไม่กำจัดวัชพืชในประเทศไทย พบว่า ทำความเสียหายแก่ผลผลิตอ้อยมากกว่าร้อยละ 80 อ้อยเติบโตช้ามากในระยะ 1 ถึง 2เดือนแรก จึงถูกวัชพืชตั้งตัวได้ก่อนสามารถแก่งแย่งปัจจัยในการเจริญเติบโตไปจากอ้อยได้มากกว่าพืชไร่หลายชนิด ในทางปฏิบัติการป้องกันกำจัดกระทำได้หลายวิธี ได้แก่

A) วิธีเขตกรรม เช่น การเตรียมดินให้ดีมีการไถคราดเก็บเศษวัชพืชออกไปให้มากที่สุด การใช้แรงงานคนถากหญ้าระหว่างแถวและระหว่างกอ 2 ถึง 3 ครั้ง จนใบอ้อยใบเริ่มคลุมดิน โดยในครั้งสุดท้ายอาจจะใช้วิธีไถพรวนพลิกวัชพืชให้ลอยขึ้นข้างบนและจะเป็นการสะดวกต่อการใส่ปุ๋ยด้วย ใช้วิธีการไถพรวนด้วยเครื่องทุ่นแรงในช่วงที่อ้อยอายุประมาณ 1 ถึง 2 เดือน ซึ่งจะประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่ายมากกว่าใช้แรงคนถากหญ้า

B) การปลูกพืชแซม (intercropping) โดยปลูกระหว่างแถวอ้อยซึ่งมีระยะห่างกัน 120 ถึง 150 เซนติเมตร โดยใช้พืชอายุสั้นเช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง เก็บผักสด ข้าวโพดหวาน เป็นต้น นอกจากจะช่วยกำจัดวัชพืชแล้วยังเพิ่มรายได้อีกส่วนหนึ่งด้วย

C) การใช้ไฟเผา ในบางแห่งเมื่อเก็บเกี่ยวอ้อยไปแล้วจะเผาทำลายใบ ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดและชิ้นส่วนของวัชพืชถูกทำลายไปส่วนหนึ่ง แต่จะสูญเสียปริมาณอินทรียวัตถุส่วนหนึ่งไปด้วย

D) การคลุมดิน โดยใช้เศษวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุอื่น ๆ เช่น พลาสติก กระดาษ แกลบ ขุยมะพร้าว ฯลฯ คลุมดิน ซึ่งในทางปฏิบัติในไร่อ้อยแล้ว ยังไม่มีการใช้เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก

E) การใช้สารเคมี ปัจจุบันได้มีการใช้อย่างกว้างขวาง เพราะกำจัดพืชได้ผลโดยมองในแง่การประหยัดเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่าย แต่ต้องไม่ลืมว่าสารเคมีมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์และความเป็นอยู่ของคนและสัตว์ จะต้องมีการใช้อย่างระมัดระวัง และเข้าใจในพิษภัยของสารเคมีเป็นอย่างมาก จึงจะเกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม

3) การปลูกซ่อม

หากมีการเลือกท่อนพันธุ์ที่ดีและปลูกอย่างเหมาะสมแล้วจะทำให้อ้อยงอกไม่จำเป็นต้องมีการซ่อม แต่ถ้าหากว่าจำเป็นต้องมีการปลูกซ่อมเนื่องจากบางส่วนไม่งอกจะต้องทำภายใน 2 ถึง 3 สัปดาห์ ภายหลังการปลูก การซ่อมด้วยท่อนพันธุ์หรือชิ้นตาที่ชำให้งอกแล้วจะดีกว่า

การใช้ท่อนพันธุ์ที่ไม่ได้ชำ เกษตรกรชาวไร่บางรายใช้วิธีแยกหน่อ ออกจากอ้อยในแปลงเดียวกันซ่อมซึ่งสามารถใช้ได้ดี

4) การใส่ปุ๋ยแต่งหน้าหรือใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2

หลังจากที่มีการใส่ปุ๋ยรองพื้นขณะที่มีการเตรียมดินดังได้กล่าวมาแล้ว เพื่อให้อ้อยมีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ควรจะมีการให้ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยมีอายุประมาณ 2 เดือน หลังจากปลูกหรือเมื่ออ้อยเข้าสู่ระยะย่างปล้องหรือแตกกอ ปุ๋ยที่ใส่อาจจะเป็นปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเดียว เช่น ยูเรียร้อยละ 46 ไนโตรเจน อัตรา 50 ถึง 100 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยสูตรตามที่กล่าวมาแล้วโดยใส่ลึกลงไปในดิน แล้วกลบหลังร่องด้วยการทะลายดินระหว่างร่องกลบโคนอ้อยทำให้พื้นดินเสมอกัน ในบางแห่งนิยมพูนโคนอ้อยให้สูงขึ้น เช่น แถบชลบุรี เรียกว่า ทำป้วย เพราะเห็นว่าได้ผลดีกว่าไม่พูนโคน อย่างไรก็ตามการกลบโคนควรปฏิบัติภายหลังที่อ้อยแตกกอพอสมควรแล้ว เพราะหากกลบโคนเร็วเกินไปทำให้อ้อยแตกกอน้อยลง

5) การบำรุงตออ้อย

อ้อยที่ปลูกและเก็บเกี่ยวครั้งแรกเรียกว่า อ้อยปลูก (plant cane) และหากมีการเตรียมดินดีและดูแลรักษาดีสามารถจะเก็บเกี่ยวอ้อยที่เกิดจากตอ ซึ่งเรียกว่า อ้อยตอ อาจจะได้ถึง 3 ครั้ง และการทำอ้อยตอจะทำให้มีกำไรเพิ่มขึ้น เนื่องจากไม่ต้องมีการเตรียมดิน ไม่ต้องเสียค่าท่อนพันธุ์และค่าปลูกอีก ถ้ามีการบำรุงรักษาดูแลดีสามารถให้ผลผลิตไม่น้อยกว่าอ้อยปลูก การบำรุงต่อสามารถปฏิบัติได้เป็นขั้นตอนต่อไปนี้

A) ไม่ควรเผาเศษเหลือหลังจากเก็บเกี่ยว (นอกจากกรณีที่ต้องการกำจัดโรคหรือแมลงระบาด) โดยคราดเอาใบรวมกันไว้ในระหว่างแถวเพื่อให้เครื่องมือทำงานสะดวกและเศษเหลือของพืชช่วยรักษาความชุ่มชื้นของดิน

B) ถากตอส่วนที่อยู่เหนือดินออกให้หมดเพื่อบังคับให้หน่อเกิดจากตอใต้ดิน ซึ่งจะทำให้แข็งแรงและมีขนาดใหญ่กว่าหน่อที่เกิดเหนือดิน การตัดอาจจะใช้จอบหรือเครื่องตัดหญ้าขนาดใหญ่ก็ได้แล้วแต่กรณี แต่ควรตัดให้ชิดดิน

C) ใช้ริปเปอร์หรือไถสิ่วลงระหว่างแถวอ้อย เพื่อระเบิดดินบริเวณรากอ้อยที่อัดกันแน่นให้ดินมีลักษณะโปร่งขึ้นสามารถเก็บน้ำไว้เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของอ้อย

D) ใช้จอบหมุนตีดินระหว่างแถวเพื่อย่อยดินให้ละเอียดจะช่วยลดการสูญเสียน้ำจากดินโดยอุดรอยใหญ่ที่เกิดจากริปเปอร์ (หลังลงริปเปอร์แล้วต้องตามด้วยจอบหมุนเสมอ) นอกจากนี้ยังอาจใช้จอบหมุนตัดแต่งตออ้อยให้มีขนาดเล็กลงจะช่วยป้องกันการเกิดหน่อมากเกินจำเป็น ซึ่งจะทำให้หน่อที่เจริญเติบโตเป็นต้นเล็กและไม่สมบูรณ์

E) การใส่ปุ๋ยในอ้อยตอจะต้องใส่มากกว่าที่ใช้ในอ้อยปลูก ควรใส่ปุ๋ยสูตรสมบูรณ์ เช่น 15-15-15 16-11-14 14-9-20 และ 14-14-21 เป็นต้น อัตรา 100 ถึง 200 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใส่ลึกลงในดิน อาจจะใส่พร้อมกับการลงริปเปอร์

F) การบำรุงตอควรทำทันทีหลังการเก็บเกี่ยว ถ้าปล่อยไว้นานเกินไปจะไถลำบาก เนื่องจากความชื้นมีน้อยและอาจจะทำให้ตอตายได้ หน่อที่อาจจะเกิดมาทีหลังนั้นมักจะอ่อนแอ

อย่างไรก็ตามเกษตรกรชาวไร่ทั่วไปมักจะปล่อยให้อ้อยตอเจริญเติบโตตามธรรมชาติภายหลังเก็บเกี่ยวอ้อยแล้ว จะมีการปฏิบัติ เช่น การดายหญ้า หรือใส่ปุ๋ย เมื่อมีฝนตกหาก เป็นพื้นที่ที่เป็นป่าเปิดใหม่ก็อาจจะได้ผลบ้าง แต่ในพื้นที่ที่มีการปลูกอ้อยมานานจะทำให้ได้ผลผลิตจากอ้อยตอต่ำ

6) การเก็บเกี่ยวอ้อย

เนื่องจากอ้อยเป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานทำน้ำตาล การเก็บเกี่ยวอ้อยจึงต้องสัมพันธ์กับการเปิดหีบอ้อยซึ่งจะเปิดหีบเฉพาะในช่วงที่มีอ้อยแก่มีความหวานสูง และในช่วงระยะเวลาดังกล่าวจะต้องมีปริมาณอ้อยเพื่อป้อนโรงงานโดยไม่ขาดสาย เกษตรกรชาวไร่และโรงงานจึงต้องร่วมมือเพื่อผลประโยชน์ทั้งสองฝ่ายโดยการวางแผนการทำงานอย่างเป็นระบบ ดังเช่น

A) เกษตรกรชาวไร่ควรมีโควต้าจากโรงงาน

B) พื้นที่ปลูกอ้อยจะต้องอยู่ในเขตอนุญาตของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ตามหลักแล้วไม่ควรอยู่ห่างจากโรงงาน 50 กิโลเมตร เพราะถ้าอยู่ไกลเกินไปจะเสียค่าขนส่งสูง

C) เกษตรกรชาวไร่จะต้องรู้จักกำหนดว่า ควรปลูกอ้อยพันธุ์ใด โดยพิจารณาสภาพดิน ภูมิอากาศ เพื่อที่จะกำหนดให้อ้อยสุกแก่พร้อมจะส่งเข้าหีบโดยที่อ้อยต้องมีความหวานสูงสุดในช่วงที่กฎหมายอนุญาตให้โรงงานน้ำตาลเปิดหีบ คือตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนพฤษภาคม

D) เกษตรกรชาวไร่จะต้องวางแผนการเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นแปลง ๆ ไป เรียกว่ากำหนดรอบการตัดอ้อย (crop cycle) ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์อ้อย ชนิดของอ้อยปลูกหรืออ้อยตอโดยที่อ้อยจะสุกแก่ มีความหวานสูงสุดตลอดฤดูกาลหีบ โดยกำหนดการตัดเป็นงวด ๆ ละสัปดาห์หรือปักษ์ ปริมาณและจำนวนครั้งที่ตัดให้เหมาะกับความต้องการของโรงงานหรือตามจำนวนโควต้า

E) การเก็บเกี่ยวอ้อยจะต้องทำการเก็บเกี่ยวกับอ้อยที่แก่เต็มที่ก่อน โดยอ้อยที่แก่จะสังเกตได้จากการออกดอกหรือถ้าไม่ออกดอกให้ดูใบ ที่ยอดจะเรียงอยู่ใกล้ชิดกันมากเหมือนจะออกมาจากจุดเดียวกัน ใบจะมีสีเขียวอมเหลืองเหมือนอาการขาดธาตุไนโตรเจน ควรจะเริ่มเก็บจากแปลงที่อ้อยเริ่มออกดอกก่อนเพราะถ้าทิ้งไว้จะทำให้ผลผลิตและคุณภาพลดลงอย่างรวดเร็ว โดย

ปกติอ้อยที่จวนจะสุกความสูงจะไม่เพิ่มขึ้น อากาศที่หนาวและแห้งและการขาดธาตุไนโตรเจนจะช่วยให้อ้อยสุกเร็วขึ้น เมื่ออ้อยมีการเจริญเติบของลำของอ้อยลดลง การสะสมน้ำตาลชูโครสในลำต้นจะเริ่มสูงขึ้น การงดการให้น้ำประมาณหนึ่งเดือนก่อนการเก็บเกี่ยว จะมีผลทำให้น้ำตาลรีดิวชิงชูการ์เปลี่ยนเป็นน้ำตาลชูโครสมากขึ้น พออ้อยเริ่มแก่จัด น้ำตาลชูโครสจะสะสมมากขึ้น แต่น้ำตาลฟรัคโตสและกลูโคสจะลดลง

F) วิธีที่ดีที่สุดที่ใช้สำหรับการตรวจการสุกของอ้อยก็คือ การวิเคราะห์น้ำตาลชูโครสในน้ำอ้อยโดยการสุ่มตัวอย่างอ้อย 8 ถึง 10 ลำ จากในไร่ แบ่งลำอ้อยออกเป็นสามส่วนด้วยสายตา คือ ส่วนโคน ส่วนกลาง และส่วยปลาย ทำการเจาะเอาน้ำอ้อยในแต่ละส่วนมาหยอดลงบนแผ่นกระจกของเครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ อ่านค่าทั้งสามเปรียบเทียบเป็นอัตราส่วนต่อกัน ถ้าอัตราส่วนทั้งสามใกล้เคียงกันก็นับว่าอ้อยสุกแก่เต็มที่ วิธีการนี้แม้เป็นวิธีที่ดีแต่ต้องสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ยังไม่ได้มีการปฏิบัติแพร่หลายในหมู่เกษตรกรชาวไร่

G) ก่อนที่จะมีการตัดอ้อยจะมีการริดใบออก แล้วตัดลำต้นชิดดินด้วยมีดหรือจอบ การตัดชิดดินนอกจากจะได้น้ำหนักและน้ำตาลเพิ่มขึ้นแล้วยังทำให้หน่อที่จะแตกใหม่เป็นอ้อยตอแข็งแรงและมีขนาดใหญ่อีกด้วย เมื่อตัดลำต้นออกแล้วจะตัดยอดตรงจุดหักธรรมชาติ คือจุดที่ยอดหักเมื่อเหนี่ยวใบยอด การตัดเอาส่วนยอดยาวเกินไป ส่วนยอดของอ้อยจะมีแป้งหรือสารประกอบประเภทคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ อยู่ด้วย ทำให้การเคี่ยวน้ำตาลตกผลึกได้ยาก ถ้าหากโรงงานรับซื้อโดยการวัดค่า ซีซีเอส การไว้ยอดยาวจะทำให้เกษตรกรเสียเปรียบเพราะน้ำหนักของยอดที่ยาวออกไปไม่คุ้มกับค่า ซีซีเอส ที่จะได้

H) ไม่ควรมีการเผาอ้อยก่อนตัดถ้าไม่จำเป็น แม้จะเป็นการสะดวกในการเข้าไปตัดอ้อย เพราะพบว่าอ้อยสดมีคุณภาพสูงกว่าอ้อยเผา แต่ถ้าตัดแล้วส่งโรงงานช้าจะทำให้ทั้งน้ำหนักและคุณภาพของอ้อยจะลดลงอย่างรวดเร็ว

I) การเก็บเกี่ยวอ้อยอาจจะใช้เครื่องจักรซึ่งยังมีการใช้น้อยในประเทศไทย แม้ว่าจะมีประสิทธิภาพการทำงานได้สูงกว่า แต่ยังมีข้อเสียคือไม่สามารถตัดอ้อยทิ้งได้ มีเศษดินติดไปกับส่วนโคนอ้อยด้วยโดยเฉพาะเมื่อตัดในขณะที่ดินเปียกอยู่ เครื่องตัดมักจะถอนอ้อยติดขึ้นไปทั้งกอ ทำให้อ้อยมีสิ่งสกปรกติดไปด้วย ยังผลให้ค่าพิวริตี้ของน้ำตาลต่ำ ดินและสิ่งสกปรกที่ติดมากับอ้อยทำให้เครื่องจักรเครื่องกลในกระบวนการสกัดน้ำตาลสึกหรอ อาจจะต้องมีการหยุดเครื่องจักรกลางคันทำให้ทางโรงงานเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เครื่องจักรยังทำให้ลดการสร้างงานทำให้มีคนตกงานอีกส่วนหนึ่งด้วย

J) อ้อยที่ตัดแล้วต้องรีบส่งเข้าโรงงานทันที อ้อยที่ค้างอยู่จะเสียทั้งน้ำหนักและคุณภาพตามระยะเวลาที่ค้างและเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตน้ำตาลต่ำ การค้างอาจจะ

เกิดขึ้นในไร่หรือบนรถบรรทุกที่ติดคิวโรงงาน ดังนั้นอาจจะป้องกันความเสียหายได้โดยการประสานงานและร่วมมือระหว่างเกษตรกรชาวไร่อ้อยและโรงงานดังได้กล่าวมาแล้ว

การเก็บเกี่ยวอ้อยให้ได้น้ำหนัก และมีความหวานที่สูงนั้น มีปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาดังนี้

K) อายุอ้อย อ้อยทุกพันธุ์ควรเจริญเติบโตในไร่ไม่น้อยกว่า 12 เดือน หลังจากครบ 12 เดือนแล้วบางพันธุ์ความหวานสูงเร็ว บางพันธุ์ความหวานสูงช้า ซึ่งนักวิชาการจะต้องมีข้อมูลว่า พันธุ์ใดมีความหวานสูงในช่วงต้นหีบ กลางหีบ และปลายหีบ เพื่อที่เกษตรกรชาวไร่จะได้เก็บเกี่ยวอ้อยแต่ละพันธุ์อย่างเหมาะสม เกษตรกรชาวไร่และโรงงานก็จะได้ประโยชน์สูงสุด

สำหรับน้ำหนักอ้อยนั้นในช่วงต้นฤดูหีบ คือ เดือนพฤศจิกายน ดินมีความชื้นน้ำหนักอ้อยจะสูง ซีซีเอส จะต่ำ ช่วงปลายฤดูหีบ ราวเดือนเมษายน น้ำหนักจะลดลงแต่ ซีซีเอส จะสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากความแห้งแล้ง แต่น้ำหนักจะลดลงมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับพันธุ์อ้อย ชนิดของดิน ความหนาแน่นของอ้อย กล่าวคือ ถ้าชนิดของดินเป็นดินเหนียว ร่วนเหนียวจะมีความสามารถในการเก็บความชื้นได้ดีกว่าดินทราย และดินร่วนปนทราย ถ้าอ้อยมีความหนาแน่นมากคลุมพื้นที่ได้ทั้งหมดก็จะเก็บรักษาความชื้นได้ดีกว่าอ้อยที่สั้นและไม่หนาแน่น อ้อยบางพันธุ์เมื่อดินแห้งอากาศร้อน น้ำหนักจะลดลงเร็วมาก บางพันธุ์จะลดลงอย่างช้า ๆ ฉะนั้นก่อนเก็บเกี่ยวจะต้องมีการวางแผนที่ดี จึงจะได้น้ำหนัก และความหวานสูงสุดตลอดฤดูหีบ

A) อุณหภูมิ อุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก ๆ ระหว่างกลางวันและกลางคืนจะทำให้การสะสมน้ำตาลเร็วขึ้น อ้อยบางพันธุ์ต้องการความหนาวเย็นในการสะสมน้ำตาล

B) ความชื้นในดิน ในช่วงเก็บเกี่ยว หากดินมีความชื้นสูง จะได้น้ำหนักสูง แต่ความหวานจะต่ำ ฉะนั้นควรเลือกเก็บเกี่ยวแปลงที่ดินมีความชื้นน้อยกว่า

C) อิทธิพลของธาตุอาหารในดิน ความไม่สมดุลของธาตุอาหารจะมีผลต่อความหวานของอ้อย เช่น ดินขาดโปแตสเซี่ยมจะทำให้อ้อยฟ่าม ความหวานต่ำกว่าปกติหรือดินที่มีไนโตรเจนมากเกินไป ความหวานจะต่ำฉะนั้นจึงควรให้ธาตุอาหารอ้อยอย่างสมดุล

D) การเก็บเกี่ยวอ้อยจะต้องเก็บเกี่ยวแปลงที่สุกแก่เต็มที่ก่อน โดยใช้เครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ชนิดติดตัวได้ (Hand Refractometer) โดยเจาะวัดน้ำอ้อยส่วนโคนและส่วนยอด ถ้าค่าที่วัดได้ต่างกันไม่เกิน 2 องศาบริกซ์ แสดงว่าอ้อยสุกแก่พร้อมที่จะตัดเข้าโรงงาน หากไม่มีเครื่องมือวัดหรือไม่มีข้อมูลด้านอายุการเก็บเกี่ยวของพันธุ์อ้อยก็อาศัยการสังเกต โดยสังเกตการออกดอก (สำหรับพันธุ์ที่ออกดอก) เมื่อดอกโรยก้านช่อดอกเป็นสีฟางข้าว แสดงว่าอ้อยแก่เต็มที่ส่วนพันธุ์ที่ไม่ออกดอก สังเกตจากการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นไปอย่างช้ามาก ใบจะรวมกันเป็นกระจุกที่

ยอด และมีสีเขียวอมเหลืองสีของลำจะเปลี่ยนสีตามพันธุ์ ลักษณะของลำดูแกร่ง เมื่อเดินผ่านไร่ในเวลาใกล้ค่ำ จะได้กลิ่นหอมคล้ายน้ำผึ้ง แสดงว่าอ้อยนั้นแก่เต็มที่เหมาะที่จะตัดเข้าโรงงานแล้ว

E) ตัดอ้อยให้ชิดดิน แรงงานที่ตัดอ้อยส่วนใหญ่จะไว้ตอสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากอยากตัดสบาย ทำให้อ้อยส่วนโคนซึ่งมีทั้งน้ำหนักและความหวานถูกทิ้งไว้ในไร่ ต้องเสียเงินสับตอทิ้ง ถ้าหากทิ้งไว้ลำละ 1 ขีด 1 ไร่ มี 12,000 ลำ จะสูญเสียน้ำหนัก12,000 ขีด หรือ 1.2 ตันต่อไร่ ถ้าราคาอ้อยตันละ 500 บาท จะเป็นเงิน 600 บาทต่อไร่ และต้องเสียค่าแรงสับตอทิ้งอีกไร่ละ 50 ถึง 60 บาท ฉะนั้นเกษตรกรชาวไร่จะต้องควบคุมแรงงานให้ตัดชิดดิน โดยอาจจะให้แรงจูงใจด้วยเงินหรือสิ่งของ สำหรับส่วนยอดควรตัดบริเวณจุดเปราะ สังเกตได้โดยโน้มยอดลงมาถ้าหากยอดหัก ณ จุดใดให้ใช้จุดนั้นเป็นจุดตัด ซึ่งจะสูญเสียน้ำหนักและความหวานน้อยที่สุด หากเกษตรกรชาวไร่ตัดยอดยาวหรือไม่ตัดยอดจะได้น้ำหนักเพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่สิ่งสกปรกไม่มีความหวาน เมื่อผ่านลูกหีบจะดึงความหวานติดไปทิ้งด้วย ฉะนั้นควรตัดอ้อยให้ชิดดิน ตัดอ้อยให้สะอาด

F) อ้อยไฟไหม้ อ้อยค้างไร่ ค้างลาน ทำให้ผลผลิตและคุณภาพลดลง อ้อยไฟไหม้ อาจเกิดจากอุบัติเหตุไฟป่าหรือบางรายตั้งใจเผาก่อนตัด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากต้องการตัดเร็วหรือได้ตกลงกับคนงานว่าเผาตัด การเผาตัดนั้นน้ำหนักและความหวานจะลดลง

7) การขนส่ง

การขนส่งอ้อยเข้าโรงงานควรขนเข้าโรงงานทันทีภายใน48 ชั่วโมง จะทำให้น้ำหนักและความหวานของอ้อยใกล้เคียงกันเมื่อตัดอ้อยใหม่ ๆ ทำให้เกษตรกรชาวไร่ได้รับรายได้เต็มที่ และเกษตรกรชาวไร่ควรมีการติดต่อกับทางโรงงานตลอดเวลาเพื่อรับทราบถึงการกำหนดคิวตัดและส่งอ้อย รวมไปถึงการรับทราบข้อมูลข่าวสารที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาปรับเปลี่ยนเวรจัดคิวการตัดและการขนส่งของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การขนส่งอ้อยเข้าโรงงานในปัจจุบันหลายโรงงานที่ใช้คิวเสรีคือ ไม่มีการจัดคิวใครมาถึงก่อนลงก่อน บางครั้งยังมีการแซงคิวทำให้รถอ้อยมาค้างที่ลาน บางครั้งนานถึง 48 ชั่วโมง หรือกว่านี้ส่วนใหญ่มักจะเกิดในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้การบรรทุกอ้อยต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นและปีหนึ่ง ๆ บรรทุกไม่คุ้มค่ากับเงินที่ลงทุนขณะนี้หลายโรงงานพยายามส่งเสริมให้เกษตรกรชาวไร่ต่อเทรเลอร์บรรทุกอ้อยโดยใช้รถแทรกเตอร์ลากจูงเข้าโรงงานเพื่อลดต้นทุนการซื้อรถบรรทุก และสามารถลากมาจอดรอคิวที่โรงงาน แล้วกลับไปลากจูงเทรเลอร์ใหม่มาสับเปลี่ยนกันได้

2.3 คำแนะนำสำหรับการเก็บเกี่ยวอ้อย

วิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับอ้อยคือ ใช้มีดถากใบและกาบใบอ้อยออก แล้วตัดอ้อยให้ชิดดิน ควรตัดยอดอ้อยต่ำกว่าจุดคอใบประมาณ 25 เซนติเมตร ถึง 30 เซนติเมตร ในอ้อยที่ไม่

ออกดอก และตัดต่ำจากใบธง ประมาณ 100 เซนติเมตร ถึง 150 เซนติเมตร ในอ้อยที่ออกดอก (กรมวิชาการเกษตร, 2545) และ (เกษม, 2540) ได้แนะนำถึงวิธีการตัดอ้อยให้ได้คุณภาพนั้นมีวิธีการตัดดังต่อไปนี้คือ

2.3.1 ควรตัดอ้อยให้ชิดดิน

เนื่องจากตออ้อยเป็นส่วนที่มี ซีซีเอส สูงสุด และการตัดอ้อยไม่ชิดดินทำให้เกษตรกรชาวไร่สูญเสียน้ำหนักอ้อยและสูญเสียรายได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การสูญเสียน้ำหนักอ้อยและรายได้จากตออ้อยที่เหลือในไร่

ความสูงของตออ้อย (ซ.ม.)	น้ำหนักอ้อยที่สูญเสีย (ตันต่อไร่)	รายได้ที่สูญเสีย (บาทต่อไร่)
5	0.3	186
8	1	620
12	1.5	930
15	2	1440

ที่มา : ดัดแปลงจาก ดิลกและคณะ(2546) และคิดที่ราคาอ้อยเบื้องต้น 500 บาท

ค่าความหวานที่ 14 ซีซีเอส

ตารางที่ 2.2 รายได้ที่สูญเสียเนื่องจากสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อย

เปอร์เซ็นต์สิ่งเจือปน	ค่าความหนาว (ซีซีเอส)	ราคาอ้อย (บาทต่อตัน)	รายได้ที่สูญเสีย (บาทต่อตันอ้อย)
3	13.52	605	9
5	13.22	596	18
7	12.92	587	27
9	12.62	578	36
11	12.32	569	45
13	12.02	560	54
15	11.72	551	63

ที่มา : ดัดแปลงจาก สุวิชช์ วรกาญจนา (2546) และคิดที่ราคาอ้อยเบื้องต้น 500 บาท

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3.2 ตัดอ้อยให้สะอาด

การตัดอ้อยให้สะอาดและไม่ตัดอ้อยยอดยาว สิ่งเจือปนต่าง ๆ เช่น ยอดอ้อย กาบใบอ้อย รากและดิน ฯลฯ จะทำให้ค่า ซีซีเอส และรายได้ลดลงดังแสดงในตารางที่ 2.2

วิธีการตัดอ้อยที่เหมาะสม คือ เกษตรกรชาวไร่จะต้องตัดให้ต่ำกว่าจุดหักธรรมชาติของอ้อยลงมา 3 ปล้อง การตัดอ้อยยอดยาวจะถูกตัดราคาตันละ 20 บาท เนื่องจากยอดยาว รวมถึงกาบและใบ จะมีปริมาณแป้งที่สูง ทำให้แป้งติดเข้าไปในขบวนการผลิตมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำตาลทรายดิบ ปริมาณแป้งที่ปนเปื้อนที่สูงกว่ามาตรฐาน (350 พีพีเอ็ม) จะก่อให้เกิดปัญหาการส่งออกและส่งผลเสียต่อตลาดน้ำตาลต่างประเทศ อ้อยที่มีสิ่งเจือปนมากจะถูกตัดราคาตันละ 20 บาท การตัดอ้อยที่ไม่สะอาดนอกจากจะส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกรชาวไร่ และก่อปัญหาต่อการส่งออกแล้ว ยังทำให้โรงงานน้ำตาลมีต้นทุนในกระบวนการผลิตและดูแลรักษามากขึ้น การตัดอ้อยที่มีสิ่งเจือปนมากจะทำให้โรงงานน้ำตาลต้องเสียค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิตเพื่อขจัดสิ่งเจือปนออก นอกจากนี้สิ่งเจือปนประเภทดิน หินและทราย ยังทำให้หม้อต้ม หม้อตกตะกอน รวมถึงลูกหีบมีอายุการใช้งานที่สั้นลง

2.3.3 ควรตัดอ้อยสด

ไม่ควรเผาอ้อยก่อนการตัด เนื่องจากอ้อยเผาจะมีการสูญเสียน้ำหนักและรายได้มากกว่าอ้อยตัดสด อ้อยเผาจะถูกตัดราคาตันละ 20 บาท การเผาอ้อยทำให้กระบวนการทำน้ำตาลทำได้ยากขึ้น เกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรีย ทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิตและต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การหีบอ้อยทำได้ช้าลง

2.4 รถตัดอ้อย

2.4.1 ชนิดของรถตัดอ้อย

โดยทั่วไปแล้วรถตัดอ้อยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) รถตัดอ้อยชนิดตัดเป็นลำ (Wholestalk Harvester)

ดังแสดงในรูปที่ 2.5 เป็นรถตัดอ้อยที่ตัดอ้อยออกมาเป็นลำอ้อย มีทั้งแบบที่สามารถตัดอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ แต่ส่วนใหญ่นิยมทำการเผาใบอ้อยก่อนทำการตัด อ้อยที่จะตัดนั้นควรเป็นอ้อยที่ลำอ้อยตั้งตรงไม่ล้ม เมื่อตัดออกมาอ้อยที่ตัดจะวางได้เป็นระเบียบ ทำให้รถคีบอ้อยสามารถทำการคีบอ้อยได้อย่างสะดวก

2) รถตัดอ้อยชนิดสับเป็นท่อน (Chopper Harvester)

ดังแสดงในรูปที่ 2.6 เป็นรถตัดอ้อยที่สามารถตัดอ้อยได้ทั้งอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ สามารถที่จะตัดอ้อยที่ล้มได้ดี และไม่จำเป็นต้องใช้รถคีบอ้อย ทำการคีบอ้อยขึ้นรถบรรทุก

เพราะเมื่อตัดอ้อยเสร็จจะมีอุปกรณ์ชุดสะพานลำเลียงอ้อยขึ้นสู่รถบรรทุก ซึ่งปัจจุบันส่วนใหญ่นิยมใช้รถตัดอ้อยชนิดสับเป็นท่อน

รูปที่ 2.5 รถตัดอ้อยชนิดตัดเป็นลำ
(ไทยโพสต์, 2554)

รูปที่ 2.6 รถตัดอ้อยชนิดสับท่อน
(ทีเคอีควิปเมนท์, 2562)

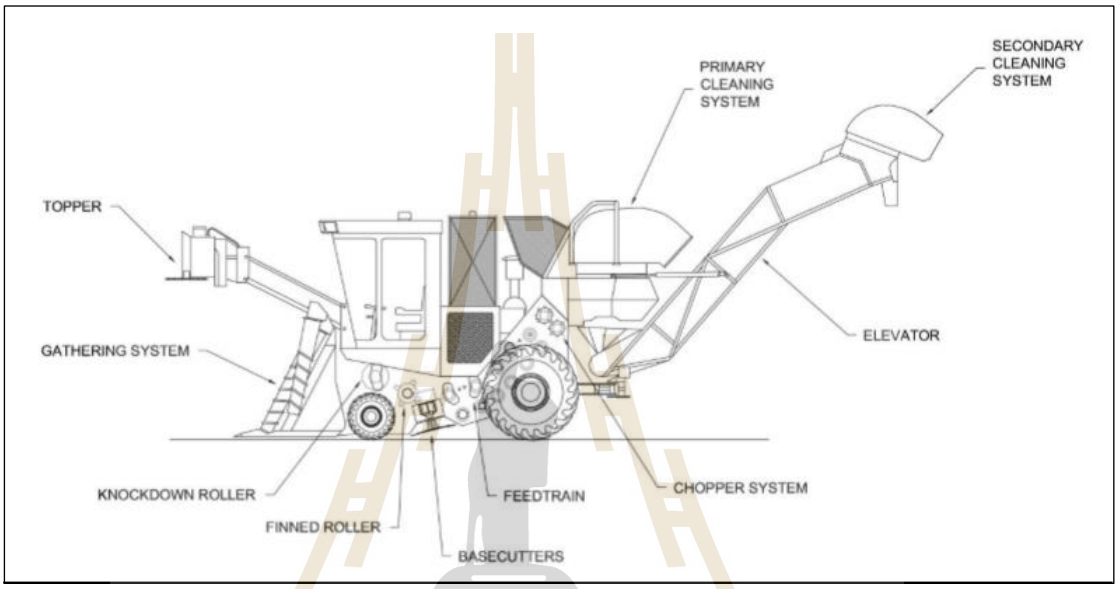
2.4.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของรถตัดอ้อย

ในรูปที่ 2.7 นั้นได้แสดงถึงส่วนประกอบต่าง ๆ ของรถตัดอ้อย และสามารถอธิบายถึงหน้าที่ของส่วนประกอบหลัก ๆ ในการทำงานได้ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1) ชุดตัดยอด (Topper)

ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ทำหน้าที่ในการตัดยอดอ้อยและสลัดใบส่วนยอดอ้อยออกทิ้ง สามารถปรับระดับความสูงต่ำของชุดตัดยอดให้เหมาะสมกับความสูงของอ้อยได้ โดยมีส่วนประกอบของอุปกรณ์ตัดยอดอ้อย ดังนี้

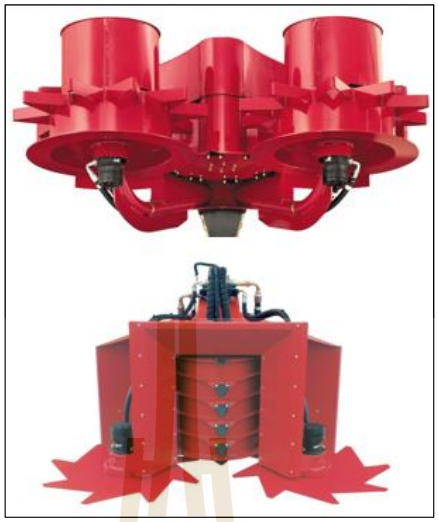


รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบของรถตัดอ้อย

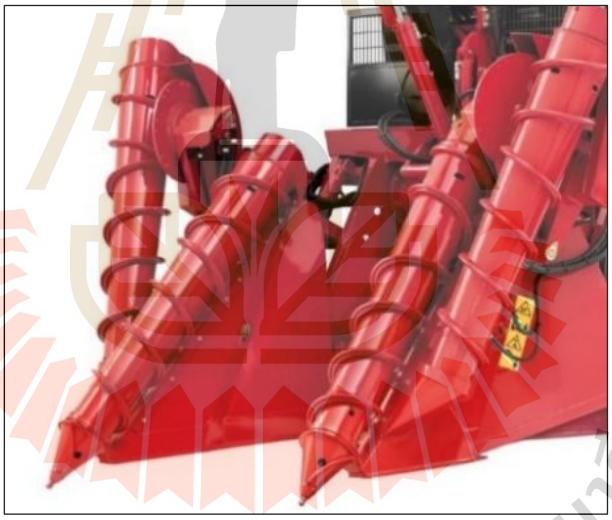
A) ตัวรวบยอดอ้อย ทำหน้าที่ดึงยอดอ้อยเข้าสู่ชุดมีดตัดยอดอ้อย

B) จานใบมีดตัดยอดอ้อย ทำหน้าที่ในการตัดลำอ้อยส่วนยอด และสลัดยอดอ้อยทิ้ง ซึ่งการสลัดยอดอ้อยไปทางซ้าย หรือทางขวา ทำได้โดยการบังคับทิศทางการหมุนของจานใบมีดตัดยอดอ้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.8 ชุดตัดยอดอ้อย (เคส ไอเอช ไทยแลนด์, 2562)



รูปที่ 2.9 ชุดเกลียวแบ่งอ้อย (เคส ไอเอช ไทยแลนด์, 2562)

2) ชุดเกลียวแบ่งอ้อย

ดังแสดงในรูปที่ 2.9 มีสองชุดคือ ขวาและซ้าย ทำหน้าที่ยกอ้อยที่ล้มและแยกอ้อยร่องที่ตัดออกจากร่องอื่นที่ยังไม่ได้ทำการตัด สามารถปรับระดับความสูงต่ำของชุดเกลียวแบ่งอ้อยได้ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

A) แขนยก 2 ตัว (บนและล่าง) กับโครงเกลียว เพื่อให้โครงเกลียวลอยอยู่เหนือพื้นดิน

B) เกลียวนอกและเกลียวในยึดกันกับโครงเกลียว ตัวเกลียวทำหน้าที่ในการแยกอ้อย และยกอ้อยขึ้นก่อนที่อ้อยจะเขาสู่ชุดมีดตัดโคนอ้อย โดยเกลียวนอกจะหมุนผลักอ้อยออก และเกลียวในจะหมุนดึงอ้อยเข้า

รูปที่ 2.10 ชุดมีดตัดโคนอ้อย (เคส ไอเอช ไทยแลนด์, 2562)

3) ชุดมีดตัดโคนอ้อย

ดังแสดงในรูปที่ 2.10 ทำหน้าที่ตัดโคนอ้อยที่ระดับผิวดิน แล้วส่งอ้อยเข้าสู่ชุดลำเลียงอ้อย สามารถปรับระดับความสูงต่ำของการตัดได้ ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ

A) แบบมีเพลา ส่งกำลังขับจากชุดเกียร์ที่อยู่ด้านบน สู่จานใบมีดที่อยู่ด้านล่าง ซึ่งทางผู้ผลิตเรียกว่า Leg Base Cutter

B) แบบไม่มีขาเพลา ส่งกำลังขับจากชุดเกียร์ที่อยู่ทางด้านล่าง สู่จานใบมีดที่อยู่ด้านบน ซึ่งทางผู้ผลิตเรียกว่า Underslung Base Cutter

4) ชุดโรลเลอร์ลำเลียงอ้อย

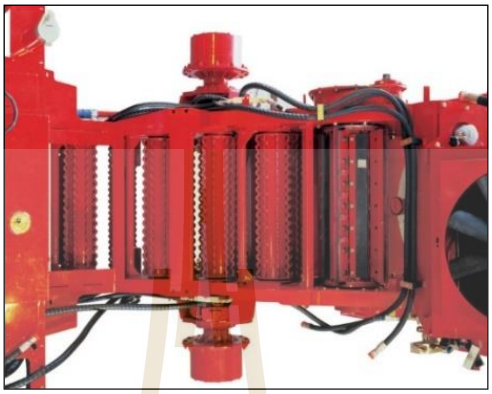
ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ทำหน้าที่ลำเลียงอ้อยและทำความสะอาดอ้อย ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

A) ลูกกลิ้งกดอ้อย ทำหน้าที่ในการโน้มลำอ้อยลง เพื่อให้ชุดมีดตัดโคนอ้อยสามารถทำการตัดได้ดีขึ้น

B) ลูกกลิ้งครีบ ทำหน้าที่ในการช่วยป้อนและเรียงอ้อยเข้าสู่ชุดมีดตัดโคน

ลูกกลิ้งลำเลียง ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

a) ลูกกลิ้งเตะยกอ้อย ทำหน้าที่ในการเตะและยกอ้อยที่ตัดขึ้นเพื่อส่งเข้าสู่ชุดลูกกลิ้งลำเลียงอ้อย



รูปที่ 2.11 ชุดโรลเลอร์ลำเลียงอ้อย (เคส ไอเอช ไทยแลนด์, 2562)

b) ลูกกลิ้งลำเลียงอ้อย ประกอบด้วยลูกกลิ้งลำเลียงแถวล่าง 5 ลูก และลูกกลิ้งลำเลียงแถวบน 5 ลูก ทำหน้าที่ลำเลียงอ้อยที่ถูกตัดแล้วส่งเข้าสู่ชุดสับท่อนอ้อย ขณะเดียวกันก็ทำความสะอาดอ้อย โดยการลอกกาบใบอ้อยและทำให้ดินที่ติดมากับท่อนอ้อย ร่วงหล่นออกจากท่อนอ้อยไปพร้อม ๆ กัน

รูปที่ 2.12 ชุดมีดสับท่อนอ้อย (เคส ไอเอช ไทยแลนด์, 2562)

5) ชุดมีดสับท่อนอ้อย

ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ทำหน้าที่ในการสับลำอ้อยออกเป็นท่อนสั้น ๆ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

A) ชุดสับท่อนแบบโรตารี่ ประกอบด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอก 2 ลูก จับยึดใบมีดตามความยาวของลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งหนึ่งลูกจะมีใบมีดตั้งแต่ 2-4 ใบ หมุนเข้าหากัน โดยใบมีดบนลูกกลิ้งทรงกระบอกทำมุม 180 องศา ต่อกัน (ตรงข้าม) การสับท่อนเป็นแบบดีดตัวออกจากกัน

B) ชุดสับท่อนแบบหมุนเหวี่ยง ประกอบด้วยมีดหมุนสับท่อนอ้อยเหมือนใบมีดตัดหญ้า เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีการบุกเบิกใหม่ หรือพื้นที่ที่มีหินมาก

6) ชุดพัดลมทำความสะอาดอ้อย

ดังแสดงในรูปที่ 2.13 ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

A) ชุดพัดลมใหญ่ ติดตั้งอยู่เหนือชุดสับท่อน ประกอบด้วยตัวพัดลมที่มีใบพัดสามใบ ติดตั้งอยู่ในตัวปล่องพัดลมใหญ่ มีหน้าที่ทำความสะอาดอ้อยที่ผ่านการสับท่อนแล้วด้วยการดูดเศษใบอ้อยและสิ่งเจือปนในอ้อยออกทิ้งมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือพัดลมแบบแขนแนวนอน (Horizontal Arm Extractor) และพัดลมแบบแขนแนวตั้ง (Vertical Arm Extractor)

B) ชุดพัดลมเล็ก จะติดตั้งอยู่ที่บริเวณปลายของสะพานลำเลียง มีส่วนประกอบที่เหมือนกับชุดพัดลมใหญ่ แต่มีขนาดเล็กกว่า มีหน้าที่ทำความสะอาดท่อนอ้อยซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ก่อนลำเลียงลงใส่รถบรรทุก

รูปที่ 2.13 ชุดพัดลมทำความสะอาดท่อนอ้อย (เคส ไอเอช ไทยแลนด์, 2562)

7) ชุดสะพานลำเลียงอ้อย

ดังแสดงในรูปที่ 2.14 ทำหน้าที่ในการลำเลียงอ้อยที่ผ่านการสับเป็นท่อนและทำความสะอาดโดยชุดพัดลมใหญ่แล้วลงสู่รถบรรทุก พร้อมกับทำความสะอาดท่อนอ้อยอีกครั้งโดยปล่อยให้เศษดินที่ติดมากับท่อนอ้อยหลุดร่วงลงไปตามรูตะแกรงของพื้นสะพาน ชุดสะพานลำเลียงสามารถหันให้อยู่ได้ทั้งทางซ้ายและขวาของตัวรถ โดยทำมุมได้ประมาณ 170 องศา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยที่รถตัดอ้อยชนิดตัดเป็นลำนั้นจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ และหน้าที่ในการทำงานที่คล้ายกับรถตัดอ้อยชนิดสับเป็นท่อน แต่ไม่มีชุดสับท่อนอ้อย ชุดพัดลมใหญ่ ชุดพัดลมเล็ก และสะพานลำเลียง เนื่องจากว่าเป็นระบบตัดอ้อยเป็นลำ จึงไม่มีความจำเป็น ส่วนประกอบอื่น ๆ (เพิ่มเติม) คือ ชุดตะกร้ารับอ้อยลำ เป็นตะกร้าที่รับอ้อยจากการตัดผ่านโรลเลอร์ลำเลียง (หรือในบางแบบอาจไม่มีลูกโรลเลอร์ลำเลียง แต่ใช้สายพานลำเลียงอ้อยแทน) ส่งสู่ชุดตะกร้า เมื่ออ้อยเต็มตะกร้า ตะกร้าจะเปิดวางกองอ้อยไว้ที่พื้น จากนั้นจึงใช้รถคีบทำงานในลำดับต่อไป

รูปที่ 2.14 ชุดสะพานลำเลียงอ้อย (เคส ไอเอช ไทยแลนด์, 2562)

2.4.3 กระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย

จากการศึกษากระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย สามารถสรุปดังได้แสดงในรูปที่ 2.15 โดยพบว่า ในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 กระบวนการดังนี้คือ

1) กระบวนการที่ 1 การตัดยอดอ้อย

ในกระบวนการนี้จะเป็นการทำงานของชุดตัดยอด ที่มีตัวรวบยอดอ้อยแล้วดึงเพื่อให้ใบมีดตัดยอดอ้อยทิ้งไปทางซ้ายหรือขวาของรถตัดอ้อย

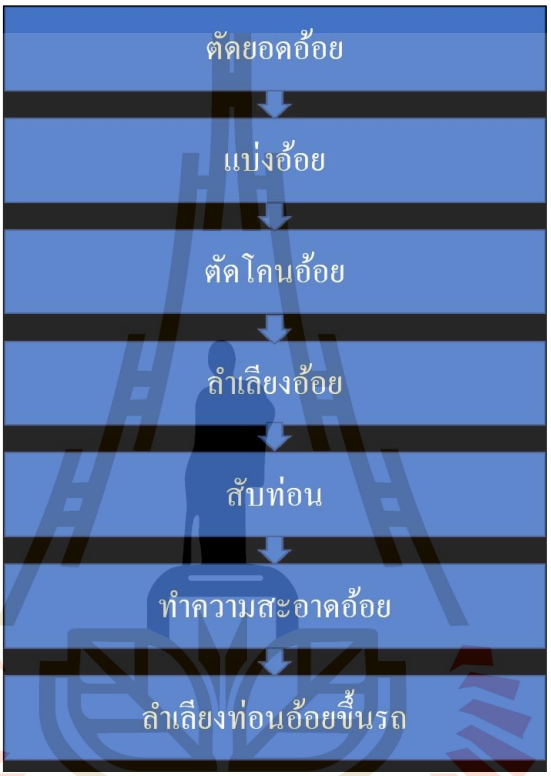
2) กระบวนการที่ 2 การแบ่งอ้อย

ในกระบวนการนี้จะเป็นการทำงานของชุดเกลียวแบ่งอ้อย ที่มีเกลียวนอกทำหน้าที่หมุนผลักอ้อยเพื่อแยกอ้อยร่องที่ตัดออกจากร่องที่ไม่ตัด และมีเกลียวในหมุนดึงอ้อยเพื่อส่งไปที่ชุดมีดตัดโคน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) กระบวนการที่ 3 การตัดโคนอ้อย

ในกระบวนการนี้จะเป็นการทำงานของชุดมีดตัดโคน หลังจากที่ลำอ้อยด้านปลายถูกเกลียวในผลักเข้ามา และรถตัดอ้อยเคลื่อนที่ไปด้านหน้าจึงทำให้ชุดมีดตัดโคนที่อยู่ด้านล่างของรถสามารถตัดโคนของต้นอ้อยได้



รูปที่ 2.15 กระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย

4) กระบวนการที่ 4 การลำเลียงอ้อย

ในกระบวนการนี้จะเป็นการทำงานของชุดลูกกลิ้งลำเลียง ที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงลำอ้อยที่ถูกตัดโคนแล้วเพื่อนำส่งไปที่ชุดมีดสับท่อน ซึ่งในขณะที่ลำเลียงลำอ้อยนั้น ชุดลูกกลิ้งลำเลียงมีหน้าที่ในการลอกกาบใบออกจากลำต้นของอ้อย ทำความสะอาดลำอ้อยด้วยการขัดเอาเศษดินที่ติดมากับลำอ้อยออก โดยปล่อยให้ล่วงลงด้านล่างของตัวรถ

5) กระบวนการที่ 5 การสับท่อน

ในกระบวนการนี้จะเป็นการทำงานของชุดใบมีดสับท่อน ที่จะสับลำอ้อยที่ถูกลำเลียงขึ้นมาให้เป็นท่อนสั้น ๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6) กระบวนการที่ 6 การทำความสะอาดท่อนอ้อย

ในกระบวนการนี้จะเป็นการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาด ที่จะดูดเอากาบใบออกจากท่อนอ้อย โดยกาบใบที่ถูกพัดลมดูดนั้นจะถูกพาออกไปตามทิศทางของกระแสลมที่ปล่อยออกไปนอกตัวรถ ส่วนท่อนอ้อยจะตกลงสู่สะพานลำเลียงด้านล่างของตัวรถตัดอ้อย

7) กระบวนการที่ 7 การลำเลียงอ้อยขึ้นรถบรรทุก

ในกระบวนการนี้จะเป็นการทำงานของชุดสะพานลำเลียง ด้วยการลำเลียงท่อนอ้อยที่ผ่านการคัดแยกกาบใบออกจากท่อนอ้อยในกระบวนการที่ 6 แล้วนั้นส่งขึ้นรถบรรทุกเพื่อรอการนำสู่โรงงานผลิตน้ำตาลในลำดับต่อไป

2.5 การสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อย

การสูญเสียจากการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยสามารถจำแนกเป็น 2 ส่วน คือ

2.5.1 การสูญเสียเชิงปริมาณระหว่างการเก็บเกี่ยวอ้อยจากแปลงขึ้นบนรถบรรทุก

โดยทั่วไปจะพบความสูญเสีย 4 ลักษณะ คือ

1) การสูญเสียที่พัดลมทำความสะอาด

เป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากพัดลมทำความสะอาดที่มีอยู่ด้วยกัน 2 ตัว คือ ชุดพัดลมใหญ่และชุดพัดลมเล็ก ในกระบวนการทำความสะอาดจะมีท่อนอ้อยบางส่วนถูกพัดลมทำความสะอาดดูดทิ้งไปกับเศษใบอ้อย

2) การสูญเสียที่สะพานลำเลียง

เป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ตะกร้ารับอ้อยและสะพานลำเลียง ท่อนอ้อยจึงร่วงหล่นจากบริเวณตะกร้าจากการใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยมากเกินไป ทำให้สะพานลำเลียงลำเลียงอ้อยไม่ทันจึงเกิดการร่วงหล่น ท่อนอ้อยยังร่วงหล่นจากการถูกลูกสะพานลำเลียงหนีบเมื่อช่องว่างระหว่างลูกสะพานและพื้นสะพานมีมากเกินไป

3) การสูญเสียจากการตัดไม่หมด

เป็นการสูญเสียที่เกิดขึ้นที่ชุดใบมีดตัดโคน อันเนื่องมาจากการกลบร่องไม่เรียบร้อยทำให้มีโคนอ้อยเหลือจากการตัดโคนอ้อย หรือลำอ้อยล้มไปตามพื้นทำให้ชุดตัดโคนไม่สามารถตัดได้หมด นอกจากนี้อ้อยพันธุ์ที่มีลำอ้อยเปราะหักง่าย ก็จะหักเหนือบริเวณที่จะถูกตัด เมื่อชุดตัดโคนตัดลำอ้อยที่เหลือก็จะได้เป็นอ้อยท่อนสั้น ๆ ไม่สามารถจะลำเลียงขึ้นมาได้

4) การสูญเสียจากการร่วงหล่น

เกิดขึ้นที่กระบวนการขนส่งอ้อยจากแปลงอ้อยเข้าสู่โรงงาน

นอกจากนี้อาจมีความสูญเสียจากข้อจำกัดของแปลงอ้อยอีก 1 ลักษณะเรียกว่า การสูญเสียจากการตัดอ้อยไม่หมดแปลง

2.5.2 การสูญเสียเชิงปริมาณระหว่างที่อ้อยอยู่บนรถบรรทุกในแปลง

เนื่องจากอ้อยหลังเก็บเกี่ยวมีลักษณะเป็นอ้อยท่อนสั้น ๆ ยาวประมาณ 10 ถึง 15 เซนติเมตร ประกอบกับสภาพอากาศในแปลงโดยทั่วไปจะมีอุณหภูมิสูง ดังนั้นน้ำในท่อนอ้อยจะระเหยออก ทำให้น้ำหนักอ้อยท่อนลดลง

2.5.3 การสูญเสียเชิงคุณภาพจากการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อย

จำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) การสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยที่อยู่บนรถบรรทุกในแปลงเพื่อรอส่งโรงงาน

เนื่องจากอ้อยหลังเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน มีลักษณะเป็นอ้อยท่อนสั้น ๆ ยาวประมาณ 10 ถึง 15 เซนติเมตร สภาพอากาศในแปลงจนถึงระหว่างรอการหีบโดยทั่วไปจะมีอุณหภูมิสูงทำให้น้ำในท่อนอ้อยระเหยออกจากท่อนอ้อย ซึ่งมีผลทำให้ในกระบวนการหีบอ้อยได้น้ำอ้อยที่มีความหวานลดลง เนื่องจากน้ำที่เป็นตัวพาน้ำตาลในอ้อยมีปริมาณลดลงจากการระเหยนั่งเอง

2) การสูญเสียเชิงคุณภาพจากการแตก หักของท่อนอ้อย

นอกจากอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนจะมีลักษณะเป็นท่อนสั้น ๆ แล้วอาจมีการแตก หักของท่อนอ้อยรวมอยู่ด้วย ซึ่งทำให้เชื้อจุลินทรีย์มีช่องทางในการเข้าไปใช้น้ำตาลในท่อนอ้อยได้มากขึ้น และมีการสร้างกรดแลกติก กรดอะซิติก และเอทธิลแอลกอฮอล์ ซึ่งมีผลให้ปริมาณน้ำตาลในน้ำอ้อยลดลง และด้วยสภาพอากาศระหว่างรอเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อยนั้นมีอุณหภูมิที่สูง จึงมีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และเมื่อทิ้งไว้นานจะมีผลทำให้อ้อยบูด ซึ่งเมื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตจะทำให้เกิดปัญหาขึ้นในระหว่างกรรมวิธีการผลิตในขั้นตอนต่อไป เพราะจะมีเมือกเหนียวไปอุดตันตามรู ข้อต่อ ท่อ ของเครื่องมือ ซึ่งยากต่อการล้างทำความสะอาด

2.6 ระบบการซื้ออ้อยของโรงงาน

ในการรับซื้ออ้อยของโรงงานน้ำตาลในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ซื้อโดยอาศัยน้ำหนักของอ้อยเพียงอย่างเดียว เรียกว่า ซื้อตามน้ำหนัก กับซื้อโดยอาศัยน้ำหนัก และความหวานของอ้อยประกอบกัน เรียกว่า ซื้อตามคุณภาพ

2.6.1 การซื้อตามน้ำหนัก

วิธีนี้กำหนดราคาตายตัวตามน้ำหนักซึ่งคิดเป็นตัน ส่วนราคาจะเป็นเท่าใดนั้นก็แล้วแต่จะตกลงกันเป็นปี ๆ ไป ระหว่างเกษตรกรชาวไร่ และโรงงานโดยมีรัฐบาลเป็นตัวกลาง หรือเป็นผู้ชี้ขาด ในรอบ 3 ปีที่ผ่านมาได้ตกลงราคาตันละ 300 บาท วิธีนี้นับว่าสะดวกดี แต่ไม่เป็นธรรม ตามทฤษฎีการซื้อขาย วิธีนี้ไม่ว่าอ้อยจะมีคุณภาพ หรือความหวานเท่าใด ก็จะต้องได้ราคา

เท่ากัน แต่ในทางปฏิบัติเกษตรกรชาวไร่มักจะถูกโรงงานบางแห่ง ตัดราคาอ้อยถึงตันละ 10 ถึง 20 บาท โดยไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอนแต่อย่างใด สาเหตุที่โรงงานมักจะยกเป็นข้ออ้างในการตัดราคาอ้อยมีหลายประการ เช่น อ้อยอ่อน อ้อยยอดยาว อ้อยสกปรก อ้อยไหม้ไฟ หรืออ้อยค้างหลายวัน เป็นต้น การซื้อขายวิธีนี้ เกษตรกรชาวไร่ตกเป็นฝ่ายเสียเปรียบเสมอ เพราะอ้อยที่โรงงานถือว่ามีคุณภาพต่ำจะถูกตัดราคา แต่ไม่ได้เพิ่มราคาให้สำหรับอ้อยที่มีคุณภาพสูง

2.6.2 การซื้อตามคุณภาพ

การซื้ออ้อยตามคุณภาพโดยทั่วไปมีหลายระบบ แต่ประเทศไทยใช้ระบบ ซีซีเอส (CCS) ซึ่งเป็นระบบของประเทศออสเตรเลีย ซีซีเอส ย่อมาจากคำเต็มว่า Commercial Cane Sugar หมายถึง ปริมาณของน้ำตาลซูโครสที่มีอยู่ในอ้อยจำนวนหนึ่ง ซึ่งสามารถสกัดออกมาได้ในรูปของน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ โดยโรงงานที่มีมาตรฐานสมมุติซึ่งสูงมาก ดังนั้นซีซีเอส จึงเป็นค่าตามทฤษฎีเท่านั้น ทั้งนี้เพราะไม่สามารถที่จะหาโรงงานที่มีประสิทธิภาพร้อยละ 100 ได้นั่นเอง

การซื้ออ้อยตาม ซีซีเอส นี้ ราคาต่อตันของอ้อยจะผันแปรไปตามค่าซีซีเอสของอ้อยโดยทั่วไปโรงงานกำหนด ซีซีเอส 10 เป็นมาตรฐาน ส่วนราคานั้นเป็นไปตามความตกลงที่ได้กล่าวแล้วในเรื่องการซื้ออ้อยตามน้ำหนัก เช่น ถ้าตกลงราคาอ้อยตันละ 300 บาท โรงงานจะจ่ายราคาอ้อยที่มี ซีซีเอส 10 ตันละ 300 บาท เท่ากับที่ซื้อตามน้ำหนัก และเมื่อ ซีซีเอส เพิ่มขึ้นหรือลดลง ราคาต่อตันของอ้อยก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามส่วน การกำหนดราคาแต่ละหน่วยของ ซีซีเอส ที่สูงหรือต่ำกว่ามาตรฐานนั้นทางโรงงานเป็นผู้กำหนด เท่าที่ปรากฏเมื่อ ซีซีเอส สูงหรือต่ำกว่ามาตรฐาน 1หน่วย เช่น ซีซีเอส 11 หรือ 9 ราคาอ้อยก็จะสูงขึ้นหรือต่ำลงตันละ 10 ถึง 20 บาท ดังนี้เป็นต้น

โดยทั่วไปแล้ว การวัดค่าความหวานของอ้อยมีสองหน่วยด้วยกัน คือ องศาบริกซ์ กับ ซีซีเอส โดยที่ องศาบริกซ์ หมายถึง ปริมาณร้อยละของของแข็งที่ละลายได้ ที่มีอยู่ทั้งหมดในน้ำอ้อย ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำตาลซูโครส หากอ้อยสุกแก่จะมีมากกว่าร้อยละ 85 ส่วน ซีซีเอส หมายถึง ปริมาณร้อยละของน้ำตาลที่จะสามารถผลิตเป็นการค้าเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งเป็นสูตรคำนวณที่นำมาจากออสเตรเลีย ใช้คำนวณการหีบอ้อยเอาน้ำตาลที่มีอยู่ทั้งหมดในอ้อยออกมาได้เท่าไหร่

2.6.3 การตรวจสอบคุณภาพอ้อยและการปฏิเสธการรับซื้ออ้อย

1) อ้อยสดคุณภาพดี

หมายถึง อ้อยสดที่ไม่ถูกไฟไหม้ ยอดไม่ยาว ไม่มีสิ่งอื่นที่ไม่ใช่อ้อยตามธรรมชาติปนเปื้อน เช่น ดิน ทราย กาบใบ เป็นต้น

2) อ้อยไฟไหม้

หมายถึง อ้อยที่ตัดจากแปลงที่ถูกไฟไหม้ หรืออ้อยที่ตัดทิ้งไว้ในแปลงเพื่อรอขึ้นรถบรรทุกแล้วเกิดไฟไหม้แปลงนั้น

3) อ้อยที่มีสิ่งปนเปื้อน

หมายถึง อ้อยสดหรืออ้อยไฟไหม้ที่มีสิ่งอื่นที่ไม่ใช่ส่วนของอ้อยตามธรรมชาติปนเปื้อน เช่น ดิน ทราย หิน ไม้ โลหะ เป็นต้น

4) อ้อยยอดยาว

หมายถึง อ้อยสดหรืออ้อยไฟไหม้ที่มีส่วนปลายสุด ไม่ปรากฏส่วนที่เป็นเนื้ออ้อย โดยสังเกตจากภาคตัดขวาง

5) คุณภาพอ้อย

หมายถึง จำนวนน้ำตาลซูโครส ซึ่งวัดออกมาเป็นหน่วย ซีซีเอส

6) ความบริสุทธิ์

หมายถึง จำนวนน้ำตาลซูโครสที่คิดในรูปของค่าโพล เมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนร้อยละของจำนวนของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่คิดในรูปของค่าบริกซ์ในอ้อย

โดยการปฏิเสธการรับซื้ออ้อยจะพบในกรณีที่ คุณภาพอ้อยต่ำกว่า 6 ซีซีเอส โรงงานปฏิเสธการรับซื้อในส่วนที่ยังไม่ได้หีบได้ หรืออ้อยไฟไหม้ที่มีความบริสุทธิ์ไม่ได้มาตรฐานตามที่คณะทำงานควบคุมการผลิตประจำโรงงานตัดสิน ซึ่งอ้อยไฟไหม้จะถูกหักเงินค่าอ้อยจากราคาอ้อยขั้นต้นไว้ตันละ 20 บาท หรืออ้อยสดหรืออ้อยไฟไหม้ที่มียอดยาวหรือมีกาบใบจะถูกหักเงินค่าอ้อยจากราคาอ้อยขั้นต้นตันละ 20 บาท และอ้อยมีสิ่งปนเปื้อน เช่น อิฐ หิน ดิน ทราย เป็นต้น จะถูกหักเงินค่าอ้อยจากราคาอ้อย ขั้นต้นตันละ 40 บาท

2.7 คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ดีสำหรับโรงงานน้ำตาล

เนื่องจากโรงงานน้ำตาลมีส่วนแบ่งในระบบแบ่งปันผลประโยชน์ที่ 30 ส่วนจากการจำหน่ายน้ำตาลและผลิตผลพลอยได้เท่านั้น ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพของโรงงานจึงเป็นส่วนสำคัญที่แต่ละโรงงานต้องพัฒนาให้กระบวนการผลิตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ดังนี้

Pol Extraction > ร้อยละ 95

Bagasses Loss ร้อยละ 3 ถึง 8

Filter Cake Loss ร้อยละ 0.5 ถึง 1.0

Molasses Loss ถึงร้อยละ 8

Undetermined Loss ร้อยละ 5 ถึง 12.8

Total Loss < ร้อยละ 20

Overall Recovery > ร้อยละ 80

อ้อยถือได้ว่าเป็นพืชมหัศจรรย์ที่สามารถใช้พลังงานจากแสงแดดมาสร้างน้ำตาลซูโครสได้เป็นจำนวนมาก และมีอยู่ในลำอ้อยประมาณร้อยละ 12 ถึง 20 (โดยน้ำหนัก) แต่โดยกระบวนการนำ

อ้อยเข้าหีบของเกษตรกรชาวไร่อ้อยที่นิยมเผาอ้อยก่อนตัดเข้าหีบโดยไม่ควบคุมอายุการเก็บเกี่ยวและปล่อยค้างไร่ไว้เป็นระยะเวลาเกิน 3 วัน ทำให้เกิดปัญหามีเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่อยู่ในดินสามารถสลายน้ำตาลประเภท Disaccharide พวก Sucrose ให้เปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลประเภท Monosaccharide พวก Glucose และพวก Fructose ซึ่งได้แก่จุลินทรีย์พวก Leuconostoc mesenteroides Pseudomonas saccharophila Pseudomonas putrifaciens เนื่องจากวัตถุดิบเป็นปัจจัยหลักที่จะทำให้กระบวนการผลิตของโรงงานมีประสิทธิภาพสูงสุดหรือล้มเหลวในการผลิตน้ำตาล ดังนั้นคุณสมบัติของวัตถุดิบที่โรงงานต้องการจะต้องมีลักษณะดังนี้

2.7.1 ต้องการทั้งปริมาณอ้อยและคุณภาพอ้อย

ที่มั่นคงเหมาะสมต่อกำลังการหีบของเครื่องจักรในระยะต้นฤดูหีบ กลางฤดูหีบ และปลายฤดูหีบ

2.7.2 ต้องการอ้อยตัดสดหรืออ้อยเผาตัดที่ไม่ค้างไร่

โดยสามารถตัดให้สอดคล้องกับสิทธิ์คิวการนำอ้อยเข้าหีบ และเป็นวัตถุดิบที่ได้อายุการเก็บเกี่ยวมีค่าบริกซ์เฉลี่ยไม่ควรต่ำกว่า 19 บริกซ์ ในระยะต้นหีบ หรือค่าบริกซ์ระหว่างส่วนโคนและส่วนยอด (โคนลบยอด) มีผลต่างไม่ควรเกิน 2

2.7.3 ไม่ต้องการวัตถุดิบที่ถูกไฟไหม้ยืนต้นทิ้งไว้

เพราะน้ำตาลในลำอ้อยจะเกิดการสูญเสียไปอย่างรวดเร็ว

2.7.4 ต้องการวัตถุดิบที่ได้อายุการเก็บเกี่ยว

สำหรับเข้าหีบระยะต้นหีบ ระยะกลางหีบ ระยะปลายหีบ เป็นอ้อยสะอาด ยอดสั้น ไม่มีสิ่งปนเปื้อนตามมาตรฐานอ้อยเข้าหีบของคณะกรรมการควบคุมการผลิตประจำโรงงาน และค้างไร่ไม่ควรเกิน 1 ถึง 3 วัน

2.8 จุลินทรีย์

จุลินทรีย์ จุลชีวัน หรือ จุลชีพ (Microorganism) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก ส่วนใหญ่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีหลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไวรัส ยีสต์ ราบางชนิด ฯลฯ

จุลินทรีย์พบได้ทุกหนทุกแห่งในดิน ในน้ำ ในอากาศ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตอื่นที่ไม่ใช่จุลินทรีย์ ตลอดจนสิ่งต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้เป็นเครื่องอุปโภคและบริโภค การดำรงชีพของจุลินทรีย์มีทั้งที่เป็นผู้ผลิต เนื่องจากมีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบหนึ่งในร่างกาย บางชนิดเป็นผู้ย่อยสลาย ทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารหลายชนิดในระบบนิเวศ และบางชนิดเป็นปรสิต ทำให้เกิดพิษหรือเกิดโรคต่อสิ่งมีชีวิตอื่นรวมทั้งจุลินทรีย์ด้วยกันเอง เช่น ไวรัส ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปรสิตทำลายแบคทีเรียบางชนิดได้ ทำให้เกิดโรคในพืช ในสัตว์และในมนุษย์ได้

2.8.1 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอ้อย มีหลายลักษณะ ได้แก่

1) การปนเปื้อนทางกายภาพ

เกิดจากวัสดุต่าง ๆ เช่น เศษแก้ว เศษพลาสติก เศษไม้ เศษโลหะ ฯลฯ

2) การปนเปื้อนทางเคมี

เกิดจากมีสารเคมีต่าง ๆ เช่น ยาฆ่าแมลงและศัตรูพืช ยาฆ่าหญ้าหรือกำจัดวัชพืช ที่ใส่เกินปริมาณที่กฎหมายกำหนด

3) การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์

ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ รา ไวรัส ตามปกติพืชจะมีจุลินทรีย์ปะปนอยู่ที่ผิวเสมอ ถ้าพืชเป็นโรคก็จะมีจุลินทรีย์ก่อโรคปนมาด้วย สำหรับพืชที่ไม่เป็นโรคจะไม่มีจุลินทรีย์ใด ๆ อยู่ภายในเนื้อเยื่อ การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์เกิดขึ้นจากสาเหตุต่าง ๆ ได้แก่ การปนเปื้อนจากดิน ในดินมีจุลินทรีย์หลายชนิด ซึ่งจะปะปนอยู่ในวัตถุดิบจากพืช หรืออาจเกิดจากน้ำหรือลมพัดพาฝุ่นละอองหรือดินมาปนเปื้อน

2.8.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์

อัตราการเจริญหรือการทวีจำนวนของจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับ สภาพแวดล้อมหรือปัจจัยหลายประการ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ รังสี สารอาหาร สภาพกรด-เบส เป็นต้น

1) ความชื้น

ความชื้นหรือน้ำ จำเป็นอย่างยิ่งต่อปฏิกิริยาชีวเคมีทั้งการสังเคราะห์และการทำลายสารต่าง ๆ ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ บริเวณที่มีน้ำปนอยู่มากจะทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ดีกว่ามีน้ำปนอยู่น้อย จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน แบคทีเรียส่วนใหญ่ต้องการน้ำในการเจริญมากกว่ายีสต์ และยีสต์ก็ต้องการน้ำในการเจริญมากกว่ารา ซึ่งต้องการน้ำค่อนข้างน้อย

2) อุณหภูมิ

มีความสำคัญมากต่อการเจริญและการปรับตัวของจุลินทรีย์ ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของจุลินทรีย์ สำหรับจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในคน สัตว์ หรือพืช เช่น Salmonella typhosa Streptococcus pneumonia E. coli Enterobacter aerogenes Shigella dysenteriae และ Staphylococcus aureus จะเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25 ถึง 40 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์อื่นบางชนิดเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส หรือ 0 ถึง 25 องศาเซลเซียส บางชนิดเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 40 ถึง 55 องศาเซลเซียส ถ้าหากสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมจะทำให้จุลินทรีย์เจริญช้าลงหรืออาจจะยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และถ้าไม่เหมาะสมมากจุลินทรีย์อาจตายได้

3) รังสี

รังสีเป็นพลังงานที่สามารถถ่ายทอดผ่านจากที่หนึ่งยังอีกที่หนึ่ง และมีอำนาจทะลุผ่านสิ่งต่าง ๆ ได้แต่จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของรังสี และความเข้มของรังสี จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่ได้รับผลกระทบหรือถูกทำลายได้ด้วยรังสี

4) สารอาหาร

สารอาหารจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญและการเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งจะแตกต่างกันตามชนิดของจุลินทรีย์ แต่จะต้องมีธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักในอาหารเหล่านั้น ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน กำมะถัน ฟอสฟอรัส และกรดอะมิโนกับเบสกลุ่มพิวรีน และไพริมิดีน ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างเซลล์ใหม่ซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอ สังเคราะห์สารพันธุกรรม ส่วนที่เหลือเป็นสารอาหารอื่น ๆ อีกเล็กน้อย

5) สภาพกรด-เบส หรือ ค่าพีเอช (pH)

สภาพกรด-เบสซึ่งระบุได้ด้วยค่า pH ในอาหารแต่ละชนิดจะแตกต่างกันและมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ รา ส่วนมากจะเจริญได้ในช่วงที่มีค่า pH กว้างกว่ายีสต์และแบคทีเรีย ราหลายชนิดเจริญได้ดีในสภาพที่มีค่า pH ค่อนข้างต่ำหรือเป็นกรดสูง ซึ่งยีสต์และแบคทีเรียจะไม่เจริญ ยีสต์ที่นิยมใช้ในการหมักส่วนมากเจริญได้ดีในที่ที่มีค่า pH 4.5 แต่จะไม่เจริญในสภาพที่เป็นเบสหรือค่า pH สูง และแบคทีเรียส่วนใหญ่จะเจริญได้ดีในสภาพที่ใกล้เป็นกลางหรือเป็นกลาง แต่แบคทีเรียที่สร้างกรดจะเจริญได้ดีในสภาพที่เป็นกรด ส่วนแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ สำหรับย่อยโปรตีนได้จะเจริญได้ดีในช่วงที่มีค่า pH สูงหรือมีสภาพเป็นเบส

6) ปริมาณก๊าซ

ก๊าซที่มีความสำคัญต่อการเจริญและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ไนโตรเจน ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เหลือเป็นก๊าซอื่นอีกเล็กน้อย จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการชนิดและปริมาณของก๊าซแตกต่างกัน

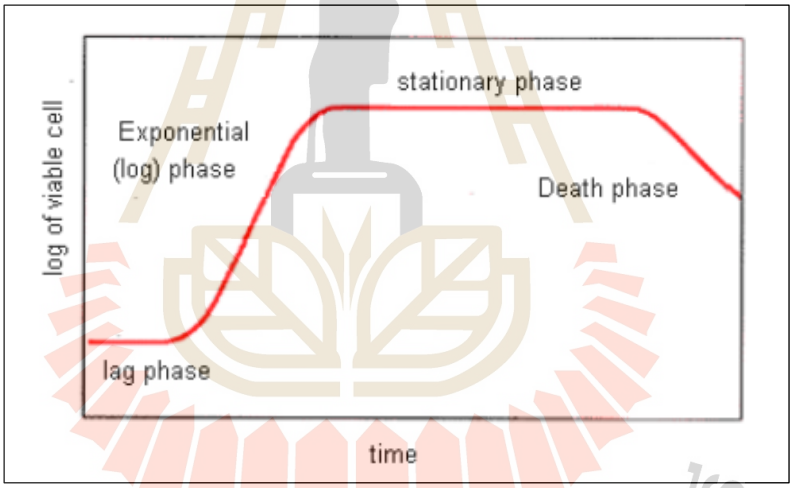
จากปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลส่งเสริมหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ดังที่กล่าวมา สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันหรือควบคุมจุลินทรีย์ได้ โดยทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมกับชนิดของจุลินทรีย์ เพื่อยับยั้งหรือชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่จะทำให้อ้อยเสื่อมสภาพหรือเน่าเสียได้

2.8.3 การเจริญของจุลินทรีย์

เมื่อกล่าวถึงการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์โดยเฉพาะจุลินทรีย์เซลล์เดี่ยว เช่น แบคทีเรียและยีสต์ ตลอดจนโปรโตซัวและสาหร่ายบางชนิดที่อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว การเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์นั้นไม่ได้หมายความว่าขนาดของเซลล์ใหญ่ขึ้น ถึงแม้ว่าบางทีดูเหมือนเป็นเช่นนั้น แต่หมายถึงการเพิ่มจำนวนเซลล์ ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและฟิสิกส์

ภายในเซลล์ การเจริญเติบโตเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการดำรงชีวิต เซลล์แต่ละเซลล์มีช่วงอายุที่จำเพาะเจาะจงสำหรับ species หนึ่ง ๆ การเจริญเติบโตของประชากรนั้นสามารถที่จะตรวจสอบได้โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเซลล์หรือมวลชีวภาพของประชากรต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งเรียกว่า อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) เวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนประชากรจากเดิมเป็น 2 เท่า เรียกว่า generation time (doubling time) จะแตกต่างกันไปในแต่ละ species ในสภาวะแวดล้อมหนึ่ง ๆ การเติบโตของจุลินทรีย์สามารถบอกได้โดยการวัดความขุ่น (turbidity) ของจุลินทรีย์ในอาหารเหลว การเพิ่มขนาดของโคโลนีบนอาหารแข็ง หรือการเพิ่มของจำนวนเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ทั้งนี้การวัดนั้นต้องเทียบกับหน่วยเวลา

จุลินทรีย์เซลล์เดี่ยวจะเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนด้วยการแบ่งเซลล์จาก 1 เป็น 2 (binary fission) เซลล์รุ่นลูกแต่ละเซลล์มีลักษณะเหมือนเซลล์แม่ทุกประการ เมื่อการแบ่งเซลล์สิ้นสุดลง จำนวนเซลล์หรือมวลชีวภาพ จะเพิ่มเป็น 2 เท่าของเมื่อก่อนแบ่งเซลล์



รูปที่ 2.16 กราฟการเติบโตของจุลินทรีย์เซลล์เดี่ยว
(พิมเพ็ญ, 2562)

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สามารถศึกษาได้จากกราฟการเติบโต (growth curve) โดยที่กราฟการเติบโตปกติ (typical growthcurve) จะแสดงให้เห็นถึงระยะการเติบโต 4 ขั้นด้วยกัน ดังรูปที่ 2.16

1) ระยะ lag phase

เซลล์อยู่ในช่วงการปรับตัวก่อนแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวน

2) **ระยะ log phase**

เซลล์มีการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ จำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นแบบ exponential

3) **ระยะ stationary phase**

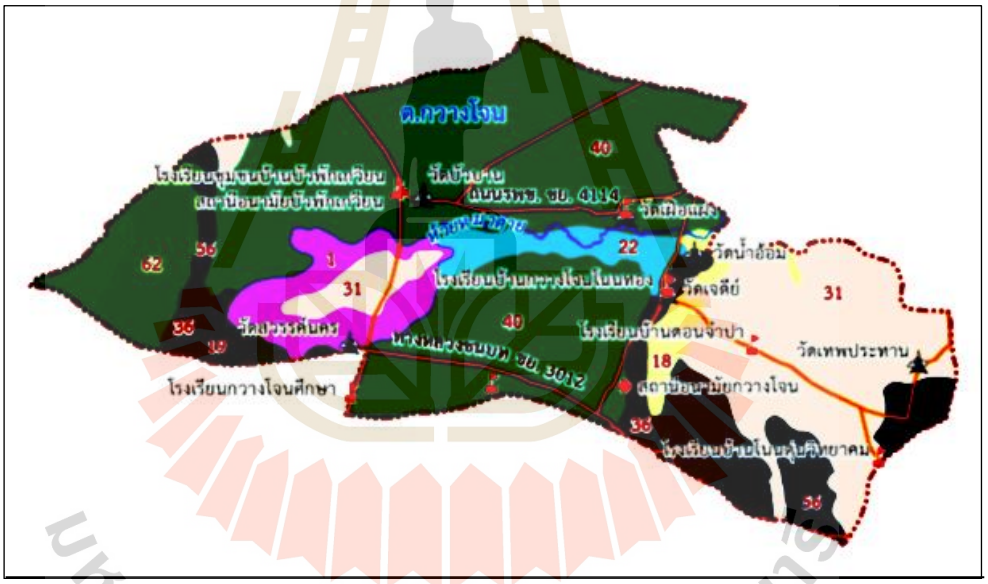
อัตราการเพิ่มมวลชีวภาพเป็น 0

4) **ระยะ decline phase**

จำนวนของเซลล์ที่มีชีวิตลดลง อัตราการเพิ่มจำนวนน้อยกว่าอัตราการตาย

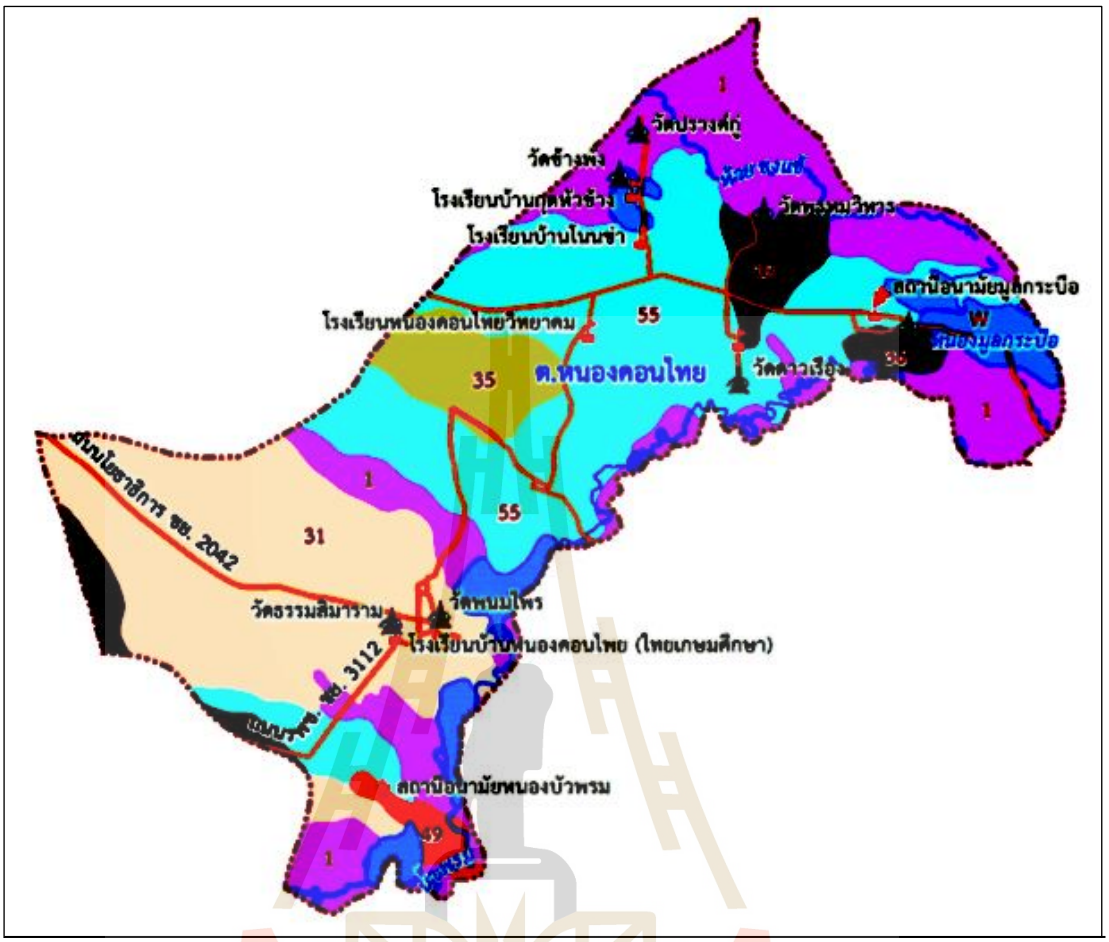
2.9 ลักษณะของดินในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดชัยภูมิ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงลักษณะของกลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่ตัวอย่าง โดยอ้างอิงข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 2.17 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.กวางโจน อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

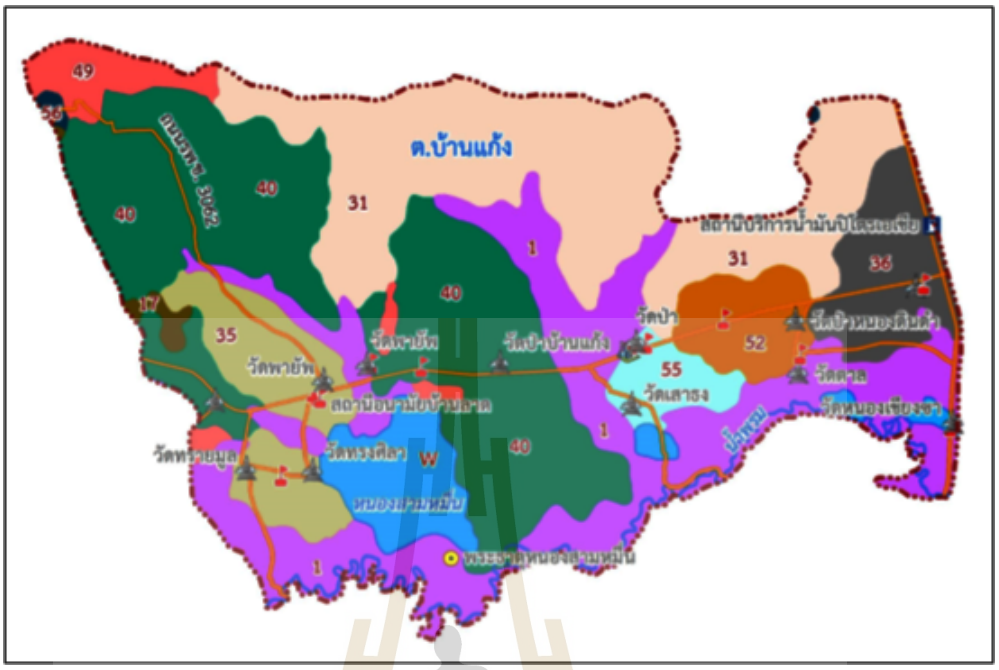
ในรูปที่ 2.17 จะแสดงถึงแผนที่กลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่ตำบลกวางโจน โดยพบว่าพื้นที่ที่ทำการทดสอบจะอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 40 ที่เป็นลักษณะของกลุ่มดินทรายที่มีชั้นดานอินทรีย์ภายในความลึก 100 เซนติเมตร จากผิวดิน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง การระบายน้ำค่อนข้างมากอยู่บนชั้นดินที่มีการระบายน้ำดีปานกลางถึงค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ



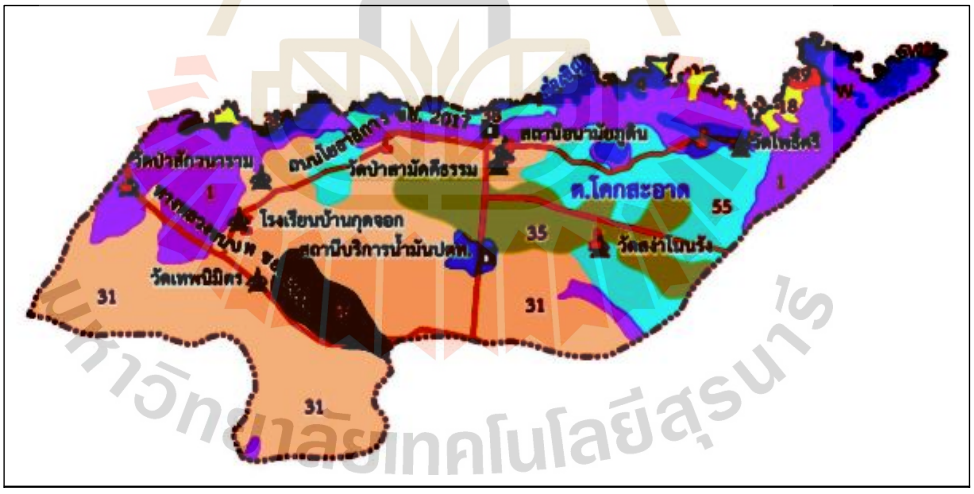
รูปที่ 2.18 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.หนองคอนไทย อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

ในรูปที่ 2.18 จะแสดงถึงแผนที่กลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่ตำบลหนองคอนไทย โดยพบว่าพื้นที่ที่ทำการทดสอบจะอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 31 ที่เป็นลักษณะของกลุ่มดินทรายแป้งละเอียดหรือดินร่วนละเอียดลึกมากที่เกิดจากตะกอนแม่น้ำหรือตะกอนน้ำพารูปพัด ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

ในรูปที่ 2.19 จะแสดงถึงแผนที่กลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่ตำบลบ้านแก้ง โดยพบว่าพื้นที่ที่ทำการทดสอบจะอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 31 ที่เป็นลักษณะของกลุ่มดินทรายแป้งละเอียดหรือดินร่วนละเอียดลึกมากที่เกิดจากตะกอนแม่น้ำหรือตะกอนน้ำพารูปพัด ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง



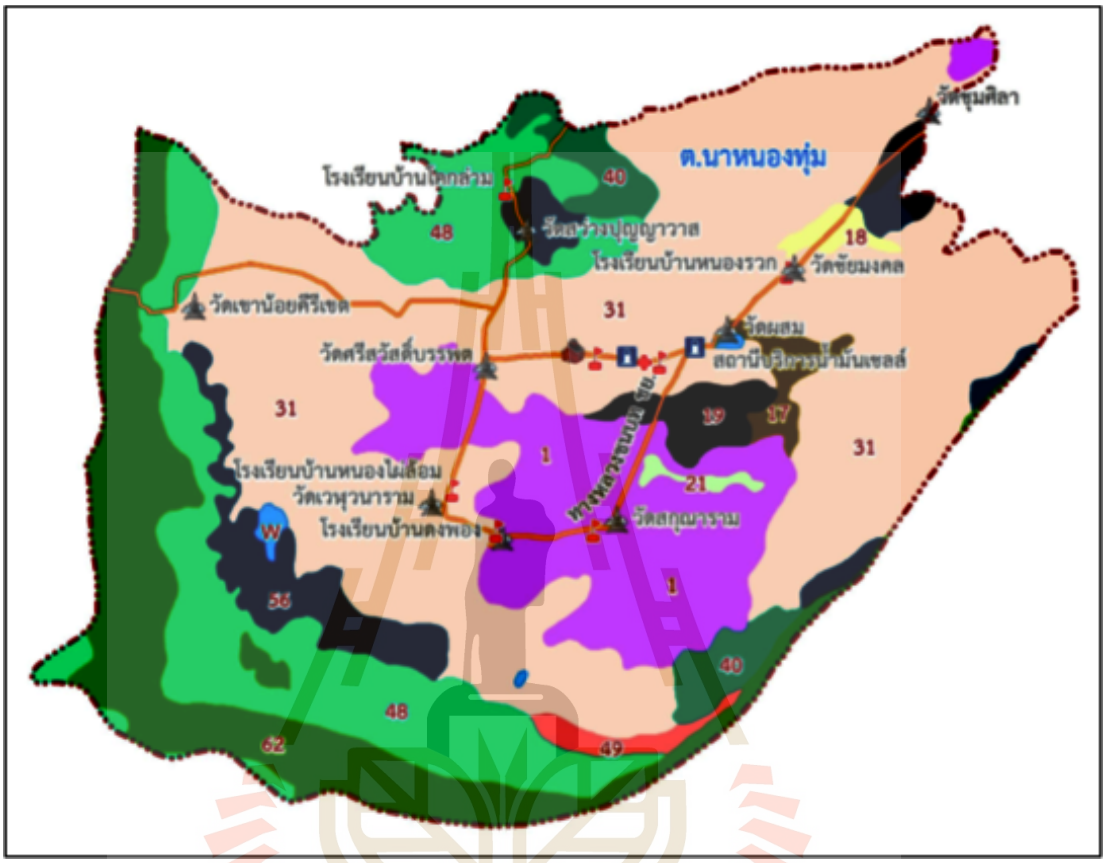
รูปที่ 2.19 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.บ้านแก้ง อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)



รูปที่ 2.20 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.โคกสะอาด อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

ในรูปที่ 2.20 จะแสดงถึงแผนที่กลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่ตำบลโคกสะอาด โดยพบว่าพื้นที่ที่ทำการทดสอบจะอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 31 ที่เป็นลักษณะของกลุ่มดินทรายแป้งละเอียดหรือดินร่วนละเอียดลึกมากที่เกิดจากตะกอนแม่น้ำหรือตะกอนน้ำพารูปพัด ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และกลุ่มชุดดินที่ 1 ที่เป็นลักษณะ

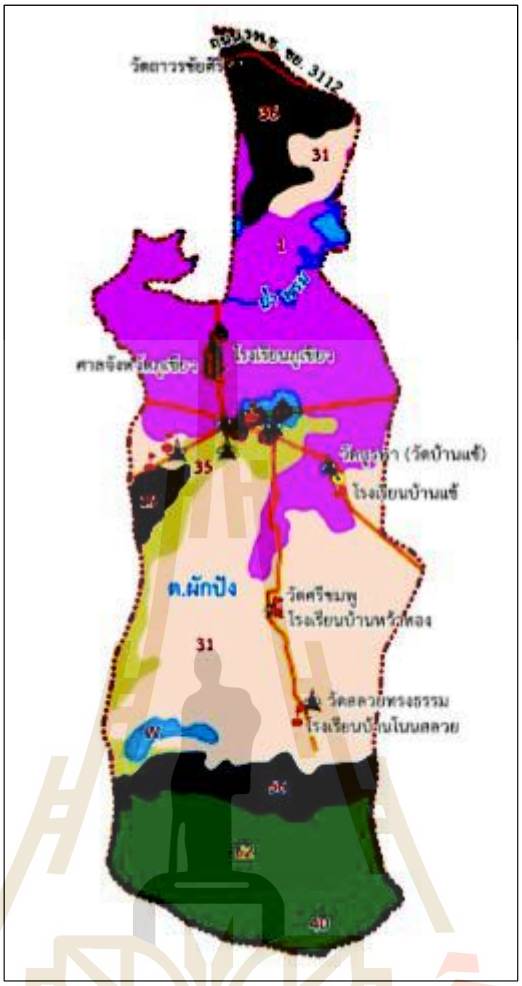
ของกลุ่มดินเหนียวสีดำลึกมาก มีรอยแตกระแหงกว้างและลึก ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างเล็กน้อย การระบายน้ำเลวถึงค่อนข้างเลว



รูปที่ 2.21 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.นาหนองทุ่ม อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

ในรูปที่ 2.21 จะแสดงถึงแผนที่กลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่ตำบลนาหนองทุ่ม โดยพบว่าพื้นที่ที่ทำการทดสอบจะอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 31 ที่เป็นลักษณะของกลุ่มดินทรายแป้งละเอียดหรือดินร่วนละเอียดลึกมากที่เกิดจากตะกอนแม่น้ำหรือตะกอนน้ำพารูปพัด ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

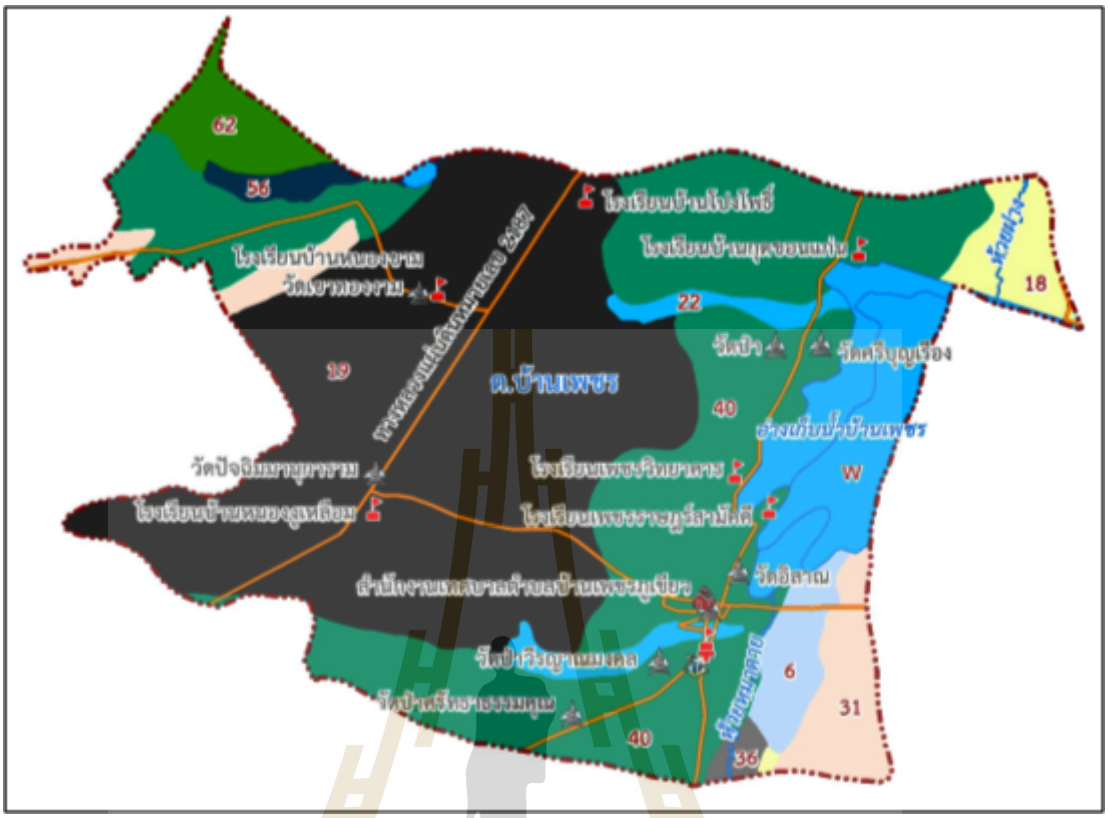
ในรูปที่ 2.22 จะแสดงถึงแผนที่กลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่ตำบลผักปัง โดยพบว่าพื้นที่ที่ทำการทดสอบจะอยู่ในชุดดินที่ 31 ที่เป็นลักษณะของกลุ่มดินทรายแป้งละเอียดหรือดินร่วนละเอียดมาก ที่เกิดจากตะกอนแม่น้ำหรือตะกอนน้ำพารูปพัด ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง



รูปที่ 2.22 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.ผักปัง อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

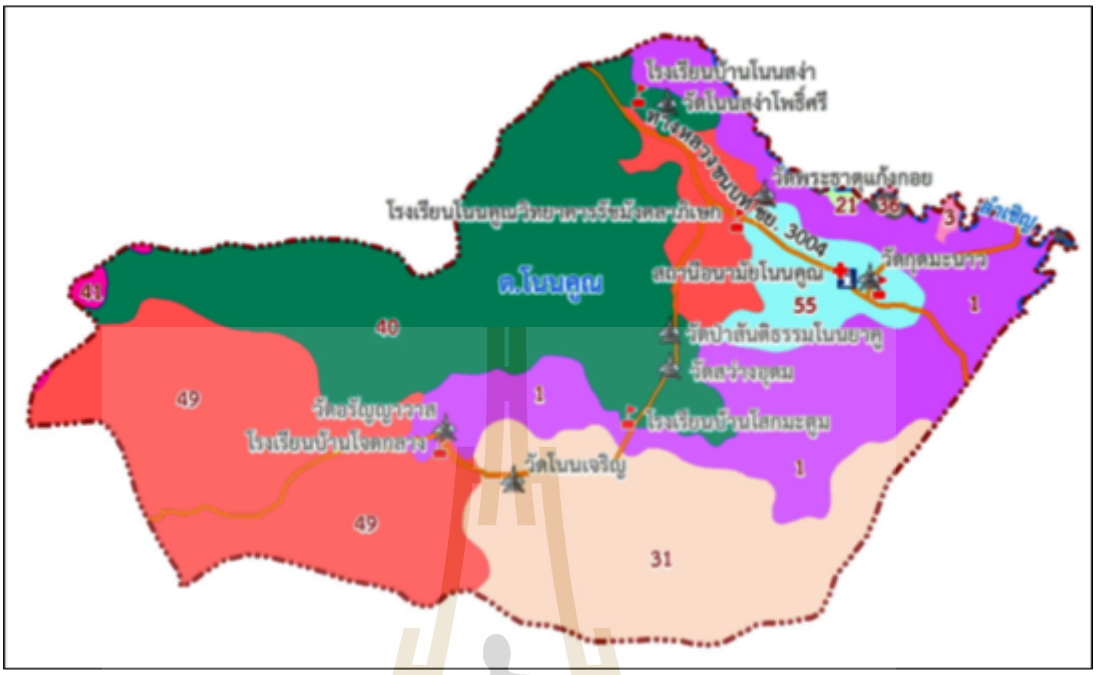
ในรูปที่ 2.23 จะแสดงถึงแผนที่กลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่ตำบลบ้านเพชร โดยพบว่าพื้นที่ที่ทำการทดสอบจะอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 40 ที่เป็นลักษณะของกลุ่มดินทรายที่มีชั้นดานอินทรีย์ภายในความลึก 100 เซนติเมตร จากผิวดิน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง การระบายน้ำค่อนข้างมากอยู่บนชั้นดินที่มีการระบายน้ำดีปานกลางถึงค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ในรูปที่ 2.24 จะแสดงถึงแผนที่กลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่ตำบลโนนคูณ โดยพบว่าพื้นที่ที่ทำการทดสอบจะอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 31 ที่เป็นลักษณะของกลุ่มดินทรายแป้งละเอียดหรือดินร่วนละเอียดมาก ที่เกิดจากตะกอนแม่น้ำหรือตะกอนน้ำพารูปพัด ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และกลุ่มชุดดินที่ 49 ที่เป็นลักษณะของกลุ่มดินตื้นถึงลูกรังหรือชั้นของเหล็กทับอยู่บนชันดินเหนียว ปฏิกิริยาดินเป็นกรดถึงเป็นกลาง การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ



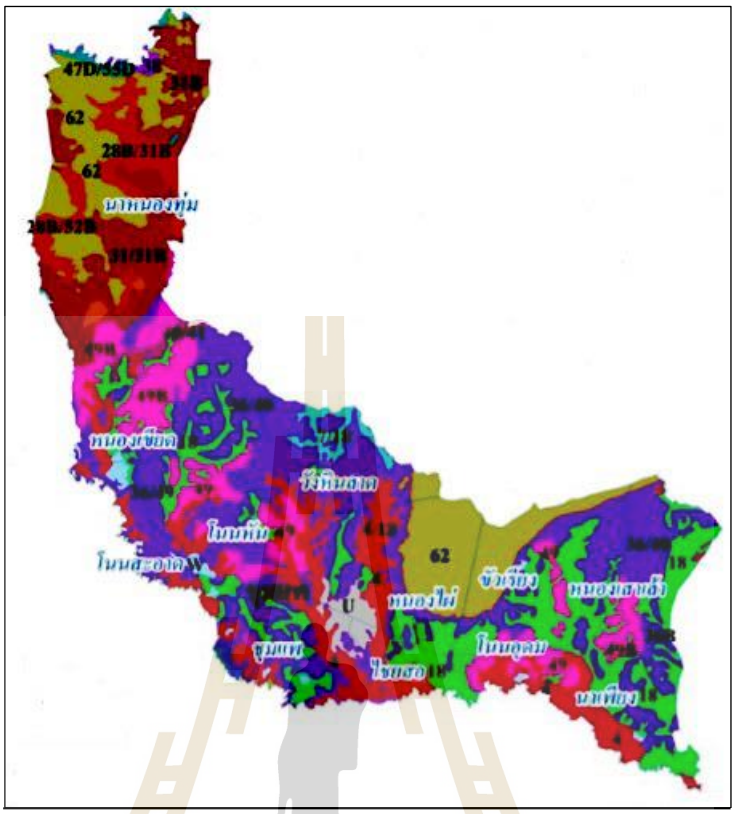
รูปที่ 2.23 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.บ้านเพชร อ.ภูเขียว จ.ชัยภูมิ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

ในรูปที่ 2.25 จะแสดงถึงแผนที่กลุ่มชุดดินในเขตพื้นที่อำเภอชุมแพ โดยพบว่าพื้นที่ที่ทำการทดสอบจะประกอบไปด้วยกลุ่มชุดดินหลายชุด เช่น พื้นที่ของตำบลขัวเรียง จะเป็นดินในกลุ่มชุดดินที่ 49 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ที่มีลักษณะประจำกลุ่มดินเป็นดินตื้นถึงลูกรัง หรือชั้นเชื่อมแข็งของเหล็กทับอยู่บนชั้นดินเหนียว ตำบลวังหินลาด จะเป็นดินในกลุ่มชุดดิน 7/18 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีลักษณะประจำกลุ่มดินเป็นดินเหนียวลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำน้ำ การระบายน้ำค่อนข้างเลว และปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงกรด



รูปที่ 2.24 แผนที่กลุ่มชุดดิน ต.โนนคูณ อ.คอนสาร จ.ชัยภูมิ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.25 แผนที่กลุ่มชุดดิน อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

2.10 การทดลองและการออกแบบการทดลอง

Montgomery (2009) กล่าวว่าการทดลอง หมายถึง การทดสอบหรือการลองเพื่อหาผลลัพธ์ที่อยู่ภายใต้ความไม่แน่นอนสามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ การทดลองปฏิบัติงานจริง (Physical Experiment) และการทดลองด้วยการจำลองผล (Simulation) ซึ่งจุดประสงค์ที่สำคัญของการทดลองมี 2 ประการ คือ เป็นการยืนยันข้อเท็จจริงเพื่อพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริงหรือความเชื่อจากประสบการณ์หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการ และเป็นการค้นหาข้อเท็จจริงเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีต่อกระบวนการ ซึ่งผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บข้อมูล และการออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment) เป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการเพื่อให้ได้ผลตอบสนองเป็นไปตามที่เราต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการทดลองแบบลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า (One Factor at a Time) จะให้ผลตอบสนองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการได้ช้ามาก และสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์ รวมถึงต้องเก็บข้อมูลมากและยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง

กับกระบวนการที่มีอันตรกิริยาระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง

2.10.1 คำศัพท์ที่เกี่ยวกับการทดลอง

1) แผนการทดลอง (Experimental Design)

เป็นแผนการทั่วไปของการทดลองซึ่งเกี่ยวข้องกับจำนวนและการจัดการตัวแปรอิสระ รวมทั้งการสุ่มหรือเลือกตัวอย่างและการกำหนดเงื่อนไขในการทดลองเพื่อควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนหรือตัวแปรเกินที่มีผลต่อตัวแปรตาม เป็นการควบคุมหรือป้องกันความคลาดเคลื่อนที่จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทดลอง แผนการทดลองมีหลากหลายชนิด โดยแต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมกับปัญหาที่ทำการศึกษาแตกต่างกัน ซึ่งแผนการทดลองที่ดีจะต้องสามารถดำเนินการทดลองได้ง่าย และให้คำตอบที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา

2) ตัวแปร (Variable)

คือ ลักษณะของสิ่งที่สนใจศึกษา ที่สามารถแปรเปลี่ยนค่าได้ตามเวลา บุคคล สถานที่ หรือคุณลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง เป็นต้น การแปรเปลี่ยนค่าของตัวแปรนั้น เรียกว่า ระดับของตัวแปร

3) ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

บางครั้งเรียกว่า ปัจจัย (Factor) หมายถึง ตัวแปรที่เกิดขึ้นก่อน และเป็นตัวแปรเหตุที่ทำให้ผลหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะหรือ แปรสภาพไป

4) ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

หมายถึง ตัวแปรที่เกิดขึ้นทีหลังหรือต้องเปลี่ยนแปรสภาพหรือคุณลักษณะไปตามอิทธิพลของตัวแปรอิสระ

5) ตัวแปรแทรกซ้อนหรือตัวแปรเกิน (Extraneous Variable)

หมายถึง ตัวแปรที่ไม่ต้องการศึกษาในขณะนั้น ซึ่งตัวแปรเกินจะมีลักษณะเหมือนตัวแปรอิสระที่มีผลหรืออาจมีผลต่อตัวแปรตามที่ต้องการศึกษา ทำให้การวัดค่าตัวแปรตามคลาดเคลื่อนไปได้ ดังนั้นในการทดลองจึงต้องพยายามควบคุมหรือขจัดอิทธิพลของตัวแปรเกินที่มีผลต่อตัวแปรตามให้หมดไปหรือให้เกิดน้อยที่สุด เพื่อให้ผลของตัวแปรตามที่ได้จากการทดลองเป็นผลแท้จริงที่เกิดจากตัวแปรอิสระที่ทดลองเท่านั้น ตัวแปรชนิดนี้ผู้วิจัยสามารถคาดได้ว่าจะมีอะไรบ้าง จึงสามารถทำการควบคุมล่วงหน้าได้

6) ปัจจัย (Factor)

หมายถึง ตัวแปรอิสระที่ต้องการศึกษาว่ามีผลกระทบต่อตัวแปรตามหรือไม่ เช่น ในการศึกษาเกี่ยวกับอาหาร 3 สูตร ที่ใช้ในการเลี้ยงไก่ ปัจจัยที่ต้องการศึกษาคือ อาหาร (ตัวแปรอิสระ)

7) ระดับของปัจจัย (Factor Levels)

หมายถึง ชนิดย่อย ๆ หรือประเภทต่าง ๆ ของปัจจัย โดยในบางครั้งเรียกว่า ทรีทเมนต์ (Treatment)

8) ปัจจัยเดี่ยวและปัจจัยพหุ (Single Factor and Multiple Factor)

เป็นการศึกษาตัวแปรอิสระเพียงตัวแปรเดียว ส่วนปัจจัยพหุเป็นการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว

9) ทรีทเมนต์ (Treatment)

หมายถึง ระดับต่าง ๆ ของปัจจัย หรือวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ปฏิบัติต่อหน่วยทดลองแล้วหน่วยทดลองจะส่งผลตอบสนองออกมาเป็นข้อมูล เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอิทธิพลของทรีทเมนต์ตามวัตถุประสงค์ของการทดลองโดยที่ทรีทเมนต์อาจมาจากปัจจัยเดี่ยวหรือหลายปัจจัยร่วมกัน (Treatment Combination)

10) หน่วยทดลอง (Experimental Unit)

หมายถึง หน่วยหรือกลุ่มของสิ่งทดลอง (ซึ่งในงานวิจัยจะเรียกว่า Experimental Material) ที่ใช้ในการทดลองโดยได้รับอิทธิพลของทรีทเมนต์เดียวกันในการกระทำครั้งใดครั้งหนึ่งโดยหน่วยทดลองอาจเป็น ต้นไม้ 1 ต้น พืช 1 แปลงสัตว์ทดลอง 1 ตัว หรือสัตว์ทดลอง 5 ตัวในกรงเดียวกัน เช่น ในการทดลองสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ ถ้าใน 1 กรงขังไก่ไว้ 5 ตัว และให้ไก่ทั้ง 5 ตัว นี้ได้รับอาหารสูตรเดียวกัน น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของไก่ทั้งกรง (5 ตัว) ก็จะเป็น 1 หน่วยทดลอง แต่ถ้าใน 1 กรง ขังไก่ไว้ 1 ตัว แต่ละตัวก็จะเป็น 1 หน่วยทดลอง

11) หน่วยตัวอย่าง (Sampling Unit)

หมายถึง ส่วนหนึ่งของหน่วยทดลองหรือทั้งหน่วยทดลอง ซึ่งใช้วัดอิทธิพลของทรีทเมนต์ตามจุดประสงค์ของการทดลอง

12) ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (Experimental Error)

หรือความผันแปรของการทดลอง หมายถึง ความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองที่ได้รับทรีทเมนต์เดียวกัน การที่หน่วยทดลองหลาย ๆ หน่วยได้รับทรีทเมนต์เดียวกันแต่ให้ผลตอบสนองต่อทรีทเมนต์แตกต่างกันอาจเกิดได้จาก 2 สาเหตุ คือ ความผันแปรที่เกิดขึ้นภายในหน่วยทดลอง (Inherent Variability) เป็นความผันแปรที่เกิดขึ้นจากความแตกต่างของหน่วยทดลองอยู่แล้ว และความผันแปรที่เกิดขึ้นภายนอกหน่วยทดลอง (Extraneous Variability) เป็นความผันแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำการทดลอง ซึ่งอาจจะเกิดความผิดพลาดของผู้ทดลอง โดยอาจเกิดจากการปฏิบัติไม่สม่ำเสมอหรือไม่เหมือนกัน หรืออาจเกิดจากการใช้เครื่องมือที่ไม่ได้มาตรฐาน การขาดความละเอียดในการบันทึกข้อมูล (พิสมัย, 2550)

2.10.2 ขั้นตอนการออกแบบการทดสอบ

การใช้หลักการสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ผู้ทำการทดลองต้องมีความเข้าใจวิธีการเก็บข้อมูลตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา ซึ่งขั้นตอนของการออกแบบการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1) การนิยามปัญหา (Statement of the Problem)

เป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2) การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย (Choice of Factors Levels and Ranges)

เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎี และประสบการณ์จากงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อระบุว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร (Range)

การกำหนดระดับของปัจจัยสามารถแบ่งได้ 3 แบบดังนี้

A) แบบกำหนด (Fixed Effect) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอนโดยผู้ทดลองกำหนดเอง

B) แบบสุ่ม (Random Effect) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะเป็นตัวแทนของทั้งปัจจัยไม่ได้เป็นตัวแทนของระดับใดระดับหนึ่ง

C) แบบผสม (Mixed Effect) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดและแบบสุ่มรวมกัน

3) การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Selection of the Response Variable)

ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้วิจัยจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาและการวัดค่านั้นจะต้องมีความแม่นยำและถูกต้อง ซึ่งหมายถึงเครื่องมือวัดจะต้องมีความแม่นยำและถูกต้องด้วย

4) การเลือกแบบการทดลอง (Choice of Experimental Design)

เมื่อกำหนดทรีทเมนต์ (Treatment) และตัวแปรตอบสนอง(Response Variables) แล้วต้องทำการตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดของการทดลอง ซึ่งหมายถึง จำนวนซ้ำของการทดลอง (Replicate) ความเหมาะสมของลำดับในการทดลองข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลอง

5) การดำเนินการทดลอง (Performing the Experiment)

ในระหว่างการดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยจะต้องศึกษาดูแลอย่างใกล้ชิด ปฏิบัติ

ตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ ข้อควรระวังในขณะทำการทดลองคือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัดและความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งจะมีเทคนิคแตกต่างกันไปในแต่ละสาขาวิจัย

6) การวิเคราะห์ข้อมูล (Statistical Analysis of Data)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาวิเคราะห์ และสรุปผลรวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตีความข้อมูลและวิธีการทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยมีผล (Effect) เท่าใดแน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ช่วงของความเชื่อมั่นในการสรุปผล

7) การสรุปผลและข้อเสนอแนะ (Conclusions and recommendations)

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วจะต้องสรุปผลการวิเคราะห์อาจแสดงในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น เมื่อสรุปผลแล้วควรมีการทดสอบเพื่อยืนยันผลจากการทดลองอีกครั้งหนึ่ง (ปารเมศ ชุติมา, 2545)

2.10.3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของการทดลอง

1) วิธีปฏิบัติหรือทรีทเมนต์ (Treatment)

คือ สิ่งหรือวิธีที่ผู้ดำเนินการทดลองปฏิบัติต่อสิ่งทดลองเพื่อวัดผลเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2) ปัจจัย (Factor)

หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองและนำมาพิจารณาในการทดลอง ปัจจัยอาจมีลักษณะเป็นเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณก็ได้ กลุ่มของทรีทเมนต์ทั้งหลายที่มีความเกี่ยวข้องกัน (A Particular Class of Related Treatment) อาจใช้คำว่าตัวแปรอิสระแทนก็ได้ โดยปัจจัยดังแสดงในรูปที่ 2.26 สามารถแบ่งออกได้เป็น

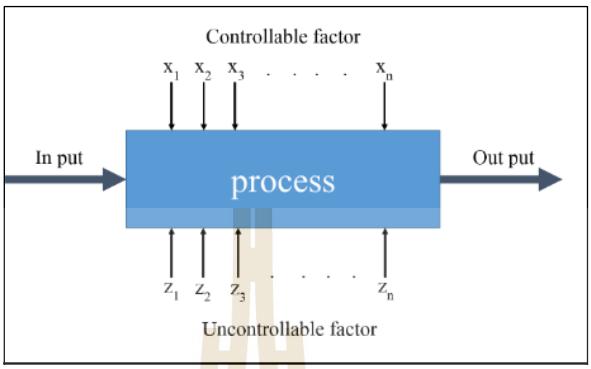
A) ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการดำเนินการทดลอง ซึ่งเป็นผลดีต่อการทดลองเพราะโดยส่วนใหญ่ผู้ทำการทดลองต้องการกำหนดค่าต่าง ๆ ที่คิดว่ามีผลตอบสนองที่สนใจ

a) ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ อาจจะเนื่องมาจากมีข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีและต้นทุน ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้แบ่งออกเป็น

b) ตัวแปรรบกวน (Noise Variable or Background Variable) หมายถึง ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) ในการทดลองแต่ไม่ใช่ปัจจัยที่เรากำลังทำการศึกษาส่วนใหญ่มักได้แก่ เวลาหรือเครื่องมืออุปกรณ์ เป็นต้น

c) Nuisance Variable คือ ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง แต่เราไม่

ทราบมาก่อน สามารถกำจัดอิทธิพลของ Nuisance Variable ได้โดยการสุ่ม



รูปที่ 2.26 ปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ

(Vernon R. Anthony, 2559)

ดังนั้น การออกแบบการทดลอง จึงเป็นการกำหนดเงื่อนไขที่จะทำให้ค่าความแตกต่างของข้อมูลมีสาเหตุมาจากสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้เท่านั้น เพื่อให้เกิดข้อมูลที่มีสาระมากที่สุดสำหรับการตัดสินใจ

3) ปัจจัยตอบสนอง (Response Factor)

คือ ตัวแปรที่ถูกสังเกตหรือวัดค่าในการทดลอง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรที่สะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระนั่นเอง ในการทดลองหนึ่ง ๆ อาจวัดค่าตัวแปรตามมากกว่า 1 ก็ได้ การเลือกตัวแปรตามที่ดีควรพิจารณาจากความไว (Sensitivity) ความเชื่อถือได้ (Reliability) การแจกแจงของตัวแปรนั้นและความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ในการเลือกตัวแปรตามจะต้องพิจารณาว่า ค่าสังเกตที่ได้จากทรีทเมนต์หนึ่ง ๆ ควรมีการแจกแจงแบบปกติโดยประมาณ ซึ่งข้อสมมติในเรื่องความเป็นปกติ (Normality) นี้เป็นสิ่งจำเป็นในการออกแบบการทดลอง ซึ่งอาจจะใช้การแปลงข้อมูล (Transformation) ค่าสังเกตที่มีการแจกแจงไม่ปกติเป็นแบบปกติได้

2.10.4 หลักการพื้นฐาน 3 ประการ สำหรับการออกแบบการทดลอง

1) การทดลองซ้ำ (Replication)

ซึ่งมีสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ ทำให้การทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ และถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่ง การทดลองเรพลิเคชันทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบนี้

2) การทำแบบสุ่ม (Randomization)

หมายถึง การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูลจะต้องเป็นปัจจัยแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ การที่สุ่มการทดลองทำให้สามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจปรากฏในการทดลองได้ วัตถุประสงค์ของการสุ่มมีดังนี้

A) เพื่อขจัดอคติ หรือความเอนเอียงของผู้ทดลอง และเพื่อให้แน่ใจได้ว่าทรีทเมนต์ต่าง ๆ จะไม่ได้เปรียบและเสียเปรียบกันในเรื่องที่เกี่ยวกับการทดลอง การสุ่มจึงเป็นการประกันว่าจะไม่มีอคติใด ๆ เกิดขึ้นในการทดลอง

B) การวิเคราะห์และทดสอบทางสถิติ นั้นมีข้อกำหนดว่าความคลาดเคลื่อน (Error) จะต้องเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกัน การสุ่มจึงเป็นการทำให้ข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนดเหล่านี้ ทั้งนี้การสุ่มจะช่วยขจัดหรือเฉลี่ยความผันแปรภายนอกที่ควบคุมไม่ได้ให้เกิดขึ้นกับหน่วยทดลองด้วยโอกาสเท่า ๆ กัน การทำแบบสุ่มยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ

a) การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomization)

b) การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Randomization)

c) การทำแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก โดยเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิ้ง (Complete Randomization)

3) การควบคุม (Blocking or Control)

เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความแม่นยำ (Precision) ในการทดลอง โดยป้องกันการรบกวนจากปัจจัยภายนอกและลดความผิดพลาดในการทดลอง โดยบล็อกเดียวกันหมายถึง การควบคุมสภาพในการทดลองให้มีสภาพใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่น ผู้ทดลองคนเดียวกัน ช่วงเวลาทดลองใกล้เคียงกัน วิธีการทดลองเดียวกัน เครื่องจักรเครื่องเดียวกัน โดยเปลี่ยนเฉพาะเงื่อนไขของปัจจัยที่สนใจศึกษาเท่านั้น

2.10.5 ประเภทของแผนการทดลอง

1) กรณีปัจจัยเดียว

A) แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design) ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ มีขนาดไม่โตนัก ซึ่งการทดลองจะทำโดยยึดหลักการทำแบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication)

B) แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomize Block Design) โดยการทดลองจะต้องทำการสุ่มทุกครั้ง และต้องทำซ้ำทุกการทดลอง และต้องทำการบล็อก (Blocking) ปัจจัยรบกวน ซึ่งการบล็อกอาจจะทำมากกว่า 1 บล็อก ก็ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนของปัจจัยรบกวน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) กรณีหลายปัจจัย (Multi Factor)

A) แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design) ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ดังนั้นนอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัยหลักที่สนใจแล้ว ยังอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วมได้ด้วย ซึ่งอิทธิพลของปัจจัยร่วม คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไป แล้วมีผลทำให้อิทธิพลของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปด้วย รูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่สำคัญ ได้แก่ 2k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลอง k ปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยเพียง 2 ระดับ และ 3k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลอง k ปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 3 ระดับ

B) แผนการทดลองแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียล (Fractional Factorial Design) เป็นการทดลองเฉพาะบางส่วนของซ้ำ

3) แผนการทดลองประเภทอื่น ๆ

การออกแบบพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Design) เป็นการออกแบบสำหรับการสร้างพื้นผิวผลตอบ โดยใช้ Response Surface Methodology (RSM) ซึ่งเป็นการรวบรวมเอาเทคนิคทางคณิตศาสตร์และทางสถิติที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลอง และการวิเคราะห์ปัญหาโดยผลตอบที่สนใจขึ้นอยู่กับหลายตัวแปร และมีวัตถุประสงค์ที่จะหาค่าที่ดีที่สุดของผลตอบสนองนั้น

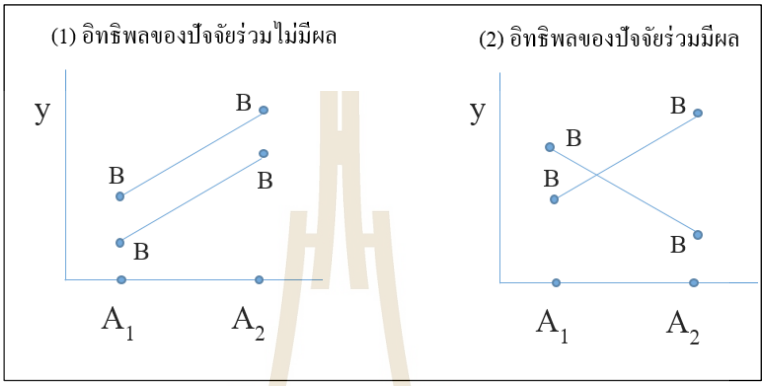
2.11 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล

การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลใช้มากในการทดลองที่เกี่ยวกับปัจจัยหลายปัจจัย ที่ต้องการจะศึกษาถึงผลรวมที่มีผลต่อผลตอบที่เกิดขึ้นจากปัจจัยเหล่านั้น การทดลองแบบแฟคทอเรียลเป็นแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการตรวจสอบอิทธิพลของหลาย ๆ ปัจจัย (Factor) พร้อมกัน คำว่าแฟคทอเรียล หมายถึง การทดลองที่สมบูรณ์ในแต่ละครั้งหรือแต่ละซ้ำของการทดลองนั้นกล่าวคือ มีการใช้ระดับของปัจจัยต่าง ๆ ร่วมกันจึงสามารถตรวจสอบอิทธิพลต่าง ๆ ในการทดลองครั้งหนึ่ง ๆ ได้พร้อมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.27 เช่น ถ้าปัจจัย A มี a ระดับ ปัจจัย B มี b ระดับ แต่ละซ้ำจะมี AB รูปแบบการทดลอง (Treatment Combination) แบ่งได้ 2 ประเภท คือ อิทธิพลหลัก (Main Effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยที่แสดงต่อตัวแปรตอบสนองด้วยตัวของมันเองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเกิดขึ้น และอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยหนึ่งที่จะเปลี่ยนไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยร่วมกัน โดยการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ ได้แก่

2.11.1 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย

เป็นการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลชนิดที่ง่ายที่สุด จะเกี่ยวข้องกับปัจจัย 2 ปัจจัย

เช่น ปัจจัย A และปัจจัย B โดยปัจจัย A จะประกอบด้วย a ระดับส่วนปัจจัย B จะประกอบด้วย b ระดับ ซึ่งในแต่ละการทำซ้ำของการทดลองจะประกอบด้วยการทดลองร่วมปัจจัยทั้งหมดเท่ากับ a x b การทดลอง และโดยปกติจะมีจำนวนเรพลิเคตทั้งหมด n ครั้ง



รูปที่ 2.27 อิทธิพลของปัจจัยร่วมที่ไม่มีผล และมีผล

2.11.2 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2k

เป็นการออกแบบการทดลองที่ใช้ในกรณีที่มีปัจจัย k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ระดับเหล่านี้อาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรืออาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น เครื่องจักร คนงาน และใน 2 ระดับที่กล่าวถึงนี้จะแทนด้วยระดับสูงและต่ำของปัจจัยหนึ่ง ๆ ใน 1 การทำซ้ำที่บริบูรณ์สำหรับการออกแบบเช่นนี้ จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น 2k ข้อมูลการออกแบบการทดลองแบบนี้มีประโยชน์มากต่องานทดลองในช่วงเริ่มแรก เมื่อมีปัจจัยเป็นจำนวนมากที่เราต้องการที่จะตรวจสอบ โดยปกติในการออกแบบจะแทนระดับสูงด้วยเครื่องหมาย + และระดับต่ำด้วยเครื่องหมาย –

2.11.3 การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียล แบบ 2 ระดับ

หรือการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2k เป็นการออกแบบการทดลองที่ผู้ทดลองสามารถละเลยอันตรกิริยาขั้นสูงบางตัวได้ เนื่องจากถ้าการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2k แบบเต็มมีจำนวนปัจจัยมาก จำนวนการทดลองอาจจะเพิ่มขึ้นมากเกินกว่าทรัพยากรที่มีอยู่จะรองรับได้ การออกแบบเช่นนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถจะทำได้ เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยทั้ง k ชนิดได้อย่างครบกรณี การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียลจึงถูกนำมาใช้ในการกรองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบกล่าวคือ ในการทดลองหนึ่งอาจจะมีปัจจัยมากมายที่กำลังอยู่ในความสนใจของผู้ทดลอง จึงใช้การออกแบบเช่นนี้เพื่อค้นหาว่ามีปัจจัยใดบ้างเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อผลตอบการทดลอง เพื่อกรองปัจจัยนี้ส่วนมากจะใช้ในตอน

เริ่มต้นการทดลองเนื่องจากโดยมากแล้ว ในขณะนั้นจะมีปัจจัยจำนวนมากที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นปัจจัยที่มีผลน้อยหรือไม่มีผลต่อผลตอบที่กำลังพิจารณาอยู่ หลังจากทำการทดลองเพื่อกรองปัจจัยเสร็จสิ้นแล้ว ปัจจัยที่มีผลจะถูกนำไปทำการทดลองอย่างละเอียดในการทดลองต่อ ๆ ไป

2.11.4 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล แบบ 3 ระดับ

หรือการออกแบบเชิงแฟกทรอเรียล 3k หมายถึง การออกแบบเชิงแฟกทรอเรียลที่แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 3 ระดับ และระดับทั้งสามของแต่ละปัจจัยมีค่าเป็น ต่ำ ปานกลาง และสูง สัญลักษณ์ที่ใช้แทนระดับทั้งสามเป็นตัวเลข -1, 0 และ 1 ตามลำดับ สังเกตว่าการทดลองแบบนี้จะมีระดับที่สามของปัจจัยเพิ่มเข้ามาในแบบจำลอง ซึ่งทำให้สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบที่สนใจ และปัจจัยที่สนใจในลักษณะที่เป็นสมการแบบควอดราติกได้ การออกแบบ 3k จะเหมาะสมเมื่อผู้ทดลองกำลังสนใจกับผลตอบที่มีลักษณะเป็นส่วนโค้งแต่การออกแบบนี้ไม่ได้เป็นการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดใน การสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์แบบพหุนามกำลังสอง โดยการออกแบบการทดลองที่เป็นทางเลือกที่ดีกว่าคือ การออกแบบพื้นผิวผลตอบ

2.11.5 ข้อดีและข้อเสียของการทดลองชนิดแฟกทอเรียล

1) ข้อดี

A) เป็นการใช้หน่วยทดลองทั้งหมด เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์หลายทรีทเมนต์พร้อมกันได้ จึงเป็นการประหยัดและเสียเวลาน้อยลงกว่าการทดสอบครั้งละ 1 ปัจจัย

B) ทำให้สามารถตรวจสอบอิทธิพลของกิริยาร่วมระหว่างปัจจัยได้ จึงช่วยในการสรุปผลได้กว้างขวางกว่าการทดลองครั้งละ 1 ปัจจัย

2) ข้อเสีย

A) เนื่องจากมีรูปแบบการทดลอง (Treatment Combination) จึงต้องใช้หน่วยทดลองมากขึ้น จึงอาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนหน่วยทดลอง

B) ในกรณีที่มีกิริยาร่วมเกิดขึ้น อาจทำให้การสรุปผลเป็นภาษาที่เข้าใจง่ายนั้นทำได้ยาก

C) ถ้าจำนวนปัจจัยมีมากขนาดของการทดลองก็จะใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการเสียค่าใช้จ่ายสูงและการหาวัตถุทดลองที่มีความสม่ำเสมอจำนวนมากก็เป็นไปได้ยาก

2.12 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

การวิเคราะห์การถดถอย (Multiple Linear Regression) เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) กับตัวแปรตาม (Dependent Variable) จะเป็นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ถ้าศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ

หนึ่งตัวกับตัวแปรตามหนึ่งตัว เรียกว่า การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยวหรือการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) ถ้าตัวแปรอิสระมีมากกว่าหนึ่งตัวกับตัวแปรตามหนึ่งตัว เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression)

2.12.1 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอย

1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

เช่น ศึกษาความสัมพันธ์ ของอายุกับระดับคลอเลสเตอรอล

2) เพื่อศึกษาปัจจัย (ตัวแปรอิสระ) ที่ร่วมกันทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรตาม

การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์หรือสร้างสมการทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรตาม (Y) หนึ่งตัว จากกลุ่มตัวแปรอิสระ (X) หลายตัวนั้น ตัวแปรอิสระที่นำมาวิเคราะห์จะต้องมีหลักฐานตามทฤษฎีหรือรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องว่าเป็นตัวแปรต้นเหตุที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม

2.12.2 ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ในการวิเคราะห์การถดถอย

1) ตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (Y)

ต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative Variable) หรือตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Variable) หรือมีระดับการวัดเป็น Interval หรือ Ratio Scale ในกรณีที่ตัวแปรอิสระ (X) บางตัวมีระดับการวัดเป็น Nominal หรือ Ordinal Scale จะต้องแปลงข้อมูลให้เป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) คือมีค่า 0 กับ 1 ก่อนจึงจะนำไปวิเคราะห์ และตัวแปรหุ่นไม่ควรจะมีหลายตัว เพราะจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนมากขึ้นนั่นเอง

2) ตัวแปรอิสระแต่ละตัวมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับตัวแปรตาม

3) ตัวแปรอิสระไม่ควรมีความสัมพันธ์กัน

หรือเป็นอิสระต่อกัน (ค่าสหสัมพันธ์ไม่ควรเกิน 0.7) ในกรณีการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุคูณเพราะจะทำให้เกิด Multicollinearity คือ การที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันมากซึ่งจะมีผลกระทบทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงเกินความเป็นจริง

4) การแจกแจงของตัวแปรตามเป็นแบบโค้งปกติ (Normal Distribution)

ที่ทุกค่าของ X

5) ค่าของ Y มีความแปรปรวนเท่ากันทุกค่าของ X

6) ความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ (Residual)

ที่ทุกจุดบนเส้นถดถอยมีค่าเท่ากัน

2.12.3 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยว (Simple Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยวเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ 1 ตัว กับ ตัวแปรตาม 1 ตัว คล้ายกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ แตกต่างกันที่การวิเคราะห์

สหสัมพันธ์ไม่ได้ระบุว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ส่วนการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเชิงเดี่ยวเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เป็นต้นเหตุ (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรที่เป็นผล (ตัวแปรตาม) ซึ่งนอกจากจะทราบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองแล้วยังสามารถนำค่าของตัวแปรต้นเหตุไปทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรที่เป็นผลได้ พร้อมบอกขนาดของความสามารถในการทำนาย หรือความสามารถในการอธิบายตัวแปรผล ว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการทำนายผล (สมการพยากรณ์) ได้ดังนี้

$$y = a + bx \tag{2.1}$$

เมื่อ y = ค่าของตัวแปรตาม

x = ค่าของตัวแปรอิสระ

a = ค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย
โดยที่ a จะเป็นจุดตัด (Intercept) แกน y ของสมการ

b = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ของตัวแปรอิสระ X โดยที่ค่า b จะแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า x ต่อค่า y ดังนี้ คือ ถ้าค่า x เปลี่ยนไป 1 หน่วย จะทำให้ค่า y เปลี่ยนไป b หน่วย

2.12.4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหลายตัวกับตัวแปรตาม 1 ตัว เพื่อศึกษาว่ามีตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่ร่วมกันทำนายหรือพยากรณ์ หรืออธิบายการผันแปรของตัวแปรตามได้โดยเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการในรูปแบบของสมการทำนายผล (สมการพยากรณ์) ได้ดังนี้

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + ... + b_kx_k \tag{2.2}$$

เมื่อ y = ค่าของตัวแปรตาม

x_i = ค่าของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

a = ค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย
โดยที่ a จะเป็นจุดตัด (Intercept) แกน y ของสมการ

b_i = ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ของตัวแปรอิสระ x_i แต่ละตัว โดยที่ค่า b_i จะแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า x_i ต่อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค่า y ดังนี้ คือ ถ้าค่า x_i เปลี่ยนไป 1 หน่วย จะทำให้ค่า y เปลี่ยนไป b_i หน่วย

k = จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

ในการเขียนสมการในจะต้องทราบค่า a และ b_i เพื่อนำมาแทนค่าในสมการ

ค่า a จากสมการ

$$a = \overline{Y} - b_1\overline{X}_1 - b_2\overline{X}_2 - \ldots - b_k\overline{X}_k \tag{2.3}$$

เมื่อ a = ค่าคงที่สำหรับสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ

$\overline{Y}$ = ค่าเฉลี่ยสำหรับตัวแปรตาม

$\overline{X}_i$ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระ (ตัวแปรพยากรณ์) ตัวที่ 1 ถึง k ตามลำดับ

b_i = ค่าน้ำหนักของตัวแปรอิสระ (ตัวแปรพยากรณ์) ตัวที่ 1 ถึง k ตามลำดับ

k = จำนวนตัวแปรอิสระ (ตัวแปรพยากรณ์)

ค่า b_i หาจากสมการ

$$b_j = \beta_j \frac{S_y}{S_j} \tag{2.4}$$

เมื่อ b_j = ค่าน้ำหนักคะแนนหรือสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) ตัวที่ j ที่ต้องการหาค่าน้ำหนัก

β_j = ค่าน้ำหนักเบต้าของตัวแปรอิสระ (ตัวพยากรณ์) ตัวที่ j

S_y = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรตาม (ตัวเกณฑ์)

S_j = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรอิสระ (ตัวแปรพยากรณ์)

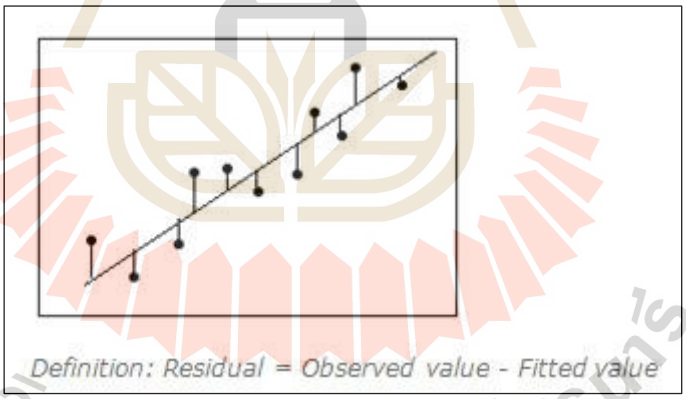
การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ จะต้องคำนวณหาค่า a และ b_1 b_2 b_k เพื่อนำมาแทนค่าลงในสมการ โดยถือหลักการที่ว่าค่า b ทุกตัวต้องเป็นค่าที่ทำให้สมการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยที่สุด นอกจากจะหาค่า a และ b แต่ละตัวแล้วควรทดสอบความนัยสำคัญของค่า b แต่ละตัวด้วย

2.12.5 การแปลความหมายค่า R-Square และการประเมินตัวแบบว่าเหมาะสมหรือไม่

จากบทความเรื่อง R-Square ของบริษัท Minitab Inc. ประเทศสหรัฐอเมริกา (Minitab Inc., 2019) เมื่อทำการหาตัวแบบเชิงเส้นด้วยการวิเคราะห์การถดถอย ANOVA และการออกแบบการทดลอง จะต้องมีการประเมินตัวแบบนั้นด้วยว่ามีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานหรือไม่ ซึ่งใน Minitab มีตัวสถิติที่ใช้ทดสอบความสมรูปของตัวแบบ (Goodness of fit statistics) ให้เลือกนำมาใช้ในการประเมินตัวแบบอยู่หลากหลายตัว เช่น ตัวสถิติค่า R^2 (R-Squared) โดยข้อจำกัดและความหมายอื่น ๆ ซึ่งในบางครั้งการที่ค่า R^2 มีค่าต่ำ อาจไม่ได้หมายความว่าไม่ดีทุกครั้งไป และเช่นกันค่า R^2 ที่มีค่าสูงก็ไม่ได้มีความหมายในเชิงบวกเสมอไป

1) ตัวแบบเชิงเส้นที่มีความสมรูป

คือ ตัวแบบการถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Model) ได้มาจากการคำนวณระยะห่างระหว่างเส้นตรง ที่มาจากข้อมูลค่าสังเกต และค่าที่คำนวณได้จากสมการเส้นตรง (Fitted) และสมการเส้นตรงที่ได้จะให้เกิดค่าระยะห่างของจุดข้อมูลกับเส้นตรงโดยรวมน้อยที่สุด ซึ่งในทางเทคนิคจะใช้ค่า OSL (Ordinary Least Square) เพื่อทำให้เกิดค่าผลรวมของค่าเศษเหลือกำลังสอง (sum of the square residual) ให้น้อยที่สุด



รูปที่ 2.28 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนภาพเศษเหลือ

(Minitab Inc., 2019)

โดยจากรูปที่ 2.28 แล้วตัวแบบที่เหมาะสมจะมีความแตกต่างของค่าที่สังเกตได้กับค่าที่คำนวณตามสมการน้อย และเป็นค่าที่ไม่เอนเอียง (unbiased) ซึ่งก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ความสมรูปทางสถิติ ต้องทำการตรวจสอบแผนภาพเศษเหลือ (Residual plots) ร่วมด้วยเสมอ ซึ่งจากแผนภาพเศษเหลือนี้จะทำให้เห็นรูปแบบของค่าเศษเหลือที่ไม่มีคุณภาพ ที่บ่งบอกถึงความเอนเอียงได้ดีกว่าการวิเคราะห์ด้วยตัวเลข ถ้าแผนภาพเศษเหลือนี้แสดงให้เห็นว่าไม่มีความผิดปกติ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ใด ๆ การวิเคราะห์ด้วยตัวเลขก็ทำให้น่าเชื่อถือได้ดีขึ้นแล้วจึงไปทำการวิเคราะห์ความสมรูปของตัวแบบอีกทีหนึ่ง

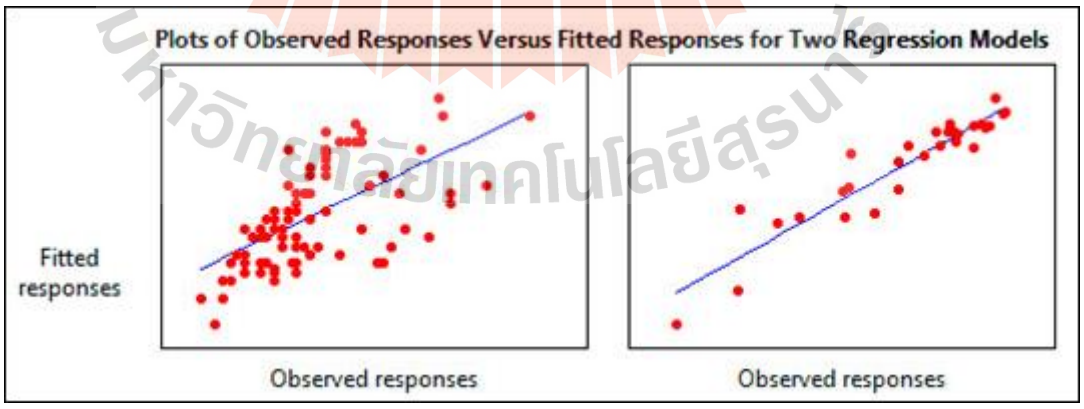
2) ค่า R-Squared

คือ ตัวสถิติที่ใช้วัดว่า ตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้นี้มีความสมรูปกับข้อมูลมากน้อยอย่างไร หรือในอีกความหมายหนึ่งคือ ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (Coefficient of Determination) หรือ ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจเชิงซ้อน (Coefficient of Multiple Determination) สำหรับการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Regression) โดยนิยามของค่า R-Squared คือ ค่าความผันแปรของตัวแปรตอบสนองที่สามารถอธิบายได้มีอยู่ในตัวแบบเชิงเส้นนี้กี่เปอร์เซ็นต์ หรือ R-Squared เท่ากับ ความผันแปรที่สามารถอธิบายได้ หาร ความผันแปรทั้งหมด (Explained variation / Total Variation) โดยค่า R-Squared จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 เปอร์เซ็นต์ ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความหมายดังนี้

ร้อยละ 0 คือ ตัวแบบคณิตศาสาตร์ที่ได้มานั้นไม่สามารถอธิบายความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนองที่กระจายรอบค่าเฉลี่ยได้

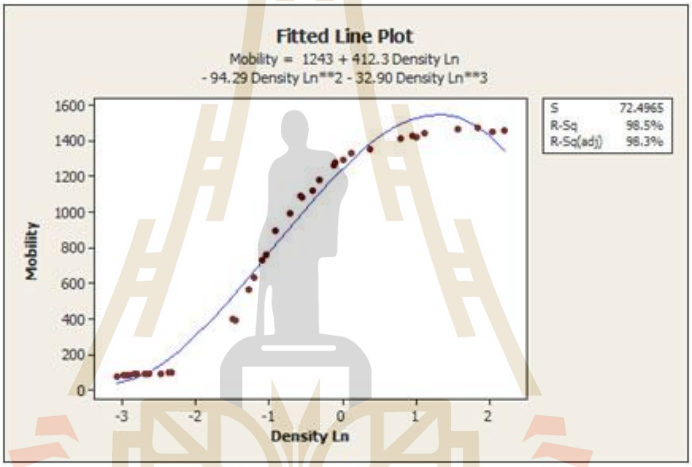
ร้อยละ 100 คือ ตัวแบบคณิตศาสาตร์ที่ได้มานั้นสามารถอธิบายความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนองที่กระจายรอบค่าเฉลี่ยได้เป็นอย่างดี

โดยทั่วไปแล้ว ค่า R-Squared สูง ๆ หมายความว่า ตัวแบบคณิตศาสตร์นั้นดี (เหมาะสมกับข้อมูล) แต่อย่างไรก็ตามยังมีเงื่อนไขบางอย่างที่ต้องมีพร้อมกับค่า R-Squared สูง ๆ นี้ด้วย คือ แผนภาพที่แสดงถึงค่า R-Squared ในแผนภาพนี้เป็นการพลอตค่าข้อมูลที่สังเกตได้และค่าข้อมูลที่คำนวณได้จากตัวแบบคณิตศาสตร์ ซึ่งทั้งสองแผนภาพนี้มีค่า R-Squared แตกต่างกัน



รูปที่ 2.29 ตัวอย่างการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Minitab Inc., 2019)

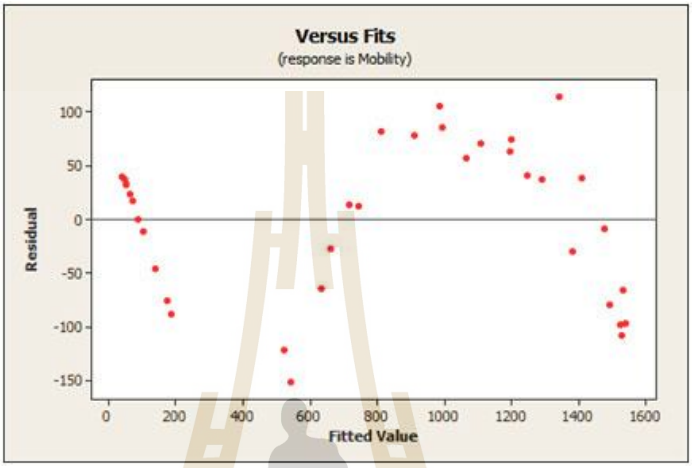
จากรูปที่ 2.29 ตัวแบบด้านซ้ายมีค่าร้อยละ 38 ของความแปรปรวนส่วนตัวแบบด้านขวามีค่าร้อยละ 87.4 ของความแปรปรวน ซึ่งถ้าค่าร้อยละยิ่งมีค่ามาก หมายความว่า ตัวแบบสามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าสังเกตมาก (หรือค่าสังเกตจะอยู่บนเส้นตรงของตัวแบบ) โดยข้อจำกัดของค่า R-Squared คือค่า R-Squared ไม่สามารถบอกได้ว่าค่าที่คำนวณได้นั้นมีความเอนเอียงหรือไม่ ซึ่งจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์แผนภาพเศษเหลือมาเป็นตัวช่วย และค่า R-Squared ไม่สามารถบอกได้ว่า ตัวแบบคณิตศาสตร์นี้มีความเหมาะสมดีแล้วหรือไม่ ซึ่งบางครั้งตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ดีอาจให้ค่า R-Squared ต่ำ และบางกรณีที่มีค่า R-Squared สูงตัวแบบก็ไม่เหมาะสมกับข้อมูล



รูปที่ 2.30 ตัวอย่างแผนภาพของเส้นตัวแบบ (Minitab Inc., 2019)

โดยที่ค่า R-Squared ต่ำ จะมีความหมายดีหรือไม่นั้นมีเหตุผล 2 ข้อ คือ ในบางการวิจัยที่เกี่ยวกับการทำนายพฤติกรรมมนุษย์ โดยทั่วไปค่า R-Squared ที่ได้จะมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 50 เนื่องด้วยมนุษย์เป็นสิ่งที่ยากจะคาดเดาได้ เมื่อเทียบกับกระบวนการทางกายภาพ ถ้าในกรณีที่ R-Squared มีค่าต่ำ แต่ค่าตัวทำนายมีนัยสำคัญทางสถิติ ก็ยังสามารถใช้ผลสรุปว่า เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวทำนายนี้เป็นแบบไหน จะทำให้ค่าตัวแปรตอบสนองเป็นอย่างไร และไม่ว่าค่า R-Squared จะเป็นอย่างไร ค่าสัมประสิทธิ์ในตัวแบบตัวใดที่มีนัยสำคัญ ก็ยังคงใช้เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองว่ามีจำนวนเท่าไหร่ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวทำนาย (predictor) 1 หน่วย (โดยที่ให้ค่าตัวทำนายที่เหลือมีค่าคงที่) ซึ่งถือว่าข้อมูลตรงนี้มีคุณค่าที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก และค่า R-Squared สูง อาจไม่ได้หมายความว่าตัวแบบที่ได้นั้นมีความสมรูปกับข้อมูลเป็นอย่างดี ซึ่งมีคำตอบที่ซ่อนอยู่ดูได้จากตัวอย่างของแผนภาพเส้นตัวแบบและแผนภาพ

เศษเหลือ ด้านล่างในรูปที่ 2.30 และ 2.31 โดยแผนภาพของเส้นตัวแบบ (Fitted Line Plot) เป็นแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Mobility ของอิเลคตรอนในชิ้นส่วน semiconductor และค่า natural log (ln) ของ density ที่เกิดขึ้นในการทดลอง



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างแผนภาพเศษเหลือ (Minitab Inc., 2019)

2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Anonymous (1999) ได้ทำการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องตัดอ้อยจากการทำงานในสภาพของแปลงที่แตกต่างกันไป โดยพบว่า สาเหตุหลายประการที่เกี่ยวข้องกับสภาพแปลงและสภาพของอ้อยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของรถตัดอ้อย ได้แก่ ประเภทของดินความชุ่มชื้นของดินความหลากหลายของอ้อย ผลผลิตของอ้อย และทักษะในการปฏิบัติงานของคันขับรถตัดอ้อย

Burleigh et al. (1982) ได้ทำการทดสอบที่ซูดาน เพื่อเปรียบเทียบการสูญเสียในการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยแรงงานคนกับการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อย ในภาคแปลงทดสอบ พบว่า มีปริมาณการสูญเสียอ้อยร้อยละ 8.8 และร้อยละ 22.4 ตามลำดับ และปริมาณการสูญเสียค่าโพลของอ้อยที่มีอยู่ร้อยละ 8.7 และร้อยละ 25.5 ตามลำดับ โดยผลลัพธ์เหล่านี้มีนัยสำคัญในระดับร้อยละ 1 และได้มีการอ้างถึงเอกสารต่างประเทศจำนวนหนึ่งที่กล่าวถึงการสูญเสียอ้อยระหว่างการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยในเอกสารนี้และเอกสารที่คล้ายกัน แต่ยังไม่ได้อ้างอิงในการทบทวนครั้งนี้เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่ดูเหมือนจะเป็นตัวอย่างที่เพียงพอ

Fuelling (1981) ได้ทำการทดสอบชุดพัดลมทำความสะอาด เพื่อวัดความแปรปรวนของผลผลิตในแปลงทดสอบ ด้วยการใช้การจำลองแบบ 9 และ 12 ครั้ง โดยการทดสอบการสูญเสียอ้อยกับอ้อยที่มีการเผาก่อนการเก็บเกี่ยว แล้วนำไปคำนวณด้วยวิธีสมดุลวัสดุ แล้วใช้ผลลัพธ์ของอ้อยที่

ไม่มีการทำความสะอาดเป็นเกณฑ์ผลตอบแทน พบว่า การสูญเสียนั้นเกิดขึ้นจากการใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นชุดตัดยอดอ้อย และชุดพัดลมทำความสะอาด และจากการทดสอบทั้งหมดจะมีการสูญเสียอ้อยโดยเฉลี่ย 4.1 ตันต่อเฮกแตร์ และมีการสูญเสียน้ำตาล 1.0 ตันต่อเฮกแตร์

Fuelling et al. (1978) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของรถตัดอ้อย ด้วยการแยกอ้อยที่ยังคงค้างอยู่ในแปลง โดยถ้าท่อนอ้อยมีความยาวน้อยกว่า 500 มิลลิเมตร คือ การสูญเสียจากการตัด การลำเลียง และการทำความสะอาด ในช่วงของการเก็บเกี่ยวและแปลงที่ทำการบันทึกค่าการสูญเสียสูงถึง 3.1 ตันต่อเฮกแตร์ สำหรับอ้อยที่ถูกเผา และสูงถึง 2.5 ตันต่อเฮกแตร์สำหรับอ้อยสด

Mason et al. (1978) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินสมรรถนะของรถตัดอ้อย โดยการทดสอบในภาคสนาม พบว่ามีท่อนอ้อยที่เกิดความเสียหายประมาณร้อยละ 17 ถึงร้อยละ 33 โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดความเสียหายนั้นร้อยละ 50 มาจากใบมีดของชุดสับท่อนไม่คม

Najafi, P., A. Marzban, and M. A. Hormozi. (2015) ได้ทำการศึกษาถึงสาเหตุหลักของการสูญเสียที่เกิดจากการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน โดยได้อธิบายถึงอัตราความสูญเสียที่เกิดขึ้นเทียบกับเวลาในการทำงานโดยเฉลี่ย และทำการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของรถตัดอ้อย Austoft 7000 ที่ใช้ทางตะวันตกเฉียงใต้ของอิหร่าน สามารถแบ่งการสูญเสียที่เกิดขึ้นกับรถตัดอ้อยออกเป็น 3 ระบบ ได้แก่ ระบบไฮดรอลิก ระบบกลไก และระบบไฟฟ้า โดยระบบไฮดรอลิกที่มีอัตราความสูญเสียสูงสุด ตามมาด้วยระบบกลไกของรถตัดอ้อย และระบบไฟฟ้ามีอัตราการสูญเสียน้อยที่สุด นอกจากนี้การวิเคราะห์ความพร้อมใช้งาน พบว่า ระบบย่อยของระบบไฮดรอลิก ระบบกลไก และระบบไฟฟ้ามีความพร้อมใช้งานร้อยละ 85 90 และร้อยละ 98 ตามลำดับ โดยมีรถตัดอ้อยทั้งหมด 76%

Najafi, P., M. A. Asoodar, A. Marzban and M. A. Hormozi. (2015) ได้ทำการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของเครื่องจักรกลการเกษตร กรณีศึกษารถตัดอ้อย อธิบายถึงความน่าเชื่อถือและการวิเคราะห์ความพร้อมใช้งานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน รุ่น 7000 ที่ บริษัท Hakim Farabi ในอิหร่าน ในการศึกษาครั้งนี้รถตัดอ้อยถูกแบ่งเป็น 9 ระบบย่อย โดยใช้ซอฟต์แวร์ ReliaSoft Weibull++ 6 เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ ซึ่งผลของการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าชุดลูกกลิ้งลำเลียง และระบบไฮดรอลิก มีความสำคัญในจุดที่เชื่อถือได้ ส่วนระบบล้อและระบบไฮดรอลิกมีความสำคัญรองลงมา การศึกษายังแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือมีประโยชน์มากสำหรับการตัดสินใจช่วงเวลาการบำรุงรักษา

Norris et al. (1998 a and b) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลำเลียงอ้อยของรถตัดอ้อย เพื่อเป็นทางเลือกในการออกแบบรถตัดอ้อย MF405 โดยไม่มีการอธิบายรายละเอียดของการจำลอง และผลของการเปรียบเทียบความเสียหายของท่อนอ้อยที่ได้จากรถตัดอ้อย MF405 และ Austoft 7000 พบว่า ท่อนอ้อยที่ได้รับความเสียหายจากการแตกร้าวมีอยู่ประมาณร้อยละ 28.8 ถึงร้อยละ 62.7 และ

ฉีกขาดร้อยละ 15.7 ถึงร้อยละ 38.3 สำหรับรถตัดอ้อย MF405 ที่ใช้ชุดพัดลมทำความสะอาด เพื่อนำเอาสิ่งเจือปนออกมาจากท่อนอ้อย การวิเคราะห์นี้แสดงให้เห็นว่าร้อยละ 33 ของท่อนอ้อยที่ถูกลำเลียงไปบนรถบรรทุกได้รับความเสียหายจากกระบวนการลำเลียงของชุดโรลเลอร์ลำเลียงนั่นเอง

Peloial et al. (2010) ได้ทำการศึกษา กำลังการผลิตของกระบวนการเก็บเกี่ยวของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน โดยอ้างถึง การเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย (Saccharum officinarum L.) ในบราซิลที่มีแนวโน้มสูงมากขึ้น และมาพร้อมกับความกังวลอย่างมากเกี่ยวกับคุณภาพของท่อนอ้อยที่ส่งมอบให้กับโรงงาน โดยองค์ประกอบที่สำคัญต่อคุณภาพคือ ความยาวของท่อนอ้อย ซึ่งมีผลต่อการเสื่อมสภาพของอ้อย ซึ่งการสูญเสียที่มองไม่เห็นและความหนาแน่นของท่อนอ้อยบนรถบรรทุกขนส่ง เนื่องจากความสำคัญของมาตรฐานของท่อนอ้อยในด้านคุณภาพและต้นทุนของวัตถุดิบ การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินว่าการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนสามารถจัดหาข้อกำหนดด้านคุณภาพสำหรับกระบวนการ สับท่อนได้หรือไม่ โดยเลือกแปลงที่มีอ้อยเผา (3.2 เฮกแตร์) และอีกแปลงเป็นอ้อยสด (8.0 เฮกแตร์) ซึ่งรับการคัดเลือกจากการเก็บเกี่ยวโดยผู้เก็บเกี่ยวอ้อยด้วยตนเอง 2 คน สำหรับการเก็บเกี่ยว 0.4 เฮกแตร์ จะมีการเก็บตัวอย่างจากแต่ละรถบรรทุก ตัวอย่างประกอบด้วยท่อนอ้อย 10 ท่อน พบว่า ความแปรปรวนในอ้อยที่ถูกเผาจะสูงกว่าอ้อยสด

Richard et al. (2001) ได้ทำการทดสอบเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนในมลรัฐหลุยส์เซียน่า พบว่า หากมีการปรับเพิ่มความเร็วของพัดลมใหญ่ของรถตัดอ้อย จะสามารถลดปริมาณของสิ่งเจือปนในอ้อยได้ แต่หากความเร็วรอบของพัดลมมากเกินไปจะมีผลให้ท่อนอ้อยสามารถหลุดออกจากรถตัดอ้อยตามแรงดูดของพัดลมใหญ่ ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียท่อนอ้อย

Ridge and Linedale (1993) ศึกษาการสูญเสียอ้อยจากการใช้เครื่องตัดอ้อยชนิดสับเป็นท่อน พบว่า โดยทั่วไปเกิดขึ้นจากพัดลมทำความสะอาด การร่วงหล่นจากสะพานลำเลียงอ้อย การตัดไม่หมด การร่วงหล่นจากรถบรรทุก ซึ่งการสูญเสียอ้อยจากพัดลมทำความสะอาดมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ ความเร็วรอบของพัดลมทำความสะอาด คุณลักษณะของพันธุ์อ้อย ขนาดของลำอ้อย การตัดหรือไม่ตัดยอดอ้อย ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องตัดอ้อย

Ridge (1994) ได้ทำการทดสอบเครื่องตัดอ้อยชนิดสับเป็นท่อนในการตัดอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้ โดยกำหนดความเร็วรอบของพัดลมทำความสะอาดที่ 1,000 1,250 และ 1,450 รอบต่อนาที ตามลำดับ พบว่า การตัดอ้อยสดมีปริมาณการสูญเสียอ้อยและปริมาณสิ่งเจือปนสูงกว่าการตัดอ้อยเผาใบ

Shaw and Brotherton, (1992) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะที่ไม่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวอ้อยสด โดยพบว่า การที่สิ่งเจือปนที่ติดมากับท่อนอ้อยลดลงร้อยละ 1 จะส่งผลให้เกิดการสูญเสีย

ท่อนอ้อยที่เพิ่มขึ้น และหากความเร็วของพัดลมเพิ่มขึ้นเพื่อทำความมสะอาดท่อนอ้อย จะมีผลทำให้ท่อนอ้อยที่มีขนาดเล็กถูกดูดออกไปพร้อมกับกาบใบอ้อยด้วยเช่นกัน

Viator, R.P. et al. (2006) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับชุดพัดลมทำความสะอาดและความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพของท่อนอ้อย โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของความเร็วในการเคลื่อนที่และความเร็วของพัดลมที่มีต่อคุณภาพของท่อนอ้อยและความสูญเสียในแปลงอ้อย เมื่อเก็บเกี่ยวกับแปลงหลักที่มีความเร็วพื้น 4.0 4.8 และ 5.6 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และที่ความเร็วพัดลมหลัก 650 850 และ 1050 รอบต่อนาที พัดลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม (ใบน้อยและความชุ่มชื้นของดิน) โดยพบว่า ที่ความเร็วรอบพัดลม 1,050 รอบต่อนาที ช่วยเพิ่มน้ำตาลในทางทฤษฎี (TRS) ได้ถึงร้อยละ 10 แต่ให้ผลผลิตอ้อยลดลงร้อยละ 15 เมื่อเทียบกับความเร็วของพัดลมสองชุดที่มีผลทำให้ผลผลิตน้ำตาลใกล้เคียงกันสำหรับการตั้งค่าพัดลมทั้งหมด ภายใต้สภาวะที่ไม่เอื้ออำนวย (ใบหนาและความชื้นในดิน) ความเร็วรอบพัดลม 1,050 รอบต่อนาที ทำให้ผลผลิตของอ้อยลดลงร้อยละ 13 โดยไม่มีการเพิ่ม TRS ส่งผลให้ผลผลิตน้ำตาลลดลงกว่าการตั้งค่าพัดลมขนาดกลางและต่ำ ความเร็วในการเคลื่อนที่บนพื้นดินภายใต้เงื่อนไขทั้งสองไม่ส่งผลต่อผลผลิตหรือคุณภาพของอ้อย สรุป รถตัดอ้อยทำงานได้ดีภายใต้สภาวะที่เหมาะสมโดยมีความเร็วพัดลมหลักที่ 1,050 รอบต่อนาที แต่ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงภายใต้สภาวะที่ไม่เอื้ออำนวยโดยไม่คำนึงถึงความเร็วของพัดลม

Whiteing et al. (2001) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสูญเสียอื่น ๆ เทียบกับการสูญเสียอ้อย โดยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนที่เก็บเกี่ยวอ้อยสด ซึ่งพบว่า มีการสูญเสียอ้อยและมีสิ่งเจือปนสูงกว่าการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยแรงงานคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะการเก็บเกี่ยวที่ไม่ดีซึ่งจะรวมถึงปริมาณของใบอ้อยและความชื้นในดินที่สูงมาก หรือการมีปริมาณความหนาแน่นของอ้อยสูง

กฤษณ์ สรรพอาสา (2547) ได้ทำการศึกษาการสูญเสียอ้อยจากพัดลมทำความสะอาดของเครื่องตัดอ้อยชนิดสับเป็นท่อนในการตัดอ้อยสด พบว่า ความเร็วรอบของพัดลมทำความสะอาดในการตัดอ้อยสดที่เหมาะสมกับพันธุ์ K84-200 อยู่ในช่วง 1,200 ถึง 1,250 รอบต่อนาที และมีการสูญเสียในรูปของการสูญเสียอ้อยและสิ่งเจือปนในอ้อยมีมูลค่าเป็นเงิน 48 ถึง 50 บาทต่อไร่

กนกทิพย์ เลิศประเสริฐรัตน์ และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการปนเปื้อนของแป้งจำนวน 3 การทดลอง คือ 1) ศึกษาปริมาณแป้งในน้ำอ้อยที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของลำ 2) ศึกษาผลของใบและกาบใบที่มีต่อปริมาณแป้งในน้ำอ้อย และ 3) ศึกษาปริมาณแป้งในน้ำอ้อยของอ้อยพันธุ์ต่าง ๆ ที่ปลูกเป็นการค้า ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ระหว่างเดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนพฤษภาคม 2545 ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแป้งในน้ำอ้อยเด่นชัดที่สุด คือ ยอดอ้อย ส่วนใบและกาบใบ แม้จะมีผลกระทบยังไม่เด่นชัด แต่มีแนวโน้มว่า การ

ลอกใบและกาบใบออกก่อนตัดจะได้น้ำอ้อยที่มีคุณภาพดีขึ้น และมีแป้งเจือปนน้อยกว่าการตัดโดยที่มีส่วนของใบและกาบใบติดไป ส่วนพันธุ์อ้อยที่ปลูกเป็นการค้ามีปริมาณแป้งแตกต่างกัน โดย K 84-200 มีปริมาณแป้ง (1,280 ppm) สูงสุด รองลงมาเป็นอู่ทอง 1 (488 ppm) อู่ทอง 3 (357 ppm) และอู่ทอง 2 (348 ppm) ตามลำดับ

กัน ภู่จีน (2556) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของอ้อย ที่ส่งผลต่อน้ำตาลทราย : กรณีศึกษา โรงงานน้ำตาลทรายในจังหวัดกำแพงเพชร เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของอ้อยซึ่งส่งผลต่อน้ำตาลทรายและศึกษาความสัมพันธ์ของคุณภาพอ้อยกับราคารับซื้ออ้อยของโรงงานน้ำตาล การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงงานน้ำตาลระดับผู้จัดการฝ่ายที่เกี่ยวข้องหรือผู้บริหารที่มีความรู้เรื่องคุณภาพของอ้อยและการซื้ออ้อยจากเจ้าของไร่อ้อย จำนวน 9 ท่าน จากโรงงานน้ำตาล 3 โรงงาน ของจังหวัดกำแพงเพชร ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยต่างๆ อันได้แก่ พันธุ์อ้อย ปุ๋ยเคมี วิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อย ระยะเวลาการขนส่งอ้อย ค่าความหวานของอ้อย การทำลายของโรคและแมลง เขตกรรมอ้อยและสิ่งเจือปนของอ้อย ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของอ้อยที่เจ้าของไร่อ้อยขายแก่โรงงานน้ำตาล นอกจากนี้จากการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของอ้อยกับราคาอ้อยพบว่า ปัจจัยด้านค่าความหวานของอ้อยและวิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยส่งผลต่อราคาอ้อย ขณะที่โรงงานน้ำตาลบางแห่งของจังหวัดกำแพงเพชร ใช้ปัจจัยด้านสิ่งเจือปนของอ้อยในการกำหนดราคาอ้อยร่วมกับปัจจัยด้านค่าความหวานของอ้อยและวิธีการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยด้วย ในแต่ละปีรัฐบาลเป็นผู้ประกาศราคากลางขั้นต้นของอ้อยในประเทศ ราคากลางนี้กำหนดที่ค่าความหวานของอ้อยเท่ากับ 10 ซีซีเอส โดยราคาอ้อยที่แท้จริงจะเปลี่ยนแปลงตามข้อกำหนดด้านคุณภาพของโรงงานน้ำตาล โรงงานน้ำตาลใช้ข้อก้ำหนดด้านคุณภาพทั้ง 3 ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นในการเพิ่มราคาอ้อยหรือหักราคาอ้อยออก นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่า โรงงานน้ำตาลต้องการอ้อยที่มีคุณภาพด้านค่าความหวานที่สูง เพราะค่าความหวานส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตน้ำตาลทราย รวมทั้งต้องการให้เจ้าของไร่อ้อย ขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลให้เร็วที่สุด เพราะค่าความหวานของอ้อยและน้ำหนักอ้อยจะลดลงตามระยะเวลาดังกล่าว ทั้งนี้โรงงานน้ำตาลต้องการอ้อยที่เก็บเกี่ยวแบบสดมากที่สุด เพราะมีต้นทุนการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายต่ำที่สุด ดังนั้นปัจจัยด้านคุณภาพที่สำคัญที่เจ้าของไร่อ้อยต้องคำนึงถึงคือ ค่าความหวานของอ้อย วิธีการเก็บเกี่ยวอ้อยและสิ่งเจือปนของอ้อย เพราะเกี่ยวข้องกับราคาอ้อยที่เจ้าของไร่อ้อยจะได้รับผลกระทบโดยตรง

จิราพร อนุสรณ์วงศ์ชัย และคณะ (2553) ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพอ้อยด้วยแสงเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี โดยใช้ตัวอย่างทั้งหมดในรูปของน้ำอ้อยจำนวน 30 ตัวอย่าง และอ้อยที่ผ่านการบดและอบแห้ง (กากอ้อย) จำนวน 30 ตัวอย่าง ได้จากส่วนต่างๆ ของลำอ้อย ได้แก่

โคน กลาง และส่วนปลาย นำน้ำอ้อยมาวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ (^{o} Brix) และร้อยละน้ำตาลซูโครส (Pol ส่วนกากอ้อยนำมาวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ (fiber) โดยการสร้างสมการถดถ้อยเชิงเส้น (Partial Least Squares Regression (PLS)) เพื่อการประเมินคุณภาพอ้อย และการเปรียบเทียบค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละสมการที่สร้างจากสเปกตรัมเริ่มต้นและผ่านการปรับแต่งสเปกตรัม จากการทดลองพบว่า สมการให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์และค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายของ brix Pol และ fiber ร้อยละ 0.999 0.921 และ 0.867 และ 0.264 ร้อยละ 1.834 และ 1.130 ตามลำดับ

ชุมพล เยาวภา (2547) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำตาล (ซูโครส กลูโครส และฟรุกโตส) แป้งและเส้นใยในตออ้อยได้ผลดังนี้

พันธุ์และอายุขณะเก็บเกี่ยว ใช้อ้อย 5 พันธุ์ ซึ่งได้แก่ Sc1 Sc2 Sc3 Sc4 และ Sc5 อายุ 10 11 และ 12 เดือน พบว่าอ้อยพันธุ์ Sc1 Sc3 และ Sc5 มีปริมาณซูโครสเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 11 และลดลงในเดือนที่ 12 ในขณะพันธุ์ Sc2 และ Sc4 มีปริมาณซูโครสเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนที่ 12 ส่วนกลูโครสและฟรักโตสมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงกันข้ามกับซูโครส โดยพันธุ์ Sc1 Sc3 และ Sc5 มีปริมาณกลูโครสและฟรักโตสลดลงในเดือนที่ 11 แล้วเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 12 ในขณะพันธุ์ Sc2 และ Sc4 มีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนที่ 12 อ้อยทั้ง 5 พันธุ์ มีปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 11 แล้วลดลงในเดือนที่ 12 สำหรับเส้นใยทุกพันธุ์ (ยกเว้นพันธุ์ Sc5) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนที่ 12

พันธุ์และส่วนของลำต้น ใช้อ้อย 2 พันธุ์ ซึ่งได้แก่พันธุ์ Sc1 และ Sc2 ที่มีอายุขณะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ 11 และ 12 เดือน ตัดลำต้นออกเป็น 3 ส่วน (ยอด กลาง และโคน) โดยให้มีความยาวเท่ากัน พบว่าอ้อยทั้ง 2 พันธุ์มีปริมาณซูโครสมากที่สุดในส่วนโคน รองลงมาคือส่วนกลางและยอด ในทางตรงกันข้ามกลูโครส ฟรุกโตส และแป้งมีปริมาณสูงที่สุดในส่วนยอด รองลงมาคือส่วนกลางและโคน สำหรับเส้นใยมีปริมาณสูงที่สุดในส่วนโคน รองลงมาคือส่วนยอดและกลาง

พันธุ์และรูปแบบการตัดยอด ใช้อ้อย 2 พันธุ์ได้แก่ Sc1 (11 เดือน) และ Sc2 (12 เดือน) แบ่งอ้อยแต่ละพันธุ์ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ อ้อยไว้ยอด อ้อยตัดยอดตรงจุดหักตามธรรมชาติ และตัดยอดต่ำกว่าจุดหักธรรมชาติ 3 ปล้อง พบว่าอ้อยทั้ง 2 พันธุ์ มีปริมาณซูโครสมากที่สุดในอ้อยตัดยอดต่ำกว่าจุดหักธรรมชาติ 3 ปล้อง รองลงมาคืออ้อยตัดยอดตรงจุดหักธรรมชาติและอ้อยไว้ยอด ในทางตรงกันข้าม กลูโครส ฟรักโตส แป้งและเส้นใยมีปริมาณสูงสุดในอ้อยไว้ยอด รองลงมาคืออ้อยตัดตรงจุดหักธรรมชาติและตัดยอดกว่าจุดหักธรรมชาติ 3 ปล้อง

การเผา ใช้อ้อยพันธุ์ Sc1 เมื่อมีอายุ 11 เดือน แบ่งอ้อยออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการเผา (อ้อยเผา) กลุ่มที่สองไม่ได้รับการเผา (อ้อยสด) ก่อนการเก็บเกี่ยว พบว่าอ้อยเผามีปริมาณซูโครส

กลูโครส ฟรักโตส และเส้นใยสูงกว่าอ้อยสด (ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ) แต่มีปริมาณแป้งต่ำว่าอย่างมีนัยสำคัญ

บุริม นิลแป้น (2551) ทำการศึกษากระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานน้ำตาล โดยพบว่า เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อต้นทุนการผลิตน้ำตาล และจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวและการขนส่งสูงมากถึงร้อยละ 40 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด ปัจจุบันเกษตรกรผู้เป็นเจ้าของแปลงอ้อยจะเป็นผู้วางแผนการเก็บเกี่ยว การใช้แรงงาน และการขนส่งโดยพิจารณาเฉพาะแต่ในแปลงของตนเอง ขาดการวางแผนร่วมกันระหว่างเกษตรกรในแปลงใกล้เคียง ทำให้ประสบปัญหาในการจัดหาแรงงานในการเก็บเกี่ยว และเกิดปัญหาการใช้รถบรรทุกอย่างไม่มีประสิทธิภาพ

วิชัย โอภานุกุล และคณะ (2554) ทำการศึกษาปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวอ้อย ทำให้การนำเอาเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยมาใช้แทนแรงงานคนมีมากขึ้น โดยในการวิเคราะห์การสูญเสียอ้อยนั้นจะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างบนพื้นที่ขนาด 5 x 4 ตารางเมตร จากนั้นใช้เชือกขึงให้ด้านของเชือกที่ยาว 5 เมตร ขึงไปตามความยาวของแถวอ้อย สุ่มหาปริมาณการสูญเสียอ้อยจำนวน 4 จุด เพื่อเก็บตัวอย่างอ้อยที่สูญเสียจากพัดลมทำความสะอาด ร่วงหล่นจากสะพานลำเลียง สูญเสียจากการตัดไม่หมด รวมถึงการสูญเสียจากการถูกรถตัดอ้อยชนล้ม เพื่อชั่งน้ำหนักอ้อย และคำนวณการสูญเสียจากสูตร และในส่วนของการวิเคราะห์สิ่งเจือปน ทำโดยสุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยจากรถบรรทุก จำนวน 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างละประมาณ 25 กิโลกรัม โดยใช้เข่ง นำอ้อยที่ได้มาคัดแยกวัสดุที่ประกอบด้วยใบอ้อย ยอดอ้อย เนื้ออ้อย รากอ้อยและเศษดิน แล้วชั่งน้ำหนักเพื่อหาปริมาณสิ่งเจือปน จากการทดสอบพบว่า เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยมีอัตราการทำงานประมาณ 10 ถึง 36 ตันต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพของเครื่องประมาณร้อยละ 33 ถึงร้อยละ 79 การสูญเสีย 0.16 ถึง 0.73 ตันต่อไร่ และสิ่งเจือปนร้อยละ 7.73 ถึงร้อยละ 18.52 การเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนมีอัตราการทำงานประมาณ 1.4 ถึง 6.0 ตันต่อวัน การสูญเสีย 0.23 ถึง 0.57 ตันต่อไร่ และสิ่งเจือปนร้อยละ 5.81 ถึงร้อยละ 15.29

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร เขต 4 (2557) ทำการศึกษาการใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตร กรณีศึกษา รถตัดอ้อยโรงงาน มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบของต้นทุนและผลตอบแทนระหว่างการตัดอ้อยโรงงานจากการใช้แรงงานคน การใช้รถตัดอ้อยโรงงาน กรณีเป็นเจ้าของรถตัดอ้อยโรงงาน และการใช้รถตัดอ้อยโรงงาน กรณีจ้างรถตัดอ้อยโรงงาน โดยรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยโรงงานที่ใช้แรงงานคน เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยโรงงานที่ใช้รถ ตัดอ้อยโรงงาน กรณีเป็นเจ้าของรถตัดอ้อยโรงงาน และเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยโรงงานที่ใช้รถตัดอ้อยโรงงาน กรณี จ้างรถตัดอ้อยโรงงาน ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นกาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม ปีการเพาะปลูก 2555/56 ผลการศึกษาพบว่า การปลูกอ้อยโรงงานโดยใช้รถตัดอ้อย

โรงงาน กรณีเป็นเจ้าของรถตัดอ้อย โรงงานมีต้นทุนรวมมากที่สุดคือ 13,406.17 บาทต่อไร่ รองลงมา คือ การปลูกอ้อยโรงงาน กรณีจ้างรถตัดอ้อยโรงงาน 11,837.28 บาทต่อไร่ และการปลูกอ้อยโรงงาน กรณีใช้แรงงานคน 11,199.15 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เนื่องจากการปลูกอ้อยโรงงานโดยเป็นเจ้าของรถตัดอ้อยโรงงานมีต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและน้ำมันหล่อลื่นค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์และเครื่องจักรกลการเกษตร และค่าซ่อมแซมอุปกรณ์และเครื่องจักรกลการเกษตร ที่มากกว่าการปลูกอ้อยโรงงานโดยใช้แรงงานคนและใช้รถตัดอ้อยโรงงาน กรณีจ้างรถตัดอ้อยโรงงาน สำหรับผลตอบแทนเฉลี่ยพบว่า ราคาผลผลิตเฉลี่ย และรายได้ทั้งหมด ของทั้ง 3 รูปแบบ มีความใกล้เคียงกัน แต่ในด้านกำไรสุทธิ การปลูกอ้อยโรงงานโดยการใช้แรงงานคนมีกำไรสุทธิมากที่สุด คือ 3,377.29 บาทต่อไร่ รองลงมา คือ การปลูกอ้อยโรงงานโดยจ้างรถตัดอ้อยโรงงาน 2,913.14 บาทต่อไร่ และการปลูกอ้อยโรงงานโดยเป็นเจ้าของรถตัดอ้อยโรงงาน 1,551.92 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เนื่องจากการปลูกอ้อยโรงงานโดยการใช้แรงงานคนมีต้นทุนรวมต่ำกว่าจ้างรถตัดอ้อยโรงงานและเป็นเจ้าของรถตัดอ้อยโรงงาน ดังนั้น การส่งเสริมการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรเพื่อทดแทนแรงงานภาคเกษตร ภาครัฐจึง ควรส่งเสริมให้สหกรณ์การเกษตรจัดหารถตัดอ้อยโรงงานให้เกษตรกรเช่าในราคาถูก ส่งเสริมการวิจัยและ พัฒนาการผลิตรถตัดอ้อยโรงงานภายในประเทศเพื่อลดการนำเข้ารถตัดอ้อยโรงงานจากต่างประเทศและพัฒนาให้รถตัดอ้อยโรงงานสามารถใช้ได้งานได้ในทุกสภาพพื้นที่และสามารถตัดอ้อยล้มได้ เพื่อลดต้นทุน การปรับพื้นที่ให้เรียบและลดการสูญเสียผลผลิต สนับสนุนให้ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร จัดโครงการสินเชื่อดอกเบี้ยต่ำสำหรับเกษตรกรที่ซื้อรถตัดอ้อยโรงงานหรือเครื่องจักรกลการเกษตรที่ใช้ในการผลิตอ้อยโรงงาน จัดการฝึกอบรมให้เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการซ่อมแซมบำรุงรักษารถตัดอ้อยโรงงานให้ใช้งาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงให้ความรู้เกี่ยวกับผลเสียของการเผาใบอ้อยและผลดีของการตัดอ้อยสดแก่ เกษตรกร เพื่อเป็นการปรับเปลี่ยนทัศนคติของเกษตรกรให้หันมาสนใจตัดอ้อยสดให้มากขึ้น นอกจากนี้ ในด้านของเกษตรกรเกษตรกรที่เป็นเจ้าของรถตัดอ้อยโรงงานควรรับจ้างตัดอ้อยโรงงานเพิ่มเติมให้แก่เกษตรกรรายอื่น ๆ เพื่อเป็นการเพิ่มรายได้และใช้งานรถตัดอ้อยโรงงานได้เต็มประสิทธิภาพมากขึ้น และเกษตรกรที่เป็นเจ้าของรถตัดอ้อยโรงงานควรมีขนาดพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 38.15 ไร่ จึงจะทำให้คุ้มทุน

อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และคณะ (2551) ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องตัดอ้อย ตั้งแต่ปี 2549 ถึง 2551 จนได้เครื่องต้นแบบและรถตัดอ้อยชนิดตัดสดเป็นลำที่ประกอบด้วย รถแทรกเตอร์ขนาด 70 แรงม้า ทำหน้าที่เกาะยึดและเคลื่อนย้ายชุดเครื่องตัดอ้อย ส่วนชุดตัดอ้อยประกอบด้วยเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 180 แรงม้า ทำหน้าที่เป็นเครื่องต้นกำลังให้กับชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องตัดอ้อย ได้แก่ point & shoe ชุดใบมีดตัดโคนอ้อย (base cutter) ชุดเกลียวแบ่งอ้อย (crop divider) ชุดลูกกลิ้งลำเลียงอ้อย (roller) ชุดลูกกลิ้งสางใบ (extractor roller) และมีชุดตัดยอด (topper) อยู่ด้าน

ท้ายรถตัดอ้อย โดยลำอ้อยที่ถูกตัดจะถูกลำเลียงมารวบรวมที่ตะแกรงท้ายรถตัด เพื่อเทอ้อยเป็นกอง จะทำให้สะดวกต่อการใช้รถคีบอ้อยใส่รถบรรทุก ความสามารถในการตัดอ้อยวันละ 40 ถึง 60 ตัน ราคารถตัดอ้อยประมาณ 2 ล้านบาท

จากงานวิจัยทั้งหมดที่ได้กล่าวถึงในข้างต้นนั้น นักวิจัยมุ่งทำการทดสอบไปที่ภาคสนาม เพื่อให้รถตัดอ้อยได้ทำงานในสภาพของแปลงอ้อยจริง ที่มีความแตกต่างกันทั้งสภาพพืช และสภาพแปลง เพื่อประเมินผลจากการทำงานของรถตัดอ้อย และมีการนำผลที่ได้มาเพื่อปรับปรุงชิ้นส่วนของกลไกการทำงานของรถตัดอ้อย หรือแม้แต่การนำข้อมูลมาเพื่อการออกแบบและสร้างใหม่ เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานมากที่สุด และด้วยการทดสอบเกี่ยวกับรถตัดอ้อยในขณะกำลังปฏิบัติงานอยู่นั้น จะมีข้อจำกัดหลายประการที่เป็นอุปสรรคสำหรับการทดสอบ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำเอาแนวทางจากงานวิจัยต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น มาประยุกต์ใช้เพื่อการวางแผนสำหรับการทดสอบในงานวิจัยเล่มนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย เพื่อหาการสูญเสียเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของอ้อย ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ซึ่งในบทนี้ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนของการศึกษาออกเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้ คือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของวิธีในการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของวิธีการออกแบบแผนการทดสอบและวิธีการดำเนินการ และส่วนที่ 3 เป็นส่วนของวิธีในการสรุปผลการดำเนินงานจัยจัย เพื่อการจัดทำข้อเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ รถตัดอ้อย พันธุ์อ้อย และปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียโดยรวม จากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ดังนี้

3.1.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

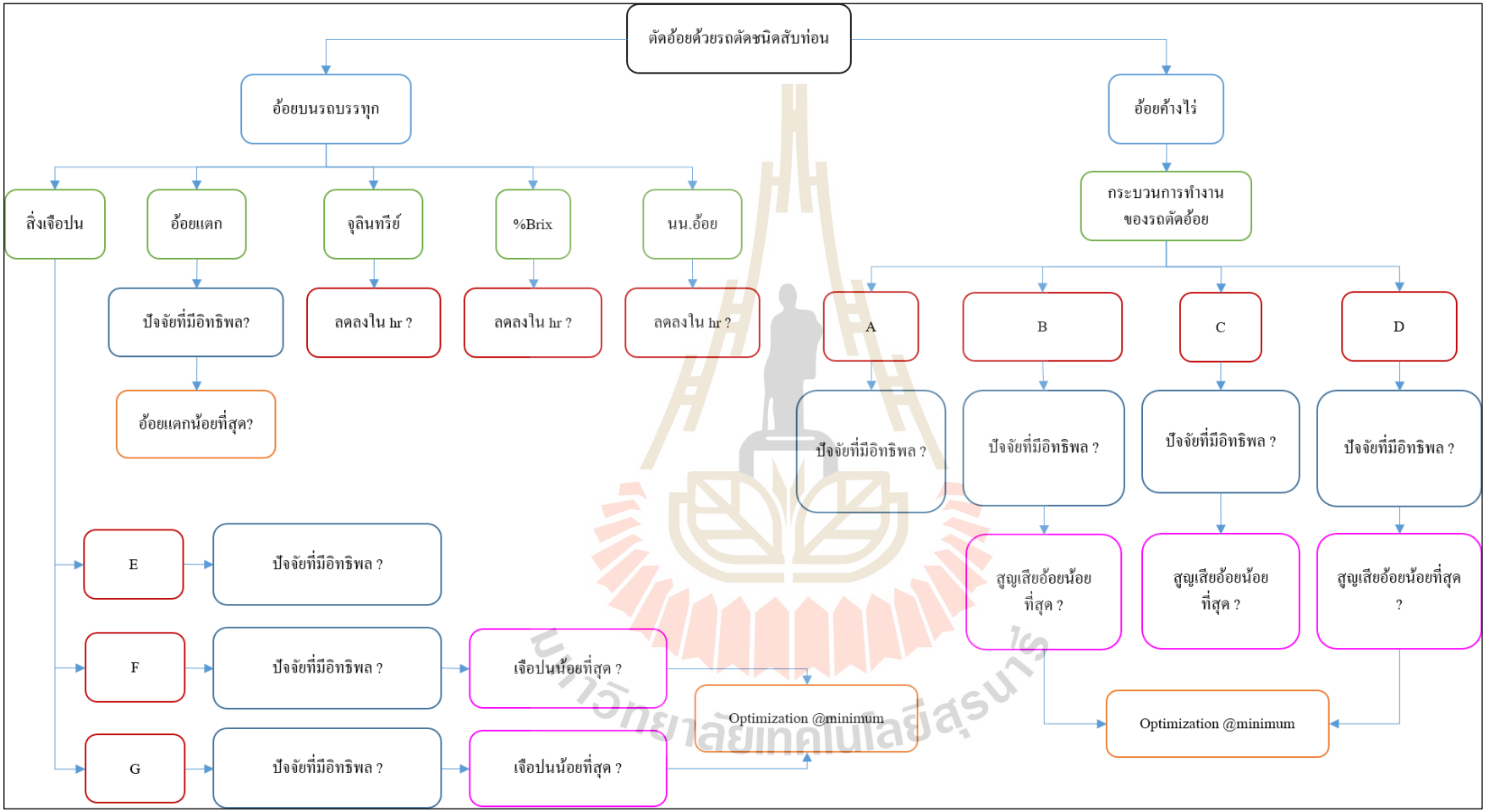
โดยการทดสอบในงานวิจัยนี้จะใช้รถตัดอ้อย Austoft 8000 ที่ผลิตในปี 2011 โดยบริษัท Case IH ใช้เครื่องยนต์ Iveco ขนาด 355 แรงม้า เป็นต้นกำลัง อายุการใช้งาน 5 ปี ที่มีการใช้งานในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดชัยภูมิ

3.1.2 ศึกษาเกี่ยวกับพันธุ์อ้อยที่มีการปลูกในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดชัยภูมิ

โดยการสอบถามจากเกษตรกรชาวไร่อ้อย ถึงพันธุ์อ้อยที่เกษตรกรนำมาปลูกในเขตพื้นที่จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดชัยภูมิ

3.2 การออกแบบแผนการทดสอบและวิธีดำเนินการ

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในหัวข้อ 3.1 ทำให้ผู้วิจัยสามารถสรุปภาพรวมของการทดสอบที่จะเกิดขึ้นเพื่อให้สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แนวทางการทดสอบของงานวิจัย

โดยที่ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งการศึกษาออก 6 กรณี คือ 1) การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 2) การศึกษาเชิงปริมาณของอ้อยจากปริมาณสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 3) การศึกษาเชิงคุณภาพของอ้อยจากปริมาณการแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน 4) การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณจากการลดลงของน้ำหนักของท่อนอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่ง 5) การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากจุลินทรีย์ 6) การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการลดลงของค่าความหวาน และจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในข้อ 3.1 จึงนำมาซึ่งการออกแบบแผนการทดสอบด้วยวิธีการแฟกทอเรียลเต็มรูปแบบ สำหรับศึกษาปัจจัยที่ 2 ระดับ หรือเรียกว่า 2^k ที่เป็นเทคนิคการออกแบบการทดสอบที่เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถศึกษาปัจจัยได้หลายปัจจัยพร้อมกัน สามารถสรุปผลของปัจจัยที่ศึกษา (Main factor) และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย (Interaction) ได้ โดยมีการศึกษาทุกปัจจัยที่ศึกษาเป็น 2 ระดับ คือ ระดับสูง (+1) กับระดับต่ำ (-1) เท่านั้น ทั้งนี้จำนวนของการทดสอบจะมีจำนวนเท่ากับ 2^k เมื่อ k คือจำนวนของปัจจัยที่ทำการศึกษา และจากขอบเขตของการวิจัยที่กำหนดไว้ในบทที่ 1 ที่กำหนดปัจจัยที่จะทำการศึกษาในงานวิจัยนี้มี 3 ปัจจัย คือ ประเภทของอ้อย รูปแบบของการปลูกอ้อย และชนิดของดินปลูกอ้อย ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยนี้ จะใช้สำหรับการศึกษาในกรณีที่ 1) 2) และ 3) เท่านั้น เพราะเป็นการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ในขณะทำการเก็บเกี่ยวอ้อย ส่วนในกรณีที่ 4) 5) และ 6) นั้นเป็นการศึกษาถึงความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับท่อนอ้อย โดยการเทียบกับระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วเสร็จและท่อนอ้อยถูกลำเลียงไปอยู่บนรถบรรทุกแล้วในแปลงอ้อย และอยู่ในระหว่างรอการขนส่ง

โดยสามารถอธิบายรายละเอียดของการศึกษา ได้ดังนี้

3.2.1 การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

เป็นการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยที่มีผลให้อ้อยบางส่วนร่วงหล่นอยู่ในแปลง โดยมีขั้นตอนในการปฏิบัติเกี่ยวกับการทดสอบดังนี้

1) การกำหนดระดับของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

เพื่อระบุให้มีความชัดเจนถึงระดับของปัจจัยที่ต้องการศึกษาว่าระดับทั้ง 2 ระดับ ของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาของงานวิจัยในกรณีที่ 3.2.1 โดยที่มาของระดับทั้ง 2 ระดับ ของทั้ง 3 ปัจจัย ที่ทำการศึกษานั้นได้มาจากข้อมูลในข้อ 3.1.3 ซึ่งสามารถสรุปให้อยู่ในตารางที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 ปัจจัยและระดับที่ทำการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ระดับ	
	-1	+1
ประเภทอ้อย	อ้อยปลูก	อ้อยตอ
แถวปลูกอ้อย	แถวเดี่ยว	แถวคู่
ชนิดดินปลูกอ้อย	ดินทราย	ดินเหนียว

2) การออกแบบการทดสอบ

ในหัวข้อนี้ได้ออกแบบการทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab 18 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อช่วยกำหนดลำดับและวิธีการของการทดสอบ ซึ่งในทุก ๆ ปัจจัยจะทำการศึกษา 3 ซ้ำ จึงมีหน่วยของการทดสอบทั้งหมด 24 หน่วย ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ลำดับการทดสอบของการออกแบบการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	ประเภทอ้อย	แถวอ้อย	ชนิดดิน
1	1	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย
2	2	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย
3	3	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย
4	4	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย
5	5	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
6	6	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
7	7	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว
8	8	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว
9	9	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย
10	10	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย
11	11	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย
12	12	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 ลำดับการทดสอบของการออกแบบการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	ประเภทอ้อย	แถวอ้อย	ชนิดดิน
13	13	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
14	14	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
15	15	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว
16	16	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว
17	17	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย
18	18	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย
19	19	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย
20	20	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย
21	21	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
22	22	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
23	23	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว
24	24	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว

3) วิธีการดำเนินการทดสอบ

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาการสูญเสียอ้อยที่เกิดจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเตรียมการทดสอบ และการดำเนินการทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

A) การเตรียมการทดสอบ

a) รถตัดอ้อย สำหรับรถตัดอ้อยที่ใช้ในการทดสอบจะเป็นรถตัดอ้อยที่ได้จากข้อ 3.1 คือ รถตัดอ้อยยี่ห้อ Austoft รุ่น 8000 ใช้เครื่องยนต์ Iveco ขนาด 355 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ผลิตในปี 2011 มีหน้ากว้างในการทำงาน 1.5 เมตร ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็นรถที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายในการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ทดสอบ สำหรับความเร็วของการเคลื่อนที่ในการทำงานของรถตัดอ้อยนั้น ผู้วิจัยได้อ้างอิงจากงานของ Peloia1 et al. (2010) ที่เป็นการปรับความเร็วในการทำงานของรถตัดอ้อยให้อยู่ภายใต้สภาวะของการทำงานจริง เพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย มีส่วนประกอบที่สำคัญ และหลักการทำงานดังที่กล่าวมาแล้วในเรื่องรถตัดอ้อยในหัวข้อ 2.4

b) แปลงทดสอบ เป็นแปลงอ้อยที่ได้จากข้อ 3.1 ซึ่งอยู่ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดชัยภูมิ ที่มีการปลูกอ้อยด้วยเครื่องปลูกอ้อย

รูปที่ 3.2 รถตัดอ้อยที่ใช้ในการทดสอบ

c) กำหนดการทดสอบ ในการทดสอบครั้งนี้ กำหนดระยะเวลาทดสอบให้ครอบคลุมกับฤดูการเปิดหีบของโรงงานน้ำตาล (ระยะเวลาของการทดสอบของงานวิจัยนี้ คือ กลางเดือนธันวาคม 2559 ถึง กลางเดือนมกราคม 2560 และเวลาในการบันทึกผลของการทดสอบคือ 9.30 น. ถึง 15.30 น.) โดยที่การทดสอบของงานวิจัยนี้ คือ รถตัดอ้อยจะตัดอ้อยที่ละแถว ที่หน้ากว้างในการทำงานของรถตัดอ้อย คือ 1.5 เมตร จะเริ่มตัดตั้งแต่หัวแปลงจนสิ้นสุดความยาวของแถวนั้น ๆ แล้วจึงหยุดเพื่อทำการเลี้ยวกลับเพื่อเริ่มต้นตัดแถวต่อไปจนครบทั้งแปลง

B) การดำเนินการทดสอบ

ในการดำเนินการทดสอบนั้นมีปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียหลายปัจจัย เช่น สภาพพืช สภาพรถตัดอ้อย และสภาพแปลงทดสอบ สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียเกี่ยวกับสภาพพืช เช่น การล้มเอียง ความสูง ความหนาแน่น เป็นต้น ส่วนปัจจัยเกี่ยวกับสภาพของรถตัดอ้อย

เช่น ทักษะความชำนาญของผู้ควบคุมรถตัดอ้อย การปรับแต่งรถตัดอ้อย ความเร็วในการทำงานของระบบต่าง ๆ และความเร็วในการเคลื่อนที่ เป็นต้น สำหรับปัจจัยเกี่ยวกับสภาพแปลงทดสอบ เช่น ขนาดแปลง ความลาดเอียงของแปลงทดสอบ อุปสรรคในแปลงทดสอบ และชนิดของดิน เป็นต้น แต่ในการทดสอบครั้งนี้จะเน้นเฉพาะอิทธิพลของรุ่นของรถตัดอ้อย และพันธุ์อ้อย คนขับรถ ส่วนปัจจัยอื่น ๆ จะเป็นไปตามสภาพจริงของการทดสอบแต่ละครั้งที่กำหนด โดยทำการบันทึกข้อมูลไว้

a) การดำเนินการก่อนการเก็บเกี่ยว

ก. การเก็บข้อมูลแปลงทดสอบ และสภาพอ้อย โดยมีข้อมูลทั่วไป ได้แก่ ขนาดพื้นที่ของแปลงทดสอบ ชนิดของดิน อุปสรรคในพื้นที่ ประเภทของอ้อย วิธีการปลูกอ้อย รูปแบบแถวปลูกอ้อย จำนวนลำอ้อยต่อกออ้อยหนึ่งกอ เพื่อหาน้ำหนักเฉลี่ยของอ้อย ดังสมการที่ (3.1)

$$W_{aver} = \frac{W}{N} \tag{3.1}$$

เมื่อ W_{aver} = น้ำหนักเฉลี่ยของอ้อย (กิโลกรัมต่อลำ)

W = น้ำหนักอ้อย (กิโลกรัม)

N = จำนวนลำอ้อย (ลำ)

เพื่อหาพื้นที่ตัวอย่าง ดังสมการที่ (3.2)

$$A_{simp} = width \times 3 \tag{3.2}$$

เมื่อ A_{simp} = พื้นที่ตัวอย่าง (ตารางเมตร)

$Width$ = หน้ากว้างของร่องอ้อย (เมตร)

3 = ความยาวของร่องอ้อย (เมตร)

เพื่อหาจำนวนลำอ้อยต่อไร่ ดังสมการที่ (3.3)

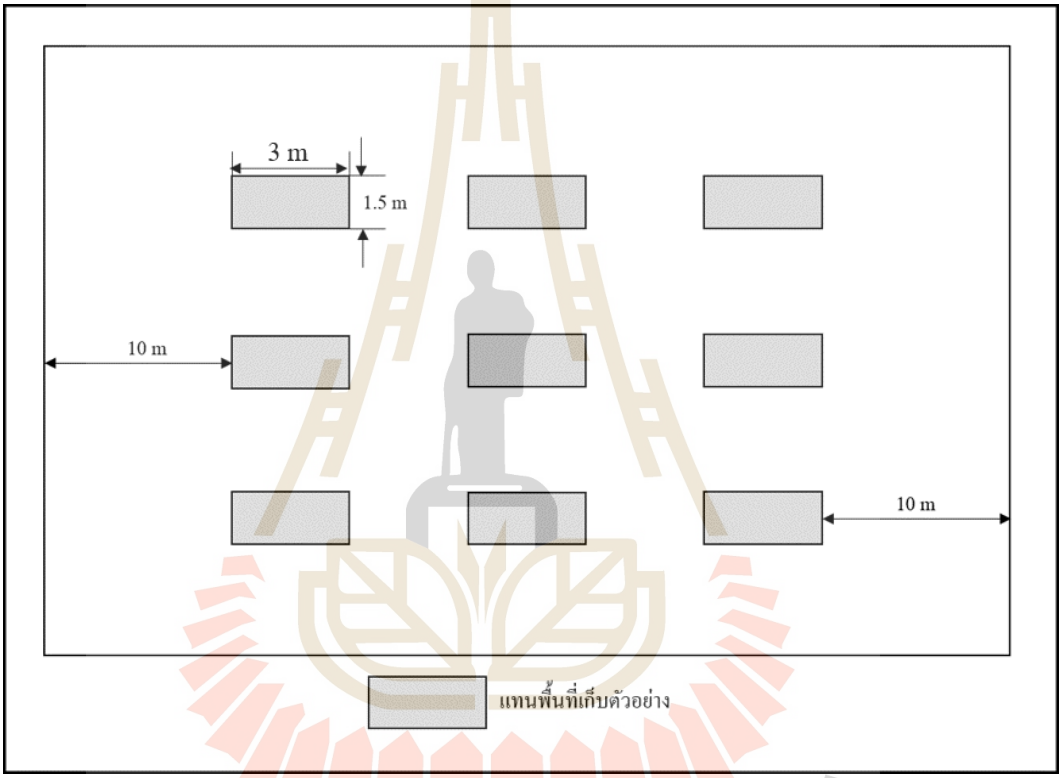
$$N_1 = \left(\frac{N}{A_{simp}} \right) \times 1{,}600 \tag{3.3}$$

เมื่อ N_1 = จำนวนลำต่อไร่ (ลำต่อไร่)

และเพื่อหาความหนาแน่นของอ้อย ดังสมการที่ (3.4)

$$\rho_{cane} = W_{aver} \times N_1 \times \frac{1ton}{1000kg} \tag{3.4}$$

เมื่อ ρ_{cane} = ความหนาแน่นของอ้อย (ตันต่อไร่)



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งเก็บข้อมูลในแปลงทดสอบ

ข. การเตรียมพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูล ทำการปักหลักเล็งแนวตามความยาวของแปลงทดสอบ โดยจุดเริ่มต้นของพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างจะอยู่ห่างจากหัวแปลงที่รถตัดอ้อยทำการเก็บเกี่ยวอ้อยเข้าไปในแปลง 10 เมตร (ทั้งนี้เพื่อให้รถตัดอ้อยทำงานได้อย่างสมบูรณ์ในทุกระบบของการทำงานของรถตัดอ้อย) จึงปักหลักเล็งแนวหลักที่หนึ่ง ให้มีความยาว 3 เมตร ตามแนวการเก็บเกี่ยวของรถตัดอ้อย จึงปักหลักเล็งแนวหลักที่สอง และโดยมีความกว้างเท่ากับหน้ากว้างในการทำงานของรถตัดอ้อย คือ 1.5 เมตร โดยในหนึ่งแปลงทดสอบจะมีพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้งหมด 9 จุด ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

b) การดำเนินการขณะทำการเก็บเกี่ยว

ในการทดสอบแต่ละครั้งจะดำเนินการเก็บข้อมูลดังนี้

ก. คำนวณหาความสามารถในการทำงานเชิงทฤษฎี โดยทำการบันทึกความเร็วเฉลี่ยในการทำงานของรถตัดอ้อย และหน้ากว้างในการทำงานของรถตัดอ้อย เพื่อหาความสามารถในการทำงานเชิงทฤษฎี จากสมการที่ (3.5)

$$TFC = Width_{work} \times Speed_{work} \times \frac{1rai}{1600m^2} \times \frac{1000m}{1km} \tag{3.5}$$

เมื่อ TFC = ความสามารถในการทำงานเชิงทฤษฎี (ไร่ต่อชั่วโมง)

$Width_{work}$ = หน้ากว้างของพื้นที่ในการทำงาน (เมตร)

$Speed_{work}$ = ความเร็วในการทำงาน (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

ข. คำนวณหาความสามารถจริงในการทำงานเชิงพื้นที่ โดยทำการบันทึกข้อมูลด้านเวลาในการทำงานทั้งหมด เริ่มจากทำการตัดอ้อยถึงการลำเลียงอ้อยขึ้นเต็มรถบรรทุก วัดขนาดของพื้นที่ที่รถตัดอ้อย ตัดอ้อยได้เต็มคันรถบรรทุก 1 คัน โดยใช้เครื่อง GPS Map เพื่อหาความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ จากสมการที่ (3.6)

$$FC = \frac{Working_area}{time} \tag{3.6}$$

เมื่อ FC = ความสามารถจริงในการทำงานเชิงพื้นที่ (ไร่ต่อชั่วโมง)

$Working_area$ = พื้นที่เก็บเกี่ยวต่อ 1 คันรถบรรทุก (ไร่)

$time$ = เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)

ค. คำนวณหาประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลา โดยหาได้จากสมการที่ (3.7)

$$EFT = \left(\frac{FC}{TFC}\right) \times 100 \tag{3.7}$$

เมื่อ EFF = ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลา (ร้อยละ)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ง. คำนวณหาอัตราการป้อน โดยหาได้จากสมการที่ (3.8)

$$F = Width_{work} \times Speed_{work} \times W_{total} \quad (3.8)$$

เมื่อ F = อัตราการป้อนของรถตัดอ้อย (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

W_{total} = น้ำหนักของอ้อยรวมสิ่งเจือปนที่เก็บเกี่ยวได้ต่อหน่วยพื้นที่ (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

b) การดำเนินการภายหลังการเก็บเกี่ยว

ก. การสูญเสียเชิงปริมาณระหว่างการเก็บเกี่ยวอ้อยจากแปลงขึ้นรถบรรทุก ทำการบันทึกข้อมูลโดยวิธีการสุ่มวัดพื้นที่หลังการเก็บเกี่ยวให้มีขนาดเท่ากับ หน้ากว้างของร่องอ้อย 1.5 เมตร คูณความยาว 3 เมตร จำนวน 3 จุด คือ หัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง ต่อ 1 แถวของการเก็บเกี่ยว และแปลงตัวอย่าง 1 แปลง ผู้วิจัยจะสุ่มเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 แถว แถวละ 3 จุด รวมเป็น 9 จุด ต่อ 1 แปลงตัวอย่าง เพื่อบันทึกข้อมูล ที่ประกอบด้วย

i) การสูญเสียจากการตัดตอสูง การตัดไม่หมด โดยการตัดตออ้อยที่เหลือในพื้นที่เก็บตัวอย่างให้ชิดผิวดิน ตัดเอาอ้อยที่ล้มเพราะการตัดไม่หมด และการถอนกอ จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อบันทึกข้อมูล แล้วจึงนำมาคำนวณหาการสูญเสียต่อหน่วยพื้นที่จากสมการที่ (3.9)

$$loss_{cane,1} = \frac{W_{cane,1}}{A_{simp}} \times 1{,}600 \quad (3.9)$$

เมื่อ $loss_{cane,1}$ = การสูญเสียจากชุดมีดตัดโคน (กิโลกรัมต่อไร่)

$W_{cane,1}$ = น้ำหนักอ้อยที่ได้จากการตัดตออ้อยที่เหลือในพื้นที่เก็บตัวอย่าง (กิโลกรัม)

ii) การสูญเสียจากการลำเลียงอ้อย โดยการเก็บลำอ้อยที่ถูกตัดโคนออกแล้ว แต่ยังหล่นอยู่ในพื้นที่เก็บตัวอย่างจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อบันทึกข้อมูล แล้วจึงนำมาคำนวณหาความสูญเสียต่อหน่วยพื้นที่จากสมการที่ (3.10)

$$loss_{cane,2} = \frac{W_{cane,2}}{A_{simp}} \times 1{,}600 \quad (3.10)$$

เมื่อ $loss_{cane,2}$ = การสูญเสียจากการลำเลียงอ้อย (กิโลกรัม ต่อ ไร่)

$W_{cane,2}$ = น้ำหนักอ้อยที่ได้จากการเก็บลำอ้อยที่เหลือในพื้นที่เก็บตัวอย่าง (กิโลกรัม)

iii) การสูญเสียจากพัดลมใหญ่ โดยการเก็บอ้อยท่อนด้านยอดที่หล่นอยู่ในพื้นที่เก็บตัวอย่างหรือท่อนอ้อยที่เป็นเศษไม่เต็มท่อน จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อบันทึกข้อมูล แล้วจึงนำมาคำนวณหาความสูญเสียต่อหน่วยพื้นที่จากสมการที่ (3.11)

$$loss_{cane,3} = \frac{W_{cane,3}}{A_{simp}} \times 1{,}600 \tag{3.11}$$

เมื่อ $loss_{cane,3}$ = การสูญเสียจากพัดลมใหญ่ (กิโลกรัมต่อไร่)

$W_{cane,3}$ = น้ำหนักอ้อยที่ได้จากเก็บอ้อยท่อนด้านยอดที่เหลือในพื้นที่เก็บตัวอย่าง (กิโลกรัม)

iv) การสูญเสียจากการลำเลียงขึ้นรถบรรทุก โดยการเก็บอ้อยท่อนที่หล่นอยู่ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกข้อมูล และนำมาคำนวณหาความสูญเสียต่อหน่วยพื้นที่จากสมการที่ (3.12)

$$loss_{cane,4} = \frac{W_{cane,4}}{A_{simp}} \times 1{,}600 \tag{3.12}$$

เมื่อ $loss_{cane,4}$ = การสูญเสียจากการลำเลียงขึ้นรถบรรทุก (กิโลกรัมต่อไร่)

$W_{cane,4}$ = น้ำหนักอ้อยที่ได้จากการเก็บอ้อยท่อนที่เหลือในพื้นที่เก็บตัวอย่าง (กิโลกรัม)

C) การวิเคราะห์ผล

นำค่าการสูญเสียอ้อยที่ได้จากการทดสอบ ไปวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการสูญเสียอ้อยที่เกิดจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยด้วยโปรแกรม Minitab 18

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.2 การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

เป็นการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับผลที่เกิดขึ้นกับอ้อยภายหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน และถูกลำเลียงขึ้นรถบรรทุกแล้ว สำหรับความเร็วของการเคลื่อนที่ในการทำงานของรถตัดอ้อยนั้น ผู้วิจัยได้อ้างอิงจากงานของ Peloia1 et al. (2010) ที่เป็นการปรับความเร็วภายในขอบเขตที่อยู่ภายใต้สภาวะของการทำงานจริง เพื่อให้บรรลุถึงความต้องการของวัตถุดิบที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยที่การทำงานของรถตัดอ้อยนั้น และวิธีการเก็บตัวอย่างผู้วิจัยอ้างอิงมาจากงานของ วิชัย โอภานุกุล และคณะ (2555) ซึ่งมีขั้นตอนในการปฏิบัติเกี่ยวกับการทดสอบดังนี้

1) การกำหนดระดับของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

เพื่อระบุให้มีความชัดเจนถึงระดับของปัจจัยที่ต้องการศึกษาว่าระดับทั้ง 2 ระดับ ของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาของงานวิจัยในกรณีที่ 3.2.2 โดยที่มาของระดับทั้ง 2 ระดับของทั้ง 3 ปัจจัยที่ทำการศึกษานั้นได้มาจากข้อมูลในข้อ 3.1.3 ซึ่งสามารถสรุปให้อยู่ในตารางที่ 3.3 ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ปัจจัยและระดับที่ทำการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ระดับ	
	-1	+1
ประเภทอ้อย	อ้อยปลูก	อ้อยตอ
แถวปลูกอ้อย	แถวเดี่ยว	แถวคู่
ชนิดดินปลูกอ้อย	ดินทราย	ดินเหนียว

2) การออกแบบการทดสอบ

ในหัวข้อนี้ได้ออกแบบการทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab 18 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อช่วยกำหนดลำดับและวิธีการของการทดสอบ ซึ่งในทุก ๆ ปัจจัยจะทำการศึกษา 3 ซ้ำ จึงมีหน่วยของการทดสอบทั้งหมด 24 หน่วย ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ลำดับการทดสอบของการออกแบบการทดสอบในการศึกษาปริมาณสิ่งเจือปนที่ติดมากับท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	ประเภทอ้อย	แถวอ้อย	ชนิดดิน
1	1	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย
2	2	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย
3	3	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย
4	4	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย
5	5	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
6	6	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
7	7	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว
8	8	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว
9	9	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย
10	10	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย
11	11	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย
12	12	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย
13	13	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
14	14	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
15	15	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว
16	16	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว
17	17	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย
18	18	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย
19	19	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย
20	20	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย
21	21	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
22	22	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
23	23	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว
24	24	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) วิธีการดำเนินการทดสอบ

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณสิ่งเจือปนที่ติดมากับท่อนอ้อย ภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเตรียมการทดสอบ และการดำเนินการทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

A) การเตรียมการทดสอบ

a) รถตัดอ้อย สำหรับรถตัดอ้อยที่ใช้ในการทดสอบจะเป็นรถตัดอ้อยที่ได้จากข้อ 3.1 คือ รถตัดอ้อยยี่ห้อ Austoft รุ่น 8000 ใช้เครื่องยนต์ Iveco ขนาด 355 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ผลิตในปี 2011 มีหน้ากว้างในการทำงาน 2.5 เมตร ซึ่งเป็นรถที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายในการเก็บเกี่ยว โดยอ้างอิงจากงานของ Peloia1 et al., (2010) เป็นการปรับความเร็วในการทำงานของรถตัดอ้อยให้อยู่ภายใต้สภาวะของการทำงานจริง เพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย มีส่วนประกอบที่สำคัญ และหลักการทำงานดังที่กล่าวมาแล้วในเรื่องรถตัดอ้อยในหัวข้อ 2.4

b) แปลงทดสอบ เป็นแปลงอ้อยที่ได้จากข้อ 3.1 ซึ่งอยู่ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดชัยภูมิ ที่ทำการปลูกอ้อยด้วยเครื่องปลูกอ้อย

c) กำหนดการทดสอบ ในการทดสอบครั้งนี้ กำหนดระยะเวลาทดสอบให้ครอบคลุมกับฤดูการเปิดหีบของโรงงานน้ำตาล (ระยะเวลาของการทดสอบของงานวิจัยนี้ คือ กลางเดือนธันวาคม 2559 ถึง กลางเดือนมกราคม 2560 และเวลาในการบันทึกผลของการทดสอบ คือ 9.30 น. ถึง 15.30 น.) โดยที่การทดสอบของงานวิจัยนี้ คือ รถตัดอ้อยจะตัดอ้อยที่ละแถว ที่หน้ากว้างในการทำงานของรถตัดอ้อย คือ 1.5 เมตร จะเริ่มตัดตั้งแต่หัวแปลงจนสิ้นสุดความยาวของแถวนั้น ๆ แล้วจึงหยุดเพื่อทำการเลี้ยวกลับเพื่อเริ่มต้นตัดแถวต่อไปจนครบทั้งแปลง

B) การดำเนินการทดสอบ

ในการดำเนินการทดสอบนั้นมีปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสิ่งเจือปนหลายปัจจัย เช่น สภาพพืช สภาพรถตัดอ้อย และสภาพแปลงทดสอบ สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสิ่งเจือปนที่เกี่ยวกับสภาพพืช เช่น การล้มเอียง ความสูง ความหนาแน่น เป็นต้น ส่วนปัจจัยเกี่ยวกับสภาพของรถตัดอ้อย เช่น ทักษะความชำนาญของผู้ควบคุมรถตัดอ้อย การปรับแต่งรถตัดอ้อย ความเร็วในการทำงานของระบบต่าง ๆ และความเร็วในการเคลื่อนที่ เป็นต้น สำหรับปัจจัยเกี่ยวกับสภาพแปลงทดสอบ เช่น ขนาดแปลง ความลาดเอียงของแปลงทดสอบ อุปสรรคในแปลงทดสอบ และชนิดของดิน เป็นต้น แต่ในการทดสอบครั้งนี้จะเน้นเฉพาะอิทธิพลของรุ่นของรถตัดอ้อย และพันธุ์อ้อย ส่วนปัจจัยอื่น ๆ จะเป็นไปตามสภาพจริงของการทดสอบแต่ละครั้งที่กำหนด โดยทำการบันทึกข้อมูลไว้

a) การดำเนินการก่อนการเก็บเกี่ยว

ก. การเตรียมพื้นที่ทดสอบ เตรียมพื้นที่สำหรับเก็บตัวอย่าง โดยทำการปักหลักเล็งแนวซึ่งต้องห่างจากจุดเริ่มต้นแปลงทดสอบประมาณ 10 เมตร เพื่อให้รถตัดอ้อยทำงานได้อย่างสมบูรณ์ทุกระบบ

b) การดำเนินการภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยการนำภาชนะเก็บตัวอย่าง (ตะกร้าขนาดบรรจุ 25 กิโลกรัม จำนวน 3 ตะกร้า) ไปวางไว้เหนือกองอ้อยบนรถบรรทุก ที่บริเวณด้านหัวรถบรรทุก 1 ตะกร้า กลางรถบรรทุก 1 ตะกร้า และท้ายรถบรรทุก 1 ตะกร้า ซึ่งการวางภาชนะที่ต้องใช้สำหรับเก็บตัวอย่างนั้น จะนำไปวางเมื่อปริมาณของอ้อยที่อยู่บนรถบรรทุกใกล้จะเต็มคันรถ เมื่อนำไปวางในตำแหน่งหัวรถบรรทุก กลางรถบรรทุก และท้ายรถบรรทุก รอจนได้อ้อยเต็มตะกร้าทั้ง 3 ตะกร้า จึงนำตะกร้าทั้ง 3 ลงมาจากรถบรรทุก แล้วนำอ้อยจากทั้ง 3 ตะกร้า มาเทกองรวมกัน เพื่อทำการคัดแยกสิ่งเจือปนชนิดต่าง ๆ คือ ยอดอ้อย กาบใบ และรากอ้อย ออกจากท่อนอ้อย จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักของสิ่งเจือปนแต่ละชนิด และอ้อยท่อน เพื่อบันทึกผล แล้วจึงนำไปคำนวณหาปริมาณของสิ่งเจือปนแต่ละชนิดที่สามารถแยกได้ จากสมการที่ (3.13) โดยวิธีการเก็บตัวอย่างนี้ผู้วิจัยอ้างอิงจากงานของ วิชัย โอภานุกุล และคณะ (2555)

$$impur = \frac{W_{impur}}{W_{total}} \times 100\% \tag{3.13}$$

เมื่อ $impur$ = สิ่งเจือปนจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย (ร้อยละ)

W_{impur} = น้ำหนักสิ่งเจือปนจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย (กิโลกรัม)

W_{total} = น้ำหนักอ้อยทั้งหมด (กิโลกรัม)

และสามารถหาอัตราส่วนระหว่างสิ่งเจือปนกับท่อนอ้อยได้จากสมการที่ (3.14)

$$K = \frac{W_{impurities_type/area}}{W_{billets/area}} \tag{3.14}$$

เมื่อ K = อัตราส่วนระหว่างสิ่งเจือปนกับท่อนอ้อย

$W_{impurities_type/area}$ = น้ำหนักของสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย กาบใบอ้อบ รากและดิน (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

$W_{billets/area}$ = น้ำหนักของท่อนอ้อย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)

C) การวิเคราะห์ผล

นำค่าปริมาณของสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการคัดแยกออกจากท่อนอ้อย ไปวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนด้วยโปรแกรม Minitab 18

3.2.3 การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยจากการแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

คือ เป็นการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับผลที่เกิดขึ้นกับท่อนอ้อยภายหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ถูกลำเลียงขึ้นรถบรรทุกแล้ว โดยมีขั้นตอนในการปฏิบัติเกี่ยวกับการทดสอบดังนี้

1) การกำหนดระดับของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

เพื่อระบุให้มีความชัดเจนถึงระดับของปัจจัยที่ต้องการศึกษาว่าระดับทั้ง 2 ระดับ ของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาของงานวิจัยในกรณีที่ 3.2.3 โดยที่มาของระดับทั้ง 2 ระดับของทั้ง 3 ปัจจัยที่ทำการศึกษานั้นได้มาจากข้อมูลในข้อ 3.1.3 ซึ่งสามารถสรุปให้อยู่ในตารางที่ 3.5 ดังนี้

ตารางที่ 3.5 ปัจจัยและระดับที่ทำการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยจากการแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ระดับ	
	-1	+1
ประเภทอ้อย	อ้อยปลูก	อ้อยตอ
แถวปลูกอ้อย	แถวเดี่ยว	แถวคู่
ชนิดดินปลูกอ้อย	ดินทราย	ดินเหนียว

2) การออกแบบการทดสอบ

ในหัวข้อนี้ได้ออกแบบการทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab 18 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อช่วยกำหนดลำดับและวิธีการของการทดสอบ ซึ่งในทุก ๆ ปัจจัยจะทำการศึกษา 3 ซ้ำ จึงมีหน่วยของการทดสอบทั้งหมด 24 หน่วย ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ลำดับการทดสอบของการออกแบบการทดสอบในการศึกษาปริมาณการแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับ

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	ประเภทอ้อย	แถวอ้อย	ชนิดดิน
1	1	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย
2	2	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย
3	3	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย
4	4	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย
5	5	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
6	6	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
7	7	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว
8	8	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว
9	9	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย
10	10	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย
11	11	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย
12	12	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย
13	13	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
14	14	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
15	15	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว
16	16	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว
17	17	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย
18	18	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย
19	19	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย
20	20	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย
21	21	1	1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
22	22	1	1	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว
23	23	1	1	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว
24	24	1	1	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3) วิธีการดำเนินการทดสอบ

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงการสูญเสียเชิงคุณภาพของท่อนอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยที่บรรจุอยู่บนรถบรรทุกในขณะรอการขนส่ง โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การเตรียมตัวอย่างอ้อยเพื่อการทดสอบ และการดำเนินการทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

A) การเตรียมตัวอย่างอ้อยเพื่อการทดสอบ

ทำการสุ่มตัวอย่างท่อนอ้อยที่อยู่บนรถบรรทุกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ได้จากการทดสอบในหัวข้อ 3.2.2

B) การดำเนินการทดสอบ

ในการดำเนินการทดสอบหาการสูญเสียเชิงคุณภาพจากการแตกของท่อนอ้อยนั้นกระทำในแปลงทดสอบ โดยอ้อยตัวอย่างนั้นได้มาจากอ้อยที่ผ่านการคัดแยกสิ่งเจือปนในหัวข้อที่ 3.2.2 แล้วมาทำการคัดแยกท่อนอ้อย โดยการคัดแยกนั้นจะทำการคัดเอาท่อนอ้อยที่มีรอยตัดเฉพาะด้านหัวและท้าย ไม่มีรอยแตก หรือรอยร้าวใด ออกให้หมด จากนั้นจึงนำท่อนอ้อยที่เหลืออยู่ในกองที่มีทั้งที่เป็นท่อนที่มีการแตก ท่อนที่มีรอยร้าว ท่อนที่ถูกฉีกขาด เพื่อมาทำการชั่งน้ำหนัก แล้วทำการบันทึกผลของน้ำหนักของท่อนอ้อย

C) การวิเคราะห์ผล

นำค่าน้ำหนักของท่อนอ้อยที่ได้จากข้อ **B)** ไปวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแตกของท่อนอ้อยด้วยโปรแกรม Minitab 18

3.2.4 การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณจากการลดลงของน้ำหนักของท่อนอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่ง

เป็นการทดสอบที่เกี่ยวข้องกับผลที่เกิดขึ้นกับท่อนอ้อยภายหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ถูกลำเลียงขึ้นรถบรรทุกแล้ว และอยู่ในระหว่างการรอการขนส่ง โดยมีขั้นตอนในการปฏิบัติเกี่ยวกับการทดสอบดังนี้

1) การกำหนดระยะเวลาของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

เพื่อระบุถึงขอบเขตของปัจจัยที่ต้องการศึกษาว่ามีทั้งหมด 4 ระยะ ที่ใช้ในการศึกษาของงานวิจัยในกรณีที่ 3.2.4 โดยที่มาของระยะเวลาทั้ง 4 ระดับ ของปัจจัยที่ทำการศึกษานั้นได้มาจากข้อมูลในข้อ 3.1.3 ซึ่งสามารถสรุปให้อยู่ในตารางที่ 3.7 ดังนี้

ตารางที่ 3.7 ปัจจัยที่ทำการศึกษาในการทดลองที่ 3.2.4

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว			
ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว	1hr	2hr	3hr	4hr

2) การออกแบบการทดสอบ

ในหัวข้อนี้ได้กำหนดลำดับและวิธีการของการทดสอบ ซึ่งในทุก ๆ แปลง ทุก ๆ ชั่วโมงที่ผ่านไปจากชั่วโมงที่ 1 ถึง ชั่วโมงที่ 4 โดยทุก ๆ 1 ชั่วโมง จะทำการทดสอบ 3 ซ้ำ ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ลำดับการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณ (น้ำหนัก) ของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

แปลงที่	น้ำหนักอ้อยรวม (กก)				น้ำหนักอ้อยคัด (กก)			
	1 hr	2 hr	3hr	4 hr	1 hr	2 hr	3hr	4 hr
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								

3) วิธีการดำเนินการทดสอบ

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงการสูญเสียเชิงปริมาณ (น้ำหนัก) ของท่อนอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยที่บรรจุอยู่บนรถบรรทุกในขณะรอการขนส่ง โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การเตรียมตัวอย่างอ้อยเพื่อการทดสอบ และการดำเนินการทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A) การเตรียมตัวอย่างอ้อยเพื่อการทดสอบ

ทำการสุ่มตัวอย่างท่อนอ้อยที่อยู่บนรถบรรทุกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนโดยการนำภาชนะ (ตะกร้า) ที่มีขนาดบรรจุ 25 กิโลกรัม ไปวางเพื่อรองรับอ้อยจากสะพานลำเลียงบนรถบรรทุกที่ตำแหน่งหัวรถบรรทุก กลางรถบรรทุก และท้ายของรถบรรทุก แล้วนำภาชนะรองรับทั้ง 3 ตะกร้านั้น เพื่อเทให้เป็นกองเดียวกัน จากนั้นทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่เป็น **อ้อยรวม** ที่ในงานวิจัยนี้หมายถึง อ้อยทั้งหมดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่มีทั้งอ้อยท่อนเต็ม อ้อยที่มีการแตก การหัก หรือมีรอยร้าว รอยฉีกขาด จำนวน 4 กลุ่มตัวอย่าง แล้วจึงสุ่มเก็บตัวอย่าง **อ้อยคัด** ที่ในงานวิจัยนี้หมายถึง อ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน แต่คัดเลือกเอาเฉพาะท่อนที่ไม่มีการแตก การหัก มีเพียงรอยตัดที่บริเวณด้านหัวและท้ายของท่อนอ้อยเท่านั้น จำนวน 4 กลุ่มตัวอย่าง โดย 1 แปลงทดสอบจะได้อ้อยตัวอย่างทั้งหมด 8 กลุ่มตัวอย่าง

B) การดำเนินการทดสอบ

ในการดำเนินการทดสอบหาการสูญเสียเชิงปริมาณ (น้ำหนัก) ของอ้อยนั้นทำในแปลงทดสอบ โดยการสุ่มอ้อยจากรถบรรทุก (หลังเก็บเกี่ยว) จำนวนแปลงละ 6 ตัวอย่าง เพื่อนำไปชั่งน้ำหนักหาค่าเริ่มต้น จากนั้นวางตัวอย่างอ้อยไว้ในแปลง และทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างอ้อยเมื่อเวลาผ่านไปชั่วโมงที่ 1 2 3 และ 4 เพื่อนำมาคำนวณหาการสูญเสียโดยน้ำหนักของอ้อยจากสมการที่ (3.15)

$$W_{loss@1hr} = \frac{W_{cane@1hr}}{W_{cane}} \times 100\% \qquad (3.15)$$

เมื่อ $W_{loss@1hr}$ = น้ำหนักที่สูญเสียจากท่อนอ้อยเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง (กิโลกรัม)

$W_{cane@1hr}$ = น้ำหนักอ้อยหลังเก็บเกี่ยวผ่านไป 1 ชั่วโมง (กิโลกรัม)

W_{cane} = น้ำหนักอ้อยหลังเก็บเกี่ยว (กิโลกรัม)

C) การวิเคราะห์ผล

นำค่าน้ำหนักของท่อนอ้อยที่ได้จากดำเนินการทำสอบ ไปสร้างกราฟด้วยโปรแกรม Microsoft excel เพื่อวิเคราะห์ผลของการลดลงของน้ำหนักของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวและอยู่ในแปลงระหว่างรอการขนส่ง และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการลดลงของน้ำหนักในอ้อยคัดและอ้อยรวม

3.2.5 การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากจุลินทรีย์

1) การกำหนดระยะเวลาของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

เพื่อระบุถึงขอบเขตของปัจจัยที่ต้องการศึกษาว่ามีทั้งหมด 4 ระยะ ที่ใช้ในการศึกษาของงานวิจัยในกรณีที่ 3.2.5 โดยที่มาของระยะเวลาทั้ง 4 ระดับ ของปัจจัยที่ทำการศึกษานั้นได้มาจากข้อมูลในข้อ 3.1.3 ซึ่งสามารถสรุปให้อยู่ในตารางที่ 3.9 ดังนี้

ตารางที่ 3.9 ปัจจัยที่ทำการศึกษาในการทดลองที่ 3.2.5

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว			
ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว	1hr	2hr	3hr	4hr

2) การออกแบบการทดสอบ

ในหัวข้อนี้ได้กำหนดลำดับและวิธีการของการทดสอบ ซึ่งในทุก ๆ แปลงทุก ๆ ชั่วโมงที่ผ่านไปจะทำการทดสอบ 3 ซ้ำ ทั้งหมด ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 ลำดับการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์

ที่	จุลินทรีย์ในอ้อยรวม (cfu/g)				จุลินทรีย์ในอ้อยคัด (cfu/g)			
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.10 ลำดับการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยว ระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์ (ต่อ)

ที่	จุลินทรีย์ในอ้อยรวม (cfu/g)				จุลินทรีย์ในอ้อยคัด (cfu/g)			
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr
11								
12								
13								
14								

3) วิธีการดำเนินการทดสอบ

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงการสูญเสียเชิงคุณภาพ (จุลินทรีย์) ของท่อนอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยที่บรรจุอยู่บนรถบรรทุกในขณะรอการขนส่ง โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การเตรียมตัวอย่างอ้อยเพื่อการทดสอบ และการดำเนินการทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

A) การเตรียมตัวอย่างอ้อยเพื่อการทดสอบ

ทำการสุ่มตัวอย่างท่อนอ้อยที่อยู่บนรถบรรทุกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน โดยการนำภาชนะ (ตะกร้า) ที่มีขนาดบรรจุ 25 กิโลกรัม ไปรองรับท่อนอ้อยบนรถบรรทุกที่ได้จากรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ตำแหน่งหัวรถบรรทุก กลางรถบรรทุก และท้ายของรถบรรทุก เมื่ออ้อยเต็มตะกร้าทั้ง 3 ตะกร้า จึงนำมาเทกองรวมกัน จากนั้นทำการสุ่มเก็บตัวอย่างที่เป็น **อ้อยรวม** ในงานวิจัยนี้หมายถึง อ้อยทั้งหมดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่มีทั้งอ้อยท่อนเต็ม อ้อยที่มีการแตก การหัก หรือมีรอยร้าว รอยฉีกขาด จำนวน 4 กลุ่มตัวอย่าง แล้วจึงสุ่มเก็บตัวอย่าง **อ้อยคัด** ในงานวิจัยนี้หมายถึง อ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน แต่คัดเลือกเอาเฉพาะท่อนที่ไม่มีการแตก การหัก หรือรอยแตกร้าวใด ๆ มีเพียงรอยตัดที่ด้านหัวและท้ายของท่อนอ้อยเท่านั้น จำนวน 4 กลุ่มตัวอย่าง โดย 1 แปลงทดสอบจะได้อ้อยตัวอย่างทั้งหมด 8 กลุ่มตัวอย่าง

B) การดำเนินการทดสอบ

ในการดำเนินการทดสอบหาการสูญเสียเชิงคุณภาพจากจุลินทรีย์ของอ้อยนั้นทำในแปลงทดสอบ และในห้องปฏิบัติการที่ปรับอุณหภูมิได้ โดยการสุ่มอ้อยจากรถบรรทุก (หลังเก็บเกี่ยว) จำนวนแปลงละ 8 ตัวอย่าง เพื่อการเก็บเชื้อและเพื่อนำเชื้อที่ได้ไปเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาปริมาณจุลินทรีย์ โดยเริ่มต้นจากชั่วโมงที่ 1 จากนั้นวางตัวอย่างอ้อยไว้ใน

แปลง และทำการ swab test เมื่อเวลาผ่านไปชั่วโมงที่ 1 2 3 และ 4 ทั้งของอ้อยคัด และอ้อยรวม เพื่อนำเชื้อที่ได้จากการ swab ไปทำการเพาะเลี้ยงเชื้อตามเทคนิคของ spread plate เพื่อการคำนวณหาปริมาณของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นเป็น colony forming unit/gram

C) การวิเคราะห์ผล

นำผลของจำนวนจุลินทรีย์ที่ตรวจนับได้จากแผ่นเพาะเชื้อภายหลังการนำไปเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ไปสร้างกราฟด้วยโปรแกรม Microsoft excel เพื่อวิเคราะห์ผลของการเจริญของจุลินทรีย์ในอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวและอยู่ในแปลงระหว่างรอการขนส่ง และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจุลินทรีย์ในอ้อยคัดและอ้อยรวม

3.2.6 การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการลดลงของค่าความหวาน

1) การกำหนดระยะเวลาของปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

เพื่อระบุถึงขอบเขตของปัจจัยที่ต้องการศึกษาว่ามีทั้งหมด 4 ระยะ ที่ใช้ในการศึกษาของงานวิจัยในกรณีที่ 3.2.6 โดยที่มาของระยะเวลาทั้ง 4 ระดับ ของปัจจัยที่ทำการศึกษานั้นได้มาจากข้อมูลในข้อ 3.1.3 ซึ่งสามารถสรุปให้อยู่ในตารางที่ 3.11 ดังนี้

ตารางที่ 3.11 ปัจจัยที่ทำการศึกษาในการทดลองที่ 3.2.6

ปัจจัยที่ทำการศึกษา	ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว			
ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว	1hr	2hr	3hr	4hr

2) การออกแบบการทดสอบ

ในหัวข้อนี้ได้กำหนดลำดับและวิธีการของการทดสอบ ซึ่งในทุก ๆ แปลงทุก ๆ ชั่วโมงที่ผ่านไปจากชั่วโมงที่ 1 ถึง ชั่วโมงที่ 4 และทำการทดสอบ 3 ซ้ำ ทั้งหมด ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3.12

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.12 ลำดับการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการลดลงของค่าความหวาน

ที่	ความหวานของอ้อยรวม (%)				ความหวานของอ้อยคัด (%)			
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								

3) วิธีการดำเนินการทดสอบ

การศึกษาในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาถึงการสูญเสียเชิงคุณภาพ (ความหวาน) ของท่อนอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยที่บรรจุอยู่บนรถบรรทุกในขณะรอการขนส่ง โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การเตรียมตัวอย่างอ้อยเพื่อการทดสอบ และการดำเนินการทดสอบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

A) การเตรียมตัวอย่างอ้อยเพื่อการทดสอบ

ทำการสุ่มตัวอย่างท่อนอ้อยที่อยู่บนรถบรรทุกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน โดยการนำภาชนะ (ตะกร้า 3 ตะกร้า) ที่มีขนาดบรรจุ 25 กิโลกรัม ไปรองรับท่อนอ้อยบนรถบรรทุกที่ตำแหน่งหัวรถบรรทุก 1 ตะกร้า กลางรถบรรทุก 1 ตะกร้า และท้ายของรถบรรทุก 1 ตะกร้า เมื่ออ้อยเต็มทั้ง 3 ตะกร้า จึงนำมาเทให้เป็นกองเดียวกันจากนั้นทำการสุ่ม

เก็บตัวอย่างที่เป็น **อ้อยรวม** ในงานวิจัยนี้หมายถึง อ้อยทั้งหมดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่มีทั้งอ้อยท่อนเต็ม อ้อยที่มีการแตก การหัก หรือมีรอยร้าย จำนวน 4 กลุ่มตัวอย่าง แล้วจึงสุ่มเก็บตัวอย่าง **อ้อยคัด** ในงานวิจัยนี้หมายถึง อ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน แต่คัดเลือกเอาเฉพาะท่อนที่ไม่มีการแตก ไม่มีการหัก ไม่มีรอยร้าว เป็นท่อนอ้อยที่มีรอยเปิดเฉพาะด้านหัวและท้ายของท่อนอ้อยเท่านั้น จำนวน 4 กลุ่มตัวอย่าง โดย 1 แปลงทดสอบจะได้อ้อยตัวอย่างทั้งหมด 8 กลุ่มตัวอย่าง

B) การดำเนินการทดสอบ

ในการดำเนินการทดสอบหาการสูญเสียเชิงคุณภาพ (ความหวาน) ของอ้อยนั้นทำในแปลงทดสอบ โดยการสุ่มอ้อยจากรถบรรทุก (หลังเก็บเกี่ยว) จำนวนแปลงละ 8 กลุ่มตัวอย่าง (4 ตัวอย่าง สำหรับอ้อยรวม และ 4 ตัวอย่างสำหรับอ้อยคัด) เพื่อนำตรวจวัดความหวานด้วยเครื่องรีแฟลกโตมิเตอร์ โดยเริ่มต้นจากชั่วโมงที่ 1 จากนั้นวางตัวอย่างอ้อยไว้ในแปลง และทำการตรวจวัดความหวาน เมื่อเวลาผ่านไปชั่วโมงที่ 1 2 3 และ 4 เพื่อนำมาคำนวณหาการสูญเสียเชิงคุณภาพ (ความหวาน)

C) การวิเคราะห์ผล

นำค่าความหวานของอ้อยที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องรีแฟลกโตมิเตอร์ ไปสร้างกราฟด้วยโปรแกรม Microsoft excel เพื่อวิเคราะห์ผลของการลดลงของความหวานของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวและอยู่ในแปลงระหว่างรอการขนส่ง และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหวานในอ้อยคัดและอ้อยรวม

3.3 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะ

3.3.1 การสรุปผลงานวิจัย

คือ นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติในข้อ 3.3.1 มาทำการสรุปผลที่ได้จากการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย

3.3.2 การวิเคราะห์ต้นทุน

เพื่อการประเมินถึงสถานการณ์ของรายได้ของเกษตรกรจากขายอ้อยปลูก และอ้อยตอ ที่มีการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

3.3.3 การจัดทำข้อเสนอแนะ

เพื่อเสนอแนวทางที่เหมาะสมในการลดการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) แนวทางการลดการสูญเสียเชิงปริมาณที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

2) แนวทางการลดการสูญเสียเชิงคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

ในบทนี้จะอธิบายถึงผล และการวิเคราะห์ผล ที่ได้จากการดำเนินการทดสอบตามขั้นตอนและวิธีการที่ได้นำเสนอไว้แล้วในบทที่ 3 โดยที่ผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลในบทนี้ออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ที่แสดงถึงผลที่ได้จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ส่วนที่ 2 แสดงถึงผลที่ได้การทดสอบและการวิเคราะห์ผล และส่วนที่ 3 แสดงถึงผลที่ได้จากการสรุปผลการวิจัย และการทำข้อเสนอแนะแนวทางเพื่อลดการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

4.1 ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

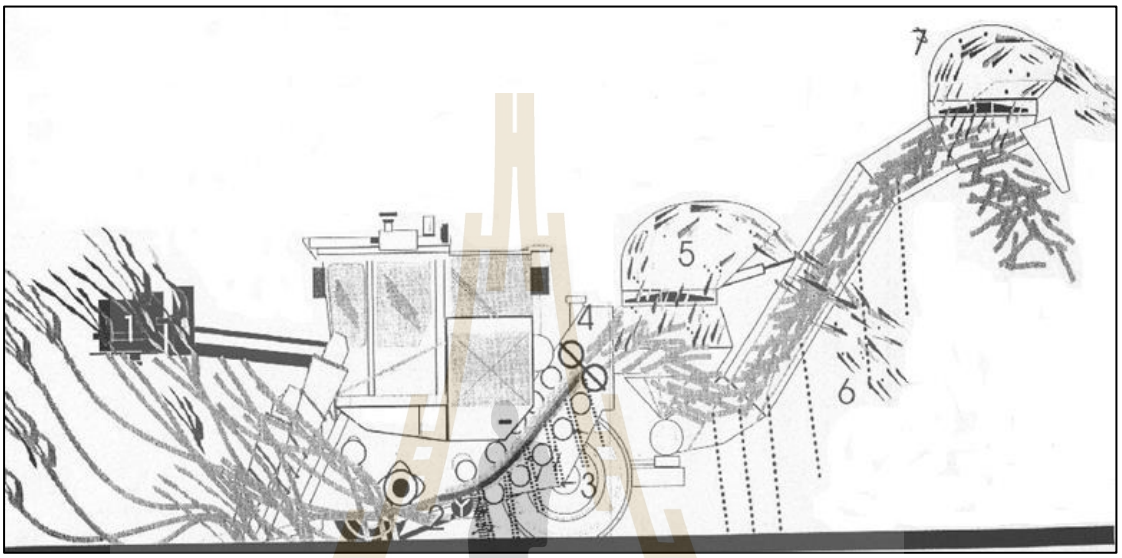
4.1.1 ผลการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

ผลจากการศึกษารายละเอียดของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน Austoft 8000 ที่ผลิตในปี 2011 ของบริษัท Case IH ที่พบคือ รถตัดอ้อยรุ่นนี้ใช้เครื่องยนต์ FPT Cursor 9 engine 4 วาล์ว 9 ลิตร 353 hp (260 kW) @ 2100 rpm ที่มีเครื่องมือที่สามารถจัดเก็บข้อมูลคือ พื้นที่ในการตัด เวลาที่ใช้ในการตัดอ้อย การเคลื่อนย้ายระหว่างแปลง เวลาที่รอรถบรรทุก เวลาที่ใช้ในการซ่อมบำรุง และเวลาที่ใช้ในการเติมน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิง โหลดที่เกิดกับเครื่องยนต์ สถานะของเครื่องยนต์ อุณหภูมิของระบบระบายความร้อน แรงดันน้ำมันเครื่อง ความเร็วรอบเครื่อง กระแสไฟ แจ้งสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นกับตัวรถ เช่น ความร้อน ระดับน้ำมันต่าง ๆ แรงดันน้ำมันเกียร์ ตัดโคน อุณหภูมิน้ำมันไฮดรอลิค และความเร็วรอบพัดลม โดยรถตัดอ้อยคันที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้มีอายุการใช้งานมาแล้ว 5 ปี มีการซ่อมบำรุงตามแผนกำหนดการของแผนกเครื่องจักรกลการเกษตร และจะมีการตรวจสอบสภาพของรถตัดอ้อยทุกครั้งก่อนการปฏิบัติงานโดยพบว่ากระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยคันนี้นั้นมีตำแหน่งหลัก ๆ ที่ทำให้เกิดการสูญเสียในเชิงปริมาณและคุณภาพกับอ้อยทั้งหมด 7 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 นั้นสามารถอธิบายตำแหน่งของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยที่ก่อให้เกิดการสูญเสียเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของอ้อยได้ดังนี้

1) ชุดมีดตัดยอด

คือ ตำแหน่งแรกของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ทำหน้าที่ในการตัดเอาส่วนยอดของอ้อยออกจากลำต้นของอ้อย และทิ้งส่วนของยอดอ้อยไว้ในแปลง

โดยการสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการนี้จะเกิดจากการปรับระดับความสูงของชุดมีดตัดยอดให้เหมาะสมกับระดับความสูงของลำของต้นอ้อย หากอ้อยมีความสูงของลำไม่สม่ำเสมอกันก็จะส่งผลให้การตัดยอดของชุดมีดตัดยอดทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งของกระบวนการที่ทำให้เกิดการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพ

2) ชุดมีดตัดโคน

คือ ตำแหน่งที่สองของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ทำหน้าที่ในการตัดลำของอ้อยที่บริเวณโคนของกออ้อย โดยการสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการนี้จะเกิดจากการเลือกขนาดของความหนาของใบมีดที่ไม่เหมาะสมกับชนิดของดินในแปลงอ้อย การปรับระดับพื้นที่ของแปลงไม่สม่ำเสมอกัน และการที่ในแปลงอ้อยมีอุปสรรคในพื้นที่ เช่น ก้อนอิฐ ท่อนไม้ ตอไม้

3) ชุดโรลเลอร์ลำเลียง

คือ ตำแหน่งที่สามของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงลำอ้อยที่ผ่านการตัดโคนแล้วส่งผ่านไปยังชุดมีดสับท่อน โดยการสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียงนี้คือ การขยายตัวของชุดโรลเลอร์เพื่อรองรับลำอ้อยที่ไม่เหมาะสมกับปริมาณอ้อยที่ถูกส่งเข้ามา ทำให้เกิดการบีบอัดกันของลำอ้อยจนทำให้ลำอ้อยแตก หรืออาจจะเป็นกรณีที่โรลเลอร์ตัวล่างสุดไม่สามารถเตะลำอ้อยที่ถูกตัดโคนแล้วให้ขึ้นสู่โรลเลอร์ลูกถัดไปได้ จึงเป็นเหตุให้ลำอ้อยหล่นไปอยู่ใต้รถตัดอ้อยนั่นเอง

4) ชุดมีดสับท่อน

คือ ตำแหน่งที่สี่ของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ทำหน้าที่ในการตัดลำอ้อยออกเป็นท่อนสั้น ๆ โดยการสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของชุดมีดสับท่อนนี้ คือ การตัดลำอ้อยไม่ขาด ทำให้ลำอ้อยแตกและช้ำ และกรณีที่ตัดขาดแต่ไม่เป็นท่อนเต็ม ทั้งนี้ความเสียหายในกรณีนี้จะมีสาเหตุมาจากลักษณะทางกายภาพของลำอ้อยที่อาจจะมีความโค้งงอ

5) พัดลมทำความสะอาดตัวใหญ่

คือ ตำแหน่งที่ห้าของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ทำหน้าที่ในการดูดเอากาบใบอ้อยออกจากท่อนอ้อยในระบบ โดยการสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของพัดลมทำความสะอาดตัวใหญ่นี้ คือ การดูดเอาท่อนอ้อยบางส่วนออกจากระบบไปด้วย โดยสาเหตุอาจจะมาจากการปรับระดับความเร็วรอบของพัดลมไม่เหมาะสมกับปริมาณท่อนอ้อยในระบบ หรือเพราะท่อนอ้อยที่ถูกดูดออกไปนั้นเป็นท่อนอ้อยท่อนสั้นที่มีความยาวน้อยกว่าความยาวของท่อนอ้อยที่ปรับตั้งไว้ หรือไม่เต็มท่อน ซึ่งมีสาเหตุมาจากลักษณะทางกายภาพของลำอ้อยที่อาจจะมีความโค้งงอ ทำให้การลำเลียงผ่านชุดโรลเลอร์ลำเลียงไม่สามารถจัดระเบียบของลำอ้อยได้

6) สะพานลำเลียง

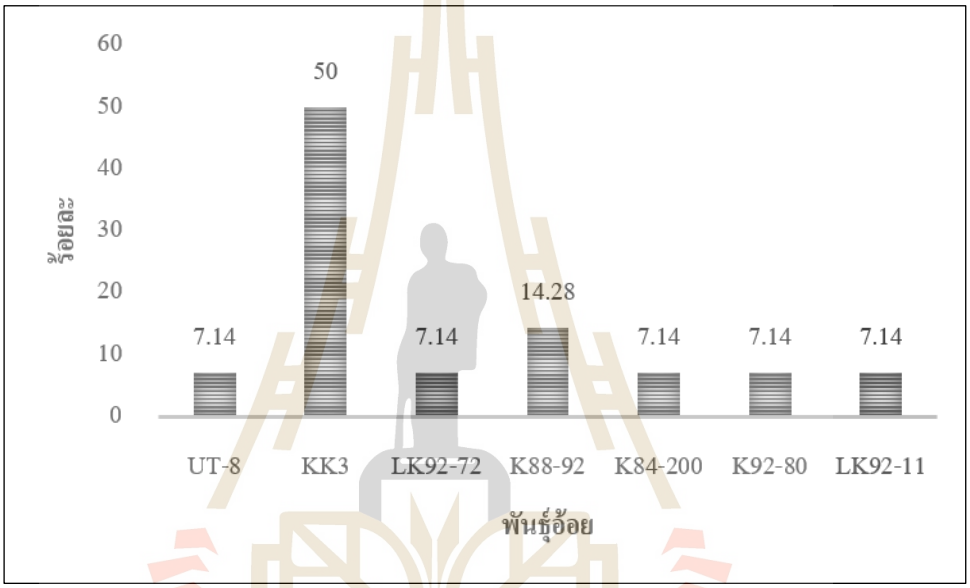
คือ ตำแหน่งที่หกของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ทำหน้าที่ในการรับท่อนอ้อยจากชุดมีดสับท่อนเพื่อส่งไปยังรถบรรทุกอ้อย โดยการสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของสะพานลำเลียงนี้ คือ การหล่นของท่อนอ้อยออกจากสะพานลำเลียง ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากการเลี้ยวรถตัดอ้อยเพื่อหลบตอไม้ที่เป็นอุปสรรคภายในแปลง หรือระยะห่างของรถบรรทุกที่วิ่งคู่ขนาดกันมากับรถตัดอ้อยมีระยะห่างไม่สม่ำเสมอ จนทำให้สะพานลำเลียงส่งอ้อยไม่ถึงรถบรรทุก

7) พัดลมทำความสะอาดตัวเล็ก

คือ ตำแหน่งที่เจ็ดของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ทำหน้าที่เหมือนกับพัดลมทำความสะอาดตัวใหญ่ โดยการสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของพัดลมทำความสะอาดตัวเล็กนี้ คือสาเหตุอาจจะมาจากการปรับระดับความเร็วรอบของพัดลมไม่เหมาะสมกับปริมาณท่อนอ้อยในระบบ หรือเพราะท่อนอ้อยที่ถูกดูดออกไปนั้นเป็นท่อนอ้อยท่อนสั้นกว่าความยาวของท่อนอ้อยที่ได้ปรับตั้งไว้ หรือเป็นท่อนอ้อยที่ไม่เต็มท่อน ซึ่งมีสาเหตุมาจากลักษณะทางกายภาพของลำอ้อยที่อาจจะมีความโค้งงอ ทำให้การลำเลียงผ่านชุดโรลเลอร์ลำเลียงไม่สามารถจัดระเบียบของลำอ้อยได้

4.1.2 ผลการศึกษาเกี่ยวกับพันธุ์อ้อยที่มีการปลูกในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดชัยภูมิ

ผลจากการสำรวจชาวไร่อ้อยในเขตพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดชัยภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 พบว่า พันธุ์อ้อยที่ชาวไร่นิยมปลูกมากที่สุด (ร้อยละ 50) คือ อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เพราะอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นอ้อยลูกผสมสายพันธุ์ไทยที่ได้จากการผสมระหว่างอ้อยพันธุ์ 85-2-356 (แม่) x เค 84-200 (พ่อ)



รูปที่ 4.2 ร้อยละของพันธุ์อ้อยที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและชัยภูมิ

ซึ่งได้ผ่านการคัดเลือกที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร ให้ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย 12–22 ตันต่อไร่ ความหวาน 12–13 ซีซีเอส มีอายุเก็บเกี่ยวที่ 12 เดือน มีการเจริญเติบโตเร็ว สามารถไว้ตอได้ดี มีลักษณะประจำพันธุ์ คือ ทรงกอตั้งตรง ลำขนาดปานกลาง แตกกอปานกลาง (4–10 ลำต่อกอ) ปล้องทรงกระบอกสีเหลืองอมเขียว และเปลี่ยนเป็นสีส้มแดงเมื่อโดนแสง การเรียงตัวของปล้องเป็นแบบซิกแซก ตามีลักษณะกลมรี หูใบด้านนอกรูปใบหอกสั้น หูใบด้านในรูปใบหอกยาว คอใบสีเขียวน้ำตาล รูปชายธงปลายใบโค้ง กาบใบอ้า ลอกง่าย สีเขียว ไม่มีขน

4.2 ผลการดำเนินการ

เมื่อได้ดำเนินการทดสอบตามภาพรวมของแนวทางการทดสอบของงานวิจัยและแผนการทดสอบที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อ 3.2 สามารถแสดงผลได้ ดังนี้

4.2.1 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

1) ผลของการดำเนินการก่อนการเก็บเกี่ยว

จากผลของการดำเนินการเก็บข้อมูลของแปลงทดสอบและสภาพของอ้อยตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.2.1 สามารถแสดงผลได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของแปลงอ้อย

แปลงทดสอบที่	ขนาดพื้นที่ทั้งแปลง (ไร่)	ความยาวของพื้นที่ (ม)	ความกว้างสันแปลง (ซม)	ความสูงสันแปลง (ซม)	ถนนหัวแปลง (ม)	ถนนท้ายแปลง (ม)
1*	17.59	267	53.7	8.7	4.06	0
2	15	140	52.3	3	4.78	4.67
3*	58.01	405	34.3	6.3	3.2	3.86
4*	6	185	63	7.7	0	0
5	15	185	53	9.3	6.8	0
6*	100	450	45	3.5	4.8	3.87
7*	66	437	90	3.7	3.93	4.66
8*	50	215	48	4	3.08	0
9	25	195	51	5.3	4.97	0
10	25.71	740	60.7	5	4.33	4.72
11*	30.13	168	85	0	3.87	4.28
12	132	580	59	8	4.6	3.9
13*	13	160	35.3	7.3	6.5	0
14	73.99	851	46	4.7	3.97	3.42

* หมายถึง แปลงตัวอย่างที่ใช้สำหรับการศึกษาในกรณีที่ 3.2.1 3.2.2 และ 3.2.3

จากตารางที่ 4.1 ที่แสดงถึงข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของแปลงอ้อยที่ใช้เป็นแปลงตัวอย่างสำหรับการทดสอบหาการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพของอ้อยจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน พบว่า

ขนาดของพื้นที่แปลงอ้อยทั้งผืนนั้นมีหลายขนาด สามารถเรียงลำดับจากขนาดเล็กสุดไปหาใหญ่สุด คือ 6 13 15 17.59 25 25.71 30.13 50 58.01 66 73.99 100 และ 132 ไร่ ตามลำดับ

ความยาวของแปลงอ้อย ขนาดตั้งแต่ 140 160 168 185 195 215 267 405 437 450 580 740 และ 851 เมตร ตามลำดับ

ความกว้างสันแปลงอ้อย มีขนาดตั้งแต่ 34.30 35.30 45 46 48 51 52.3 53 53.7 59 60.7 63 85 และ 90 เซนติเมตร ตามลำดับ

ความสูงสันแปลงอ้อย มีขนาดตั้งแต่ 0 3 3.5 3.7 4 4.7 5 5.3 6.3 7.3 7.7 8 8.7 และ 9.30 เซนติเมตร ตามลำดับ

ความกว้างถนนหัวแปลงอ้อย มีขนาดตั้งแต่ 0 3.08 3.2 3.87 3.93 3.97 4.06 4.33 4.6 4.78 4.97 6.5 และ 6.80 เมตร ตามลำดับ

ความกว้างถนนท้ายแปลงอ้อย มีขนาดตั้งแต่ 0 3.42 3.86 3.87 3.9 4.28 4.66 4.67 และ 4.72 เมตร

สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลของหัวข้อที่ 3.2.1 3.2.2 และ 3.2.3 เป็นแปลงที่มีเครื่องหมาย * คือแปลงที่ 1 3 4 6 7 8 11 และ 13 ส่วนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลของหัวข้อที่ 3.2.4 3.2.5 และ 3.2.6 คือทุกแปลงตั้งแต่แปลงที่ 1 ถึงแปลงที่ 14

และตัวอย่างของสภาพของแปลงอ้อยที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัยนี้ดังแสดงในรูปที่ 4.3 4.4 และ 4.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.3 สภาพของแปลงอ้อยตัวอย่างก่อนการเก็บเกี่ยว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.4 สภาพของแปลงอ้อยตัวอย่างขณะทำการเก็บเกี่ยว

รูปที่ 4.5 สภาพของแปลงอ้อยตัวอย่างหลังการเก็บเกี่ยว

โดยงานวิจัยนี้ ได้เริ่มทำการทดสอบในกลางเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ในเขตพื้นที่ตำบลกวางโจน ตำบลโคกสะอาด ตำบลบ้านแก้ง ตำบลบ้านเพชร ตำบลหนองคอนไทย และตำบลผักบัง ที่อยู่ในเขตอำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ ตำบลนาหนองทุ่ม และตำบลบ้านธาตุ ที่อยู่ในเขตอำเภอแก้งคร้อ จังหวัดชัยภูมิ ตำบลโนนคูณ ที่อยู่ในเขตอำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ ตามลำดับ ซึ่งในช่วงระยะเวลาดังกล่าวนั้น อยู่ในช่วงของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดพามวล

อากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนเข้ามา ทำให้บริเวณพื้นที่ดังกล่าว มีอากาศหนาวเย็นและแห้ง โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 25.2 องศาเซลเซียส (ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, 11 มกราคม 2560) และในช่วงต้นเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ได้ทำการทดสอบในเขตพื้นที่ตำบลขัวเรียง และตำบลวังหินลาด ที่อยู่ในเขตอำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น อยู่ในช่วงของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเช่นกัน จึงมีมวลอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนเข้ามา ทำให้บริเวณพื้นที่ดังกล่าวมีอากาศหนาวเย็นและแห้ง โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 25.2 องศาเซลเซียส (ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, 7 กุมภาพันธ์ 2560)

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลสภาพของอ้อยในแต่ละแปลง

แปลงที่	ประเภทอ้อย	รูปแบบแถวปลูกอ้อย	ชนิดดินปลูก	ระยะห่างระหว่างร่อง (ซม)	ระยะห่างระหว่างแถว (ซม)	อายุในการเก็บเกี่ยว (เดือน)	ความชื้นของดินในแปลง (%)
1*	อ้อยปลูก	แถวคู่	ทราย	163	47	12	4.37
2	อ้อยตอ	แถวคู่	ทราย	161	52	12	4.59
3*	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ทราย	146	0	12	5.05
4*	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	เหนียว	141	0	12	5.69
5	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ทราย	139	0	12	4.18
6*	อ้อยปลูก	แถวคู่	เหนียว	140	40	12	5.02
7*	อ้อยตอ	แถวคู่	ทราย	143	45	12	3.71
8*	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ทราย	142	0	12	2.60
9	อ้อยปลูก	แถวคู่	ทราย	142	42	12	3.88
10	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	เหนียว	146	0	12	4.90
11*	อ้อยตอ	แถวคู่	เหนียว	175	47	12	5.64
12	อ้อยตอ	แถวคู่	เหนียว	162	51	12	6.16
13*	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	เหนียว	141	0	12	8.70
14	อ้อยปลูก	แถวคู่	เหนียว	164	42	12	6.35

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากตารางที่ 4.2 ที่แสดงให้ทราบถึงสภาพของอ้อยในแต่ละแปลงที่ใช้เป็นแปลงสำหรับการทดสอบ โดย* ที่แสดงในตารางหมายถึง แปลงตัวอย่างที่ใช้สำหรับการศึกษาในกรณีที่ 3.2.1 3.2.2 และ 3.2.3 และผลที่ได้พบว่า ประเภทของอ้อยมี 2 ประเภท คือ อ้อยปลูก และอ้อยตอ โดยทุกแปลงตัวอย่างนี้มีการปลูกโดยการใช้รถปลูกในการปลูกอ้อย มีรูปแบบของแถวในการปลูกอ้อย 2 ประเภท คือ ปลูกแบบแถวเดี่ยว และปลูกแบบแถวคู่ มีระยะระหว่างร่องปลูกอ้อย 139 เซนติเมตร ถึง 175 เซนติเมตร และระยะห่างของแถวปลูกอ้อยของการปลูกแบบแถวคู่ 39 เซนติเมตร ถึง 52 เซนติเมตร และดินในแปลงปลูกมี 2 ชนิด คือ ดินทราย กับดินเหนียว ที่อายุการเก็บเกี่ยว 12 เดือน ซึ่งมีปริมาณลำอ้อยต่อกอโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 4 ถึง 10 ลำต่อกอ และมีปริมาณความชื้น (ฐานเปียก) ของดินในแปลงอ้อยที่ทำการทดสอบเฉลี่ยที่ร้อยละ 5.06

จากการสำรวจสภาพของอ้อยในพื้นที่แปลงที่เป็นแปลงตัวอย่างสำหรับการทดสอบการเก็บเกี่ยวอ้อยของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนที่มีขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 3 เมตร แล้วนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อหาว่าลักษณะการปลูกอ้อยแบบแถวเดี่ยวกับแถวคู่ มีผลต่อจำนวนลำของอ้อยหรือไม่ ซึ่งผลของข้อมูลที่ได้เมื่อนำไปวิเคราะห์สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางของลักษณะแถวปลูกกับจำนวนลำอ้อย

Source	**DF**	**Adj SS**	**Adj MS**	**F-Value**	**P-Value**
Planting	1	74334782	74334782	3.71	0.090
stalks per grove	1	701250167	701250167	35.00	0.000
planting*stalks per grove	1	379262	379262	0.02	0.894
Error	8	160300379	20037547		
Total	11	936264589			

จากตารางที่ 4.3 พบว่า P-Value ของปัจจัยจำนวนลำของอ้อยต่อกอ มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า จำนวนลำของอ้อยต่อกอมีอิทธิพลต่อจำนวนลำอ้อยต่อพื้นที่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ลักษณะของแถวปลูกไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนลำต่อพื้นที่ เพราะมีค่า P-Value 0.09 ซึ่งมากกว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และปัจจัยร่วมระหว่าง ลักษณะของแถวปลูกอ้อยกับจำนวนลำอ้อยต่อกอที่มีค่า P-Value 0.894 ไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนลำต่อพื้นที่ เพราะมีค่า P-Value มากกว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

และเมื่อนำไปเปรียบเทียบแต่ละปัจจัยด้วยฟังก์ชัน Comparisons สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.4 ในส่วนของการเปรียบเทียบถึงความแตกต่างของลักษณะของแถวปลูกแบบแถวเดี่ยวกับแถวคู่ ผลที่ได้แสดงให้ทราบว่า ลักษณะของแถวปลูกอ้อย มีตัวอักษรที่แสดงความเป็นกลุ่มเดียวกัน (A) ทั้งแถวเดี่ยว กับ แถวคู่ นั่นหมายความว่าการปลูกอ้อยแบบแถวเดี่ยว หรือแถวคู่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบระดับของปัจจัยแถวปลูกด้วยฟังก์ชั่น Comparisons Grouping information usingthe tukey method and 95% confidence.

Planting	**N**	**Mean**	**Grouping**
Double	6	32355.6	A
Single	6	27377.8	A

2) ผลของการดำเนินการขณะทำการเก็บเกี่ยว

สำหรับผลที่เกิดจากการดำเนินการขณะทำการเก็บเกี่ยวของงานวิจัยนี้ คือ การบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของรถตัดอ้อย เพื่อการคำนวณหาความสามารถในการทำงาน และประสิทธิภาพในการทำงานของรถตัดอ้อย โดยสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพในการทำงานของรถตัดอ้อยในแต่ละแปลง

แปลงที่	ความเร็วในการทำงาน (กม/ชม)	พื้นที่เก็บเกี่ยวต่อ 1 คันรถบรรทุก (ไร่)	เวลาในการเก็บเกี่ยว (ชม)	ความสามารถทางทฤษฎี (ไร่/ชม)	ความสามารถในการทำงานจริง (ไร่/ชม)	ประสิทธิภาพการทำงาน (%)	อัตราการป้อน (กม/ชม)
1*	2.53	1.87	2.97	2.37	0.63	26.55	14971.98
2	2.90	2.23	1.29	2.72	1.73	63.58	15440.89
3*	4.50	2.00	0.52	4.22	3.85	91.17	24365.00
4*	2.92	1.73	1.34	2.74	1.29	47.16	23356.76
5	3.31	1.70	1.23	3.10	1.38	44.54	26524.13

* หมายถึง แปลงตัวอย่างที่ใช้สำหรับการศึกษาในกรณีที่ 3.2.1 3.2.2 และ 3.2.3

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพในการทำงานของรถตัดอ้อยในแต่ละแปลง (ต่อ)

แปลงที่	ความเร็วในการทำงาน (กม/ชม)	พื้นที่เก็บเกี่ยวต่อ 1 คันรถบรรทุก (ไร่)	เวลาในการเก็บเกี่ยว (ชม)	ความสามารถทางทฤษฎี (ไร่/ชม)	ความสามารถในการทำงานจริง (ไร่/ชม)	ประสิทธิภาพการทำงาน (%)	อัตราการป้อน (กม/ชม)
6*	3.24	1.95	1.32	3.04	1.48	48.63	13809.60
7*	3.40	1.56	0.52	3.19	3.00	94.12	17491.11
8*	3.28	1.81	1.23	3.08	1.47	47.86	18994.84
9	2.99	1.34	1.16	2.80	1.16	41.21	24248.90
10	4.00	2.81	1.32	3.75	2.13	56.77	29817.78
11*	3.60	1.57	1.17	3.38	1.34	39.76	31544.00
12	3.89	1.27	0.54	3.65	2.35	64.49	31854.78
13*	2.09	1.61	3.15	1.96	0.51	26.09	13931.01
14	4.00	1.64	0.59	3.75	2.78	74.12	31155.56
เฉลี่ย	**3.33**	**1.79**	**1.31**	**3.12**	**1.79**	**54.72**	**22679.02**

* หมายถึง แปลงตัวอย่างที่ใช้สำหรับการศึกษาในกรณีที่ 3.2.1 3.2.2 และ 3.2.3

จากตารางที่ 4.5 ที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการทำงานของรถตัดอ้อยในแต่ละแปลงนั้น พบว่า รถตัดอ้อยมีหน้ากว้างในการทำงาน 1.5 เมตร ความเร็วในการทำงานโดยเฉลี่ย 3.33 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขนาดของพื้นที่ในการทำงานเฉลี่ย 1.79 ไร่ มีเวลาในการเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 1.31 ชั่วโมง และเมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณ พบว่า รถตัดอ้อยมีความสามารถทางทฤษฎีเฉลี่ย 3.12 ไร่ต่อชั่วโมง มีความสามารถในการทำงานจริงเฉลี่ย 1.79 ไร่ต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ยร้อยละ 54.72 และมีอัตราการป้อนที่คำนวณจากสมการที่ (3.8) เฉลี่ย 22,679.02 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (โดยข้อมูลในตารางนี้ เป็นการบันทึกจากพื้นที่ที่รถตัดอ้อยทำการตัดอ้อยและลำเลียงท่อนอ้อยส่งบนรถบรรทุกเต็ม 1 คันรถบรรทุก เท่านั้น จึงทำให้ขนาดของพื้นที่ที่ปรากฏในตารางนี้ไม่ตรงกับพื้นที่ของแปลงทดสอบที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1)

ทั้งนี้ที่ประสิทธิภาพในการทำงานเฉลี่ยของรถตัดอ้อยที่ใช้ในการทดสอบต่ำนั้น เป็นผลสืบเนื่องมาจาก พื้นที่ในการทดสอบบางแปลงมีอุปสรรค เช่น บ่อน้ำ ตอไม้ ขนาดของหัวแปลง รูปร่างของแปลง และท้ายแปลงที่ไม่กว้างทำให้การหักเลี้ยวรถเป็นไปได้ช้า โดย Meyer E. & Govender N. (2002) ได้รายงานไว้ว่า ประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องจักร ผลผลิตอ้อย สภาพการเพาะปลูก และสภาพไร่

จากตารางที่ 4.5 หากพิจารณาเฉพาะความเร็วในการทำงานของรถตัดอ้อยของงานวิจัยนี้ สามารถสรุปได้ 2 กรณี คือ 1) รถตัดอ้อยสามารถใช้ความเร็วในการทำงานในแปลงที่เป็นดินทรายได้น้อยกว่าในแปลงที่เป็นดินเหนียว โดยสาเหตุที่ทำให้เป็นเช่นนี้ เพราะดินทราย เป็นดินที่ไม่มีโครงสร้าง มีลักษณะเป็นเม็ดเดี่ยว ๆ การเกาะตัวหรือยึดตัวของเม็ดดินต่ำทำให้เกิดการพังทลายของดินได้ง่าย (กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2562) จึงเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายกับรากอ้อย กออ้อย โดยเกิดการขาด การโยกคลอน หรือถอนโคนได้ง่ายกว่าในแปลงที่เป็นดินเหนียวที่มีการยึดเกาะกันของเม็ดดินมากกว่า และการบังคับรถในสภาพแปลงดินทรายทำได้ยากกว่าในแปลงดินเหนียว 2) รถตัดอ้อยสามารถใช้ความเร็วในการทำงานในแปลงที่ปลูกอ้อยแถวเดี่ยวได้เร็วกว่าในแปลงที่ปลูกอ้อยแถวคู่ เพราะในแปลงที่ปลูกแบบแถวเดี่ยวจะมีปริมาณความหนาแน่นของอ้อยน้อยกว่าในแปลงที่ปลูกแบบแถวคู่ ทำให้การบังคับรถในการเก็บเกี่ยวทำได้ง่ายกว่านั่นเอง

และพบว่า ความเร็วในการทำงานขอรถตัดอ้อยในแปลงที่ 4 (2.92 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และแปลงที่ 13 (2.09 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) เป็นความเร็วที่ต่ำกว่าในแปลงอื่น ๆ นั้น เพราะว่ามีบ่อน้ำอยู่ในแปลง ทำให้ต้องมีการหยุด เพื่อหักเลี้ยว

3) ผลของการดำเนินการภายหลังการเก็บเกี่ยว

สำหรับผลที่เกิดจากการดำเนินการภายหลังการทำการเก็บเกี่ยวของงานวิจัยนี้ คือ การบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการสูญเสียเชิงปริมาณจากการทำงานของรถตัดอ้อยที่ทำให้อ้อยค้างอยู่ในไร่ ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.6 ผลของการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

การทดสอบที่	ปัจจัยที่ทำการศึกษา			อ้อยที่สูญเสียจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย (กก/ไร่)			
	ประเภทอ้อย	แถวอ้อย	ชนิดดิน	มีดตัดโคน	โรลเลอร์	พัดลม	สะพานลำเลียง
1	อ้อยปลูก	เดี่ยว	ทราย	600	63.83	59.57	140.43
2	อ้อยตอ	เดี่ยว	ทราย	108.51	510.64	74.47	82.98
3	อ้อยปลูก	คู่	ทราย	1,108.51	117.02	95.74	219.15
4	อ้อยตอ	คู่	ทราย	172.34	63.83	63.83	59.57
5	อ้อยปลูก	เดี่ยว	เหนียว	229.79	236.17	6.38	91.49
6	อ้อยตอ	เดี่ยว	เหนียว	510.64	765.96	42.55	119.15
7	อ้อยปลูก	คู่	เหนียว	368.09	72.34	8.51	53.19
8	อ้อยตอ	คู่	เหนียว	163.83	93.62	76.6	68.09
9	อ้อยปลูก	เดี่ยว	ทราย	742.55	251.06	19.15	100
10	อ้อยตอ	เดี่ยว	ทราย	146.81	161.7	119.15	208.51
11	อ้อยปลูก	คู่	ทราย	1,000.00	470.21	108.51	202.13
12	อ้อยตอ	คู่	ทราย	319.15	0	40.43	208.51
13	อ้อยปลูก	เดี่ยว	เหนียว	308.51	1000	44.68	55.32
14	อ้อยตอ	เดี่ยว	เหนียว	312.77	534.04	78.72	163.83
15	อ้อยปลูก	คู่	เหนียว	63.83	310.64	8.51	112.77
16	อ้อยตอ	คู่	เหนียว	125.53	131.91	23.4	29.79
17	อ้อยปลูก	เดี่ยว	ทราย	410.64	202.13	63.83	193.62
18	อ้อยตอ	เดี่ยว	ทราย	170.21	236.17	100	212.77
19	อ้อยปลูก	คู่	ทราย	721.28	0	87.23	31.91
20	อ้อยตอ	คู่	ทราย	223.4	323.4	63.83	25.53
21	อ้อยปลูก	เดี่ยว	เหนียว	461.7	414.89	0	148.94
22	อ้อยตอ	เดี่ยว	เหนียว	331.91	627.66	65.96	140.43

ตารางที่ 4.6 ผลของการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน (ต่อ)

การทดสอบที่	ปัจจัยที่ทำการศึกษา			อ้อยที่สูญเสียจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย (กก/ไร่)			
	ประเภทอ้อย	แถวอ้อย	ชนิดดิน	มีดตัดโคน	โรลเลอร์	พัดลม	สะพานลำเลียง
23	อ้อยปลูก	คู่	เหนียว	85.11	57.45	12.77	155.32
24	อ้อยตอ	คู่	เหนียว	131.91	0	112.77	114.89
เฉลี่ย				**367.38**	**195.88**	**57.36**	**122.43**

A) ผลการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยระหว่างการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนจากแปลงขึ้นรถบรรทุก

พบว่า อ้อย 1 ลำ มีส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้ประมาณ (เมื่อตัดยอดทิ้งแล้ว) 2.5 เมตร

อ้อยหนึ่งท่อนที่ได้จากรถตัดอ้อยรถตัดอ้อยยาว 10–15 ซม./ท่อน

ดังนั้น

อ้อย 1 ลำ ตัดได้ประมาณ 17 ท่อน

ข้อมูลการทดสอบภาคสนามตามตารางที่ 4.4 พบว่า การสูญเสียที่เกิดจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย โดยเฉลี่ยมีดังนี้

มีดตัดโคน	367.38	กิโลกรัม/ไร่
โรลเลอร์ลำเลียง	195.88	กิโลกรัม/ไร่
พัดลมทำความสะอาด	57.36	กิโลกรัม/ไร่
สะพานลำเลียงขึ้นรถบรรทุก	122.43	กิโลกรัม/ไร่
รวมทั้งหมด	743.05	กิโลกรัม/ไร่

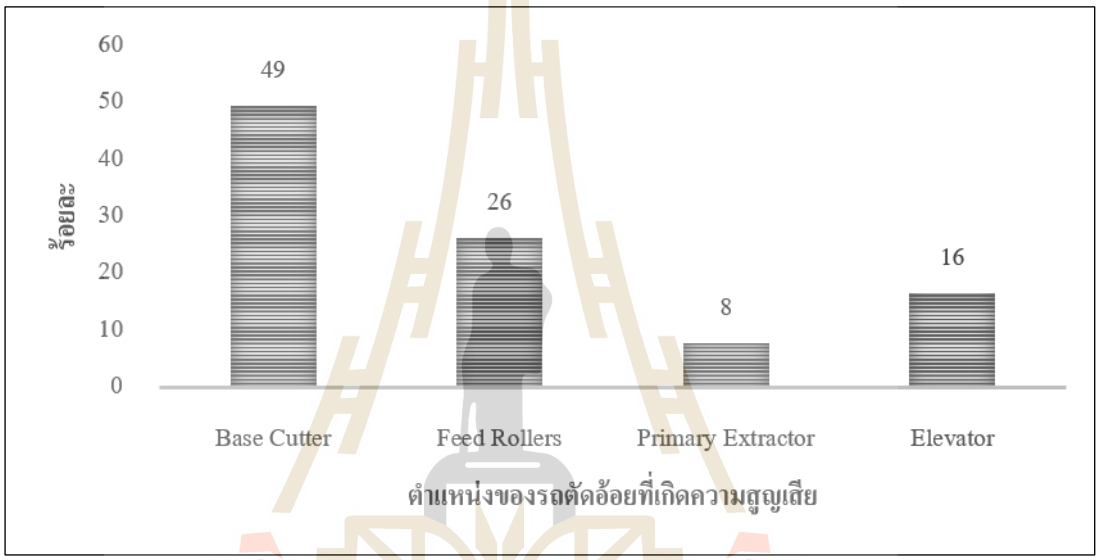
ดังนั้น

อ้อย 1 ลำ ที่ถูกตัดด้วยรถตัดอ้อยจะสูญเสียไปกับ

มีดตัดโคน	ร้อยละ	1.69
โรลเลอร์ลำเลียง	ร้อยละ	0.9
พัดลมทำความสะอาด	ร้อยละ	0.36
สะพานลำเลียง	ร้อยละ	0.56
เหลือ อ้อย	ร้อยละ	96.59

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

และเมื่อพิจารณาเฉพาะส่วนที่สูญเสียอ้อย จะสามารถแยกลักษณะของการสูญเสียอ้อยที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ได้ดังรูปที่ 4.6 ที่แสดงให้ทราบถึงตำแหน่งของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนที่มีการสูญเสียอ้อย โดยสามารถเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ ร้อยละ 49 เป็นการสูญเสียจากชุดมีดตัดโคน ร้อยละ 26 เป็นการสูญเสียที่ชุดโรลเลอร์ลำเลียง ร้อยละ 16 เป็นการสูญเสียที่ระบบสะพานลำเลียง และร้อยละ 8 เป็นการสูญเสียที่ชุดพัดลมทำความสะอาด โดยพบว่า



รูปที่ 4.6 ตำแหน่งการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนที่พบการสูญเสียอ้อย

ร้อยละ 49 ของการสูญเสียอ้อยที่เกิดจากการควบคุมการทำงานของชุดมีดตัดโคน ซึ่งเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ของคนขับรถในการควบคุมระดับความ สูง-ต่ำ ของการตัดโคนอ้อย และการปรับระดับของพื้นที่ของแปลงอ้อยที่มีความลาดเอียงมีแนวโน้มเกิดการสูญเสียในกระบวนการตัดโคนอ้อยมากกว่าพื้นที่ในแปลงอ้อยที่มีลักษณะราบ เพราะความลาดเอียงของพื้นที่ของแปลงอ้อยมีผลทำให้ชุดมีดตัดโคนของรถตัดอ้อยไม่สามารถตัดอ้อยในแนวระดับได้

ร้อยละ 26 ของการสูญเสียอ้อยที่เกิดจากกระบวนการลำเลียงอ้อยของชุดโรลเลอร์ลำเลียง มีสาเหตุมาจากระบบการทำงานของชุดมีดตัดโคนกับชุดโรลเลอร์ลำเลียงมีการทำงานที่สัมพันธ์กัน คือถ้าชุดมีดตัดโคนสามารถตัดอ้อยได้มาก ชุดโรลเลอร์ลำเลียงก็จะปรับความเร็วรอบให้สูงขึ้น เพื่อลำเลียงอ้อยไปยังชุดมีดสับท่อน โดยไม่มีปัญหาการสูญเสียอ้อยขณะลำเลียง แต่หากเกิดการสูญเสียอ้อยที่ตำแหน่งนี้ แสดงว่าเกิดความบกพร่องในการทำงานของ

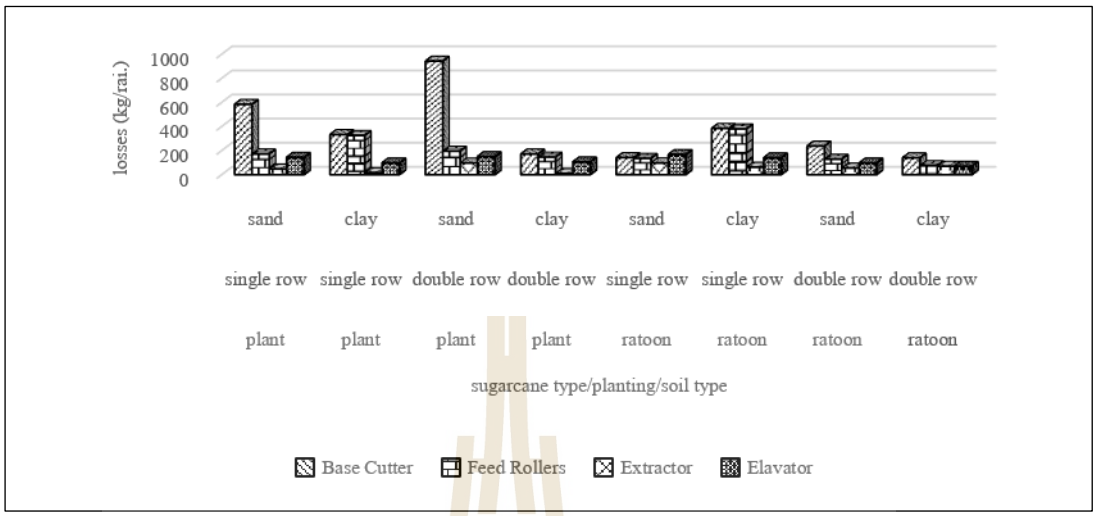
ความสัมพันธ์ของชุดมีดตัดโคนกับชุดโรลเลอร์ลำเลียง และปัญหาจากลักษณะของลำอ้อยที่อาจมีความโค้งงอ ทำให้มีการวางตัวขวางทางในการลำเลียงอ้อยลำอื่น ๆ ซึ่งอาจส่งผลให้ลำอ้อยลำนั้น ๆ หัก ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านชุดโรลเลอร์ลำเลียงไปได้ และเกิดการล่วงหล่นลงในแปลงอ้อยนั่นเอง

ร้อยละ 16 ของการสูญเสียอ้อยที่สะพานลำเลียง โดยมีสาเหตุมาจากการควบคุมระยะห่างระหว่างรถตัดอ้อยกับรถบรรทุกของคนขับรถตัดอ้อยและคนขับรถบรรทุกให้สามารถลำเลียงอ้อยที่ถูกตัดเป็นท่อนแล้วส่งไปยังรถบรรทุก เพราะเมื่อพื้นที่ของแปลงอ้อยมีความลาดเอียงระยะห่างระหว่างรถตัดอ้อยและรถบรรทุกโดยเฉพาะตำแหน่งการวิ่งคู่ขนานกันของรถทั้งสองจะเกิดความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งปกติซึ่งส่งผลให้เกิดความสูญเสียจากการหล่นของอ้อยขณะลำเลียงขึ้นรถบรรทุกได้

ร้อยละ 8 ของการสูญเสียอ้อยที่เกิดจากกระบวนการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาด มีสาเหตุมาจากการควบคุมความเร็วรอบของพัดลมใหญ่ในการทำความสะอาดท่อนอ้อย ไม่เหมาะสมกับปริมาณอ้อยในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยนั่นเอง

โดยมีรายงานจาก Viator et al. (2007) ระบุว่า รถตัดอ้อยจะทำงานได้ดีภายใต้สภาวะที่เหมาะสมด้วยความเร็วของชุดพัดลมทำความสะอาดที่ 1,050 รอบต่อนาที แต่ประสิทธิภาพของการทำงานจะลดลงภายใต้สภาวะที่ไม่เหมาะสม โดยไม่ขึ้นอยู่กับความเร็วของพัดลม และนอกจากนี้การเพิ่มการตั้งค่าความเร็วรอบของชุดพัดลมทำความสะอาดสามารถลดปริมาณของท่อนอ้อยภายนอก แต่ความเร็วของชุดพัดลมทำความสะอาดที่มากเกินไปสามารถเพิ่มปริมาณของท่อนอ้อยที่สูญเสียออกนอกระบบได้เช่นกัน (Richard, Jackson and Waguespack, 2001)

และในการสูญเสียอ้อยที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนนั้น จะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไป นอกจากระบบของกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยประกอบคือ ประเภทของอ้อย แถวปลูกอ้อย และชนิดของดินปลูกอ้อย ด้วยเช่นกัน ดังได้แสดงให้เห็นในรูปที่ 4.7 ที่แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ซึ่งพบว่า ในทุก ๆ แปลงตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลมีแนวโน้มของการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนเหมือนกัน โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ชุดมีดตัดโคน ชุดโรลเลอร์ลำเลียง ชุดสะพานลำเลียง และชุดพัดลมทำความสะอาด และรูปที่ 4.8 จะแสดงถึงผลของความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย



รูปที่ 4.7 แนวโน้มของการสูญเสียอ้อยที่เกิดจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

(ก)

(ข)

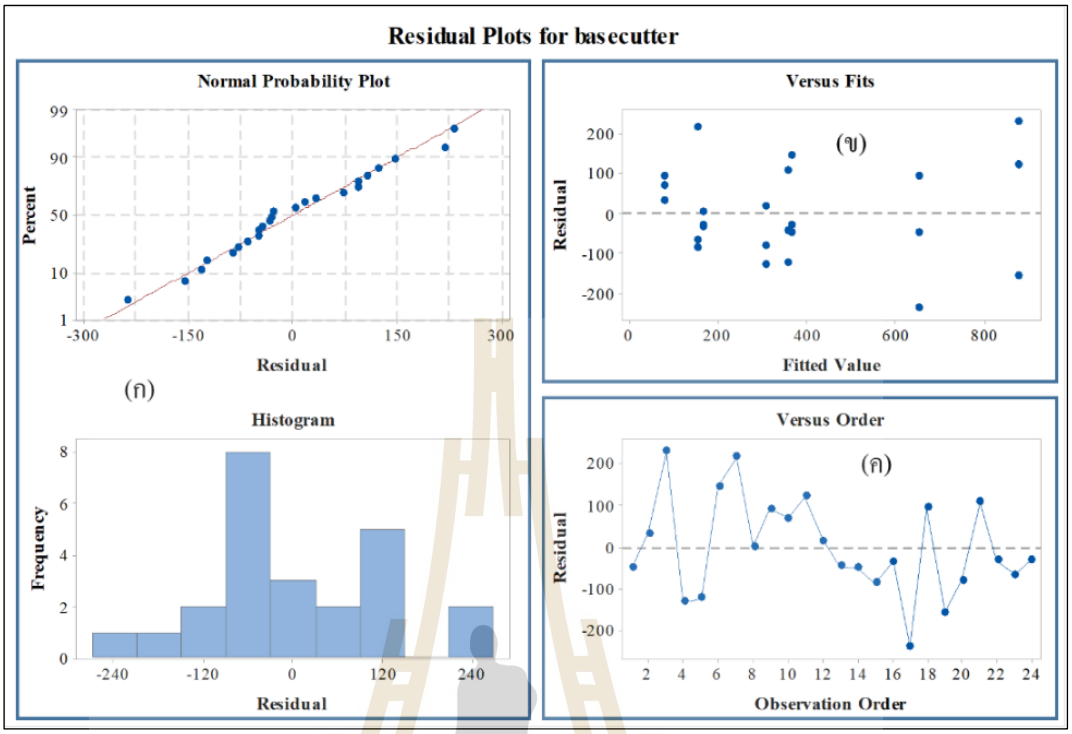
(ค)

(ง)

รูปที่ 4.8 ความสูญเสียของอ้อยที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน
(ก) ความสูญเสียจากชุดมีดตัดโคน
(ข) ความสูญเสียจากสะพานลำเลียง
(ค) ความสูญเสียจากโรลเลอร์ลำเลียง และ
(ง) ความสูญเสียจากชุดพัดลมทำความสะอาด

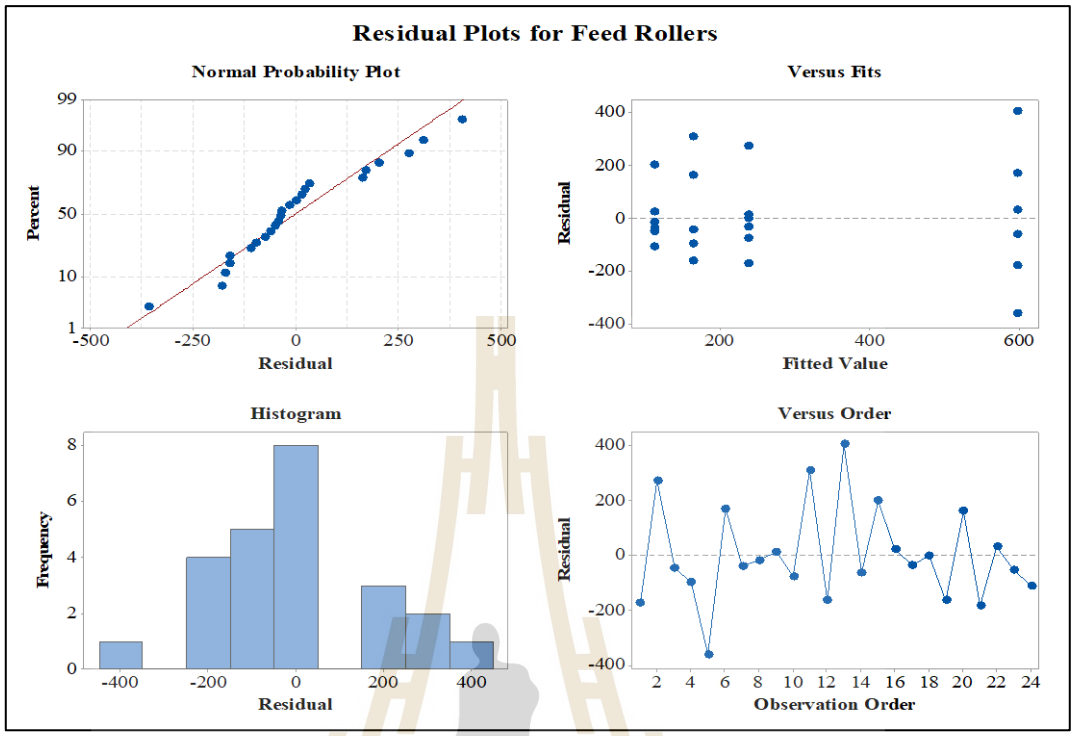
โดยที่ปริมาณของการสูญเสียอ้อยในแต่ละกระบวนการทำงานนั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของสภาพอ้อย สภาพพื้นที่ของแปลงอ้อยแต่ละแปลง

a) ผลการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด รูปที่ 4.9 4.10 4.11 และ 4.12 คือรูปที่แสดงถึงการนำผลการทดสอบที่ได้จากการออกแบบการทดสอบมาวิเคราะห์ค่าส่วนตกค้าง (Residual) ด้วยโปรแกรม Minitab 18 พบว่า (ก) แบบจำลองของทุกค่าการตอบสนองไม่มีความผิดปกติแต่อย่างใด เพราะมีการกระจายตัวของข้อมูลหรือค่าส่วนตกค้างเป็นแบบปกติ เนื่องจากจุดของค่าต่าง ๆ อยู่บริเวณใกล้เส้น Ideal Normal (ข) ข้อมูลแต่ละทรีตเมนต์มีความผันแปรสม่ำเสมอรอบค่าศูนย์ และ (ค) ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีลักษณะการสุ่มและมีการกระจายอย่างสมมาตรรอบค่าศูนย์ แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของการแปรปรวน



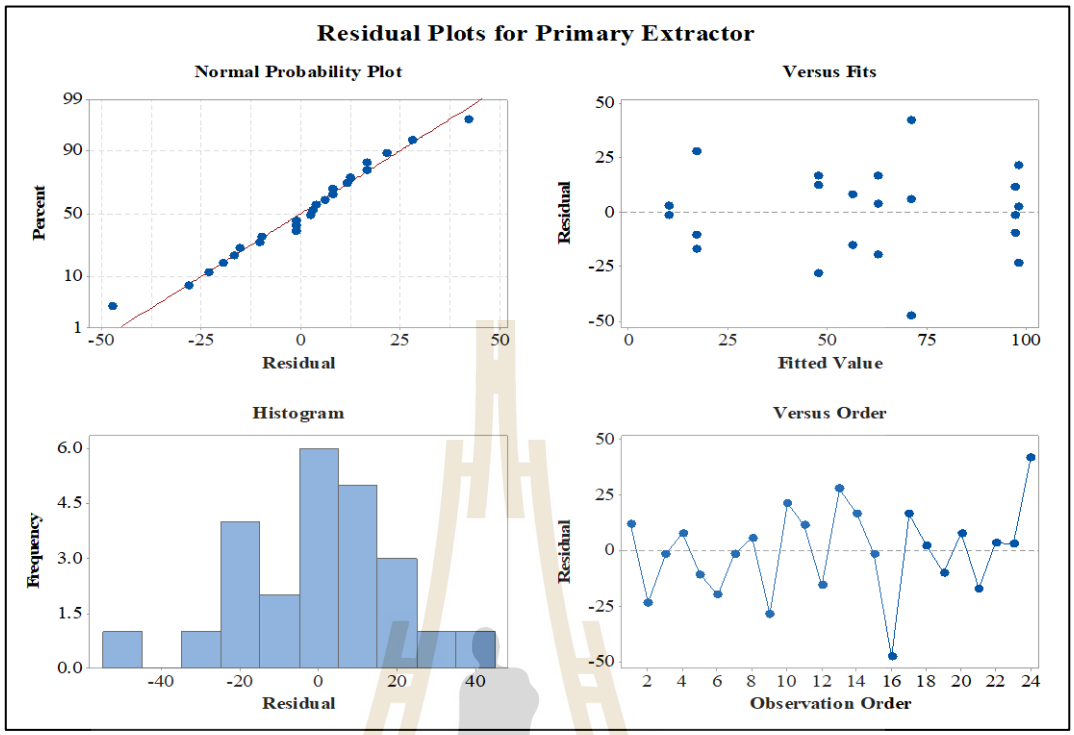
รูปที่ 4.9 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับ
การสูญเสียจากชุดมีดตัดโคน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



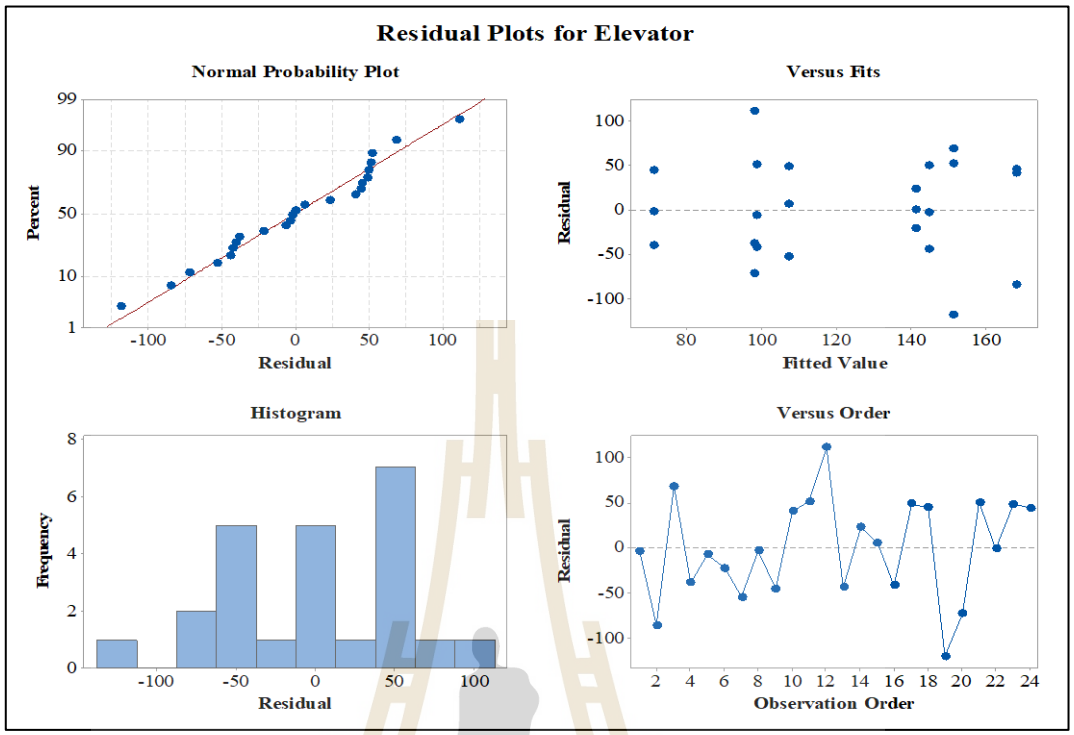
รูปที่ 4.10 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับการสูญเสียจากระบบโรลเลอร์ลำเลียง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.11 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับการสูญเสียจากพัดลมทำความสะอาด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.12 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับการสูญเสียจากสะพานลำเลียง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

b) การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยการพิจารณาจากค่า P-value ในตารางที่ 4.7 ถึงตารางที่ 4.10 ที่ได้จากผลการวิเคราะห์เชิงสถิติของโปรแกรม Minitab 18 เพื่อเปรียบเทียบกับค่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด (p = 0.05) ดังนี้

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียจากชุดมีดตัดโคน

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	1554969	310994	17.75	0
Linear	3	765942	255314	14.57	0
sugarcane type	1	476862	476862	27.22	0
Planting	1	924	924	0.05	0.821
soil type	1	288156	288156	16.45	0.001
2-Way Interactions	2	789026	394513	22.52	0
sugarcane type*soil type	1	511035	511035	29.17	0
planting*soil type	1	277991	277991	15.87	0.001
Error	18	315379	17521		
Lack-of-Fit	2	56899	28449	1.76	0.204
Pure Error	16	258480	16155		
Total	23	1870347			

จากตารางที่ 4.7 ที่แสดงถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียอ้อยจากการตัดตอสูงของกระบวนการทำงานของชุดมีดตัดโคน โดยพบว่า ประเภทของอ้อย และชนิดของดินปลูกอ้อย มีอิทธิพลต่อปริมาณการสูญเสียอ้อยจากการตัดตอสูงของชุดตัดมีดโคนอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในลักษณะของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม และยังพบว่า แถวปลูกของอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อย มีอิทธิพลต่อปริมาณการสูญเสียอ้อยจากการตัดตอสูงของชุดมีดตัดโคนอย่างมีนัยสำคัญ ในลักษณะของปัจจัยร่วม

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียจากชุดโรลเลอร์ลำเลียง

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	865756	288585	8.09	0.001
Linear	2	613260	306630	8.59	0.002
Planting	1	471473	471473	13.21	0.002
soil type	1	141787	141787	3.97	0.06
2-Way Interactions	1	252497	252497	7.08	0.015
planting*soil type	1	252497	252497	7.08	0.015
Error	20	713640	35682		
Lack-of-Fit	4	52659	13165	0.32	0.861
Pure Error	16	660981	41311		
Total	23	1579396			

จากตารางที่ 4.8 ที่แสดงถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียง พบว่า ลักษณะของแถวปลูก มีอิทธิพลต่อปริมาณการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียงอย่างมีนัยสำคัญ ในลักษณะของปัจจัยหลัก และยังพบว่า ลักษณะของแถวปลูกอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อย มีอิทธิพลต่อปริมาณการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียงอย่างมีนัยสำคัญ ในลักษณะของปัจจัยร่วม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียจากพัดลมทำความสะอาด

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	22231.3	3175.89	5.83	0.002
Linear	3	12216.3	4072.09	7.48	0.002
sugarcane type	1	5012.1	5012.13	9.21	0.008
Planting	1	31.9	31.9	0.06	0.812
soil type	1	7172.2	7172.24	13.17	0.002
2-Way Interactions	3	5714.4	1904.8	3.5	0.04
sugarcane type*planting	1	2159.4	2159.36	3.97	0.064
sugarcane type*soil type	1	3539.8	3539.78	6.5	0.021
planting*soil type	1	15.2	15.25	0.03	0.869
3-Way Interactions	1	4300.6	4300.6	7.9	0.013
sugarcane type*planting*soil type	1	4300.6	4300.6	7.9	0.013
Error	16	8710.4	544.4		
Total	23	30941.7			

จากตารางที่ 4.9 ที่แสดงถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาด พบว่า ชนิดของดินปลูกอ้อย มีอิทธิพลต่อปริมาณการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาดอย่างมีนัยสำคัญ ในลักษณะของปัจจัยหลัก และยังพบว่า ประเภทของอ้อย ลักษณะของแถวปลูกอ้อย และชนิดของดินปลูกอ้อย มีอิทธิพลต่อปริมาณการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาดอย่างมีนัยสำคัญ ในลักษณะของปัจจัยร่วม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

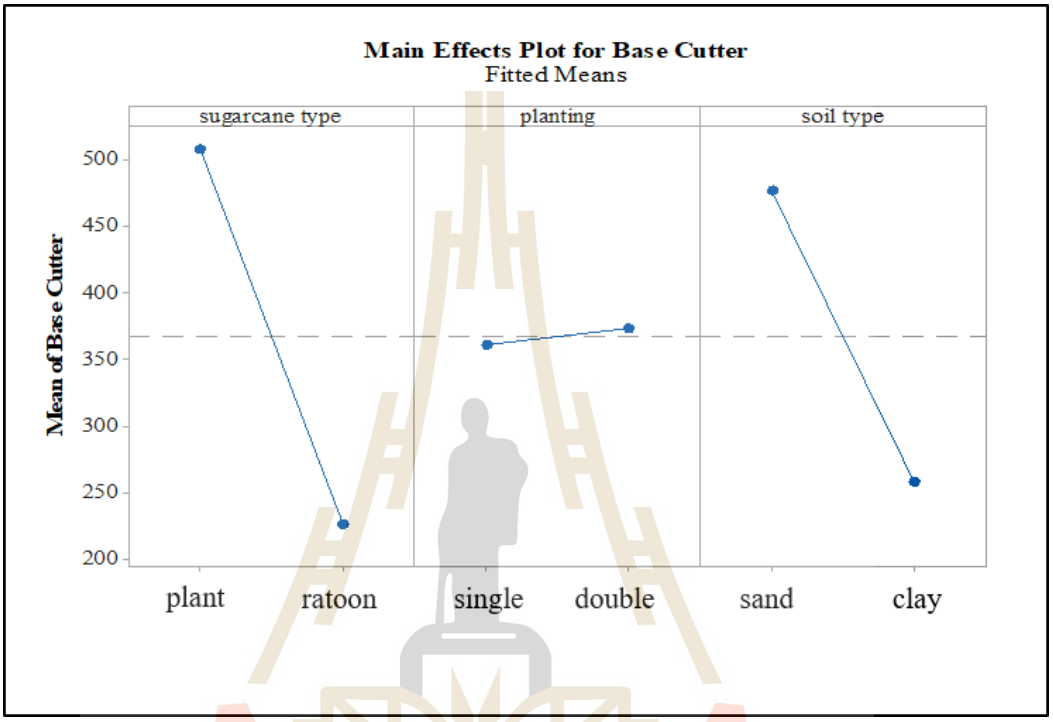
ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียจากสะพานลำเลียง

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	23428.7	3346.95	0.76	0.624
Linear	3	13888	4629.32	1.06	0.394
sugarcane type	1	205.5	205.45	0.05	0.831
Planting	1	5910.1	5910.11	1.35	0.262
soil type	1	7772.4	7772.4	1.78	0.201
2-Way Interactions	3	9539	3179.67	0.73	0.551
sugarcane type*planting	1	9046.6	9046.61	2.07	0.17
sugarcane type*soil type	1	490.7	490.69	0.11	0.742
planting*soil type	1	1.7	1.71	0	0.984
3-Way Interactions	1	1.7	1.7	0	0.985
sugarcane type*planting*soil type	1	1.7	1.7	0	0.985
Error	16	70018.9	4376.18		
Total	23	93447.6			

จากตารางที่ 4.10 ที่แสดงถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดสะพานลำเลียง พบว่า ไม่มีปัจจัยใดที่ผู้วิจัยทำการศึกษามีอิทธิพลต่อปริมาณการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดสะพานลำเลียงอย่างมีนัยสำคัญทั้งในลักษณะของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

c) การวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนอง เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยหลัก (Main) และปัจจัยร่วม (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ถึงรูปที่ 4.18 พบว่า



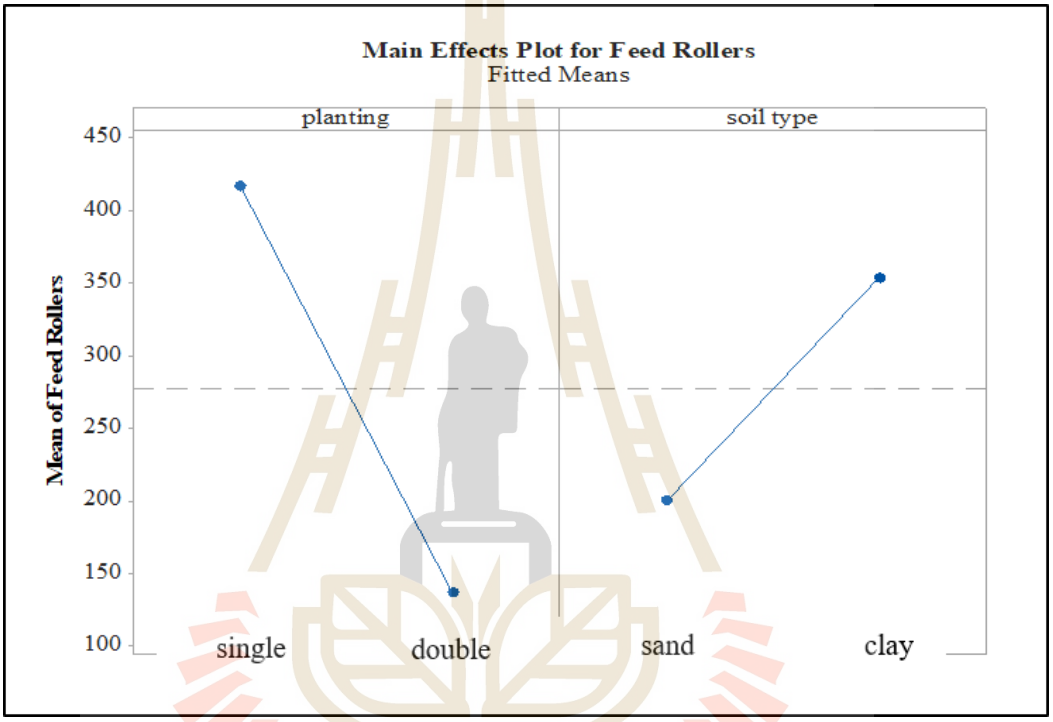
รูปที่ 4.13 ผลของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียจากการชุดมีดตัดโคน

จากรูปที่ 4.13 ที่แสดงถึงผลกระทบของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียจากชุดมีดตัดโคนของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน พบว่า ในการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนนั้น หากทำการตัดอ้อยในแปลงอ้อยปลูกจะมีการสูญเสียจากการตัดตอสูงของชุดมีดตัดโคนมากกว่าในแปลงอ้อยตอ หรือหากทำการตัดอ้อยในแปลงที่ปลูกแบบแถวคู่จะมีการสูญเสียจากการตัดตอสูงของชุดมีดตัดโคนมากกว่าทำการตัดอ้อยในแปลงที่ปลูกแบบแถวเดี่ยว และเมื่อทำการตัดอ้อยในแปลงดินทรายจะมีการสูญเสียจากการตัดตอสูงของชุดมีดตัดโคนมากกว่าการตัดอ้อยในแปลงดินเหนียว

โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียจากชุดมีดตัดโคนเมื่อเก็บเกี่ยวในแปลงอ้อยปลูกที่เป็นดินทรายสูงนั้น เนื่องมาจากอนุภาคของดินทรายที่ยึดเกาะกันแบบหลวม ๆ จึงทำให้เกิดการโยกของกออ้อย หรือการถอนกออ้อยได้ง่ายกว่านั่นเอง และการควบคุมการทำงานของ

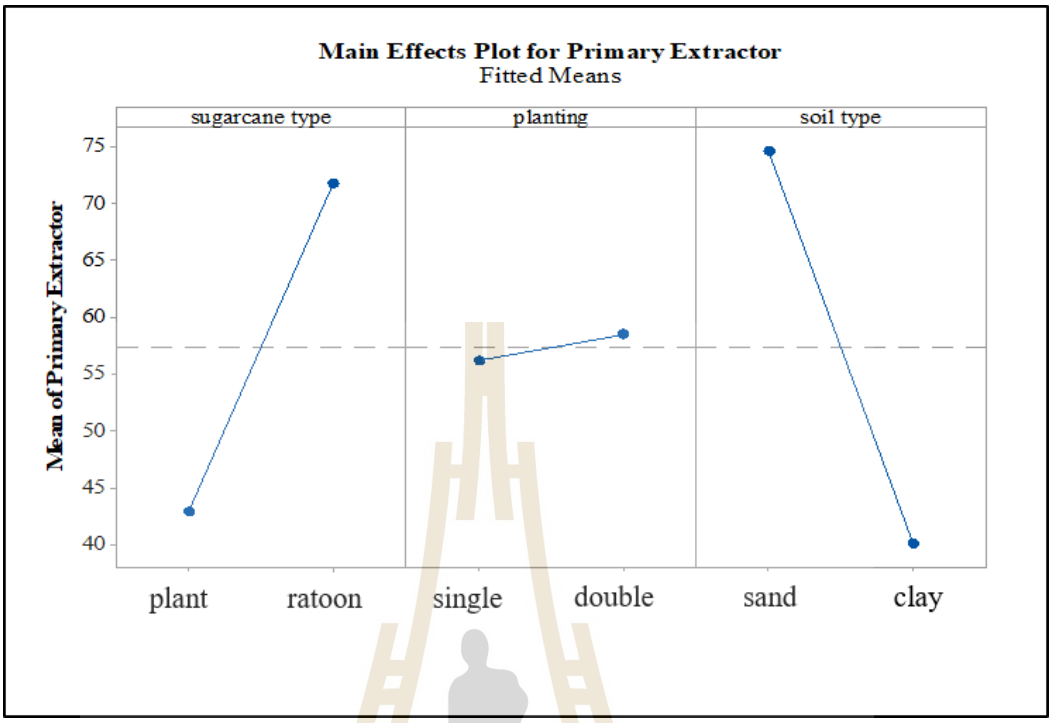
รถตัดอ้อยในแปลงดินทรายยังสามารถทำได้ยากกว่าในแปลงดินเหนียว จึงทำให้เกิดการสูญเสียของอ้อยในแปลงดินทรายมากกว่าในแปลงดินเหนียวนั่นเอง

ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Salvi, Matos & Milan (2007) ที่ระบุว่าการใช้อุปกรณ์ควบคุมจะมีประโยชน์ในการรักษาระดับความสูงของชุดมีดตัดโคนต่อการตัดที่ต่ำลง แต่ได้รับอิทธิพลจากสภาพการเพาะปลูก



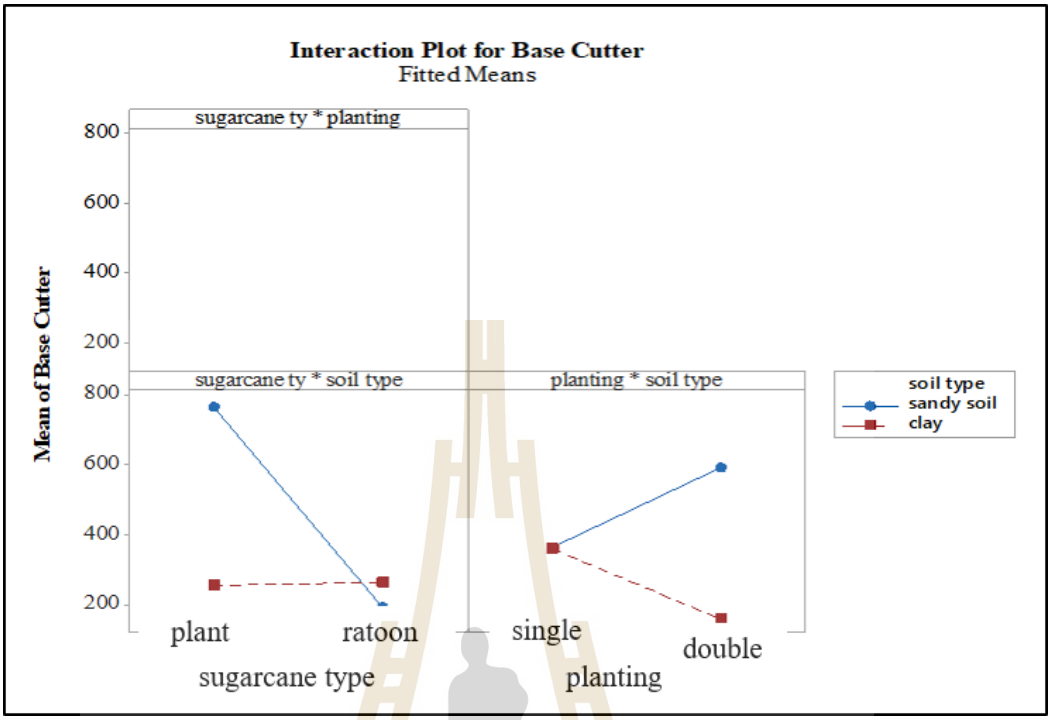
รูปที่ 4.14 ผลของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียจากชุดโรลเลอร์ลำเลียง

จากรูปที่ 4.14 ที่แสดงถึงผลกระทบของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียง พบว่า ในการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน หากทำการตัดอ้อยในแปลงที่ปลูกแบบแถวเดี่ยวจะมีการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการของชุดโรลเลอร์ลำเลียงมากกว่าการตัดอ้อยในแปลงที่ปลูกแบบแถวคู่ และหากตัดอ้อยที่ปลูกในแปลงดินเหนียวจะมีการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียงมากกว่าการตัดอ้อยในแปลงดินทราย



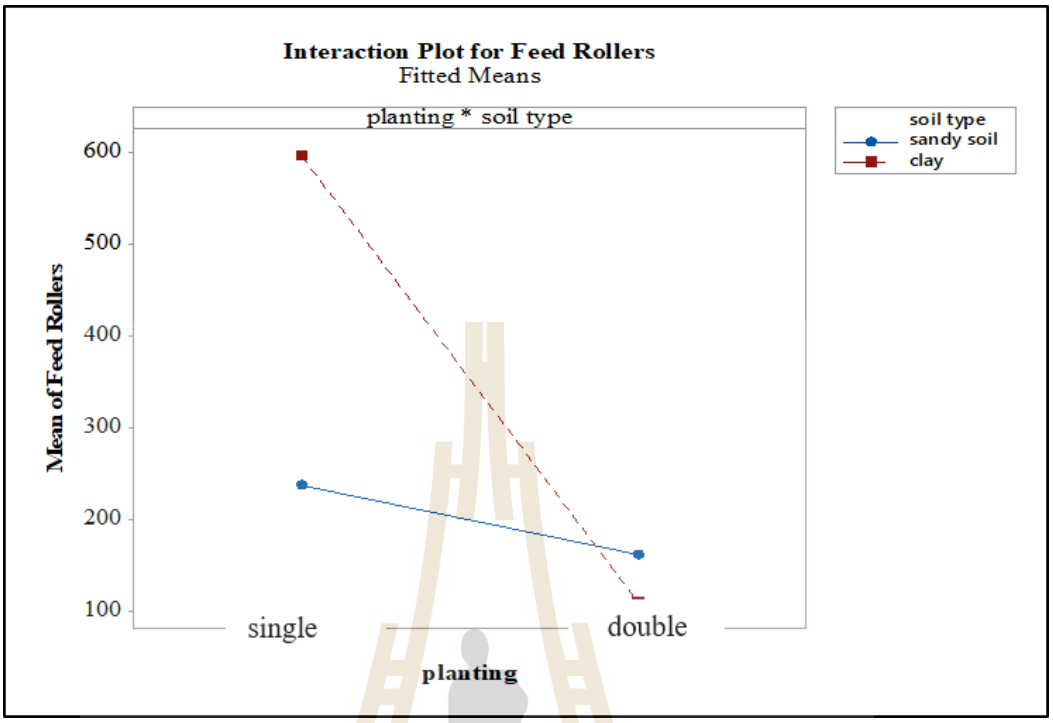
รูปที่ 4.15 ผลของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียจาก
ชุดพัดลมทำความสะอาด

จากรูปที่ 4.15 ที่แสดงถึงผลกระทบของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาด พบว่า ในการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน หากตัดอ้อยในแปลงอ้อยตอจะมีการสูญเสียอ้อยจากชุดพัดลมทำความสะอาดมากกว่าการตัดอ้อยในแปลงอ้อยปลูก หรือหากตัดอ้อยในแปลงที่ปลูกแบบแถวคู่จะมีการสูญเสียอ้อยจากชุดพัดลมทำความสะอาดมากกว่าการตัดอ้อยในแปลงที่ปลูกแบบแถวเดี่ยว และหากตัดอ้อยในแปลงดินทรายจะมีการสูญเสียอ้อยจากชุดพัดลมทำความสะอาดมากกว่าการตัดอ้อยในแปลงดินเหนียว



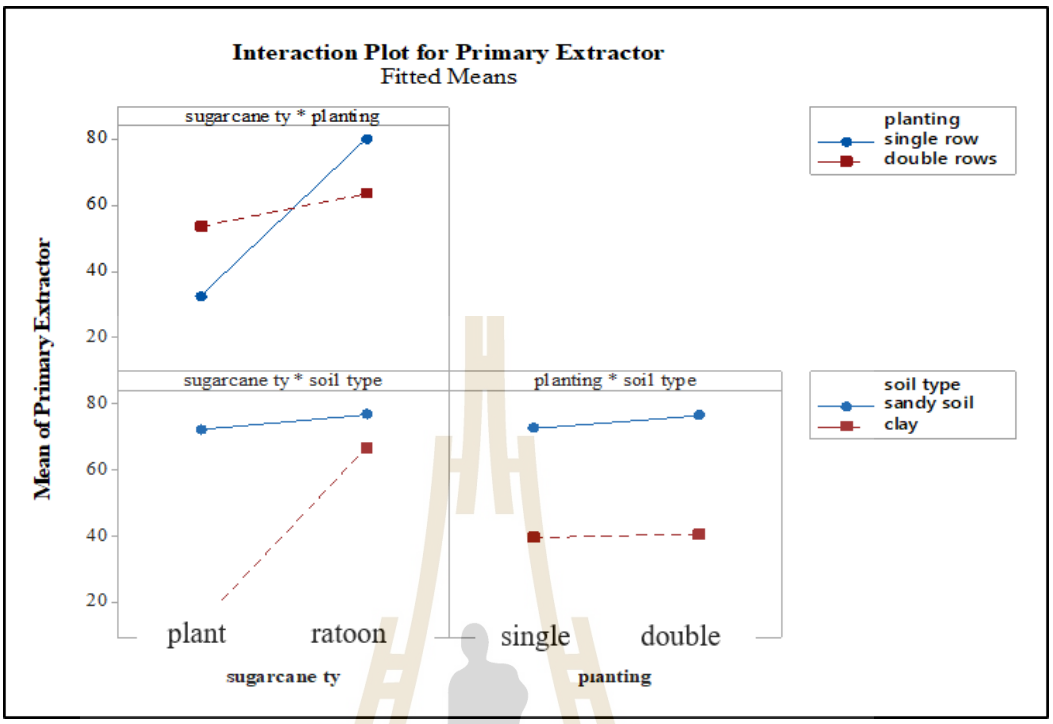
รูปที่ 4.16 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่อการสูญเสียจากชุดมีดตัดโคน

จากรูปที่ 4.16 ที่แสดงถึงผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่อการสูญเสียอ้อยจากชุดมีดตัดโคน พบว่า การสูญเสียอ้อยจากกระบวนการของชุดมีดตัดโคนนั้นเกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย ประเภทของอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อย และลักษณะแถวปลูกอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อย เพราะเส้นที่เชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของปัจจัยทั้ง 2 ชุด มีจุดตัดกัน จึงส่งผลทำให้ปัจจัยทั้ง 2 ชุด มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลง หากพิจารณาที่ชุดของปัจจัยประเภทของอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อย จะพบว่า ประเภทของอ้อยปลูกมีช่วงของความสูญเสียอ้อยจากการตัดตอสูงของชุดมีดตัดโคนระหว่างแปลงดินทรายกับแปลงดินเหนียวกว้างกว่าประเภทของอ้อยตอ โดยพบการสูญเสียอ้อยจากชุดมีดตัดโคนมากที่สุดในแปลงดินทราย ที่เป็นอ้อยปลูก และหากพิจารณาที่ชุดของปัจจัยแถวปลูกอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อย จะพบว่า แถวปลูกอ้อยที่เป็นแถวคู่มีช่วงของความสูญเสียอ้อยจากการตัดตอสูงของชุดมีดตัดโคนระหว่างแปลงดินทรายกับแปลงดินเหนียวกว้างกว่าแถวปลูกอ้อยที่เป็นแถวเดี่ยว โดยพบการสูญเสียอ้อยจากชุดมีดตัดโคนมากที่สุดในแปลงดินทราย



รูปที่ 4.17 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่อการสูญเสียจาก
ชุดโรลเลอร์ลำเลียง

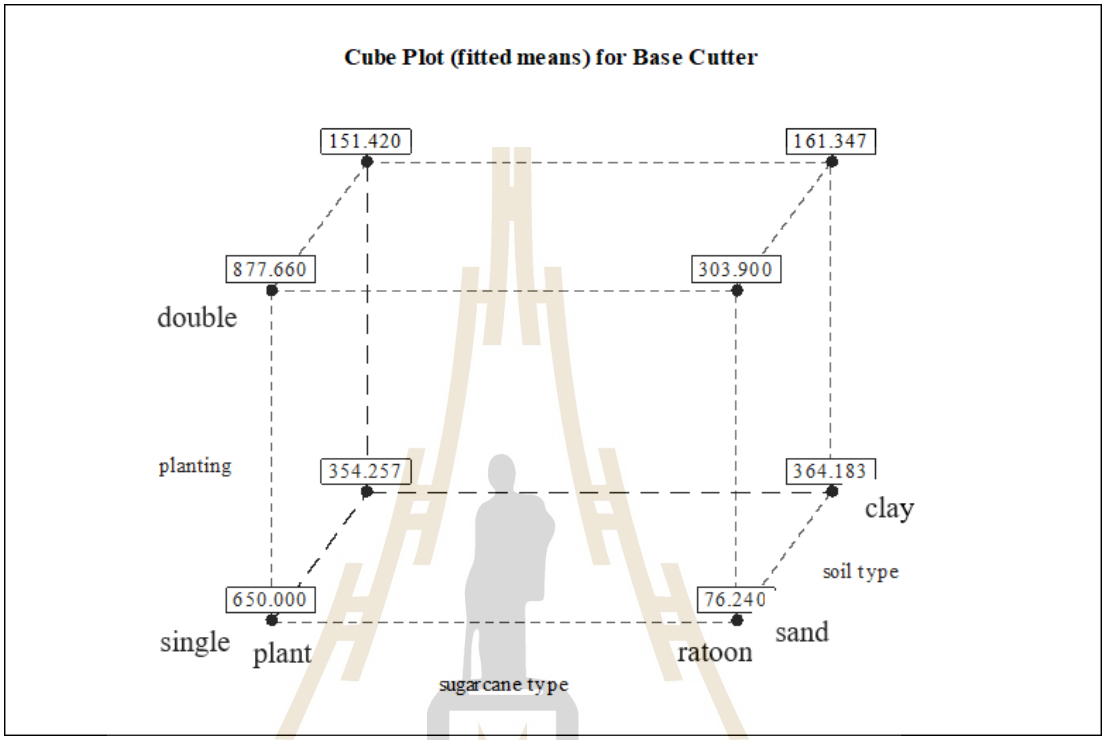
จากรูปที่ 4.17 ที่แสดงถึงผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีต่อการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียง พบว่า การสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียงนั้นเกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยแถวปลูกอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อย เพราะเส้นที่เชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีจุดตัดกัน จึงส่งผลทำให้ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลง หากพิจารณาจะพบว่า แถวปลูกอ้อยที่เป็นแถวเดี่ยวมีช่วงของความสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียงระหว่างแปลงดินทรายกับแปลงดินเหนียวกว้างกว่าแถวปลูกอ้อยที่เป็นแถวคู่ โดยพบการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียงมากที่สุดในแปลงดินเหนียว ที่ปลูกแบบแถวเดี่ยว



รูปที่ 4.18 ผลกระทบของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่อการสูญเสียจากพัดลมทำความสะอาด

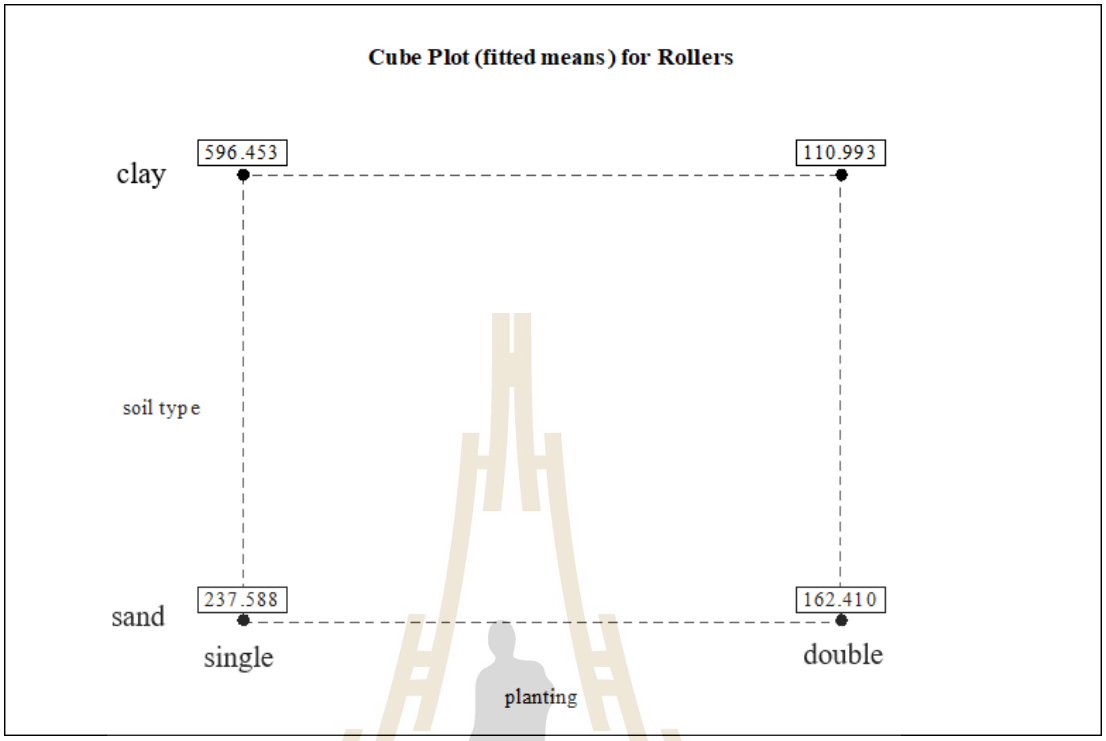
จากรูปที่ 4.18 ที่แสดงถึงผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีต่อการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาด พบว่า การสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาดนั้นเกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยประเภทของอ้อยกับแถวปลูกอ้อย เพราะเส้นที่เชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีจุดตัดกัน จึงส่งผลทำให้ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลง หากพิจารณาจะพบว่า การสูญเสียอ้อยที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาดทั้งที่เป็นอ้อยปลูกและอ้อยตอมีช่วงของความสูญเสียอ้อยไม่ต่างกันมากนัก แต่พบการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาดมากที่สุดในแปลงอ้อยตอ ที่ปลูกแบบแถวเดี่ยว

d) สภาวะที่ดีที่สุดของปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน



รูปที่ 4.19 สภาวะที่ส่งผลต่อค่าการสูญเสียอ้อยจากชุดมีดตัดโคน

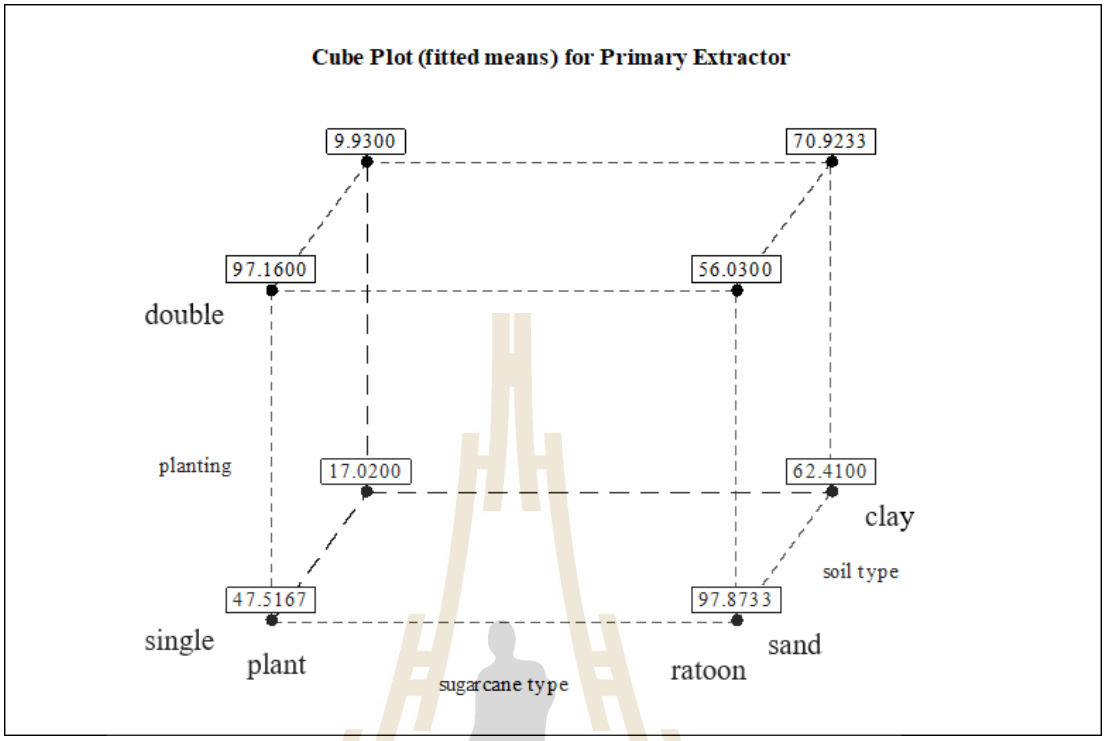
จากรูปที่ 4.19 สามารถสรุปได้ว่า ถ้าทำการปรับเปลี่ยนสภาพของแปลงอ้อยเพื่อให้การทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน อยู่ในสภาวะที่ดีที่สุด คือ อ้อยปลูก แถวคู่ ดินเหนียวจะส่งผลทำให้สามารถลดการสูญเสียอ้อยที่เกิดจากกระบวนการทำงานของชุดมีดตัดโคนได้ร้อยละ 79 เมื่อเปรียบเทียบกับการสูญเสียที่ได้จากการทดสอบในตารางที่ 4.6



รูปที่ 4.20 สภาวะที่ส่งผลต่อค่าการสูญเสียอ้อยจากชุดโรลเลอร์

จากรูปที่ 4.20 สามารถสรุปได้ว่า ถ้าทำการปรับเปลี่ยนสภาพของแปลงอ้อยเพื่อให้การทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน อยู่ในสภาวะที่ดีที่สุด คือ แถวคู่ ดินเหนียว จะส่งผลทำให้สามารถลดการสูญเสียอ้อยที่เกิดจากกระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียงได้ร้อยละ 43 เมื่อเปรียบเทียบกับการสูญเสียที่ได้จากการทดลองในตารางที่ 4.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.21 สภาวะที่ส่งผลต่อค่าการสูญเสียอ้อยจากชุดพัดลมทำความสะอาด

จากรูปที่ 4.21 สามารถสรุปได้ว่า ถ้าทำการปรับเปลี่ยนสภาพของแปลงอ้อยเพื่อให้การทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน อยู่ในสภาวะที่ดีที่สุด คือ อ้อยปลูก แถวคู่ ดินเหนียว จะส่งผลทำให้สามารถลดการสูญเสียอ้อยที่เกิดจากกระบวนการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาดได้ร้อยละ 83 เมื่อเปรียบเทียบกับการสูญเสียที่ได้จากการทดลองในตารางที่ 4.6

เนื่องจากสภาวะที่ดีที่สุดของปัจจัยที่ทำให้เกิดการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนที่น้อยที่สุดนั้น มีความแตกต่างกันในแต่ละกระบวนการทำงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดหาวิธีที่จะลดการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ด้วยการหาสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัย ดังข้อ 5 คือ

e) การหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ได้แสดงผลของการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

1. Parameters

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Primaryextractor	Minimum		0.00	119.15	1	1
Rollers	Minimum		0.00	627.66	1	1
Basecutter	Minimum		63.83	1108.51	1	1

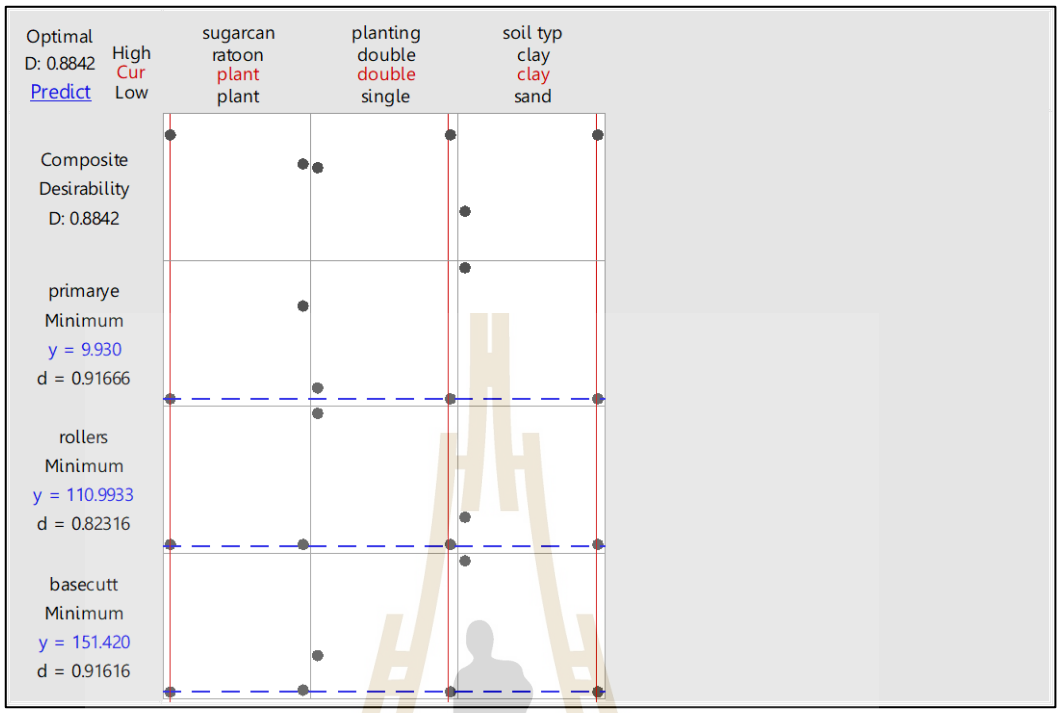
2. Solution

Solution	sugarcane type	Planting	soil type	primaryextractor Fit	rollers Fit	basecutter Fit	Composite Desirability
1	Plant	Double	clay	9.93	110.993	151.42	0.884208

3. Multiple Response Prediction

Variable	Setting
sugarcane type	Plant
Planting	Double
soil type	Clay

จากตารางที่ 4.11 ผู้วิจัยเลือกกำหนดค่าเป้าหมายของผลลัพธ์ (Goal) เป็นค่าน้อยที่สุดของผลตอบสนอง (Minimum) เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้เกิดการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดมีดตัดโคน ชุดโรลเลอร์ลำเลียง และชุดพัดลมทำความสะอาด ที่น้อยที่สุดจึงกำหนดค่าเป้าหมายเท่ากับค่าระดับต่ำสุดของผลตอบสนอง ดังนั้นค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดจากการคำนวณของโปรแกรมสำหรับการทดสอบนี้ คือ อ้อยปลูก แถวคู่ ดินเหนียว โดยมีค่าการทำนายการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดมีดตัดโคน ชุดโรลเลอร์ลำเลียง และชุดพัดลมทำความสะอาด (Predicted Response, y) เท่ากับ 151.420 110.993 และ 9.930 ตามลำดับ โดยที่ y คือ ค่าแปลงสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ระดับความพึงพอใจโดยรวม (Composite Desirability, D) เท่ากับ 0.8842 โดยมีลักษณะกราฟของแต่ละปัจจัยดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 จุดที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยของการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

จากรูปที่ 4.22 สามารถสรุปได้ว่าค่าของปัจจัยที่อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมนั้น จะส่งผลทำให้การสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนลดลงร้อยละ 59 สำหรับการสูญเสียจากชุดมีดตัดโคน ร้อยละ 43 สำหรับการสูญเสียจากชุดโรลเลอร์ลำเลียง และสำหรับการสูญเสียจากชุดพัดลมทำความสะอาดยังคงมีค่าเท่าเดิม คือ ร้อยละ 83 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนจากตารางที่ 4.6

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.2 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากปริมาณสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

จากผลการดำเนินการทดสอบตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.2.2 สามารถแสดงผลได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.12 ผลของปริมาณสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

การทดลองที่	ตัวแปรที่ศึกษา			เปอร์เซ็นต์ของสิ่งเจือปน (%)		
	ประเภทอ้อย	แถวอ้อย	ชนิดดิน	ยอดอ้อย	กาบใบ	รากดิน
1	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย	4.25	5.39	1.03
2	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย	8.44	3.74	1.96
3	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย	4.78	3.29	0.46
4	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย	3.12	2.89	2.18
5	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	4.98	3.18	0.73
6	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	7.2	0.77	0.65
7	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว	5.18	2.97	0
8	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว	5.08	3.66	0.62
9	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย	4.16	6.02	2.42
10	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย	13.59	3.89	4.34
11	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย	2.89	4.17	0.8
12	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย	7.1	1.59	0.19
13	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	4.29	2.09	4.74
14	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	5.82	0.93	0.49
15	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว	6.72	4.16	0.16
16	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว	3.02	4.36	0.89
17	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย	2.82	4.53	0.72
18	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย	7.18	5.98	6.21

ตารางที่ 4.12 ผลของปริมาณสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วย
รถตัดอ้อยชนิดสับท่อน (ต่อ)

การทดลองที่	ตัวแปรที่ศึกษา			เปอร์เซ็นต์ของสิ่งเจือปน (%)		
	ประเภทอ้อย	แถวอ้อย	ชนิดดิน	ยอดอ้อย	กาบใบ	รากดิน
19	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย	3.77	1.86	0.41
20	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย	5.14	1.52	2.24
21	อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	4.06	3.49	0.1
22	อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	7.51	1.8	0.42
23	อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว	1.18	4.55	0
24	อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว	5.44	4.4	0.9
เฉลี่ย				5.32	3.38	1.36

จากตารางที่ 4.12 ที่แสดงถึงปริมาณของสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่สามารถคัดแยกสิ่งเจือปนออกมา 3 ชนิด และมีปริมาณโดยเฉลี่ย คือ ยอดอ้อย ร้อยละ 5.32 กาบใบ ร้อยละ 3.38 และรากและดิน ร้อยละ 1.36 ตามลำดับ และสามารถแสดงตัวอย่างของสิ่งเจือปนได้ดังแสดงในรูปที่ 4.23

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

(ก)

(ข)

(ค)

รูปที่ 4.23 ชนิดของสิ่งเจือปนที่ได้จากการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อย
(ก) ยอดอ้อย (ข) กาบใบอ้อย และ (ค) รากอ้อยและดิน

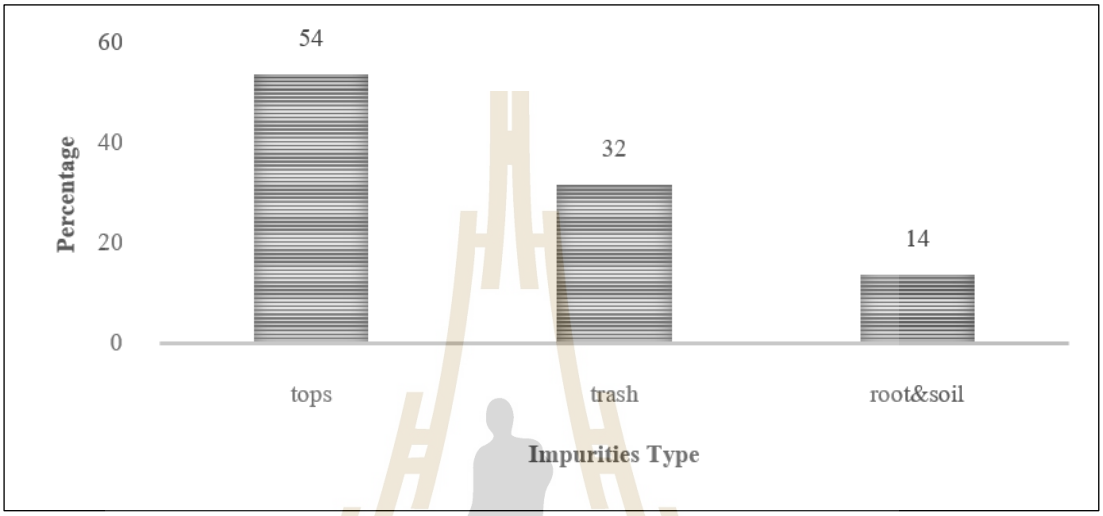
จากรูปที่ 4.23 แสดงถึงตัวอย่างของสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน โดย (ก) คือ ยอดอ้อย (ข) คือ กาบใบอ้อย และ (ค) คือ รากอ้อยและดิน

สำหรับในรูปที่ 4.24 ที่แสดงถึงชนิดของสิ่งเจือปนที่พบกับอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ยอดอ้อย ร้อยละ 54 กาบใบ ร้อยละ 32 และรากดิน ร้อยละ 14 โดยพบว่า

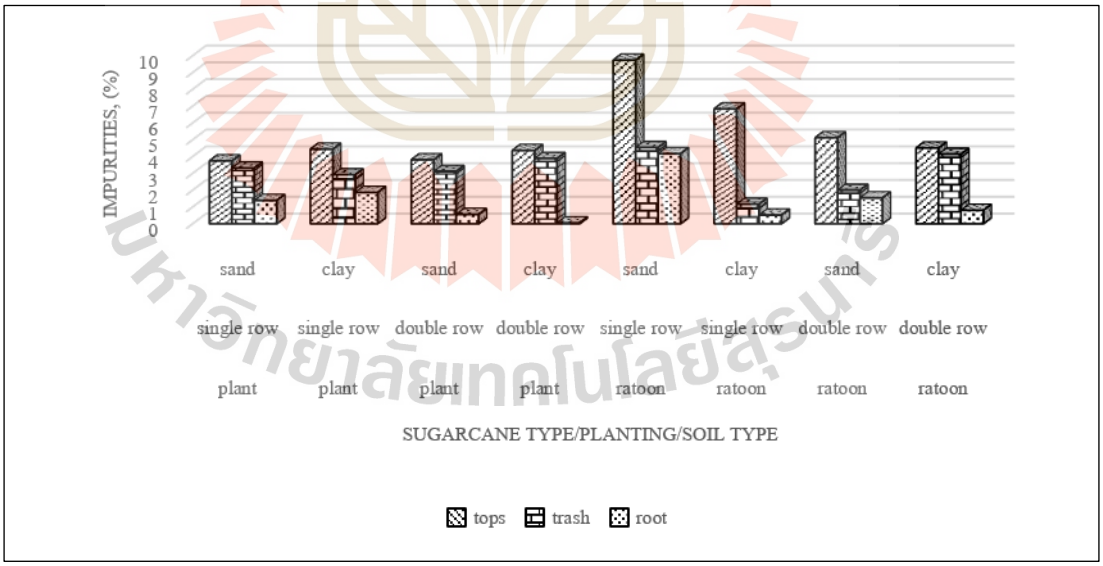
ร้อยละ 54 ของสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย มีสาเหตุมาจากประสบการณ์ในการควบคุมระดับความสูง-ต่ำของชุดมีดตัดยอดของคนขับรถตัดอ้อย และความสม่ำเสมอของความสูงของลำอ้อยในแปลง

ร้อยละ 32 ของสิ่งเจือปนชนิดกาบใบอ้อย มีสาเหตุมาจากชุดโรลเลอร์ลำเลียงของรถตัดอ้อยที่ทำความสะอาดได้ไม่หมด เนื่องมาจากความสึกหรอของชิ้นส่วนและระบบการทำงานของรถตัดอ้อยตามอายุการใช้งาน และการควบคุมความเร็วรอบของพัดลมทำความสะอาด ที่ไม่สามารถดูดเอากาบใบของอ้อยออกจากลำอ้อยได้

ร้อยละ 14 ของสิ่งเจือปนชนิดรากและดิน มีสาเหตุมาจากชุดโรลเลอร์ลำเลียงและระบบพัดลมทำความสะอาดตัวใหญ่ ที่ไม่สามารถทำความสะอาดได้หมด เนื่องมาจากความสึกหรอของชิ้นส่วนและการเสื่อมสภาพของระบบต่าง ๆ ของรถตัดอ้อย



รูปที่ 4.24 ชนิดของสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน



รูปที่ 4.25 แนวโน้มของสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

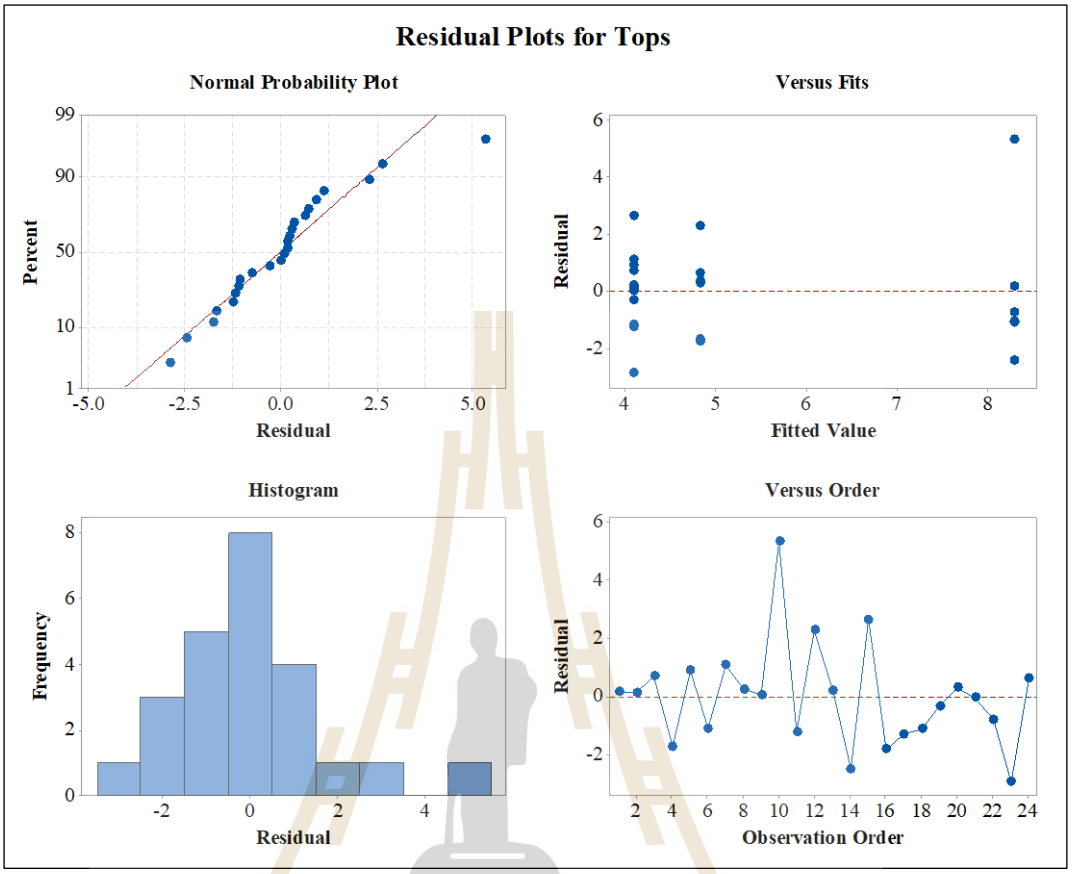
สำหรับสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน จะมีปริมาณที่แตกต่างกันมากหรือน้อยนั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับระบบในการทำงานของรถตัดแล้ว ยังขึ้นอยู่กับสภาพของอ้อยด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.25 ที่แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของสิ่งเจือปนทั้ง 3 ชนิด ที่ติดมากับอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน พบว่า จากแปลงตัวอย่าง ที่ทำการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลมีแนวโน้มของชนิดของสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยไปในทิศทางเดียวกัน โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย คือ ยอดอ้อย กาบใบอ้อย และรากและดิน

และผลจากการทดสอบในงานวิจัยนี้พบว่า อัตราส่วนระหว่างสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย ชนิดกาบใบอ้อย และชนิดรากและดิน ที่มีต่อท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนนั้น เท่ากับ 0.06 0.04 และ 0.02 ตามลำดับ

1) ผลการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด

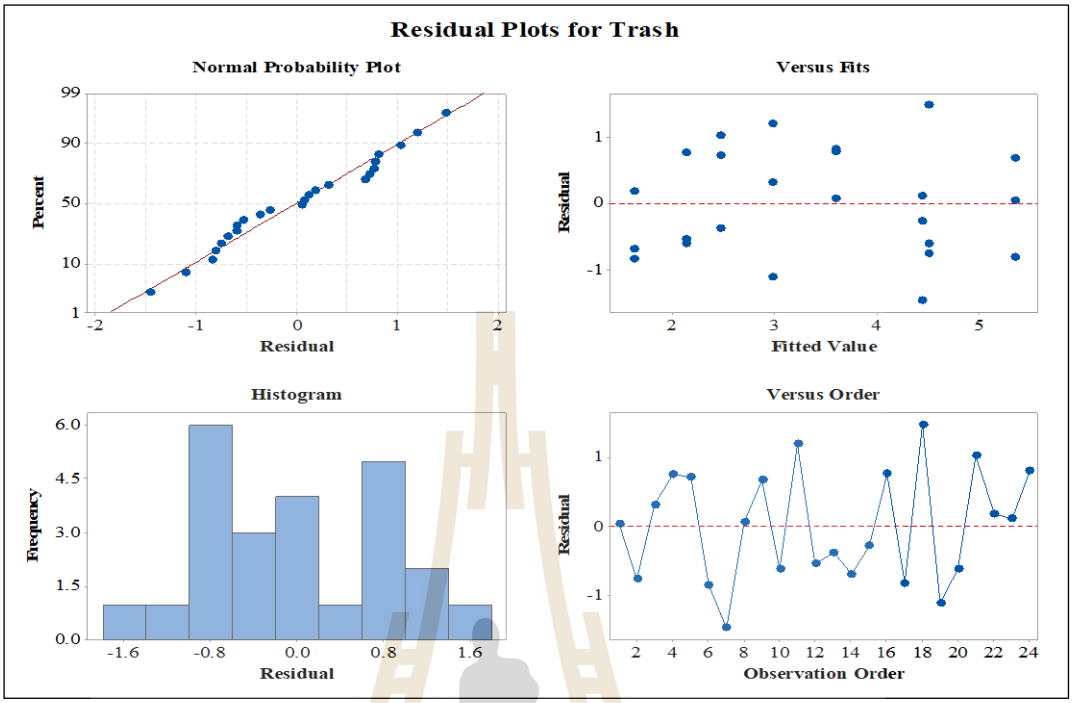
รูปที่ 4.26 4.27 และ 4.28 คือรูปที่แสดงถึงการนำผลการทดสอบที่ได้จากการออกแบบการทดสอบมาวิเคราะห์ค่าส่วนตกค้าง (Residual) ด้วยโปรแกรม Minitab 18 พบว่าแบบจำลองของทุกค่าการตอบสนองไม่มีความผิดปกติแต่อย่างใด เพราะมีการกระจายตัวของข้อมูลหรือค่าส่วนตกค้างเป็นแบบปกติ เนื่องจากจุดของค่าต่าง ๆ อยู่บริเวณใกล้เส้น Ideal Normal ส่วนข้อมูลแต่ละทรีตเมนต์มีความผันแปรสม่ำเสมอรอบค่าศูนย์ และข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมีลักษณะการสุ่มและมีการกระจายอย่างสมมาตรรอบค่าศูนย์ ซึ่งแสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของการแปรปรวน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



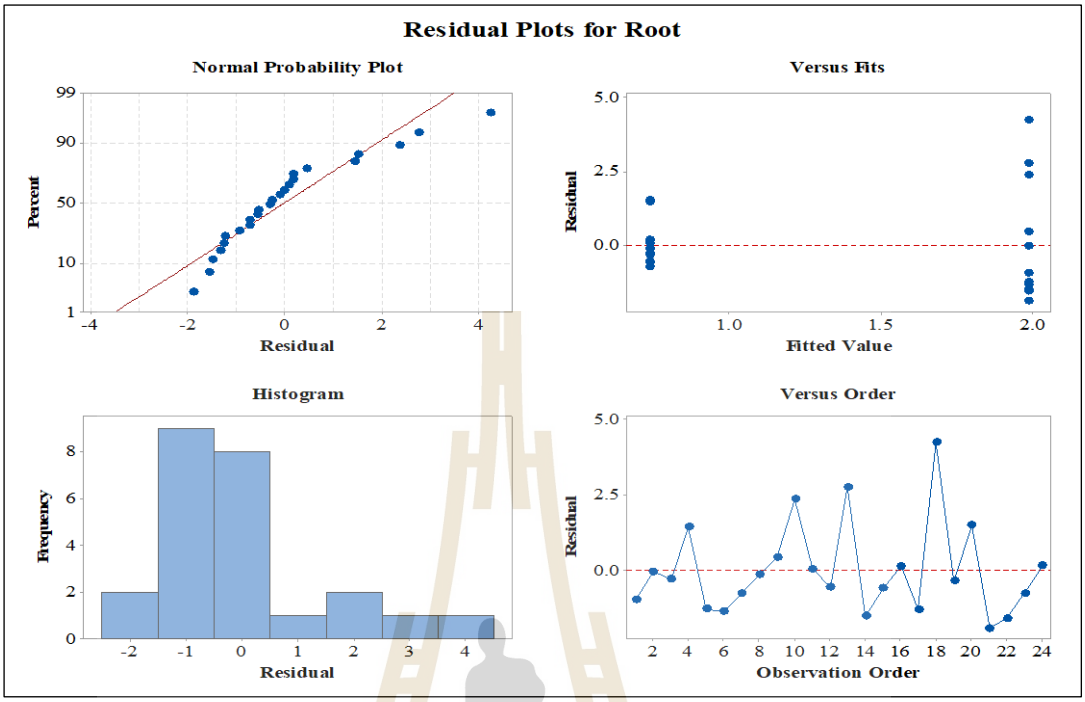
รูปที่ 4.26 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับปริมาณสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.27 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบอ้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.28 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับปริมาณสิ่งเจือปนชนิดรากและดิน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

โดยการพิจารณาจากค่า P-value ในตารางที่ 4.13 ถึงตารางที่ 4.15 ที่ได้จากผลการวิเคราะห์เชิงสถิติของโปรแกรม Minitab 18 เพื่อเปรียบเทียบกับค่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด $(\alpha = 0.05)$ ดังนี้

ตารางที่ 4.13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	72.60	24.200	6.90	0.002
Linear	2	54.57	27.287	7.77	0.003
sugarcane type	1	36.41	36.408	10.37	0.004
Planting	1	18.17	18.166	5.18	0.034
2-Way Interactions	1	18.03	18.027	5.14	0.035
sugarcane type*planting	1	18.03	18.027	5.14	0.035
Error	20	70.19	3.510		
Lack-of-Fit	4	14.29	3.573	1.02	0.425
Pure Error	16	55.90	3.494		
Total	23	142.79			

จากตารางที่ 4.13 ที่แสดงถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย พบว่า ประเภทของอ้อย และลักษณะของแถวปลูกอ้อย มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อยอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในลักษณะของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบอ้อย

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	4	35.8836	8.9709	11.60	0.000
Linear	3	7.5650	2.5217	3.26	0.044
sugarcane type	1	4.3095	4.3095	5.57	0.029
Planting	1	0.2380	0.2380	0.31	0.586
soil type	1	3.0175	3.0175	3.90	0.063
2-Way Interactions	1	28.3185	28.3185	36.61	0.000
planting*soil type	1	28.3185	28.3185	36.61	0.000
Error	19	14.6960	0.7735		
Lack-of-Fit	3	3.1349	1.0450	1.45	0.267
Pure Error	16	11.5611	0.7226		
Total	23	50.5796			

จากตารางที่ 4.14 ที่แสดงถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบอ้อย พบว่า ประเภทของอ้อย มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบอ้อยอย่างมีนัยสำคัญ ในลักษณะของปัจจัยหลัก และลักษณะของแถวปลูกอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อยมีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบอ้อยอย่างมีนัยสำคัญ ในลักษณะของปัจจัยร่วม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสิ่งเจือปนชนิดรากและดิน

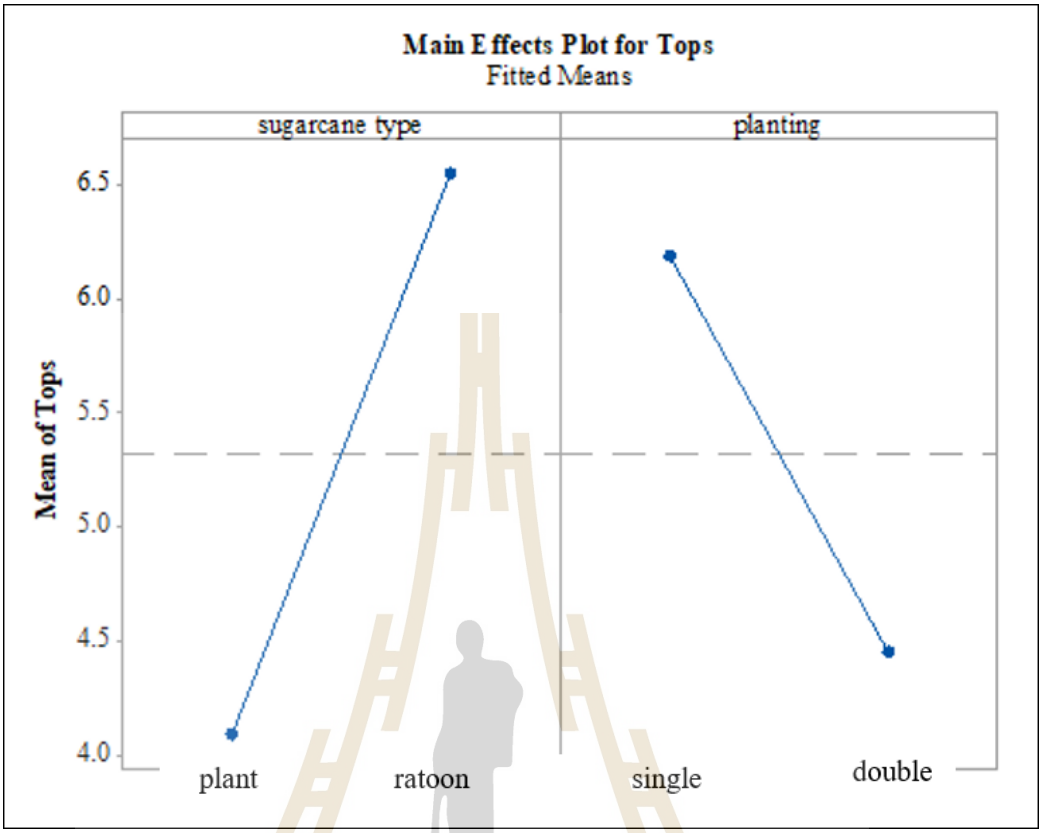
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	1	9.325	9.325	3.98	0.059
Linear	1	9.325	9.325	3.98	0.059
Planting	1	9.325	9.325	3.98	0.059
Error	22	51.595	2.345		
Lack-of-Fit	6	25.304	4.217	2.57	0.062
Pure Error	16	26.290	1.643		
Total	23	60.920			

จากตารางที่ 4.15 ที่แสดงถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณสิ่งเจือปนชนิดรากและดิน พบว่า ไม่มีปัจจัยใดที่ผู้วิจัยทำการศึกษามีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนชนิดรากและดินอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในลักษณะของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม

3) การวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนอง

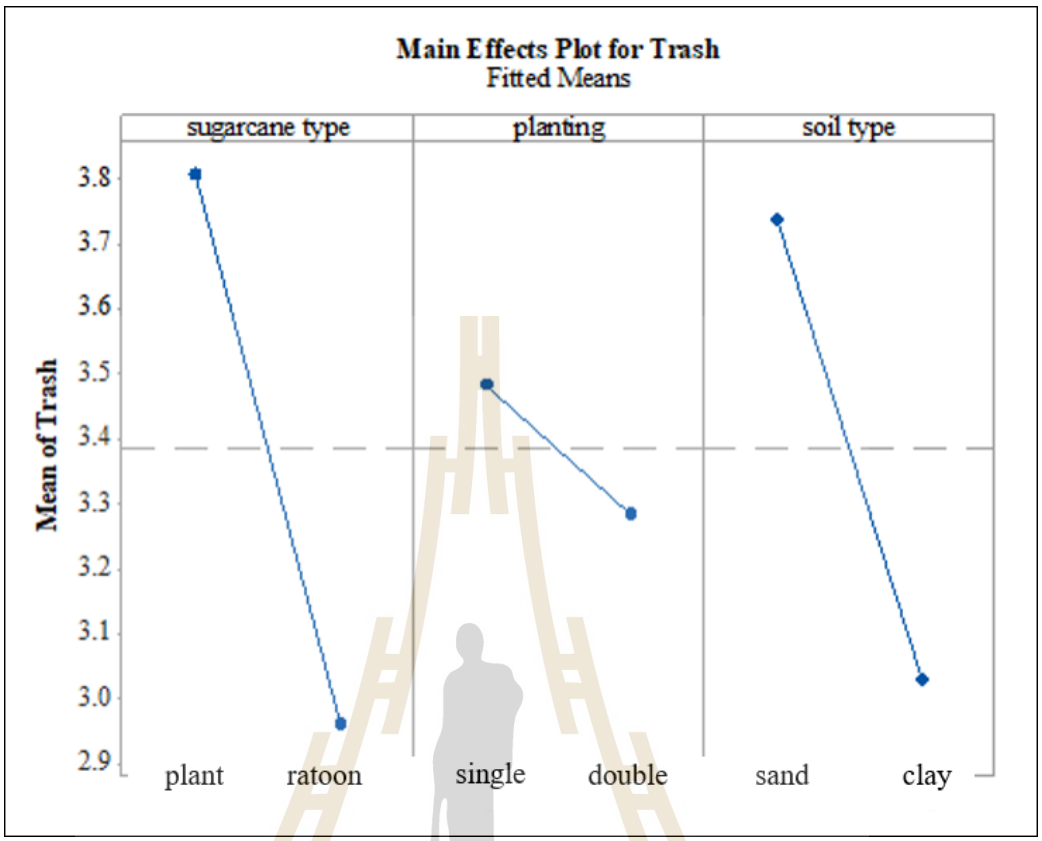
เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยหลัก (Main) และปัจจัยร่วม (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนทั้ง 3 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 4.29 ถึงรูปที่ 4.32 พบว่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



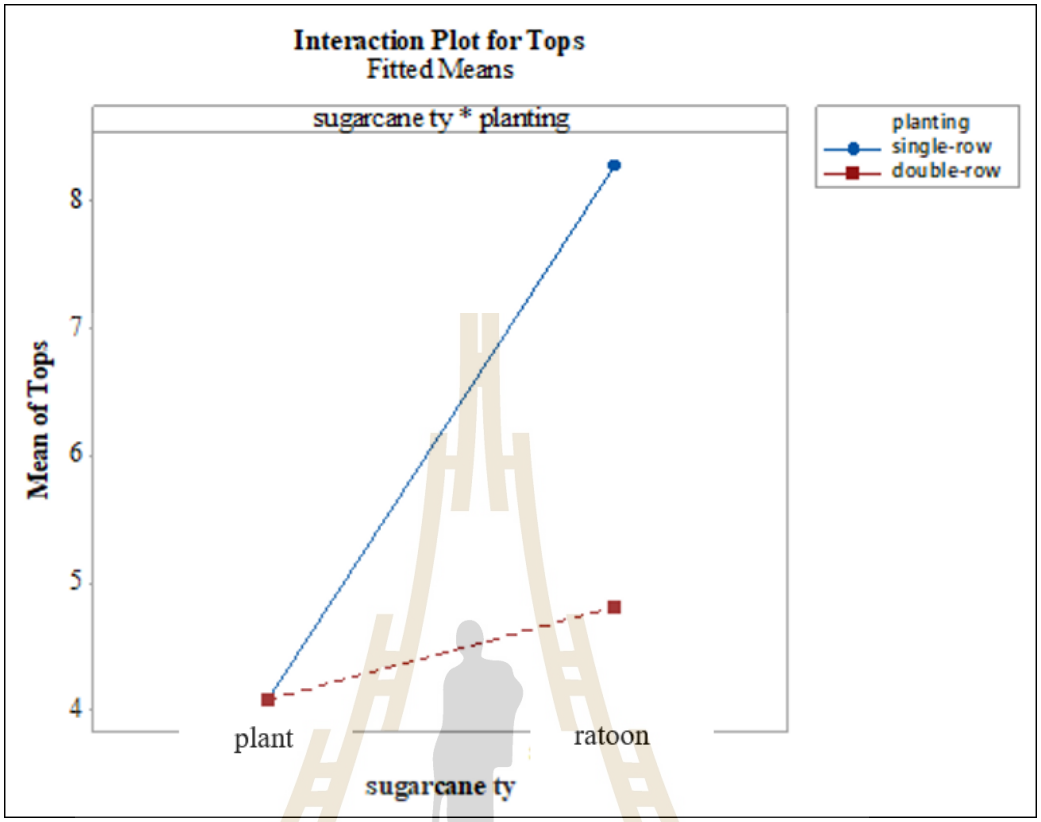
รูปที่ 4.29 ผลของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย

จากรูปที่ 4.29 ที่แสดงถึงผลกระทบของปัจจัยหลักแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย พบว่า ในการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน หากตัดอ้อยในแปลงอ้อยตอ จะมีปริมาณของสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อยมากกว่าในแปลงอ้อยปลูก เพราะในอ้อยตอ ลำอ้อยจะมีความสูงที่ไม่สม่ำเสมอกัน และเช่นกันหากรถตัดทำการตัดอ้อยในแปลงแถวเดี่ยว จะมีปริมาณของสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อยมากกว่าในแปลงแถวคู่ เพราะอ้อยที่ปลูกแบบแถวคู่จะมีความหนาแน่นของลำอ้อยมากกว่า จึงส่งผลให้ลำอ้อยมีลักษณะของลำที่สูงโดยสม่ำเสมอกัน



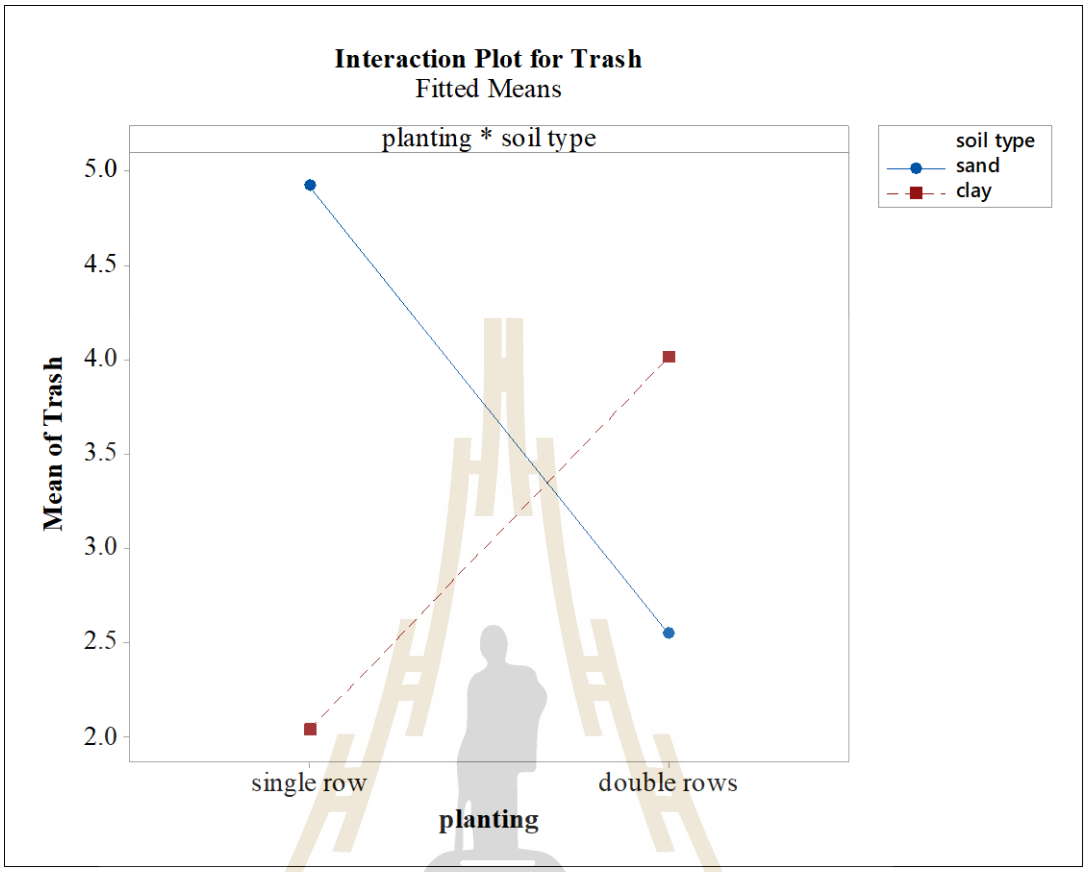
รูปที่ 4.30 ผลของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบ

จากรูปที่ 4.30 ที่แสดงถึงผลกระทบของปัจจัยหลักแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบ พบว่า ในการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน หากตัดอ้อยในแปลงอ้อยปลูก จะมีปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบอ้อยมากกว่าในแปลงอ้อยตอ หรือหากรถตัดอ้อยทำการตัดอ้อยในแปลงที่ปลูกแบบแถวเดี่ยว จะมีปริมาณสิ่งเจือปนกาบใบมากกว่าในแปลงแถวคู่ และหากรถตัดอ้อยทำการตัดอ้อยในแปลงดินทราย จะมีปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบมากกว่าในแปลงดินเหนียว



รูปที่ 4.31 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่อปริมาณสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย

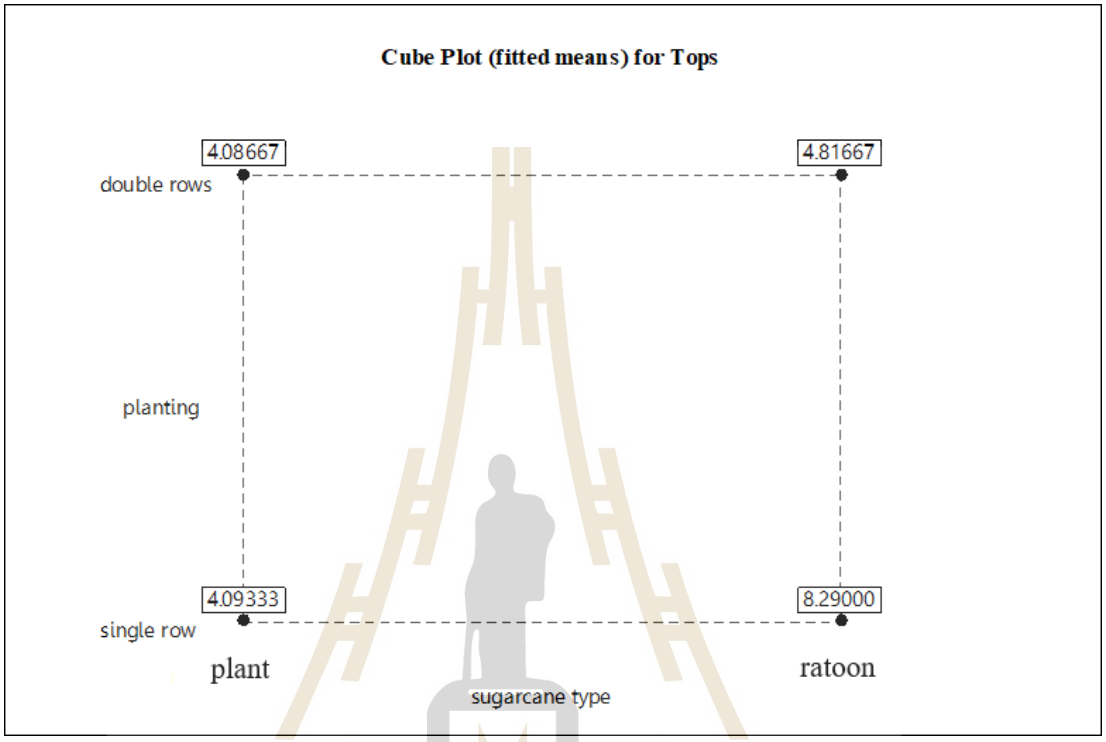
จากรูปที่ 4.31 ที่แสดงถึงผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีต่อปริมาณยอดอ้อยที่เจือปนกับท่อนอ้อย พบว่า ปริมาณยอดอ้อยที่เจือปนกับท่อนอ้อยนั้นเกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยประเภทของอ้อยกับลักษณะของแถวปลูกอ้อย เพราะเส้นที่เชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีจุดตัดกัน จึงส่งผลทำให้ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลง หากพิจารณาจะพบว่า ประเภทของอ้อยที่เป็นอ้อยตอมีช่วงของปริมาณยอดอ้อยที่เจือปนกับท่อนอ้อยระหว่างแปลงแถวเดี่ยวกับแปลงแถวคู่กว้างกว่าประเภทของอ้อยที่เป็นอ้อยปลูก โดยพบปริมาณของสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อยมากที่สุดในอ้อยตอ ที่ปลูกแบบแถวเดี่ยว



รูปที่ 4.32 ผลของปัจจัยร่วมที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบ

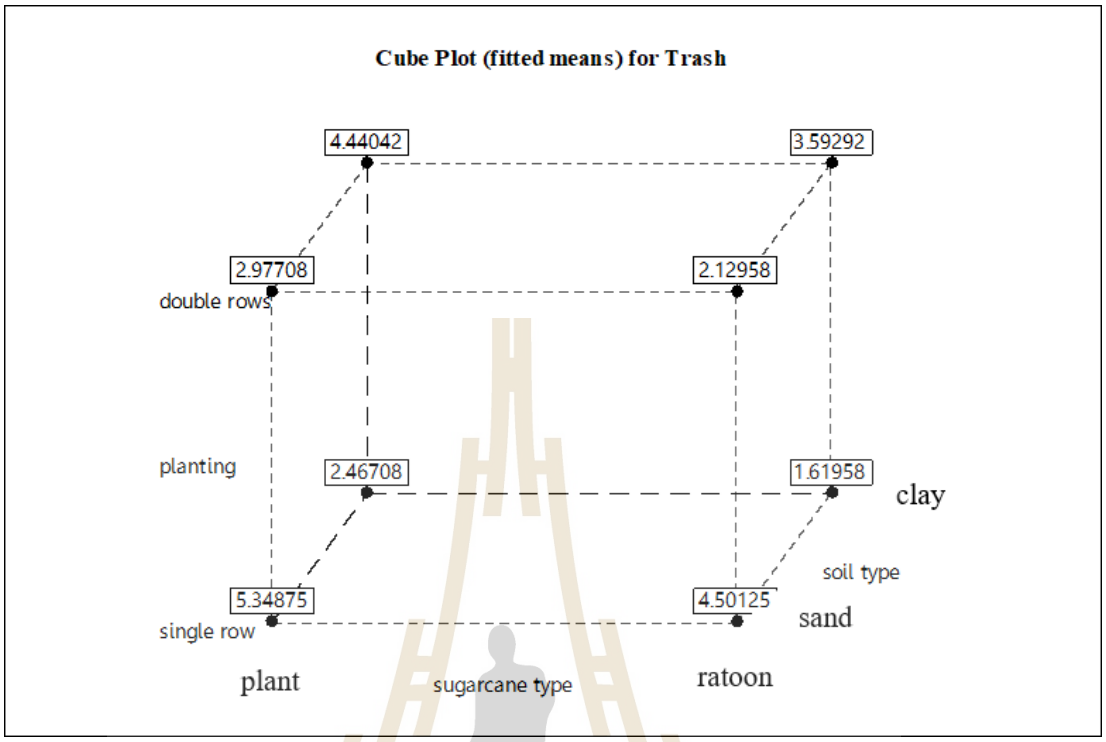
จากรูปที่ 4.32 ที่แสดงถึงผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยที่มีต่อปริมาณกาบใบที่เจือปนกับท่อนอ้อย พบว่า ปริมาณกาบใบที่เจือปนกับท่อนอ้อยนั้นเกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยลักษณะของแถวปลูกของอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อย เพราะเส้นที่เชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีจุดตัดกัน จึงส่งผลทำให้ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลง หากพิจารณาจะพบว่า อ้อยที่ปลูกแบบแถวเดี่ยวมีช่วงของปริมาณกาบใบที่เจือปนกับท่อนอ้อยระหว่างแปลงดินทรายกับแปลงดินเหนียวกว้างกว่าอ้อยที่ปลูกแบบแถวคู่ โดยพบปริมาณของสิ่งเจือปนชนิดกาบใบมากที่สุดในอ้อยแบบแถวเดี่ยว แปลงดินทราย

4) สภาวะที่ดีที่สุดที่ทำให้ลดปริมาณสิ่งเจือปนกับท่อนอ้อยเมื่อผ่านกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน



รูปที่ 4.33 สภาวะที่ส่งผลต่อปริมาณการเจือปนของยอดอ้อย

จากรูปที่ 4.33 สามารถสรุปได้ว่า ถ้าทำการปรับเปลี่ยนสภาพของแปลงอ้อยเพื่อให้การทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน อยู่ในสภาวะที่ดีที่สุด คือ อ้อยปลูก แถวคู่ จะส่งผลทำให้สามารถลดปริมาณของสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อยได้ร้อยละ 23 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของเจือปนที่ได้จากการทดสอบในตารางที่ 4.12



รูปที่ 4.34 สภาวะที่ส่งผลต่อค่าปริมาณการเจือปนของกาบใบ

จากรูปที่ 4.34 สามารถสรุปได้ว่า ถ้าทำการปรับเปลี่ยนสภาพของแปลงอ้อยเพื่อให้การทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน อยู่ในสภาวะที่ดีที่สุด คือ อ้อยตอ แถวเดี่ยว ดินเหนียว จะส่งผลทำให้สามารถลดปริมาณของสิ่งเจือปนชนิดกาบใบได้ร้อยละ 52 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของเจือปนที่ได้จากการทดสอบในตารางที่ 4.12

เนื่องจากสภาวะที่ดีที่สุดของปัจจัยที่ทำให้มีปริมาณการเจือปนของยอดอ้อยและกาบใบน้อยที่สุดมีความแตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดหาวิธีที่จะลดปริมาณการเจือปนของยอดอ้อยและกาบใบ ด้วยการหาสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัย ดังข้อ 5 คือ

5) การหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสิ่งเจือปนกับอ้อยที่การเก็บเกี่ยวรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสิ่งเจือปนกับอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ได้แสดงผลของการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณของสิ่งเจือปนกับอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

1. Parameters

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Trash	Minimum		0.77	6.02	1	1
Tops	Minimum		1.18	13.59	1	1

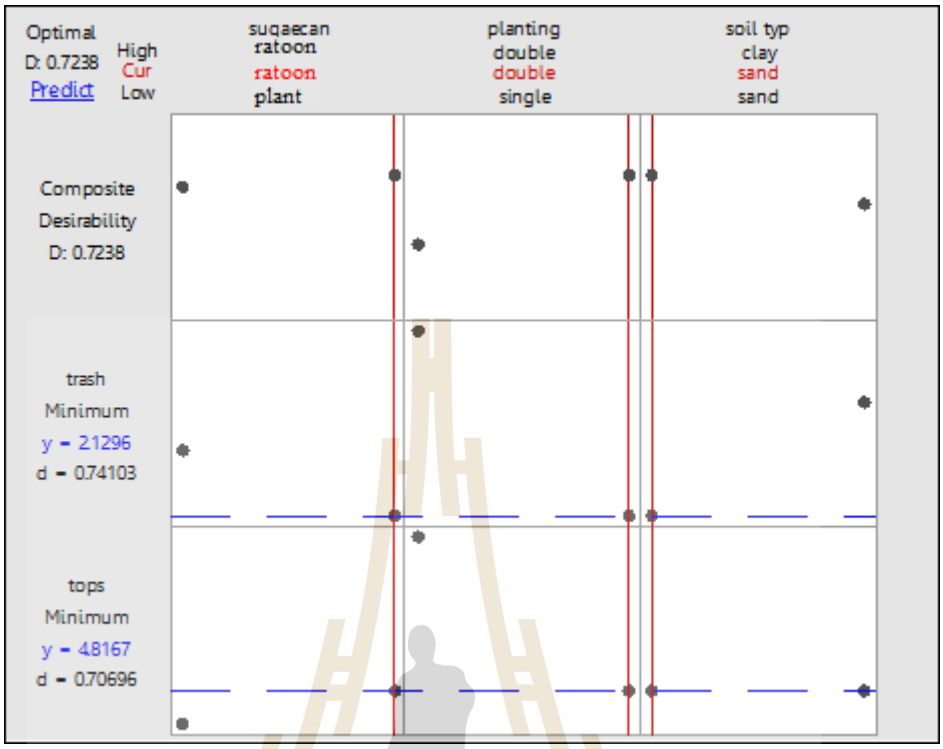
2. Solution

Solution	sugaecane type	Planting	soil type	trash Fit	tops Fit	Composite Desirability
1	Ratoon	Double	Sand	2.12958	4.81667	0.723794

3. Multiple Response Prediction

Variable	Setting
sugaecane type	Ratoon
Planting	Double
soil type	Sand

จากตารางที่ 4.16 ผู้วิจัยเลือกกำหนดค่าเป้าหมายของผลลัพธ์ (Goal) เป็นค่าน้อยที่สุดของผลตอบสนอง (Minimum) เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้มีปริมาณสิ่งเจือปนกับท่อนอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน น้อยที่สุด จึงกำหนดค่าเป้าหมายเท่ากับค่าระดับต่ำสุดของผลตอบสนอง ดังนั้นค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดจากการคำนวณของโปรแกรมสำหรับการทดลองนี้ คือ อ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย โดยมีค่าการทำนายปริมาณของสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย และกาบใบ (Predicted Response, y) เท่ากับ 4.8167 และ 2.1296 ตามลำดับ โดยที่ y คือ ค่าแปลงสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ระดับความพึงพอใจโดยรวม (Composite Desirability, D) เท่ากับ 0.7238 โดยมีลักษณะกราฟของแต่ละปัจจัยดังรูปที่ 4.35



รูปที่ 4.35 จุดที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยของปริมาณสิ่งเจือปนกับท่อนอ้อย
ที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

จากรูปที่ 4.35 สามารถสรุปได้ว่า ค่าของปัจจัยที่อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมนั้น จะส่งผลทำให้มีปริมาณสิ่งเจือปนกับท่อนอ้อยที่ได้ผ่านการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ลดลงร้อยละ 10 สำหรับปริมาณสิ่งเจือปนชนิดยอดอ้อย และร้อยละ 37 สำหรับปริมาณสิ่งเจือปนชนิดกาบใบ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณสิ่งเจือปนกับท่อนอ้อยที่ผ่านการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนจากตารางที่ 4.12

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2.3 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยจากปริมาณการแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

จากผลการดำเนินการทดสอบตามรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.2.3 สามารถแสดงผลได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.17 น้ำหนักของอ้อยตัวอย่างที่มีการแตกจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

ประเภทอ้อย	แถวอ้อย	ชนิดดิน	น้ำหนักอ้อยแตก (กก)
อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย	0.57
อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย	0.33
อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย	0.93
อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย	0.22
อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	0.39
อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	0.59
อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว	0.38
อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว	0.87
อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย	0.55
อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย	0.47
อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย	0.54
อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย	0.33
อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	0.45
อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	0.43
อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว	0.39
อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว	0.92
อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินทราย	0.48
อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินทราย	0.35
อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินทราย	0.48
อ้อยตอ	แถวคู่	ดินทราย	0.14

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.17 น้ำหนักของอ้อยตัวอย่างที่มีการแตกจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน (ต่อ)

ประเภทอ้อย	แถวอ้อย	ชนิดดิน	น้ำหนักอ้อยแตก (กก)
อ้อยปลูก	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	0.24
อ้อยตอ	แถวเดี่ยว	ดินเหนียว	0.56
อ้อยปลูก	แถวคู่	ดินเหนียว	0.36
อ้อยตอ	แถวคู่	ดินเหนียว	0.48
เฉลี่ย			0.48

ท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ประกอบไปด้วย ท่อนอ้อยที่สมบูรณ์ คือ เป็นท่อนอ้อยที่มีความยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร มีรอยตัดที่ไม่มีเปลือกอ้อยห่อหุ้มเฉพาะด้านหัวและท้ายของท่อนอ้อยเท่านั้น โดยไม่มีร่องรอยการแตก รอยหัก และท่อนอ้อยที่ไม่สมบูรณ์ คือ ท่อนอ้อยที่มีรอยแตก หรือร้าว หรือรอยตัด หรือฉีก หรือขาดของเปลือกอ้อยมากกว่าบริเวณหัวและท้ายของท่อนอ้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.36

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

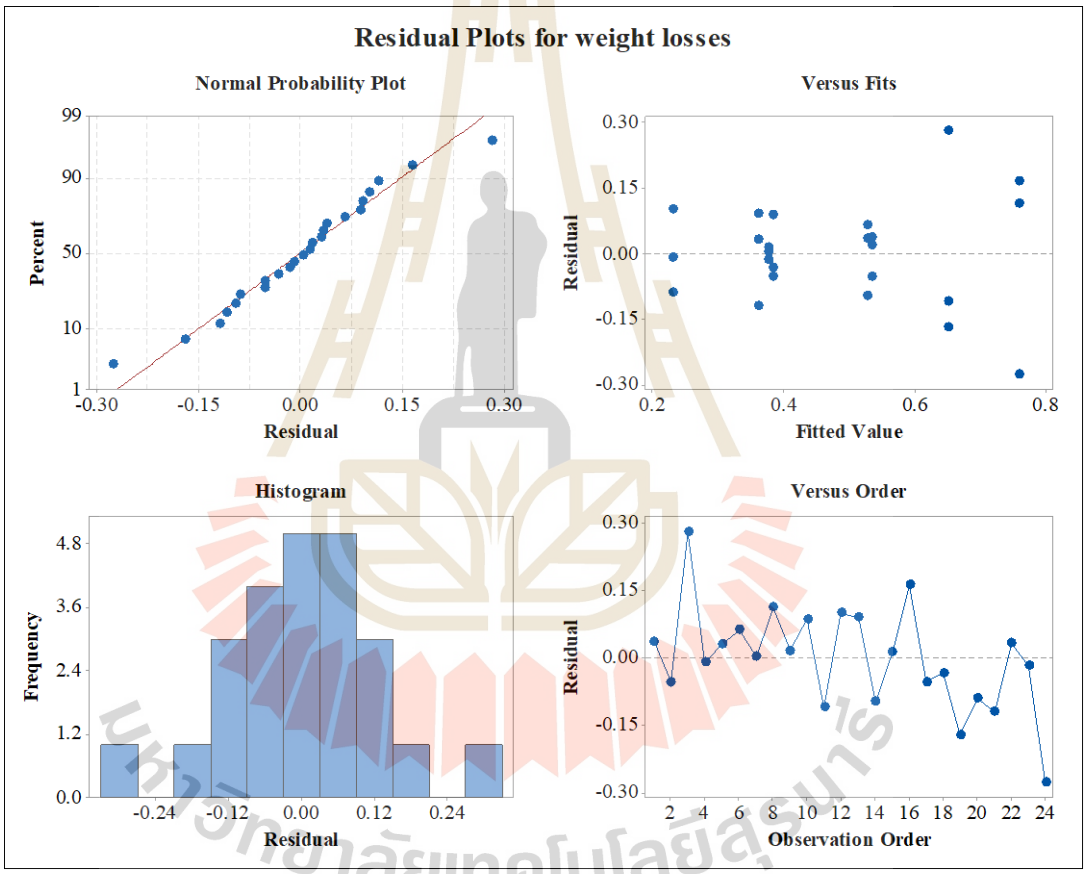
(ก)

(ข)

รูปที่ 4.36 ตัวอย่างของท่อนอ้อยที่มีการแตกจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย
(ก) ท่อนอ้อยที่สมบูรณ์ (ข) ท่อนอ้อยที่ไม่สมบูรณ์

1) ผลการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด

รูปที่ 4.37 คือ รูปที่แสดงถึงการนำผลการทดสอบที่ได้จากการออกแบบการทดสอบมาวิเคราะห์ค่าส่วนตกค้าง(Residual) ด้วยโปรแกรม Minitab 18 พบว่า แบบจำลองของทุกค่าการตอบสนองไม่มีความผิดปกติแต่อย่างใด เพราะมีการกระจายตัวของข้อมูลหรือค่าส่วนตกค้างเป็นแบบปกติ เนื่องจากจุดของค่าต่าง ๆ อยู่บริเวณใกล้เส้น Ideal Normal ส่วนข้อมูลแต่ละทรีตเมนต์มีความผันแปรสม่ำเสมอรอบค่าศูนย์ และข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมีลักษณะการสุ่มและมีการกระจายอย่างสมมาตรรอบค่าศูนย์ แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของการแปรปรวน



รูปที่ 4.37 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการเสียหายจากการแตกหักของท่อนอ้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2) การวิเคราะห์ความแปรปรวน

โดยการพิจารณาจากค่า P-value ในตารางที่ 4.18 ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ผลเชิงสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 18 เพื่อเปรียบเทียบกับค่านัยสำคัญทางสถิติที่กำหนด ($\alpha = 0.05$) ดังนี้

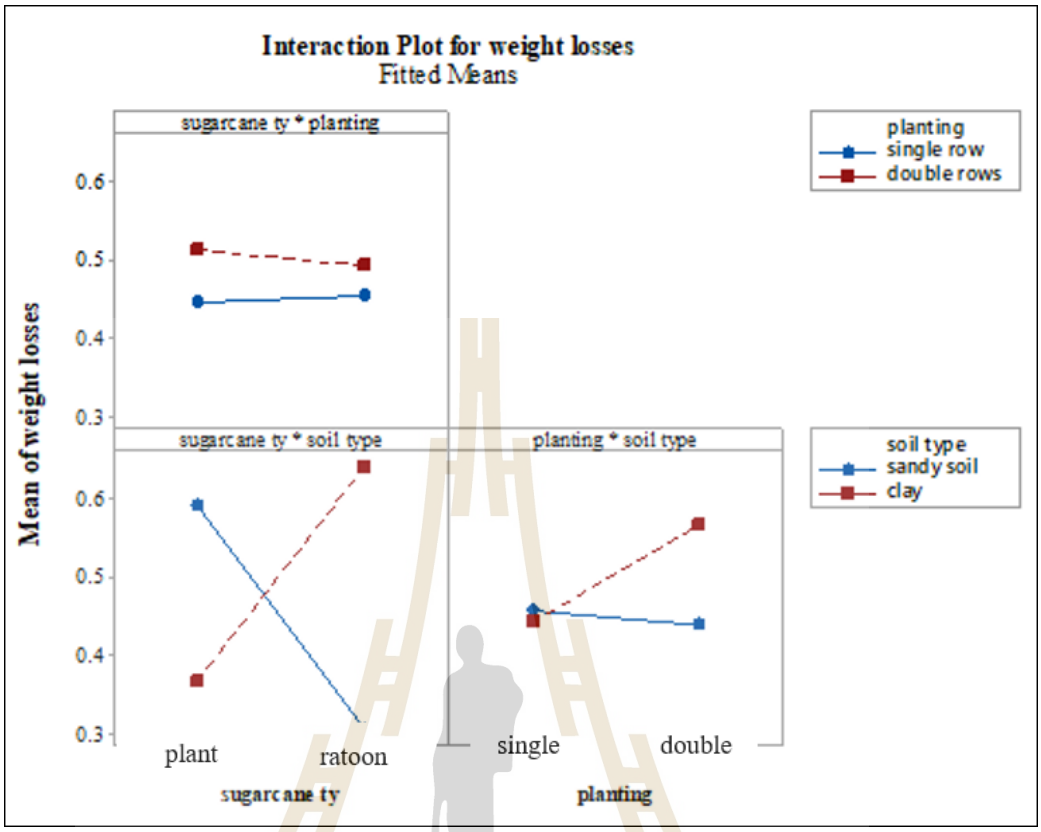
ตารางที่ 4.18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเสียหายจากการแตกของท่อนอ้อย

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	0.621962	0.088852	4.62	0.005
Linear	3	0.035446	0.011815	0.61	0.616
sugarcane type	1	0.000204	0.000204	0.01	0.919
Planting	1	0.016538	0.016538	0.86	0.368
soil type	1	0.018704	0.018704	0.97	0.339
2-Way Interactions	3	0.498912	0.166304	8.64	0.001
sugarcane type*planting	1	0.001204	0.001204	0.06	0.806
sugarcane type*soil type	1	0.467604	0.467604	24.30	0.000
planting*soil type	1	0.030104	0.030104	1.56	0.229
3-Way Interactions	1	0.087604	0.087604	4.55	0.049
sugarcane type*planting*soil type	1	0.087604	0.087604	4.55	0.049
Error	16	0.307933	0.019246		
Total	23	0.929896			

จากตารางที่ 4.18 ที่แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน พบว่า ประเภทของอ้อย กับ ชนิดของดินปลูกอ้อย มีอิทธิพลต่อปริมาณการแตกของท่อนอ้อยอย่างมีนัยสำคัญ ในลักษณะของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย

3) การวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบสนอง

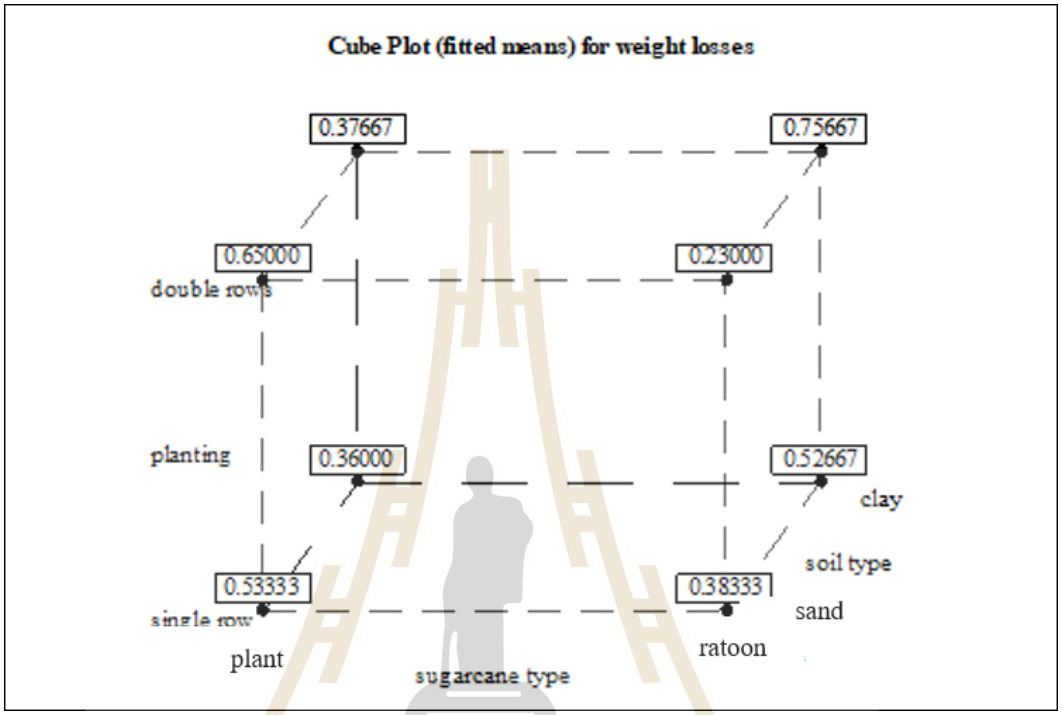
และเมื่อพิจารณาปัจจัยร่วม (Interaction) ที่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซนต์การแตกของท่อนอ้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 ผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่อการแตกของท่อนอ้อย

จากรูปที่ 4.38 ที่แสดงถึงผลของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยต่อการแตกของท่อนอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน พบว่า การแตกของท่อนอ้อยนั้นเกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยประเภทของอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อย เพราะเส้นที่เชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีจุดตัดกัน จึงส่งผลทำให้ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลง หากพิจารณาจะพบว่า ประเภทของอ้อยที่เป็นอ้อยตอ มีช่วงของการแตกของท่อนอ้อยระหว่างแปลงดินทรายกับแปลงดินเหนียวกว้างกว่าประเภทอ้อยปลูก โดยพบการแตกของท่อนอ้อยมากที่สุดในแปลงดินเหนียว ที่เป็นอ้อยตอ และยังพบว่าการแตกของท่อนอ้อยนั้นเกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยลักษณะของแถวปลูกอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อย เพราะเส้นที่เชื่อมระหว่างค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีจุดตัดกัน จึงส่งผลทำให้ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีค่ามากขึ้นหรือน้อยลง หากพิจารณาจะพบว่า ลักษณะของแถวปลูกที่เป็นแถวคู่ มีช่วงของการแตกของท่อนอ้อยระหว่างแปลงดินทรายกับดินเหนียวกว้างกว่าลักษณะของแถวปลูกแบบแถวเดี่ยว โดยพบการแตกของท่อนอ้อยมากที่สุดในแปลงดินเหนียว ที่ปลูกแบบแถวคู่

4) สภาวะที่ดีที่สุดที่ทำให้เกิดการสูญเสียอ้อยจากการแตกเมื่อผ่านกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน



รูปที่ 4.39 สภาวะที่ส่งผลต่อการแตกของท่อนอ้อย

จากรูปที่ 4.39 สามารถสรุปได้ว่า ถ้าทำการปรับเปลี่ยนสภาพของแปลงอ้อยเพื่อให้การทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน อยู่ในสภาวะที่ดีที่สุด คือ อ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย จะส่งผลทำให้สามารถลดปริมาณการแตกของท่อนอ้อยได้ร้อยละ 25 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการทดสอบในตารางที่ 4.17

และเพื่อตรวจสอบว่าสภาวะที่ดีที่สุดของปัจจัยที่ทำให้มีปริมาณการแตกของท่อนอ้อยน้อยที่สุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงหาสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยด้วย ดังข้อ 5 คือ

5) การหาค่าที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีผลต่อการแตกของท่อนอ้อยที่การเก็บเกี่ยวรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อการแตกของท่อนอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ได้แสดงผลของการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ในตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อการแตกของท่อนอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

1. Parameters

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
weight losses	Minimum		0.14	0.93	1	1

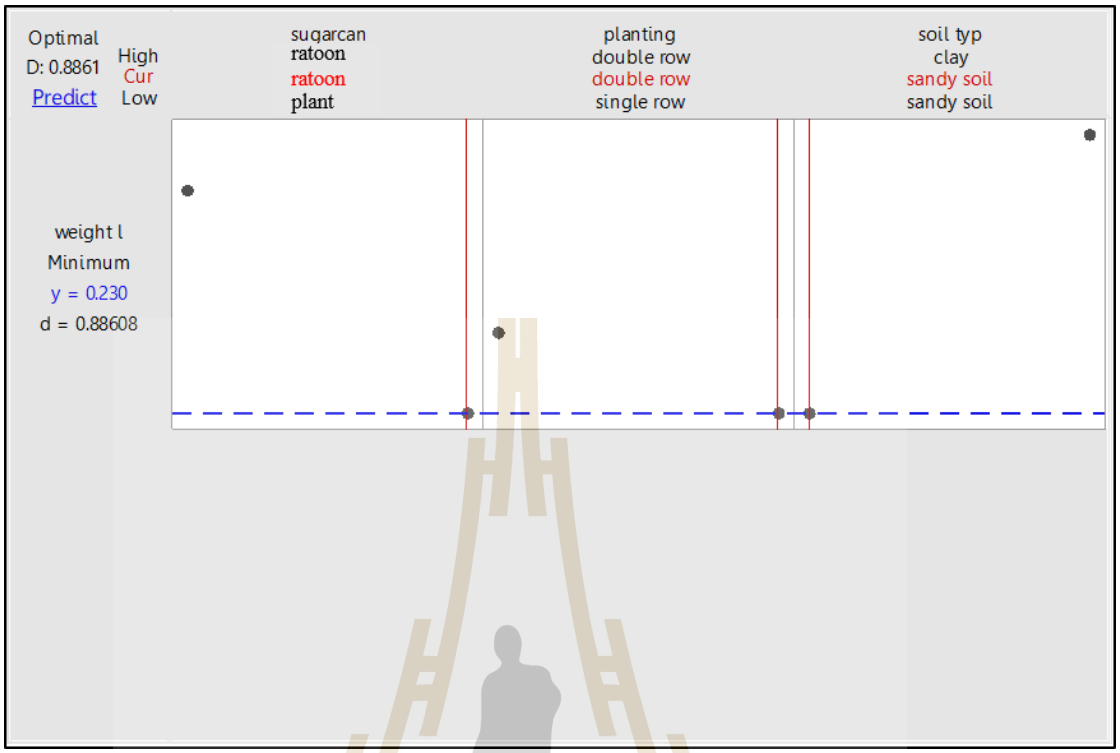
2. Solution

Solution	sugarcane type	Planting	soil type	weight losses Fit	Composite Desirability
1	ratoon sugarcane	double rows	Sand	0.23	0.886076

3. Multiple Response Prediction

Variable	Setting
sugarcane type	ratoon sugarcane
Planting	double rows
soil type	sand

จากตารางที่ 4.19 ผู้วิจัยเลือกกำหนดค่าเป้าหมายของผลลัพธ์ (Goal) เป็นค่าน้อยที่สุดของผลตอบสนอง (Minimum) เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้มีการแตกของท่อนอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน น้อยที่สุด จึงกำหนดค่าเป้าหมายเท่ากับค่าระดับต่ำสุดของผลตอบสนอง ดังนั้นค่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดจากการคำนวณของโปรแกรมสำหรับการทดสอบนี้ คือ อ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย โดยมีค่าการทำนายการแตกของท่อนอ้อย (Predicted Response, y) เท่ากับ 0.230 โดยที่ y คือ ค่าแปลงสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การแตกของท่อนอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่ระดับความพึงพอใจโดยรวม (Composite Desirability, D) เท่ากับ 0.8861 โดยมีลักษณะกราฟของแต่ละปัจจัยดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 จุดที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่ทำให้อ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนเกิดการแตก

จากรูปที่ 4.40 สามารถสรุปได้ว่าค่าของปัจจัยที่อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมนั้นจะส่งผลทำให้มีปริมาณการแตกของท่อนอ้อยที่ผ่านการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนลดลงร้อยละ 25 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของการแตกของท่อนอ้อยที่ผ่านการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนจากตารางที่ 4.17

4.2.4 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณจากการลดลงของน้ำหนักของท่อนอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่ง

ในหัวข้อนี้จะแสดงให้ทราบถึงการสูญเสียเชิงน้ำหนักของอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน หลังจากการเก็บเกี่ยวภายใน 4 ชั่วโมง ที่เป็นระยะเวลาของการรอการขนส่งอ้อยจากไร่อ้อยไปส่งโรงงานน้ำตาล โดยในงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นเป็นช่วง ช่วงละ 1 ชั่วโมง และแบ่งอ้อยออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือ กลุ่มของอ้อยรวม หมายถึง อ้อยทั้งหมดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่มีทั้งอ้อยท่อนเต็ม อ้อยที่มีการแตกในตำแหน่งต่าง ๆ ของท่อนอ้อย หรืออ้อยที่การถูกผ่าซีก และกลุ่มที่สองคือ กลุ่มของอ้อยคัด คืออ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยว

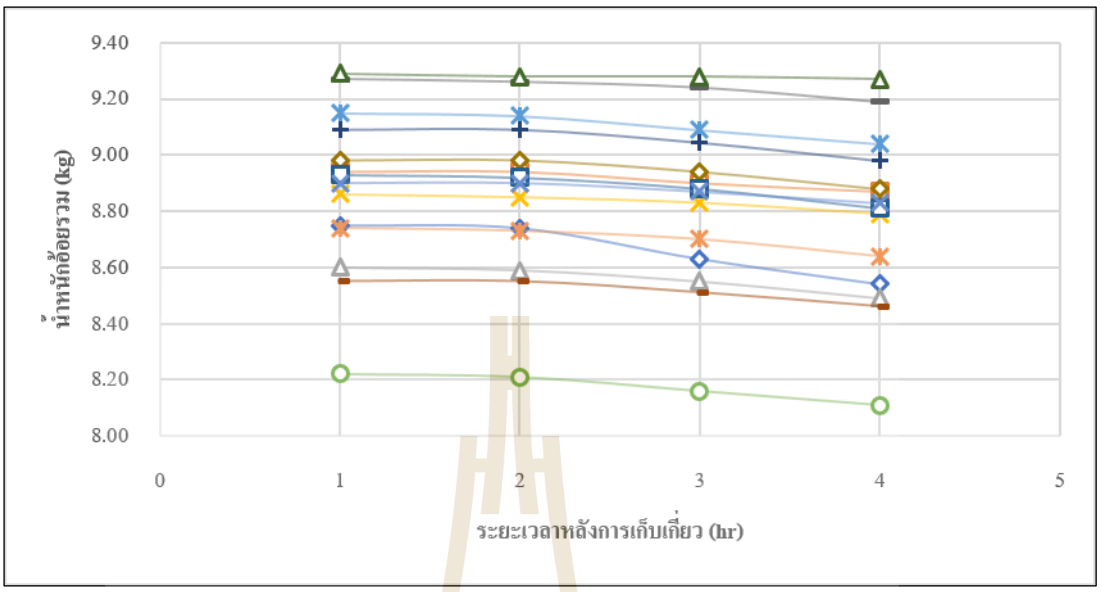
ด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน แต่คัดเลือกเอาเฉพาะอ้อยท่อนที่มีการตัดแบบสมบูรณ์ที่มีการตัดเฉพาะด้านหัวและท้ายของท่อนอ้อยเท่านั้น โดยที่ผลการทดสอบได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณ (น้ำหนัก) ของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

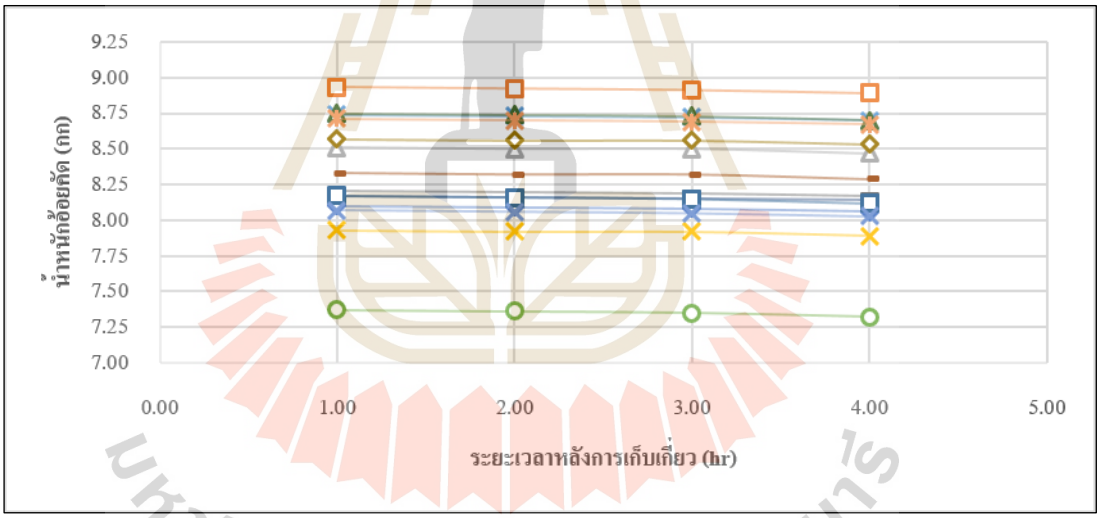
แปลงที่	น้ำหนักอ้อยรวม (กก)				น้ำหนักอ้อยคัด (กก)			
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr
1	8.75	8.74	8.63	8.54	8.1	8.09	8.08	8.06
2	8.94	8.94	8.9	8.87	8.93	8.92	8.91	8.89
3	8.6	8.59	8.55	8.49	8.51	8.5	8.5	8.47
4	8.86	8.85	8.83	8.79	7.93	7.92	7.92	7.89
5	9.15	9.14	9.09	9.04	8.74	8.73	8.72	8.7
6	8.22	8.21	8.16	8.11	7.37	7.36	7.35	7.32
7	9.09	9.09	9.04	8.98	8.17	8.16	8.15	8.14
8	8.55	8.55	8.51	8.46	8.33	8.32	8.32	8.29
9	9.27	9.26	9.24	9.19	8.21	8.2	8.19	8.17
10	8.98	8.98	8.94	8.88	8.57	8.56	8.56	8.53
11	8.93	8.92	8.88	8.81	8.17	8.16	8.15	8.12
12	9.29	9.28	9.28	9.27	8.75	8.74	8.73	8.7
13	8.9	8.9	8.87	8.83	8.07	8.06	8.05	8.03
14	8.74	8.73	8.7	8.64	8.71	8.7	8.69	8.67
เฉลี่ย	8.88	8.87	8.83	8.78	8.33	8.32	8.31	8.28

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4.20 ไปสร้างกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของอ้อยกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.41

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

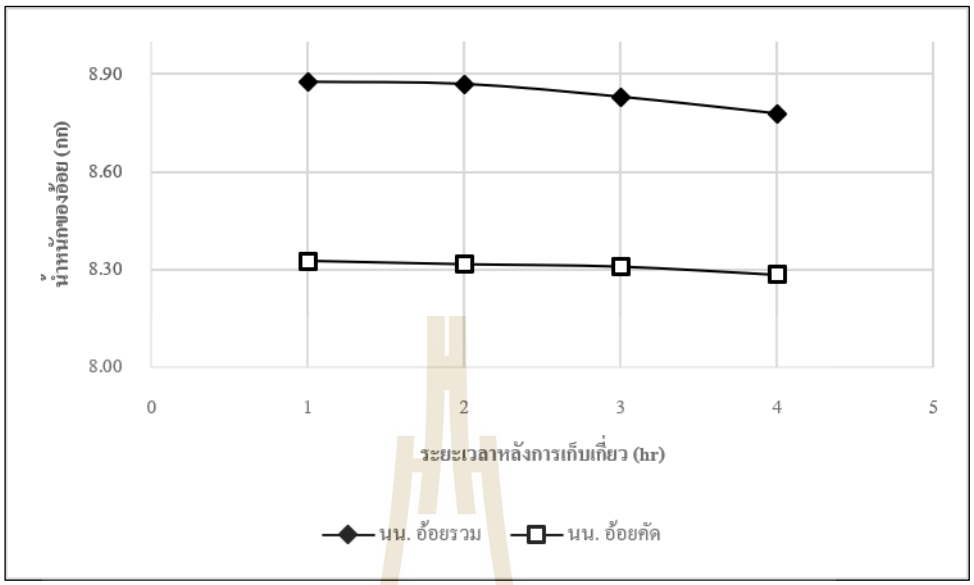


(ก)



(ข)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

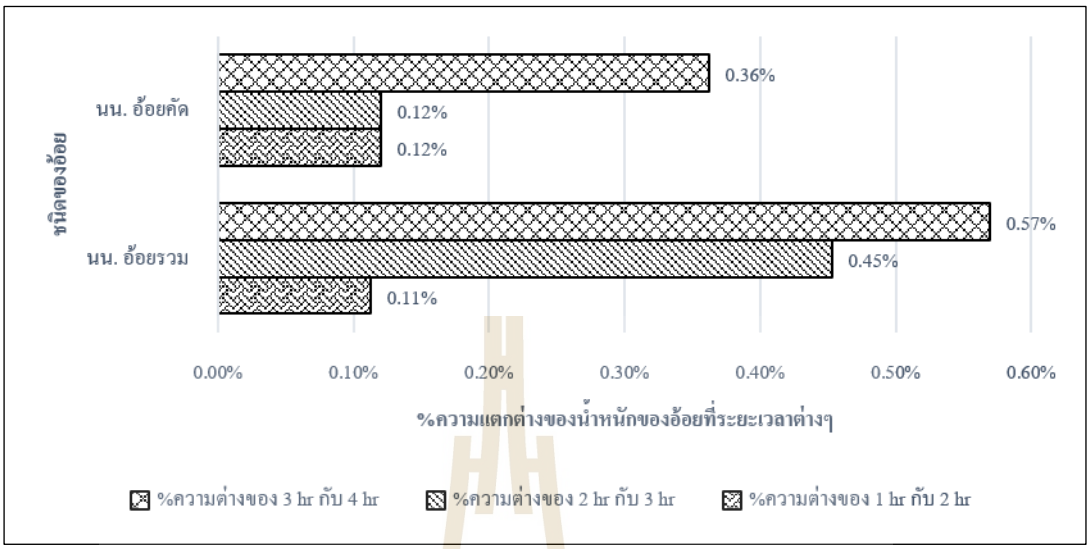


(ค)

รูปที่ 4.41 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของอ้อยกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน (ก) อ้อยรวม (ข) อ้อยคัด และ (ค) เปรียบเทียบอ้อยรวมกับอ้อยคัด

จากรูปที่ 4.41 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของอ้อยในทุกแปลงตัวอย่างที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน (ในแกนตั้ง) กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างรอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน (ในแกนนอน) พบว่า น้ำหนักของอ้อยในทุกแปลงตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างรอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานเพิ่มขึ้น

สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เพราะการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ทำให้อ้อยถูกตัดออกเป็นท่อนสั้น ๆ ที่มีความยาวของท่อนประมาณ 10–15 เซนติเมตร ที่ด้านหัวและท้ายของท่อนอ้อยแต่ละท่อน มีพื้นที่ผิวใหม่ที่ไม่มีเปลือกอ้อยห่อหุ้มซึ่งเกิดจากการตัดของชุดสับท่อนในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน และเกิดรอยแตกจากกระบวนการทำงานอื่น ๆ ของรถตัดอ้อยที่ก่อให้เกิดพื้นผิวที่ไม่มีเปลือกอ้อยห่อหุ้มเพิ่มขึ้น เมื่อพื้นที่ผิวดังกล่าวสัมผัสกับอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ และลม ในไร่อ้อยที่มีการถ่ายเทอยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการระเหยของน้ำที่อยู่ในท่อนอ้อย จึงส่งผลให้น้ำหนักของท่อนอ้อยลดลง



รูปที่ 4.42 ร้อยละของความแตกต่างของน้ำหนักของอ้อยกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว

รูปที่ 4.42 แสดงถึงการเปรียบเทียบชนิดของอ้อย (ในแกนตั้ง) กับร้อยละของความแตกต่างของน้ำหนักของอ้อย (ในแกนนอน) พบว่า ในอ้อยทั้ง 2 ชนิด คือ อ้อยรวม และอ้อยคัด มีร้อยละของความแตกต่างของน้ำหนักของอ้อยจากชั่วโมงที่ 3 ถึงชั่วโมงที่ 4 ของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่าจากช่วงระยะเวลาจากชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 3 และจากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 2 คือ (0.57%)(0.36%) (0.45%)(0.12%) และ (0.11%)(0.12%) ตามลำดับ

ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ร้อยละของความแตกต่างของน้ำหนักในอ้อยรวมมากกว่าในอ้อยคัด เพราะว่าในอ้อยรวมมีทั้งอ้อยท่อนเต็ม อ้อยที่มีการแตกหักในท่อน อ้อยที่มีการฉีกขาดของเปลือกอ้อย หรืออ้อยที่ถูกผ่าออกเป็นซีกรวมกัน จึงมีพื้นที่ผิวที่ไม่มีการห่อหุ้มของเปลือกอ้อย ที่ทำให้เกิดการระเหยของน้ำในท่อนอ้อยได้ง่ายกว่าอ้อยคัดที่มีพื้นที่ผิวที่ไม่มีการห่อหุ้มของเปลือกอ้อยเฉพาะด้านหัวและท้ายของท่อนอ้อยเท่านั้น

และเมื่อนำค่าร้อยละของความแตกต่างของน้ำหนักระหว่างอ้อยคัดกับอ้อยรวมมาวิเคราะห์ความแปรปรวน จึงทำให้ทราบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2.5 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากจุลินทรีย์

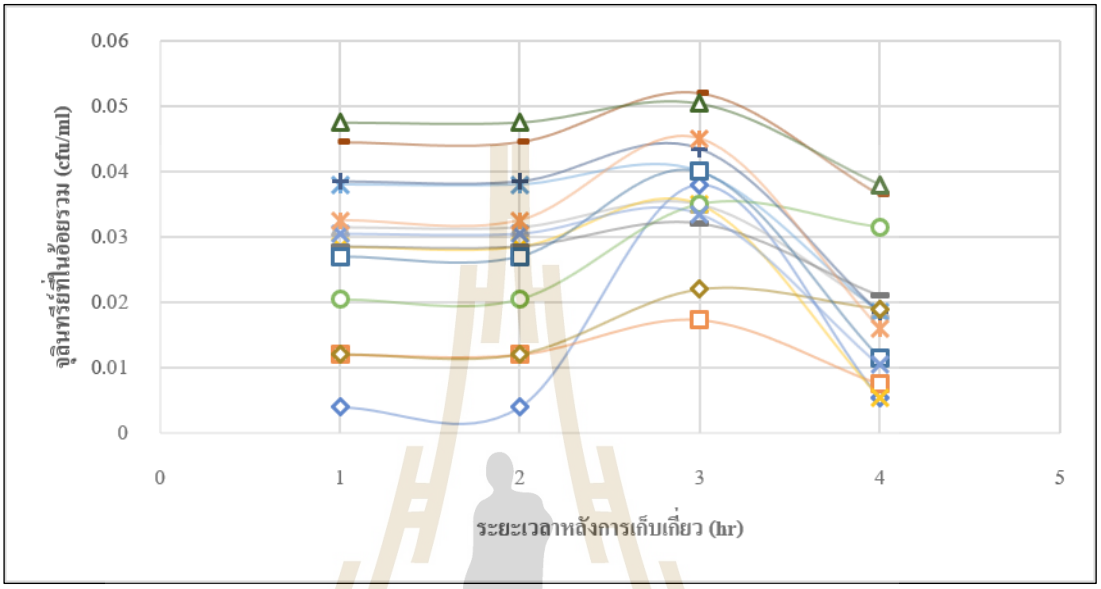
ในหัวข้อนี้จะแสดงให้ทราบถึงการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์ หลังจากการเก็บเกี่ยวภายใน 4 ชั่วโมง ที่เป็นระยะเวลาของการรอการขนส่งอ้อยจากไร่อ้อยไปส่งโรงงานน้ำตาล โดยในงานวิจัยนี้ได้แสดงให้

เห็นเป็นช่วง ช่วงละ 1 ชั่วโมง และแบ่งอ้อยออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือ กลุ่มของอ้อยรวม หมายถึง อ้อยทั้งหมดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่มีทั้งอ้อยท่อนเต็ม อ้อยที่มีการแตกในตำแหน่งต่าง ๆ ของท่อนอ้อย หรืออ้อยที่การถูกผ่าซีก และกลุ่มที่สอง คือ กลุ่มของอ้อยคัด คืออ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน แต่คัดเลือกเอาเฉพาะอ้อยท่อนที่มีการตัดแบบสมบูรณ์ที่มีการตัดเฉพาะด้านหัวและท้ายของท่อนอ้อยเท่านั้น โดยที่ผลการทดสอบได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.21

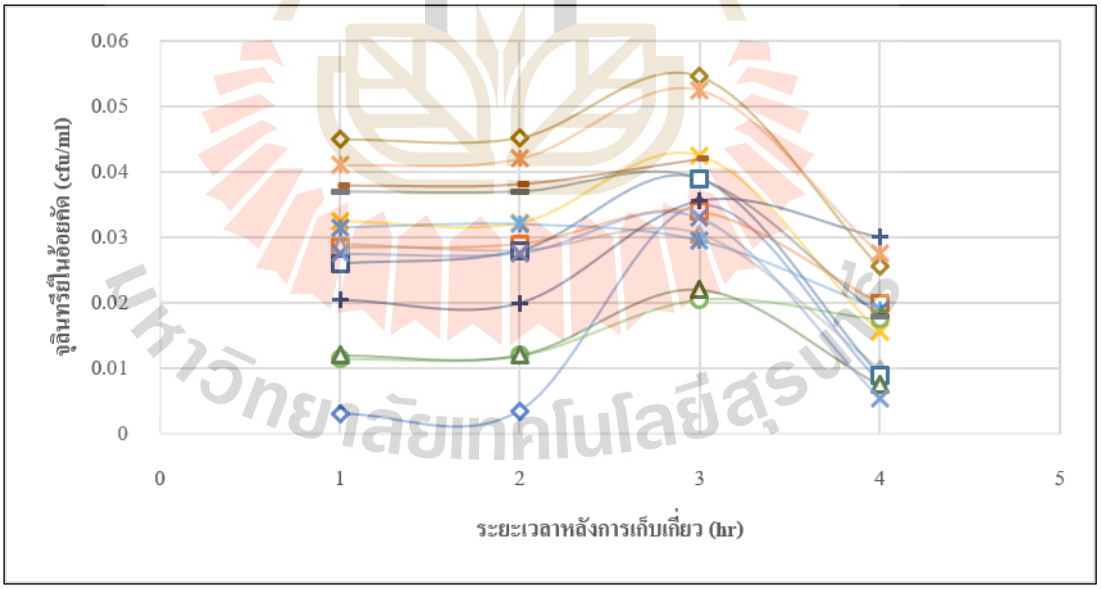
ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพ (จุลินทรีย์) ของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับ

แปลงที่	จำนวนจุลินทรีย์ในอ้อยรวม (cfu/ml)				จำนวนจุลินทรีย์ในอ้อยคัด (cfu/ml)			
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr
1	0.004	0.004	0.038	0.0055	0.003	0.0035	0.035	0.008
2	0.012	0.012	0.0173	0.0075	0.0285	0.029	0.034	0.02
3	0.0315	0.0315	0.035	0.019	0.029	0.028	0.0305	0.01
4	0.0285	0.0285	0.035	0.0055	0.0325	0.0322	0.0425	0.0155
5	0.038	0.038	0.04	0.0185	0.0315	0.032	0.0295	0.019
6	0.0205	0.0205	0.035	0.0315	0.0115	0.012	0.0205	0.0175
7	0.0385	0.0385	0.0435	0.0185	0.0205	0.02	0.0355	0.03
8	0.0445	0.0445	0.052	0.0365	0.038	0.0382	0.042	0.0185
9	0.0285	0.0285	0.032	0.021	0.037	0.037	0.039	0.018
10	0.012	0.012	0.022	0.019	0.045	0.0452	0.0546	0.0255
11	0.027	0.027	0.04	0.0115	0.026	0.028	0.039	0.009
12	0.0475	0.0475	0.0504	0.038	0.012	0.012	0.022	0.0075
13	0.0305	0.0305	0.0335	0.0105	0.0275	0.0276	0.033	0.0055
14	0.0325	0.0325	0.045	0.016	0.041	0.042	0.0525	0.0275
เฉลี่ย	0.028	0.028	0.037	0.018	0.027	0.028	0.036	0.017

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4.21 ไปสร้างกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุลินทรีย์กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.43

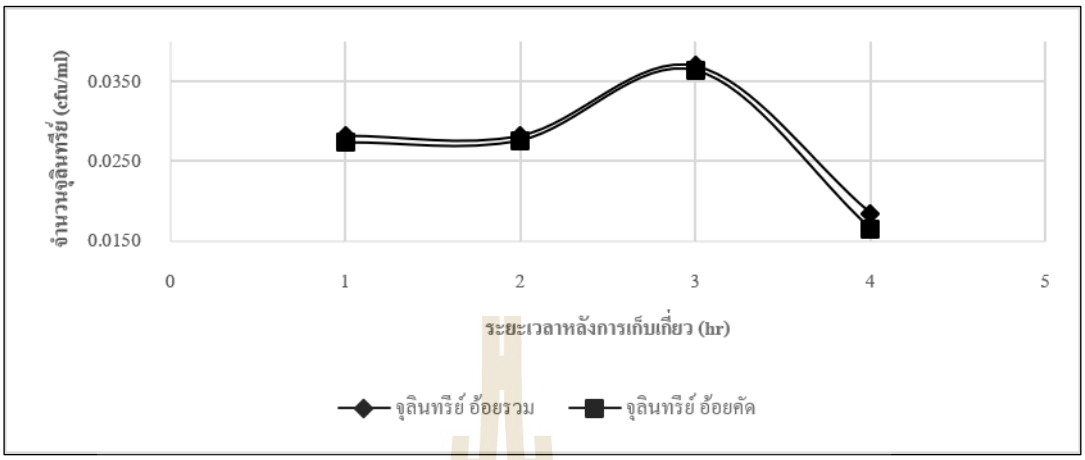


(ก)



(ข)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



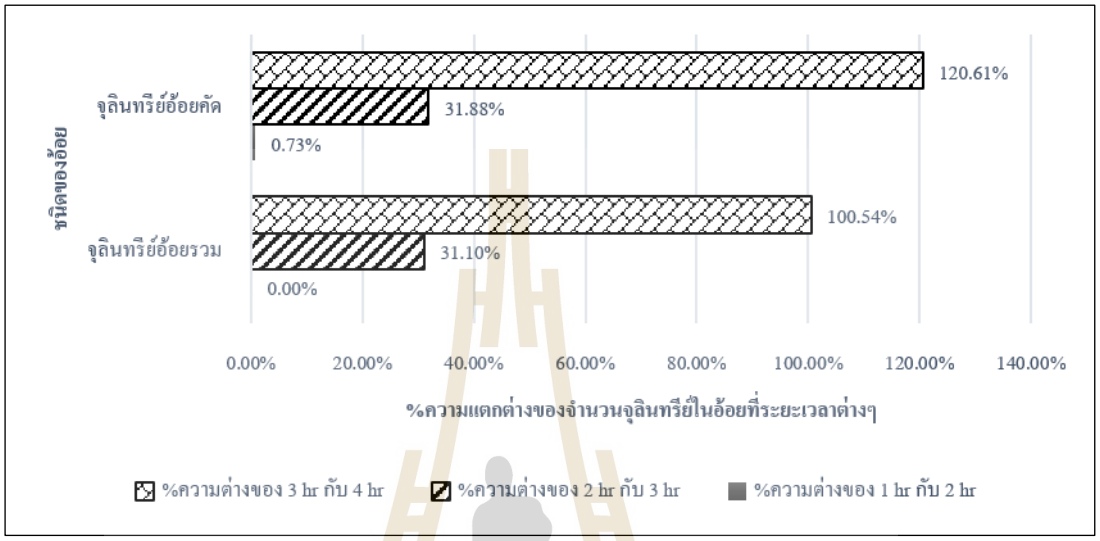
(ค)

รูปที่ 4.43 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุลินทรีย์ในอ้อยกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว ที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน (ก) อ้อยรวม (ข) อ้อยคัด และ (ค) เปรียบเทียบอ้อยรวมกับอ้อยคัด

จากรูปที่ 4.43 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนจุลินทรีย์ที่พบในอ้อยจากทุกแปลงตัวอย่างที่มีการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน (ในแกนตั้ง) กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน (ในแกนนอน) พบว่า จุลินทรีย์ในอ้อยจากทุกแปลงตัวอย่างมีแนวโน้มคงที่ในชั่วโมงแรกของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน และเพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มเข้าสู่ชั่วโมงที่สองของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน จนกระทั่งมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงของชั่วโมงที่สามของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน โดยที่ปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอ้อยทั้งอ้อยคัด และอ้อยรวม เป็นไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเป็นไปตามลักษณะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สามารถแบ่งเป็นระยะต่าง ๆ 4 ระยะ โดยเริ่มจากระยะที่จุลินทรีย์ทำการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ จึงยังไม่มีการเพิ่มจำนวน ระยะต่อมาคือ ระยะแบ่งตัวอย่างรวดเร็วในอัตราคงที่ โดยในระยะนี้อัตราการเจริญจะมากที่สุด สารอาหารจะถูกนำไปใช้อย่างมากและรวดเร็ว ระยะที่สามคือ ระยะจุลินทรีย์มีจำนวนสูงสุดและคงที่ ถึงแม้จะมีการแบ่งตัวเพิ่มขึ้นแต่จะเท่ากับอัตราการตาย เนื่องจากสารอาหารถูกใช้ไปเกือบหมดหรือมีการขับของเสียที่เป็นพิษออกมาจากกระบวนการเมแทบอลิซึม และระยะที่สี่คือ ระยะที่จุลินทรีย์ตายอย่างรวดเร็วและตายมากขึ้นจนสม่ำเสมอ

เนื่องจากน้ำตาลที่ต้องใช้หมด เกิดการสะสมของของเสีย และสารพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึม



รูปที่ 4.44 ร้อยละของความแตกต่างของจำนวนจุลินทรีย์กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว

รูปที่ 4.44 แสดงถึงการเปรียบเทียบชนิดของอ้อย (ในแกนตั้ง) กับร้อยละของความแตกต่างของจำนวนจุลินทรีย์ (ในแกนนอน) พบว่า ในอ้อยทั้ง 2 ชนิด คือ อ้อยรวม และอ้อยคัด มีร้อยละของความแตกต่างของจำนวนจุลินทรีย์จากชั่วโมงที่ 3 ถึงชั่วโมงที่ 4 ของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่าจากช่วงระยะเวลาจากชั่วโมงที่ 2 ถึงชั่วโมงที่ 3 และจากชั่วโมงที่ 1 ถึงชั่วโมงที่ 2 คือ (100.54%)(120.61%) (31.1%)(31.88%) และ (0%)(0.73%) ตามลำดับ

ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ร้อยละของความแตกต่างของจำนวนจุลินทรีย์ในอ้อยคัดมากกว่าในอ้อยรวม เพราะว่าในอ้อยคัดคือ ท่อนอ้อยที่มีพื้นที่เปิดที่ไม่มีการห่อหุ้มของเปลือกอ้อยเฉพาะด้านหัวและท้ายของท่อนอ้อยเท่านั้น จึงเป็นสภาวะที่ส่งเสริมกับการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์น้อยกว่าอ้อยรวมที่มีพื้นที่เปิดที่ไม่มีการห่อหุ้มผิวจากเปลือกอ้อยมากกว่า เพราะเป็นอ้อยที่มีทั้งอ้อยท่อนเต็ม อ้อยที่มีการแตกหักในท่อน อ้อยที่มีการฉีกขาดของเปลือกอ้อย หรืออ้อยที่ถูกผ่าออกเป็นซีกรวมกัน

และเมื่อนำค่าร้อยละของความแตกต่างของจำนวนจุลินทรีย์ระหว่างอ้อยคัดกับอ้อยรวม มาวิเคราะห์ความแปรปรวน จึงทำให้ทราบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.2.6 ผลการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการลดลงของค่าความหวาน

ในหัวข้อนี้จะแสดงให้ทราบถึงการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนที่เกิดจากการลดลงของความหวาน หลังจากการเก็บเกี่ยวภายใน 4 ชั่วโมง ที่เป็นระยะเวลาของการรอการขนส่งอ้อยจากไร่อ้อยไปส่งโรงงานน้ำตาล โดยในงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นเป็นช่วง ช่วงละ 1 ชั่วโมง และแบ่งอ้อยออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกคือ กลุ่มของอ้อยรวม หมายถึง อ้อยทั้งหมดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่มีทั้งอ้อยท่อนเต็ม อ้อยที่มีการแตกในตำแหน่งต่าง ๆ ของท่อนอ้อย หรืออ้อยที่การถูกผ่าซีก และกลุ่มที่สองคือ กลุ่มของอ้อยคัด คืออ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน แต่คัดเลือกเอาเฉพาะอ้อยท่อนที่มีการตัดแบบสมบูรณ์ที่มีการตัดเฉพาะด้านหัวและท้ายของท่อนอ้อยเท่านั้น โดยที่ผลการทดสอบได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพ (ความหวาน) ของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับ

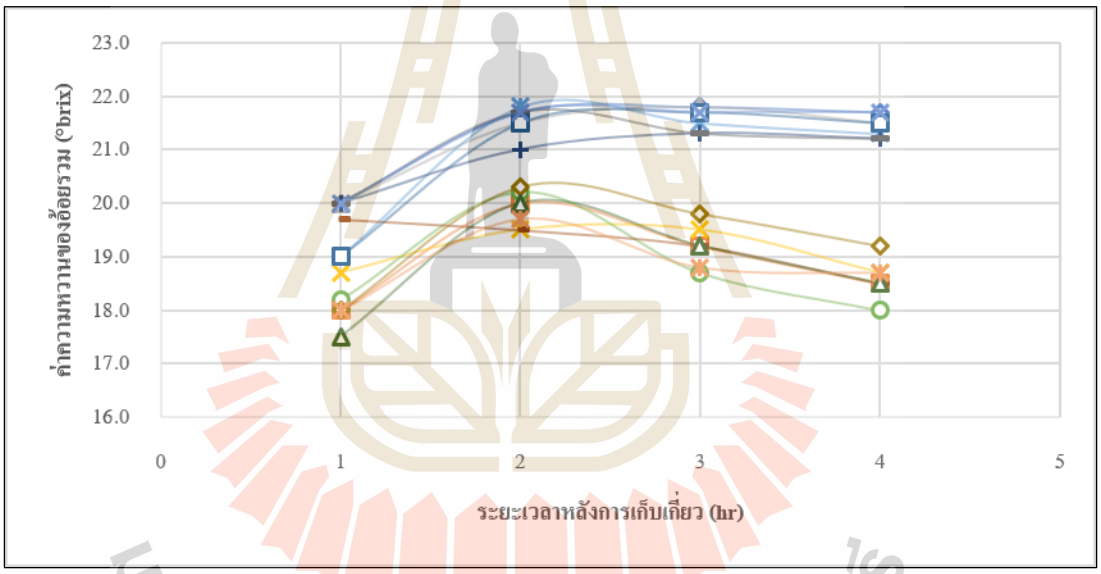
แปลงที่	%Brix ของอ้อยรวม				%Brix ของอ้อยคัด			
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr
1	20.0	21.7	21.8	21.7	19.5	21.6	21.7	21.7
2	18.0	20	19.2	18.5	17.8	19.4	19	18.2
3	20.0	21.5	21.8	21.5	19.7	20.5	21	21
4	18.7	19.5	19.5	18.7	18.4	19.3	19.1	18.9
5	19	21.8	21.5	21.3	19.2	21.7	21.8	21.3
6	18.2	20.2	18.7	18	18.1	19.7	18.5	18.1
7	20	21	21.3	21.2	19.7	20.2	20.6	20.5
8	19.7	19.5	19.2	18.5	19.2	19.4	19.2	18.8
9	20	21.7	21.3	21.2	19.9	21.1	21	20.7
10	18	20.3	19.8	19.2	18.3	19.7	19.6	19
11	19	21.5	21.7	21.5	19.3	20.1	20.4	20.2
12	17.5	20	19.2	18.5	18.9	19.5	19.6	19.3
13	20	21.7	21.7	21.7	19.9	20.8	20.9	20.7

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบในการศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพ (ความหวาน) ของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับ (ต่อ)

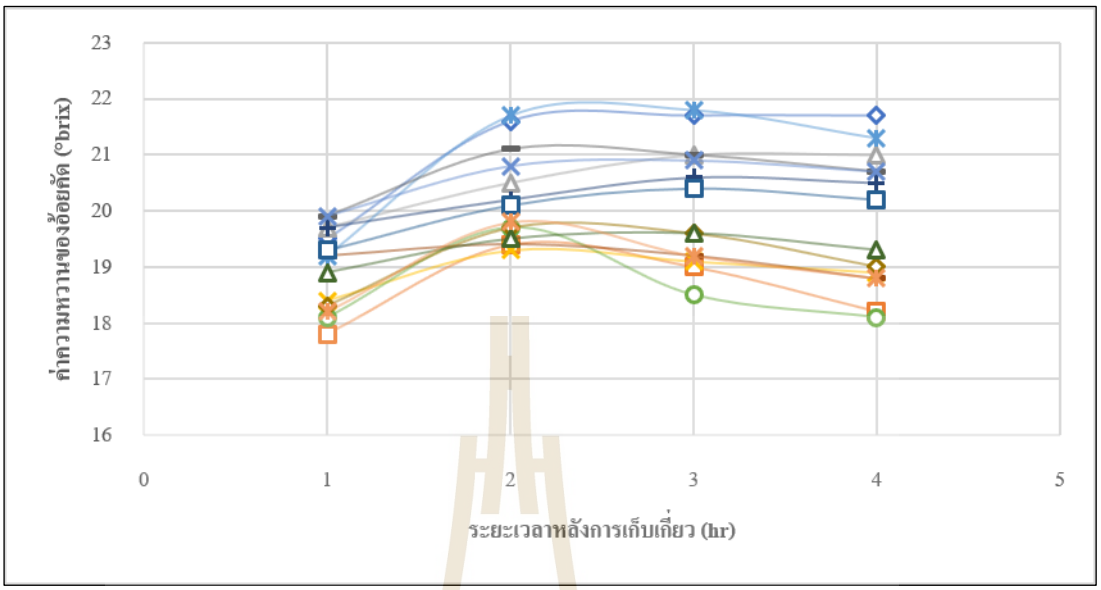
แปลงที่	%Brix ของอ้อยรวม				%Brix ของอ้อยคัด			
	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr	1 hr	2 hr	3 hr	4 hr
14	18	19.7	18.8	18.7	18.2	19.8	19.2	18.8
เฉลี่ย	19.01	20.72	20.39	20.01	19.01	20.20	20.11	19.80

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ 4.22 ไปสร้างกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานของน้ำตาลในท่อนอ้อยกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว จะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 4.45

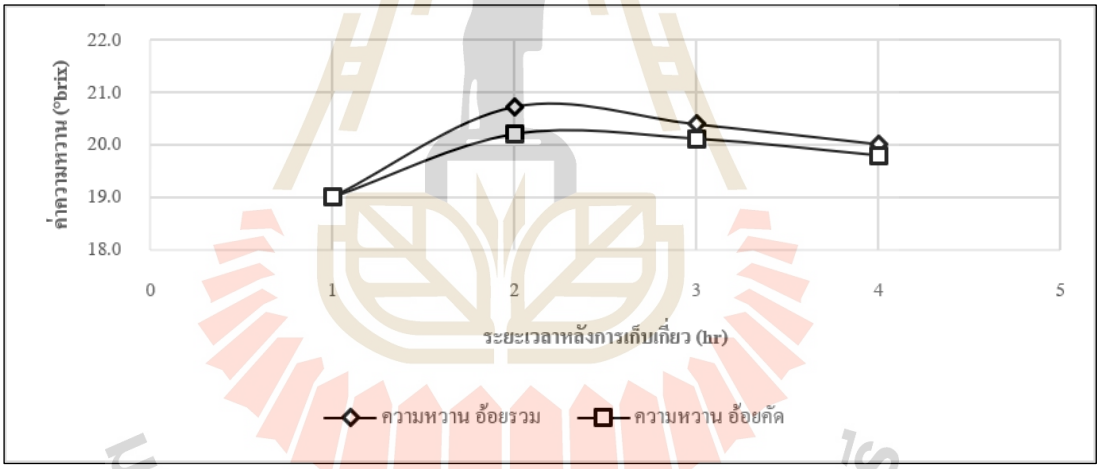


(ก)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(ข)



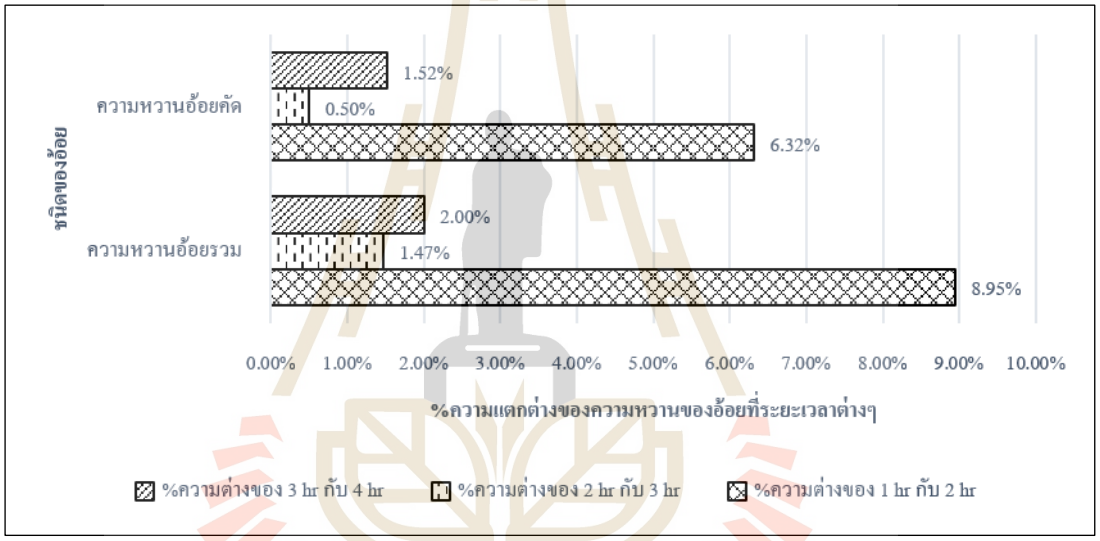
(ค)

รูปที่ 4.45 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยความหวานของอ้อยกับระยะเวลาที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน (ก) อ้อยรวม (ข) อ้อยคัด และ (ค) เปรียบเทียบอ้อยรวมกับอ้อยคัด

จากรูปที่ 4.45 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหวานของอ้อยจากทุกแปลงตัวอย่างที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน (ในแกนตั้ง) กับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน (ในแกนนอน) พบว่า ค่าความหวานของอ้อยจากทุกแปลงตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในชั่วโมงแรกของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้า

โรงงาน และมีแนวโน้มลดลงเมื่อเริ่มเข้าสู่ชั่วโมงที่สองของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวที่รอการขนส่งอ้อยเข้าโรงงาน โดยที่การลดลงของความหวานในอ้อยทั้งอ้อยคัด และอ้อยรวม เป็นการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สาเหตุที่มีความหวานมากขึ้น เพราะผลที่สืบเนื่องมาจากน้ำในท่อนอ้อยที่มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้อยกว่าน้ำตาลมีการระเหยออกไปเนื่องจากอุณหภูมิ ความดันบรรยากาศ และลมที่มีการถ่ายเทอยู่ตลอดเวลา จึงส่งผลให้ความหวานที่วัดได้มีค่าที่สูงขึ้นนั่นเอง และเมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่สองที่ความหวานมีค่าลดต่ำลงนั้นเนื่องมาจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนไปกับอ้อยใช้น้ำตาลในท่อนอ้อยเพื่อกิจกรรมในการเจริญ



รูปที่ 4.46 ร้อยละของความแตกต่างของความหวานกับระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว

รูปที่ 4.46 แสดงถึงการเปรียบเทียบชนิดของอ้อย (ในแกนตั้ง) กับร้อยละของความแตกต่างของความหวาน (ในแกนนอน) พบว่า ในอ้อยทั้ง 2 ชนิด คือ อ้อยรวม และอ้อยคัด มีร้อยละของความแตกต่างของความหวานจากชั่วโมงที่ 1 ถึง ชั่วโมงที่ 2 ของระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวมากกว่าจากช่วงระยะเวลาจากชั่วโมงที่ 3 ถึง ชั่วโมงที่ 4 และจากชั่วโมงที่ 2 ถึง ชั่วโมงที่ 3 คือ (8.95%)(6.32%) (2%)(1.52%) และ (1.47%)(0.5%) ตามลำดับ

ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ร้อยละของความแตกต่างของความหวานในอ้อยรวมมากกว่าในอ้อยคัด เพราะว่าท่อนอ้อยรวมที่มีการแตกหักในท่อนอ้อยบางท่อน มีการฉีกขาดของเปลือกอ้อยหรือถูกผ่าซีกออก ทำให้มีอัตราการระเหยของน้ำในท่อนอ้อยนั้น ๆ ได้มากกว่าในอ้อยคัดมีพื้นที่ที่

ทำให้เกิดการระเหยของน้ำเฉพาะที่ด้านหัวและท้ายของท่อนอ้อยเท่านั้น จึงทำให้ความหวานในอ้อยรวมมีความเข้มเข้นมากนั่นเอง

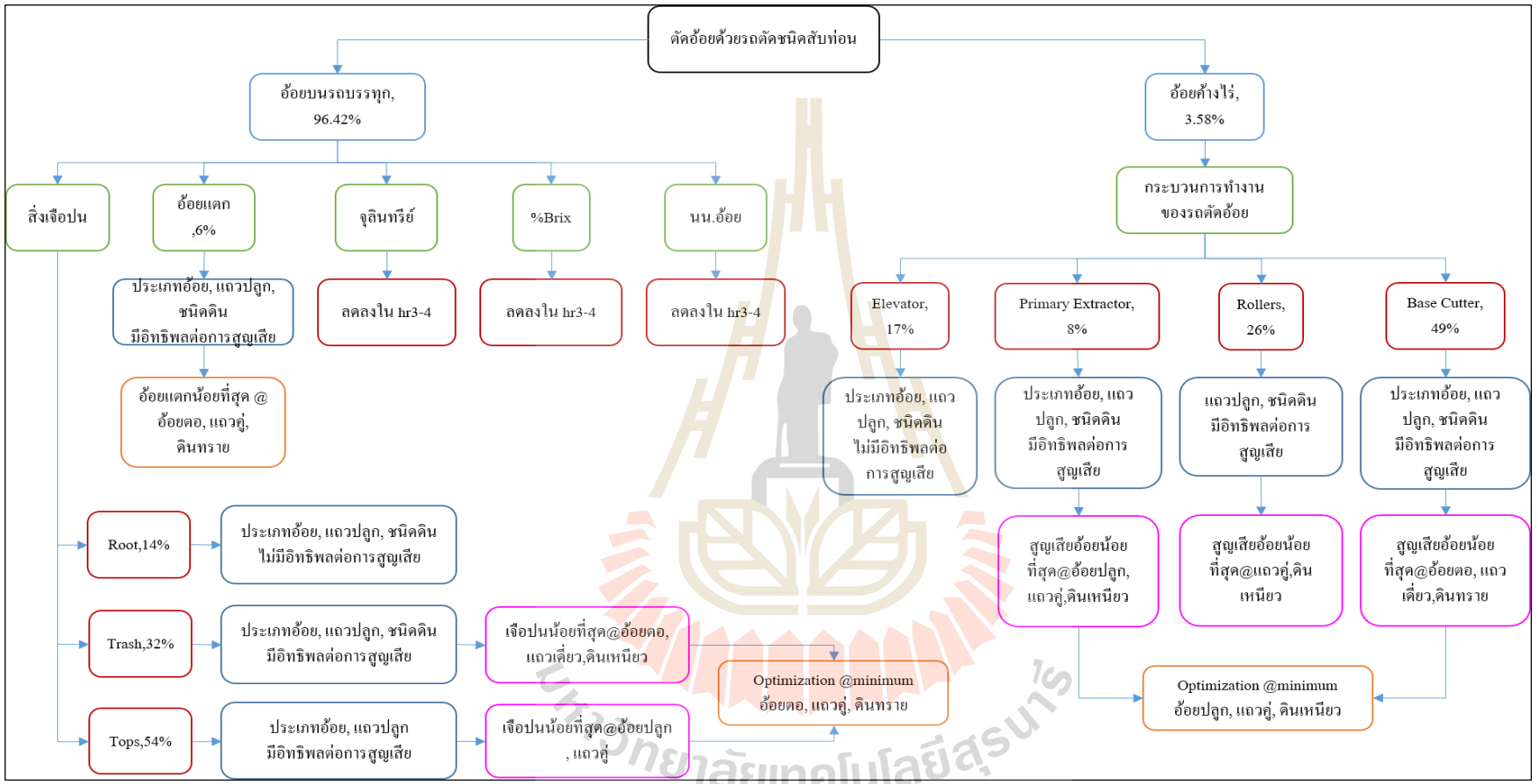
และเมื่อนำค่าร้อยละของความแตกต่างของความค่าหวานระหว่างอ้อยคัดกับอ้อยรวมมาวิเคราะห์ความแปรปรวน จึงทำให้ทราบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะ

4.3.1 การสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินการทดสอบตามวัตถุประสงค์ ภายใต้ขอบเขตของงานวิจัย สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4.47

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.47 ผลที่ได้จากการทดสอบของงานวิจัย

และจากรูปที่ 4.47 ที่แสดงถึงผลการทดสอบทั้งหมดของงานวิจัยว่า เมื่อมีการเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์ของแก่น 3 ด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน Austoft 8000 นั้นทำให้เกิดการสูญเสียกับอ้อย โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ

1) การสูญเสียกับอ้อยที่ค้างอยู่ในไร่

สำหรับการสูญเสียในกรณีนี้ เป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย โดยมีการสูญเสียอ้อยที่เกิดจากการตัดตอสูง (ปกติแล้วจะตัดชิดดิน) ของชุดมีดตัดโคน ร้อยละ 49 มีการสูญเสียอ้อยที่ไม่สามารถลำเลียงเข้าสู่ชุดมีดสับท่อนได้ทำให้ลำอ้อยหล่นลงพื้น เพราะการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียง ร้อยละ 26 มีการสูญเสียท่อนอ้อยออกจากระบบของรถเพราะความเร็วรอบของชุดพัดลมทำความสะอาดที่ไม่พอดีกับปริมาณ และขนาดของท่อนอ้อย ร้อยละ 8 และมีการสูญเสียท่อนอ้อยเพราะร่วงจากสะพานลำเลียง ร้อยละ 17

สำหรับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยสามารถระบุได้ดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

การสูญเสียอ้อยจาก	อิทธิพลจากปัจจัย	
	อิทธิพลหลัก	อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย
ชุดมีดตัดโคน	ประเภทของอ้อย	ประเภทของอ้อย*ชนิดของดิน
	ชนิดของดิน	แถวปลูก*ชนิดของดิน
ชุดโรลเลอร์ลำเลียง	แถวปลูก	แถวปลูก*ชนิดของดิน
ชุดพัดลมทำความสะอาด	ชนิดของดิน	ประเภทของอ้อย*แถวปลูก
		ประเภทของอ้อย*แถวปลูก*ชนิดของดิน
สะพานลำเลียง	-	-

ผลจากการวิเคราะห์หาความเหมาะสมของแต่ละปัจจัยพบว่า การทำงานของรถตัดอ้อยในแปลงอ้อยปลูก แถวคู่ ดินเหนียว สามารถลดปริมาณการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของชุดมีดตัดโคน ชุดโรลเลอร์ลำเลียง และชุดพัดลมทำความสะอาดได้ร้อยละ 59 ร้อยละ 43 และร้อยละ 83 ตามลำดับ

โดยการสูญเสียอ้อยที่สะพานลำเลียง ไม่ได้เป็นผลมาจากปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยที่ทำการศึกษา

2) การสูญเสียอ้อยที่อยู่บนรถบรรทุก

สำหรับการสูญเสียอ้อยในกรณีนี้นั้น มีทั้งการสูญเสียจากปริมาณสิ่งเจือปน การแตกของท่อนอ้อย การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้อ้อยบูด การลดลงของค่าความหวานและน้ำหนักของท่อนอ้อย โดยในตารางที่ 4.24 จะแสดงถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณสิ่งเจือปนและการแตกของท่อนอ้อย

ตารางที่ 4.24 สรุปปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

การสูญเสียอ้อยจาก	อิทธิพลจากปัจจัย	
	อิทธิพลหลัก	อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย
ยอดอ้อย	ประเภทของอ้อย แถวปลูก	ประเภทอ้อย*แถวปลูก
กาบใบ	ประเภทของอ้อย	แถวปลูก*ชนิดของดิน
รากและดิน	-	-
อ้อยแตก	-	ประเภทอ้อย*ชนิดของดิน*ชนิดของดิน

ผลจากการวิเคราะห์หาความเหมาะสมของแต่ละปัจจัยพบว่า การทำงานของรถตัดอ้อยในแปลงอ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย สามารถลดปริมาณยอดอ้อย และกาบใบ ที่มีสิ่งเจือปนกับท่อนอ้อยได้ร้อยละ 10 และร้อยละ 37 ตามลำดับ

โดยปริมาณรากและดินที่เจือปนกับท่อนอ้อย ไม่ได้เป็นผลมาจากปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยที่ทำการศึกษา

และผลจากการวิเคราะห์หาความเหมาะสมของแต่ละปัจจัยพบว่า การทำงานของรถตัดอ้อยในแปลงอ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย สามารถลดการแตกของท่อนอ้อยได้ร้อยละ 25

ในส่วนของการสูญเสียน้ำหนักของอ้อย การสูญเสียความหวานเพราะจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนนั้น พบว่า จะเกิดขึ้นในอ้อยรวมมากกว่าอ้อยคัด ในชั่วโมงที่ 3 ถึง ชั่วโมงที่ 4 หลังการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 4.25 การเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียจากแปลงอ้อยปลูกกับอ้อยตอ

รายการ	อ้อยปลูก แถวคู่ ดินเหนียว	อ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย
1. อ้อยค้างไร่		
1.1 จากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อย	★	
2. อ้อยบนรถบรรทุก		
2.1 อ้อยแตก (ส่งผลต่อน้ำหนัก ความหวาน)		★
2.2 สิ่งเจือปน		★

★ หมายถึง ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดที่มีผลต่อการสูญเสียอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

จากตารางที่ 4.25 พบว่า อ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย เป็นระดับของปัจจัยที่มีค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อคุณภาพของอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน เพราะว่า

1) อ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย เป็นระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดต่อการลดปริมาณอ้อยแตก ที่มีผลต่อการลดลงของน้ำหนักอ้อย และค่าความหวานของอ้อย

2) อ้อยตอ แถวคู่ ดินทราย มีปริมาณสิ่งเจือปนทั้ง 3 ประเภท เป็นระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดต่อการลดปริมาณสิ่งเจือปนทั้ง 3 ประเภท ที่มีผลต่อการถูกตัดราคาขายให้ต่ำลงกว่าราคารับซื้อปกติ

4.3.2 การวิเคราะห์ต้นทุน

จากเกณฑ์การรับซื้ออ้อยของโรงงานน้ำตาลในแต่ละฤดูการผลิต ที่จะประกาศราคากลางออกมา โดยราคารับซื้อจะอ้างอิงจากปริมาณ ซีซีเอส ของอ้อย หากอ้อยมีปริมาณ ซีซีเอส สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนด ก็จะได้ราคาเพิ่มขึ้นหรือลดลงในทุก ๆ 1 ซีซีเอส และหากอ้อยมีสิ่งเจือปน ก็จะถูกหักราคาลงจากราคากลาง โดยสามารถสรุปได้ดังสมการที่ 4.1

$$\text{ราคาอ้อย (บาท ต่อ ตัน)} = \text{น้ำหนักอ้อย} - \text{สิ่งเจือปน} \pm \text{ซี.ซี.เอส} \quad (4.1)$$

ดังนั้นการที่สามารถลดการสูญเสียอ้อยที่ค้างในไร่ ลดปริมาณสิ่งเจือปนกับท่อนอ้อย ลดการแตกของท่อนอ้อยที่ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนัก และความหวานของอ้อยจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน ก็เป็นอีกหนึ่งหนทางที่จะสามารถช่วยเพิ่มรายรับให้กับเกษตรกรได้ และ

สำหรับการใช้รถตัดอ้อยชนิดสับท่อนเพื่อการเก็บเกี่ยวอ้อยนั้น พบว่า มีค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวต่ำกว่าการใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยว โดยสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

1) กรณีใช้รถตัดอ้อยในการเก็บเกี่ยว

ในกรณีของรถตัดอ้อย เจ้าของรถจะคิดราคาค่าบริการในการเก็บเกี่ยวตามน้ำหนักที่ทำการเก็บเกี่ยวได้

2) กรณีใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยว

สำหรับการเก็บเกี่ยวในกรณีนี้นั้น ต้องแยกเป็น 3 กรณีย่อย คือ ค่าแรงงานจากการตัดอ้อย ค่าแรงงานในการเรียงอ้อยบนรถบรรทุก และค่ารถคีบอ้อยขึ้นรถบรรทุก

ตารางที่ 4.26 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวอ้อยระหว่างรถตัดอ้อยกับแรงงานคน

รายการ	ราคา (บาท/ตัน)	
	รถตัดอ้อย	แรงงานคน
ค่าตัดอ้อย	190	100
ค่าคนเรียงอ้อย	0	30
ค่ารถคีบอ้อย	0	60
สรุป	190	190

และหากพิจารณาเปรียบเทียบจากราคาขายอ้อยที่เกษตรกรจะได้รับ หลังจากการตรวจสอบคุณภาพของอ้อยจากเจ้าหน้าที่แล้วตามสมการที่ 4.1 กับผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวอ้อยระหว่างรถตัดอ้อยกับแรงงานคนในตารางที่ 4.26 พบว่า ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวอ้อยระหว่างรถตัดอ้อยกับแรงงานคน มีราคาที่เท่ากัน โดยที่การเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยสามารถแล้วเสร็จได้ในขั้นตอนเดียว แต่การเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน ต้องแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนย่อย ที่ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน และยังพบว่าการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนต้องมีค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น ค่าข้าว ค่าน้ำ ค่าขนส่งแรงงาน เป็นต้น เพื่อเป็นแรงจูงใจให้กับแรงงาน จึงทำให้ต้นทุนในการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนต่ำกว่าการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน

4.3.3 เสนอแนวทางการลดการสูญเสียที่เกิดจากการศึกษากระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

จากข้อมูลเบื้องต้นของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน จากการทดสอบเพื่อนำผลมาวิเคราะห์ และจากผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยสามารถสรุปและนำเสนอแนวทางในการแก้ไขเกี่ยวกับตัวรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ได้ดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ปัญหาและแนวทางแก้ไขเกี่ยวกับรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข
1. การสูญเสียอ้อยจากการตัดตอสูงของชุดมีดตัดโคน	1) การเลือกความหนาของใบมีดให้เหมาะสมกับชนิดของดินในแปลงที่เก็บเกี่ยว และ 2) การปรับความเร็วรอบของใบมีดตัดของชุดมีดตัดโคนที่ต้องเปลี่ยนไปให้เหมาะสมกับความหนาของใบมีด อีกทั้งควรมีการทดสอบเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับลักษณะของใบมีดที่ใช้ในแต่ละชนิดของดินและพันธุ์อ้อย เพราะการปรับความเร็วรอบของใบมีดที่เหมาะสมกับชนิดดินและพันธุ์อ้อย จะสามารถช่วยลดปัญหาการตัดไม่ขาดที่โคน การแตกหักของโคนอ้อย การถอนโคนของกออ้อย
2. การสูญเสียอ้อยจากชุดโรลเลอร์ลำเลียง	1) ควรมีการพัฒนาตัวบุทโรลเลอร์ที่ทำหน้าที่ในการส่งลำอ้อยที่ตัดโคนไปยังชุดโรลเลอร์ลำเลียงให้สามารถจัดเรียงลำของอ้อยได้ด้วย เพื่อเป็นการเพิ่มระยะทางในการจัดเรียงลำอ้อย เพื่อลดการแตก หัก ที่จะเกิดขึ้นกับลำอ้อย 2) ควรมีการพัฒนาตัวโรลเลอร์ในชุดโรลเลอร์ลำเลียงให้มีความแตกต่างกันเพื่อเพิ่มความสามารถในการลอกกาบใบ กะเทาะดิน และลดการแตก หัก ของลำอ้อย

ตารางที่ 4.27 ปัญหาและแนวทางแก้ไขเกี่ยวกับรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข
3. การสูญเสียจากชุดพัดลมทำความสะอาด	ควรต้องพัฒนาที่ชุดโรลเลอร์ลำเลียง ให้เพิ่มความสามารถในการจัดวางลำอ้อยที่ส่งเข้าชุดมีดสับท่อนในลักษณะตามยาว เพื่อลดปัญหาการเฉือนลำอ้อยเป็นเศษเล็ก หรือท่อนสั้น ๆ ที่มีน้ำหนักเบาและไม่สามารถต้านทานแรงดูดจากพัดลมทำความสะอาดได้จนต้องถูกดูดออกทิ้ง
4. การสูญเสียจากสะพานลำเลียง	ควรพัฒนาตัวขั้นสะพานให้มีขอบด้านนอกเพื่อเพิ่มความสามารถในการเก็บรักษาท่อนอ้อย
5. การเจือปนของยอดอ้อย	1) ปรับให้ชุดเกลียวแบ่งอ้อยมีความยาวเพิ่มขึ้นและสามารถบีบกออ้อยเข้าหากัน เพื่อช่วยให้ชุดมีดตัดยอดสามารถตัดได้ง่ายขึ้น
	2) ที่ chamber ของชุดพัดลมทำความสะอาด ควรออกแบบเพิ่มให้เป็น 2 ชั้น เพื่อรองรอบท่อนอ้อยที่ดี กับอีกชั้นรองรับยอดอ้อย
6. การเจือปนของกาบใบ	1) ควรมีการพัฒนาชุดพัดลมทำความสะอาดทั้งในลักษณะของใบพัด มุมตัด และความเร็วรอบที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกกาบใบอ้อยออกจากท่อนอ้อยในระบบ
	2) ควรมีการปรับปรุง chamber ด้วยการหาระยะการหล่นของท่อนอ้อยและจุดลอยตัวของกาบใบออกจากท่อนอ้อยหลังออกมาจากชุดมีดสับท่อนที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยก
7. การเจือปนของรากและดิน	ควรมีการพัฒนาชุดมีดตัดโคน ทั้งในตำแหน่ง มุมตัด มุมใบมีด ความหนาของใบมีด ความเร็วรอบของใบมีดตัด ให้มีความเหมาะสมกับการตัดโคนอ้อยทั้งกอ เพื่อลดการตัดไม่ขาด หรือการถอนกอ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.27 ปัญหาและแนวทางแก้ไขเกี่ยวกับรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน (ต่อ)

ปัญหาที่พบ	แนวทางแก้ไข
8. การแตกของอ้อย	ควรมีการพัฒนาชุดโรลเลอร์ลำเลียง ให้มีความสามารถในการจัดเรียงลำอ้อย และปรับเพิ่มลดช่องว่างระหว่างโรลเลอร์ลูกบนและล่างให้เหมาะสมกับปริมาณลำอ้อยที่เข้ามาในระบบ เพื่อลดการกดทับของลำอ้อย

นอกจากแนวทางการแก้ไขเกี่ยวกับตัวรถตัดอ้อยชนิดสับท่อนในตารางที่ 4.27 แล้ว การปรับปรุงสภาพของแปลงปลูกอ้อยก็มีความสำคัญต่อการสูญเสียอ้อยเช่นกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงของนำเสนอแนวทางการปรับปรุงสภาพของแปลงอ้อยเพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานของรถตัดอ้อย ดังนี้คือ เกษตรกรควรทำการปรับพื้นที่ของแปลง ให้เป็นพื้นที่ที่มีความสม่ำเสมอ ไม่มีอุปสรรคกีดขวางการทำงานของรถตัดอ้อย มีการออกแบบหัวแปลงและท้ายแปลงให้สะดวกต่อการกลับเลี้ยวของรถตัดอ้อย มีการปรับระยะห่างของร่องอ้อยให้มีความเหมาะสมกับขนาดของรถตัดอ้อยเพื่อป้องกันปัญหาการชนกออ้อยล้ม และการเหยียบอ้อยของรถตัดอ้อย มีการปรับระยะห่างของการปลูกให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของอ้อยและชนิดของดินในแปลง เพื่อให้ได้อ้อยที่มีลำอ้อยที่เหยียดยาวโดยสม่ำเสมอกัน ในกรณีของอ้อยตอ ควรมีการตัดแต่งตออ้อย หรือการพูนตอเพื่อให้อ้อยที่เกิดใหม่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับอ้อยใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึง ผลการวิจัยโดยสรุปและข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัยต่อไป โดยกล่าวถึงผลสรุปของการวิจัยในหัวข้อ 5.1 และกล่าวถึงข้อเสนอแนะในการดำเนินการทำวิจัยต่อไปในหัวข้อ 5.2

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน โดยมีแนวคิดมาจากที่ปัจจุบันมีการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยเพิ่มสูงขึ้น แต่ยังพบว่า ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วมีอ้อยจำนวนหนึ่งตกค้างอยู่ในแปลงอ้อย ถูกรถตัดอ้อยทับแตกทั้งในลักษณะที่ยังเป็นลำอยู่ หรือแม้แต่เป็นท่อนอ้อยแล้วก็ตาม อีกประการคือ พบว่า ท่อนอ้อยที่เก็บเกี่ยวได้นั้นมียังมีกาบใบ หรือยอดอ้อย หรือรากอ้อยติดไปด้วย และประการสุดท้ายคือ ท่อนอ้อยที่ได้นั้นกว่าจะขนส่งไปถึงโรงงานน้ำตาลเกิดปัญหาอ้อยบูด ซึ่งทุกปัญหาที่กล่าวมานั้นส่งผลเสียต่อชาวไร่ในส่วนของรายได้ และส่งผลเสียต่อโรงงานน้ำตาลในส่วนของปัญหาในกระบวนการผลิต โดยผู้วิจัยได้มีการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง ที่จำเป็นต่อการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทำการออกแบบแผนการทดลองแฟคทอเรียล แบบ 2k จากนั้นจึงได้มีการดำเนินการทดสอบตามแผนการทดลอง และวิเคราะห์ผลเชิงสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 18 เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียที่เกิดขึ้น

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นต่อการศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน พบว่า ในพื้นที่ที่ศึกษาชาวไร่ปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น **3** รถตัดอ้อยที่ชาวไร่ใช้ในการเก็บเกี่ยวเป็นรถเช่ายี่ห้อ **Austoft** โดยรถตัดอ้อยมีกระบวนการทำงานทั้งหมด **7** กระบวนการ แต่มี **4** กระบวนการที่ทำให้เกิดการสูญเสียอ้อย คือ กระบวนการทำงานของชุดมีดตัดโคน กระบวนการทำงานของชุดโรลเลอร์ลำเลียง กระบวนการทำงานของชุดพัดลมทำความสะอาด และกระบวนการทำงานของสะพานลำเลียง โดย **100** เปอร์เซ็นต์ ของการสูญเสียจากกระบวนการทำงานทั้ง **4** ประกอบไปด้วย **49** เปอร์เซนต์ ของการสูญเสียอ้อยมาจากการตัดตอสูงของชุดมีดตัดโคน **26** เปอร์เซนต์ ของการสูญเสียอ้อยมาจากการ

ลำเลียงอ้อยของชุดโรลเลอร์ลำเลียง **16** เปอร์เซนต์ ของการสูญเสียมาจากการลำเลียงท่อนอ้อยของชุดสะพานลำเลียง และ **8** เปอร์เซนต์ ของการสูญเสียมาจากการดูดเอาท่อนอ้อยออกจากระบบของชุดพัดลมทำความสะอาด และหากพิจารณาจากอ้อย **1** ลำ ที่ถูกเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน พบว่า อ้อย **1** ลำ จะสูญเสียไปกับกระบวนการทำงานของชุดมีดตัดโคน **1.48** เปอร์เซนต์ ชุดโรลเลอร์ลำเลียง **1.26** เปอร์เซนต์ ชุดสะพานลำเลียง **0.54** เปอร์เซนต์ และชุดพัดลมทำความสะอาด **0.3** เปอร์เซนต์ โดยอ้อยที่ผ่านกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยและส่งไปอยู่บนรถบรรทุกเพื่อรอการขนส่ง ยังพบว่า มีการสูญเสียเชิงปริมาณจากการสูญเสียน้ำหนักที่แปรผันตามระยะเวลาที่รอการขนส่ง และการสูญเสียเชิงปริมาณจากการมีสิ่งเจือปนที่ติดไปกับอ้อย โดย**100** เปอร์เซ็นต์ของสิ่งเจือปนที่พบประกอบไปด้วย ยอดอ้อย **54** เปอร์เซนต์ กาบใบอ้อย **32** เปอร์เซ็นต์ รากและดิน **14** เปอร์เซ็นต์ ส่วนการสูญเสียเชิงคุณภาพคือ การลดลงของความหวานของอ้อยที่เกิดจากการใช้น้ำตาลเป็นอาหารเพื่อการเจริญของจุลินทรีย์ประจำถิ่นที่ปนเปื้อนจากการตัด การแตก การหัก และสิ่งเจือปนที่ติดมากับท่อนอ้อย ทั้งนี้การสูญเสียความหวานของอ้อยที่เกิดขึ้นจะแปรผันตามระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวนั่นเอง

และเมื่อทำการวิจัยแล้วเสร็จ พบว่า งานวิจัยมีผลที่สอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ในบทที่ 1 ดังนี้คือ

5.1.1 จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ของงานวิจัย เพื่อหาความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

พบว่า การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ทำให้ทราบถึง ตำแหน่งของส่วนประกอบของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ที่มีผลทำให้เกิดการสูญเสียต่ออ้อยทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพเมื่อมีการเก็บเกี่ยวอ้อยพันธุ์ของแก่น 3

5.1.2 จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ของงานวิจัย เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า ประเภทของอ้อย แถวปลูกอ้อย ชนิดของดินที่ปลูกอ้อย และระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว เป็นปัจจัยหลักและ/หรือปัจจัยร่วมที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียอ้อยพันธุ์ของแก่น 3 ที่เกิดขึ้นจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการมีอิทธิพลต่อการสูญเสียของแต่ละปัจจัยนั้นมีความแตกต่างกันไปแยกตามกรณีของการศึกษาการสูญเสีย ดังนี้

1) การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

พบว่า ประเภทของอ้อย แถวปลูกอ้อย และชนิดของดินปลูกอ้อย มีอิทธิพลต่อการสูญเสียอ้อยจากชุดมีดตัดโคน และชุดพัดลมทำความสะอาด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และแถวปลูกอ้อยกับชนิดของดินปลูกอ้อย มีอิทธิพลต่อการสูญเสียอ้อยจากชุดโรลเลอร์ลำเลียง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณของอ้อยจากสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

พบว่า ประเภทของอ้อยกับแถวปลูกอ้อย มีอิทธิพลต่อปริมาณการเจือปนชนิดยอดอ้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และประเภทของอ้อย มีอิทธิพลต่อปริมาณการเจือปนของกาบใบอ้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3) การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยจากการแตกของท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

พบว่า ประเภทของอ้อย แถวปลูกอ้อย และชนิดของดินปลูกอ้อย มีอิทธิพลต่อปริมาณการแตกของท่อนอ้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4) การศึกษาการสูญเสียเชิงปริมาณจากการลดลงของน้ำหนักของท่อนอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่ง

พบว่า ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว มีอิทธิพลต่อการลดลงของน้ำหนักของอ้อย

5) การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากจุลินทรีย์

พบว่า ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว มีอิทธิพลต่อปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6) การศึกษาการสูญเสียเชิงคุณภาพของอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างรอการขนส่งที่เกิดจากการลดลงของค่าความหวาน

พบว่า ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยว มีอิทธิพลต่อการลดลงของความหวานของอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.3 จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ของงานวิจัย เพื่อนำเสนอแนวทางลดความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงานของรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

พบว่า แนวทางที่สามารถลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในภาพรวมนั้นจำเป็นจะต้องมีการพัฒนารถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ดังได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.26 และควรมีการจัดการแปลง คือ ควร

ทำการปรับแต่งพื้นที่ของแปลงอ้อย ให้มีความสม่ำเสมอของพื้นที่ ไม่มีอุปสรรคกีดขวางการทำงานของรถตัดอ้อย ปรับระยะห่างของร่องอ้อยให้มีความเหมาะสมกับขนาดของรถตัดอ้อย เพื่อป้องกันปัญหาการเหยียบอ้อยของรถตัดอ้อยนั่นเอง ปรับระยะห่างของการปลูกให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของอ้อย เพื่อให้ได้อ้อยที่มีลำอ้อยที่เหยียดยาวโดยสม่ำเสมอกัน ในกรณีของอ้อยตอ ควรมีการตัดแต่งตออ้อย หรือการพูนตอเพื่อให้อ้อยที่เกิดใหม่มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับอ้อยปลูกนั่นเอง และก่อนการใช้งานรถตัดอ้อยทุกครั้ง คนขับรถตัดอ้อย ต้องมีการตรวจสอบสภาพของรถให้มีความเหมาะสมกับสภาพของแปลงอ้อยนั้น ๆ และต้องทำความเข้าใจถึงสภาพของรถตัดอ้อย สภาพของแปลงอ้อย และอิทธิพลของปัจจัย (ประเภทอ้อย แถวปลูกอ้อย ชนิดดินปลูกอ้อย) ของอ้อยในแต่ละแปลงที่ต้องทำการเก็บเกี่ยว เพื่อสามารถปรับการทำงานของรถให้มีความสอดคล้องกับสภาพของแปลงอ้อย และอิทธิพลของปัจจัย เพื่อนำไปสู่การลดลงของการสูญเสียที่จะเกิดขึ้น โดยเฉพาะชุดมีดตัดโคนที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนขนาดความหนาของใบมีดตัดโคนให้มีความเหมาะสมกับชนิดของดินในแปลงอ้อย และมีความคมที่สามารถตัดโคนอ้อยให้ขาดได้โดยไม่เกิดการแตก และใบมีดสับท่อนที่ต้องมีความคมเพียงพอในการสับอ้อยให้ขาดเป็นท่อน เพื่อลดการหักของเนื้อในแต่เปลือกอ้อยไม่ขาด ซึ่งจะทำให้อ้อยช้ำและเป็นช่องทางของการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1. ปัญหาและอุปสรรคที่พบในการทำวิจัย

คือ ในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่าง ที่ต้องทำให้ทันเวลาของการทำงานในแต่ละเที่ยวที่รถตัดอ้อยเคลื่อนผ่าน หากล่าช้าอ้อยก็จะถูกรถตัดอ้อยเหยียบ ทำให้ต้องเริ่มต้นใหม่ ดังนั้นจึงควรเพิ่มจำนวนบุคลากรช่วยงาน และกำหนดหน้าที่ของบุคลากรช่วยงานให้ชัดเจนก่อนเริ่มงาน เพื่อป้องการการสับสนในระหว่างปฏิบัติงาน

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากการทำวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาในภาพรวมของการสูญเสียที่เกิดจากรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาที่ชี้เฉพาะในแต่ละกระบวนการทำงานที่มีผลต่อการสูญเสียของอ้อย เพื่อสามารถนำไปใช้ในการพัฒนารถตัดอ้อยชนิดสับท่อนต่อไป

รายการอ้างอิง

กองพืชไร่. (2523). **อ้อย**. กรมวชิาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองวางแผนการใช้ที่ดิน. (2542). **คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 65 น.

เกษม สุขสถาน และอุดม พลูเกษม. (2521). **การเลือกทำเลและที่ดินสำหรับปลูกอ้อย**. น. 54-56. ใน หลักการทำไร่อ้อย. คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม สุขสถาน. (2533). **การตัดยอดมีอิทธิพลต่อผลผลิตและคุณภาพของอ้อย**. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

เกษม สุขสถาน. (2540). **คู่มือการทำไร่อ้อย**. เอกสารเผยแพร่. บริษัท มิตรผลวิจัยพัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด, กรุงเทพฯ.

เกษม สุขสถาน. (2542). **ภูมิศาสตร์และพฤกษศาสตร์ของอ้อย.** น. 154-181. ใน สหวิทยาการของอ้อยและน้ำตาล. บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด, กรุงเทพฯ.

กนกทิพย์ เลิศประเสริฐรัตน์, อัปสร เปลี่ยนสินไชย, ประพันธ์ ประเสริฐศักดิ์, เฉลิมพลไหลรุ่งเรือง และประชา ถ้ำทอง. (2546). **การสูญเสียคุณภาพน้ำตาลจากการปนเปื้อนของแป้ง**. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, ทบวงมหาวิทยาลัยกระทรวงศึกษาธิการ, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. http://kukr.lib.ku.ac.th/db/BKN/search_detail/result/8294

กัน ภู่จีน. (2556). **การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของอ้อย ที่ส่งผลต่อน้ำตาลทราย กรณีศึกษา : โรงงานน้ำตาลทรายในจังหวัดกำแพงเพชร.** วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.

กล้าณรงค์ ศรีรอต, พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, วิไล สันติโสภาศรี, วิรัตน์ วาณิชย์ศรีรัตนา,เอ็จ สโรบล, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ,กุลฤดี แสงสีทอง,ปฐมา จาตกานนท์,รัตนา ตันฑเทิดธรรม,สุนีย์ โชตินีรนาท, สิทธิโชค วัลลภาทิย์,รุ่งทิวา วันสุขศรี และ ชฎาพร วิทิตสันติ, . (2548). **การแก้ไขปัญหาเรื่องแป้งในกระบวนการผลิตอ้อยและน้ำตาลทราย**. รายงานการวิจัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์,กรุงเทพมหานคร.

กิติศักดิ์ พลอยพาณิชเจริญ. (2543). **สถิติสำหรับงานวิศวกรรม** เล่ม 2 พิมพ์ครั้งที่ 2 กทม, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

รายการอ้างอิง (ต่อ)

กฤษณ์ สรรพอาสา. (2547). **การสูญเสียอ้อยจากพัดลมทำความสะอาดของเครื่องตัดอ้อยชนิดสับท่อนในการตัดอ้อยสด.** วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2527). **การปลูกอ้อย.** กรมส่งเสริมการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 24 น.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2551). **คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรอ้อย.** สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จิรวัฒน์ เทอดพิทักษ์พงษ์. (2557). **พันธุ์อ้อยที่เหมาะสม.** เอกสารเผยแพร่ ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ภาคที่ 2 อ.เมือง จ.กำแพงเพชร.

จิราพร อนุสรณ์วงศ์ชัย,ศุมาพร เกษมสำราญ,วีระพล พลภักดี,ทักษิณา ศันสยะวิชัย,วารุณี ธนะแพสย์และซาโตรุ มิยาตะ. (2553). **การตรวจสอบคุณภาพอ้อยด้วยแสงย่านใกล้อินฟราเรด.** Agricultural Sci. J. 41(3/1) (Suppl.): 85-88.

ชุมพล เยาวภา. (2547). **ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำตาล แป้งและเส้นใยในอ้อย.** วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ดาริกา อวะภาค, นพรัตน์ มะเห และ ดลฤดี พิชัยรัตน์. (2013). **การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายผมนางโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง.**KKU Sci.J.41(2). 414-430.

ทิวา พาโคกทม. (2542). **อิทธิพลของระดับความเค็มของดินต่อการเจริญเติบโตองค์ประกอบผลผลิตและอัตราการสังเคราะห์แสงของอ้อยปลูกและอ้อยตอ 1**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณรงค์ ปัญญา. (2540). **การศึกษาความสูญเสียเชิงปริมาณและคุณภาพข้าวหอมมะลิที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด ที่ระยะเวลาต่าง ๆ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บัณฑิต ตันศิริ และคำรณ ไทรฟัก. (2542). **คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ.** กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

บุริม นิลแป้น. (2551). **การวางแผนการขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงานน้ำตาลอย่างมีประสิทธิภาพ.** วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น.

ปารเมศ ชุติมา. (2545). **การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

ประกาย กิจธิคุณ. (2556). **การศึกษาปัญหาการขาดแคลนแรงงานในภาคเกษตร กรณีศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. กรุงเทพฯ: สำนักนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

ประเสริฐ ฉัตรวชิรวงษ์. (2542). **อ้อย**. น. 270-295. ใน พืชเศรษฐกิจ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปรัชญา พละพันธุ์. (2560). **คู่มือวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสถิติด้วย Minitab ฉบับมืออาชีพ.** บริษัทไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด. นนทบุรี.

ปรีชา สุริยพันธุ์. (2544). **การพัฒนาอ้อยและน้ำตาลไทย.** สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พิพัฒน์ วีระถาวร. (2546). **อ้อยมีสิ่งเจือปนชาวไร่อ้อยเสียหาย.** ชัยภูมิ : มิตรผลวิจัย พัฒนาอ้อยและน้ำตาล ; 2546.

พิสมัย หาญมงคลพิพัฒน์. (2550). **สถิติและการวางแผนการทดลองทางเกษตร.** กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภูมินทร์ รักษากิจ ธีรเดช วุฒิพรพันธ์ และ กุศล พิมาพันธุ์ศรี. **การลดปริมาณของเสียในกระบวนการกลั่นสารอัลลิลคลอไรด์ โดยใช้การทดลองพื้นผิวตอบสนอง.** วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ปีที่ 25. ฉบับที่ 3. หน้า 393–403. ก.ย.–ธ.ค. 2558.

วิชัย โอภานุกูล. (2554). **Study of Sugarcane Harvester Used in Thailand.** รายงานโครงการวิจัย กรมวิชาการเกษตร http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=399

วิหาญ พะนุมรัมย์. (2549). **การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตอ้อยโรงงาน อำเภอคูเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ปีการเพาะปลูก 2547/2548.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

วีรานุช หลาง. (2552). **คู่มือตรวจวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยาทางอาหาร.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศุกฤษฎิ์ ช่วยชูหนู. (2550). **การศึกษาความเป็นไปได้ในการบริหารจัดการแรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย กรณีศึกษาโรงงานน้ำตาลมิตรภูเวียง.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

ศูนย์ภูมิอากาศ. (2559). **สภาวะอากาศประเทศไทย เดือนธันวาคม.** สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, รายงานข้อมูลเมื่อวันที่ 11 มกราคม 2560

ศูนย์ภูมิอากาศ. (2560)**. สภาวะอากาศประเทศไทย เดือนมกราคม.** สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, รายงานข้อมูลเมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธุ์ 2560

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว (2523) **อ้อย** วันที่สืบค้นข้อมูล13กรกฎาคม 2561 [online] http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=5&chap=3&page=t5-3-infodetail05.html

สถาบันวิจัยพืชไร่. (2526). **คำแนะนำการปลูกพืชไร่.** กรมวชิาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 93 น.

สันธาร นาควัฒนากนุกูล, มงคล ตุ่นเฮ้า, บาลทิตย์ ทองแดง, วิชัย โอภานุกุล, วีระ สุขประเสริฐ, ดนัย ศารทูลพิทักษ์, คทาวุธ จงสุขไว, ทรงยศ จันทรมานิตย์, วัชรศิลป์ มักสุขเสริม, อนุชา เชาว์โชติ และ สุชาติ สุขนิยม. (2554). **รายงานโครงการวิจัย ศึกษาสภาพพื้นที่เพาะปลูกและการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยในประเทศไทย.** กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2557). **ข้อมูลอ้อยและน้ำตาลทราย เพื่อใช้ประกอบการเยี่ยมชมโรงงานในกลุ่มน้ำตาลราชบุรี และโครงการสร้างโรงงานน้ำตาลที่จังหวัดกาญจนบุรี.**

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. **คู่มือการจัดการไร่อ้อยอย่างยั่งยืน.** file:///D:/จาก%20Downloads%20file/คู่มือการจัดการอ้อยอย่างยั่งยืน.pdf

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2556). **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2556.** สำนักวิจัยเศรษฐกิจ การเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. http://www.oae.go.th/download/download_journal/commodity56.pdf

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557). **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2556**. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. http://www.oae.go.th/download/download_journal/2558/commodity57.pdf

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2557). **สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตร.** ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจ การเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร เขต 4. (2557). **การศึกษาการใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตร กรณีศึกษา : รถตัดอ้อยโรงงาน** ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร. วันที่สืบค้นข้อมูล 20 กรกฎาคม 2558 [online] http://actech.agritech.doae.go.th/research/index.htm

สมศักดิ์ สาดแฝง. (2556). **เอกสารเผยแพร่เรื่อง เดชคำภีร์อ้อย 30 ตัน บ.เกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นเนล ชูการ์คอร์ปนเรชั่น จก. (มหาชน)**. Retrieved from file:///C:/Users/user/Downloads/Documents/2232161.pdf

สมศรี บุญเรือง และ รังสิมันต์ สัมฤทธิ์. (2551). **คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตรอ้อย.** กรมส่งเสริมการเกษตร.

อดิเทพ ชัชวาลย์. (2548). **การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตของเกษตรกรผู้ผลิตอ้อยในจังหวัดสุพรรณบุรี ปีการเพาะปลูก 2547/48**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อดุลย์ จิตรอารี. (2555). **การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสียรูปในการจำลองกระบวนการฉีดชิ้นส่วนพลาสติก เอบีเอส.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อรรถสิทธิ์ บุญธรรม. (2541). **เทคนิคการปลูก การดูแลรักษาอ้อย เพื่อเพิ่มผลผลิตและ CCS ของอ้อย**, น. 5-40. ในเอกสารประกอบการบรรยายฝึกอบรม: อ้อยและการควบคุมวัชพืชในไร่อ้อย ให้แก่พนักงานบริษัท ไซนามิค (ประเทศไทย) จำกัด. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรีกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

อรรถสิทธิ์ บุญธรรม, ธนิต โสภโณดร, นริศร ขจรผล, ประชา ธรรมทอง และ จรัญ อารีย์. (2537). **ผลของการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวและทิ้งไว้ที่เวลาต่างๆที่มีต่อคุณภาพความหวานและผลผลิตอ้อย.** รายงานการวิจัย กรมวิชาการเกษตร,กรุงเทพมหานคร.

อุทัย อารมณ์รัตน์, บุญเลิศ คันธอุลิศ, ประชา ถ้ำทอง, สุนทร แสงศิลา และสุรวิทย์ สุริยพันธุ์. (2532). **อิทธิพลของการขาดน้ำในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ต่อผลผลิตอ้อย** น. 208-219. ในรายงานผลงานวิจัยประจำปี 2532 “อ้อย”. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี, สถาบันวิจัยพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Alexander, A.G. (1973). **Sugarcane physiology**. Agr. Exp. Stat., Univ. of Puerto Rice Amterdam. 752 p.

Anonymous. (1999). **Some measurements of mechanical sugarcane harvester performance**. South African sugar association experiment station, private bag x02, mount Edgecombe, 4300, Southern Africa.

Bakker, H. (1999). **Sugarcane cultivation and management**. Klwer Academic/Plenum Publishers. USA.

Banath, L.L. & M.H. Monteith. (1966). **Soil oxygen deficiency and sugarcane root growth.** Plant Soil 25: 143-149.

Benson, A. (1997). Basecutter's importance is generally overlooked. BSES Bulletin 59: 16-17.

Blackburn, F. (1984). **Sugarcane.** Longman, Inc., New York.

Burleigh, C.H., Abu Sin, I.A. & LePoidevin, N. (1982**). The effect of manual and combine harvesting systems on sugarcane yield and quality in the Sudan**. Proc. American Soc. Sugar Cane Technol. 4:29-33.

Brotherton, GA., (2002). **Harvester performance testing literature review: loss measurement in Sugarcane harvesting.** Bureau of Sugar Experiment Stations Publication CD02008, Brisbane, Australia.

Carvalho, P. N. de. (2012). **ELLA policy brief. From manual to mechanical harvesting: Reducing environmental impacts and increasing cogeneration potential**. Lima, Peru: Evidence and Lessons from Latin America (ELLA).

Casher, N.A. & Friloux, J.J. (1966). **Comparison of methods for determination of starch in sugarc ane juice.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, 14(4), 434-437.

Clarke, M.A. (1993). **Sugar and nonsugars in sugarcane**. In Cane Sugar Handbook., (Eds.), (pp. 21-59). J. Wiley and Son, Inc., N.Y.

Clementson, C., & Hansen, A. (2008). **Pilot study of manual sugarcane harvesting using biomechanical analysis.** *J. Agric. Safety and Health, 14,* pp. 309-320. http://dx.doi.org/10.13031/2013.24565.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Davis, R. J., Norris, C. P. & Whiteing, C. (2009). **A review of opportunities to improve the performance of sugarcane harvesters.** FSA Consulting Report 6899/1, Toowoomba, Queensland. Retrieved from file:///D:/%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81%20Downloads%20file/A%20review%20of%20opportunities%20to%20improve%20the.pdf

Di Bella, LP., Muscat, J., Powell, J., Sandell, GR. & Deguara, G., (2006). **Findings from the workshop on wide swath harvesting held in mackay on May 6 2006**. BSES Ltd Final Report No. PR06005, Brisbane, Australia.

Dillewijn, C. (1952). The Botany of Sugarcane. Chronica Botanica Co., Walthanm, Mass.

Esquivel, B. M., Marrero, S. M., Ponce, E., Guerrero, A. C., Stainlay, T., Villaruz, J., Wood, A., & Dibella, L. (2008). **Evaluation of the automatic base cutter control system in the australian sugarcane industry**. *Proc. 2008 Conf. Australian Soc. Sugar Cane Tech.* pp. 322-327. Townsville, Australia: Australian Society of Sugar Cane Technologists. https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluation-of-the-Automatic-Base-cutter-Control-in-Esquivel-Marrero/97d220abbff5cee80c56151a2c5631d67d437815

Evans, H. (1936). **Some data on the effect of late heavy dressing of nitrogenous fertilizer on the growth and metabolism of sugarcane in mauritius**. Sugarcane Research Sta. Mauritius, Bull.

Fuelling, T.G., Henkel, C.R., Leverington, K.C. & Wegener, M.K. (1978). **Sugar cane harvester performance**. Proc. Qd. Soc. Sugar Cane Technol. 45:209-216.

Fuelling, T.G. (1981). **Harvest extractor tests – 1980 season**. BSES Progress Report on Project 308.80.134.

Godshall, M.A., Legendre, B. L., Clarke, M. A., Miranda, X. M., & Blanco, R. S. (1996). **Starch, polysaccharide and proanthocyanidin in Louisiana sugarcane varieties.** *Int.Sugar. J., 98* (1168), 144-148. Retrieved from https://geoscience.net/research/.002/964/002964259php

Hartt, C.E. & G.O. Burr. (1965). **Factors affecting photosynthesis in sugarcane**. Int. Soc. Sugar Cane Technol. Proc. 12: 590-609.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Hockings, PR., Norris, CP. & Davis, RJ. (2000). **Chopper systems in cane harvesters: B: Results of a test program**, Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol., 22: 250-255.

Humbert, R.P. (1968). **The growing of sugarcane**. Elsevier Publishing Co., London-New York.

Hunsigi, G. (1993). **Production of sugarcane**. Theory and Practice Springer Verlag., Berlin. 245.

Husz, G.S. (1972). **Sugarcane**. Ruhr-Stickstoff A.G., Bochum, Germany.

Jay, J. M., Loessner, M.J. & Golden, D.A. (2005). **Modern food microbiology**. 7th Edition Springer Science.

Linedale, A.L. (1997). **Final report srdc project bs82s: An industry campaign to reduce cane harvesting losses** (BSES Publication SRDC final report sd 97009). Retrieved from file:///D:/จาก%20Downloads%20file/final%20report%20cane%20harvesting%20loss.pdf

Linedale, A. I. & Ridge, D. R. 1996. **A successful campaign to minimize harvesting losses within the Queensland sugar industry**. In Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol., 1996 Conf., 1-5.

Madigan, M.T. & Martinko, J.M. (2006). **Brock biology of microorganisms 11th Edition**, Pears on Prentice Hall.

Mason, V., Allen, JR., Foster, DH., James, RA., Cullen, RN. & Meng, KJ. (1978). **An evaluation of cane harvester performance**. Proc. Qld. Soc. Sugar Cane Technol. vol. 45:217-228.

Meyer, E. & Govender, N. (2002). **Trials comparing semimechanised and chopper harvesting method over three seasons in swazilan.** South African Sugar Association Experiment Station, Private Bag X02, Mount Edgecombe, 4300, South Africa.

Montgomery, D.C. (2009). **Design and analysis of experiments** (7th ed). New York, The United States of America: John Wiley & Sons, Inc.

Najafi, P., A. Marzban, & M.A. Hormozi. (2015). **Major causes of failure during harvesting in sugarcane chopper harvester machine.** Agric Eng Int: CIGR Journal, 17(4): 184-191.

Najafi,P., M.A. Asoodar, A. Marzban & M.A. Hormozi. (2015). **Reliability analysis of agricultural machinery: A case study of sugarcane chopper harvester.** AgricEngInt: CIGR Journal, 17(1): 158-165.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Norris, C.P., Davis, R J & Poulsen, L.S. (1998a). **An investigation into feeding of lodged green cane by harvesters**. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol. 20:224-231.

Norris, C.P., Davis, R.J., Quick, D.J. & Mohommad, Y. (1998b). **An alternative approach to cane harvester design: an initial review of the MF405**. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol. 20:10-16.

Peloial, P. R., Milan, M., & Romanelli, T.L. (2010). **Capacity of the mechanical harvesting process of sugar cane billets.** *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), 67*(6), 619-623. http://doi.org/10.1590/S0103-90162010000600001

Pumkrachang, S. (2009). **Statistical analysis for dual response surface of hard disk drive head alignment process**. Master thesis, Thammasat University, Bangkok, Thailand.

Rattana, Borpit & Ding. (2004). **Maual sugar cane harvesting system vs mechanical harvesting system in Thailand**. AMA. Vol. 35

Richard, C., W. Jackson, & H. Waguespack, Jr. (1996). **The Louisiana wholestalk, soldier harvesting system and innovation/modifications to improve its efficiency.** In Proc. Intl. Soc. Sugar Cane Tech. 23(2), 196-200.

Richard, C., Jackson, W. & H. Waguespack, Jr. (2001). **Harvester trials and extraneous matter in the Louisiana sugar industry.** In Proc. Intl. Soc. Sugarcane Tech. 24(2), 263-268.

Ridge, R. (1994). **Green cane chopper harvesting in Australia**. Sugar Journal, November 1994 : 8–10.

Ridge, D.R. & Dick, R.G. (1988). **Current research on green cane harvesting and dirt rejection by harvesters.** Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, 10, 19-25.

Ridge, D.R. & Hurney, A.P. (1994). **A review of row spacing research in the Australian sugar industry.** Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, 16, 63-69.

Ridge, R. & Linedale, T. (1993). 1992 **Cane loss survey**. Major losses revealed. BSES Bulletin 41 : 8-15.

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Ridge, R. & Norris, C. (2000). **Harvesting and transport manual-ch 16**. Retrieved from file:///D:/%E0%B8%88%E0%B8%B2%E0%B8%81%20Downloads%20file/Harvesting_and_Transport.PDF

Ripoli, T.C.C. 1996. **Testing & certification of machines to harvest sugar cane**. p. 635-673. In: Mialhe, L.G., ed. Máquinas agrícolas: ensaios & certificação. CNPQ-PADCT/TIB/FEALQ, Piracicaba, SP, Brazil. (in Portuguese).

Riviere, V. et. al. (1998). **Monitoring of cane lost through extractor fans of chopper harvesters in green cane**. Sugar Journal, January 1998 : 18–20.

Salvi, J.V., Matos, M.A. & Milan, M. (2007). **Evaluation of the performance of a base cutting device of a sugar cane harvester.** (In Portuguese, with abstract in English). Engenharia Agrícola 27: 201-209.

Shaw, G.R., & G.A. Brotherton. (1992). **Green cane harvesting a dilemma**. In Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Tech. 14(1), 1-7.

Shaochum, M., Patrict, A. S. Manoj, K., & Qin, Z. (2014). **Sugarcane harvester technology: a critical overview.** *Appl. Eng. Agric., 30*(5), 727-739. http://doi.org/ 10.13031/aea.30.10696

Taylor, S.A. (1949). **Oxygen diffusion in porous media as affected by compaction and moisture content.** Soil. Sci. Soc. Am. Proc. Volume 14-55.

Trouse, A. C. and R.P. Humbert. (1961). **Some effects of soil compaction on the development of sugar cane roots**. Soil Sci. 91: 208-217.

Van Dillewijn, C. & Waltham, M. (1952). **Botany of sugarcane**. New York, USA: Stechert-Hafner.

Viator, R.P., Richard, E.P., Viator, B.J., Jackson, W., Waguespack, H.S. & Birkett, H.S. (2007). **Sugarcane chopper harvester extractor fan and ground speed effects on yield and quality**. Applied Engineering in Agriculture. American Society of Agricultural and Biological Engineers I SSN 0883—8542 Vol. 23(1): 31-34

รายการอ้างอิง (ต่อ)

Whiteing, C., C. P. Norris, & D. C. Paton. (2001). **Extraneous matter versus cane loss: Finding a balance in chopper harvested green cane.** In Proc. Intl. Soc. Sugar Cane Tech. 24(2), 276-282.

Wood, G. H. (1962). **Some factors influencing starch in sugarcane**. Proc. S. Afr. Sugar Technol. Assoc. 36 : 123-135.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

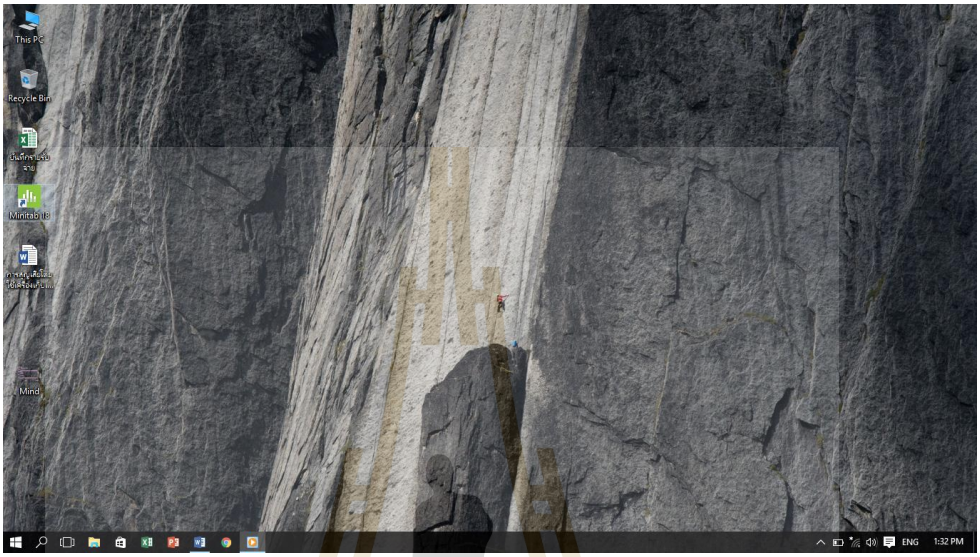
ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Minitab กับการทดลองแฟคทอเรียล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

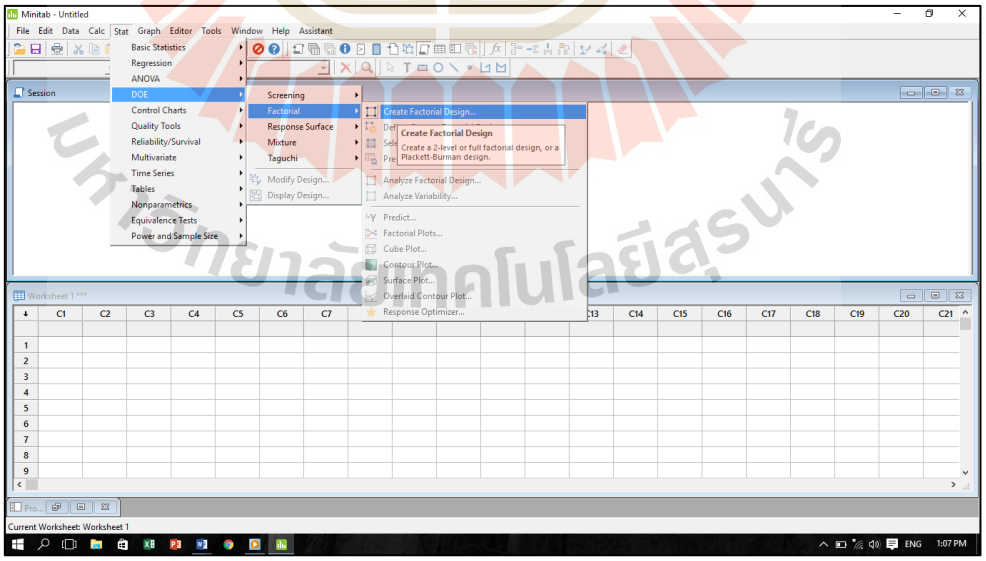
ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. คลิกเลือกโปรแกรม Minitab 18 เพื่อสร้าง Worksheet สำหรับการออกแบบ



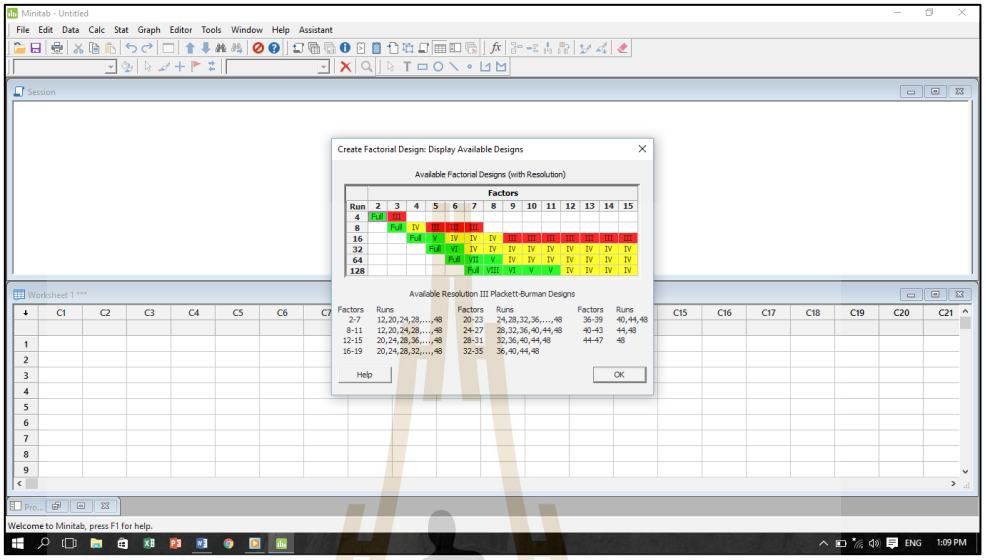
รูปที่ ก. 1 ไอคอนของโปรแกรม

2. คลิกเมนู Stat > DOE > Factorial > Create Factorial Design…



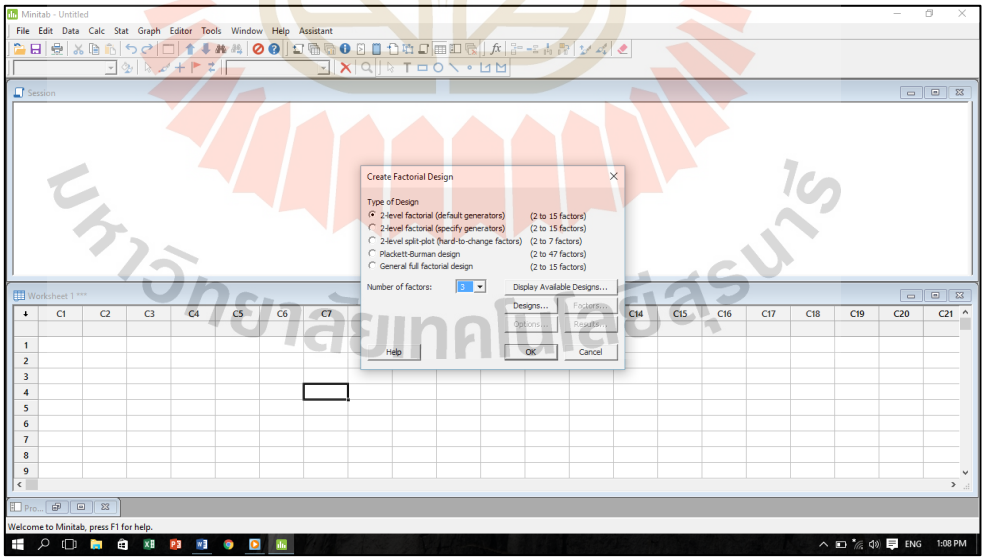
รูปที่ ก. 2 ลำดับการออกแบบการทดลอง

3. คลิกปุ่ม Display Available Designs



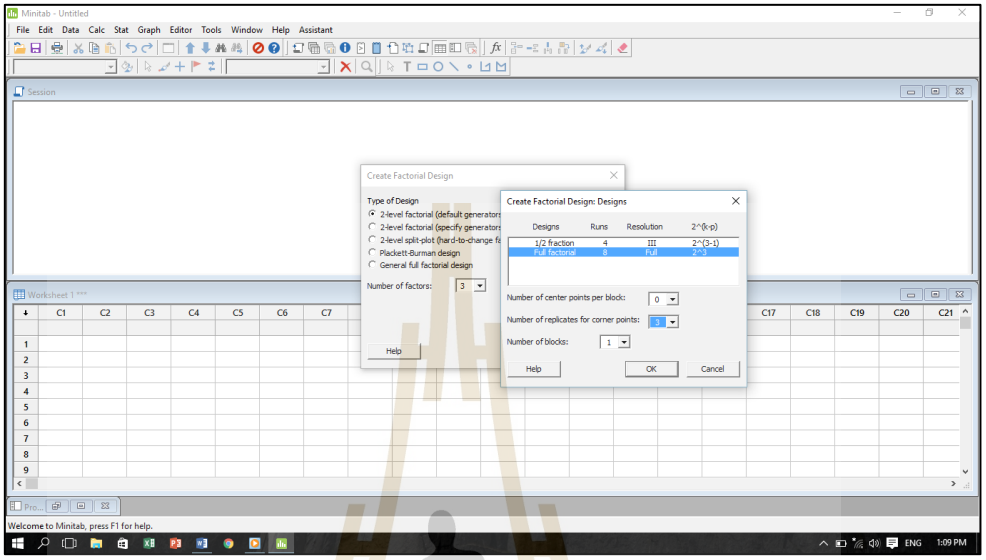
รูปที่ ก. 3 หน้าต่าง Create Factorial Design Display Available Design

4. คลิกเลือกการวิเคราะห์แบบ 2-level factorial (default generator) เพื่อเลือกจำนวนของปัจจัย



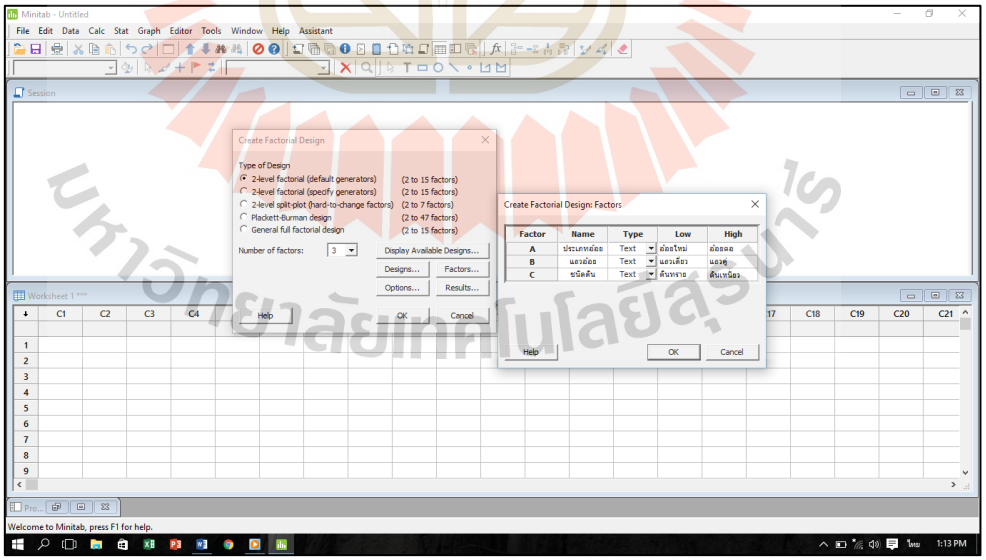
รูปที่ ก. 4 หน้าต่าง Create Factorial Design

5. คลิกปุ่ม Design เพื่อเลือก Full factorial และเลือก replicates ในการทดลอง



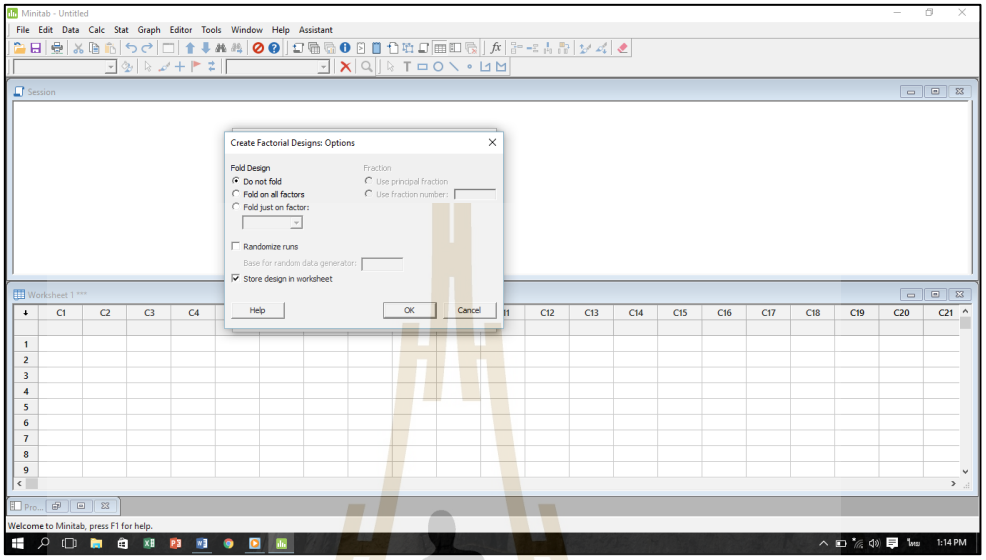
รูปที่ ก. 5 หน้าต่าง Create Factorial Design : Design

6. คลิกปุ่ม Factors เพื่อใส่ชื่อของปัจจัย ประเภทของปัจจัย และระดับของปัจจัย



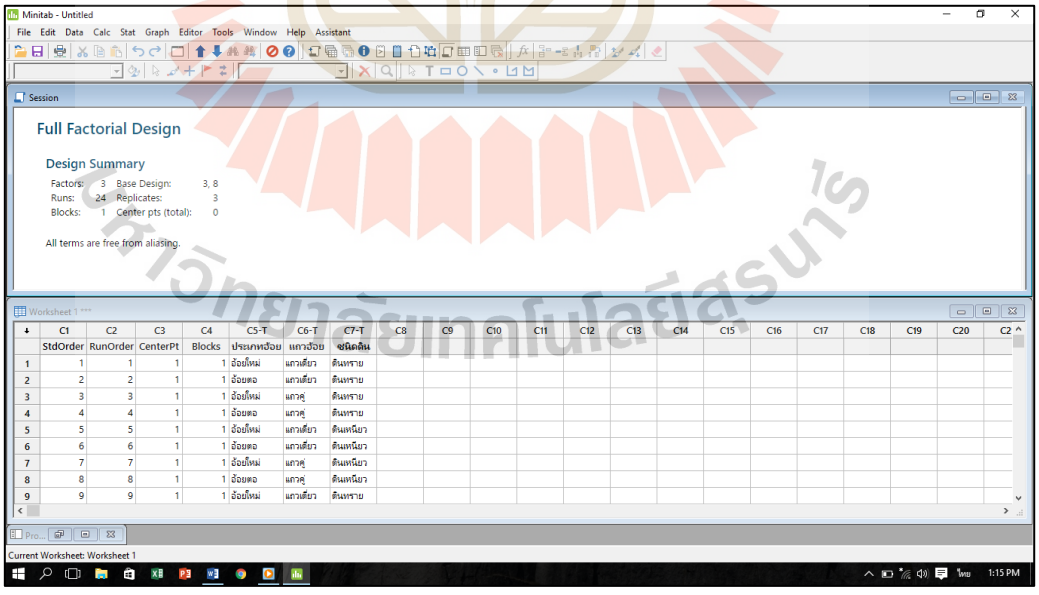
รูปที่ ก. 6 หน้าต่าง Create Factorial Design : Factors

7.คลิกปุ่ม Options เพื่อยกเลิก Randomize runs (เพื่อความสะดวกในการใส่ข้อมูล)



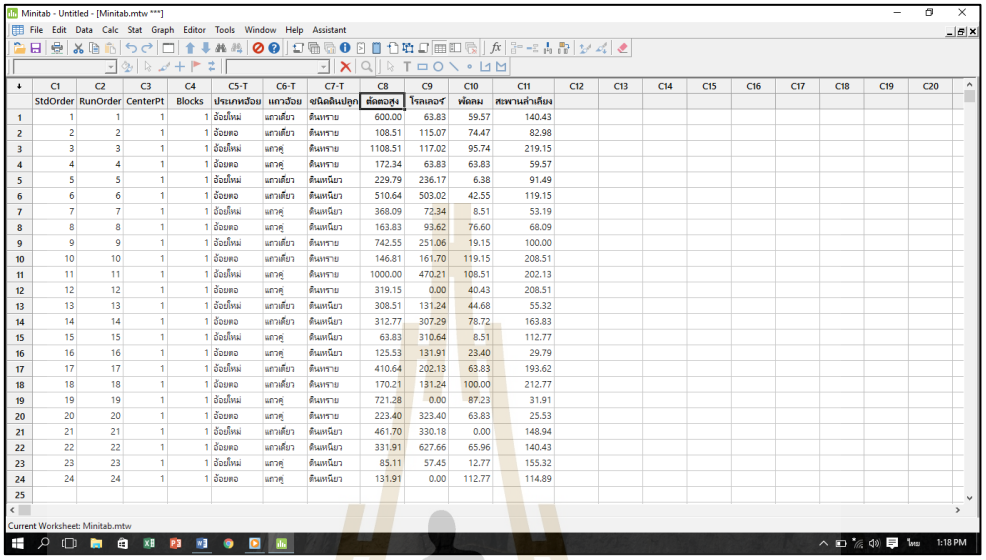
รูปที่ ก. 7 หน้าต่าง Create Factorial Design : Options

8. คลิกปุ่ม OK เพื่อเริ่มการสร้าง Worksheet



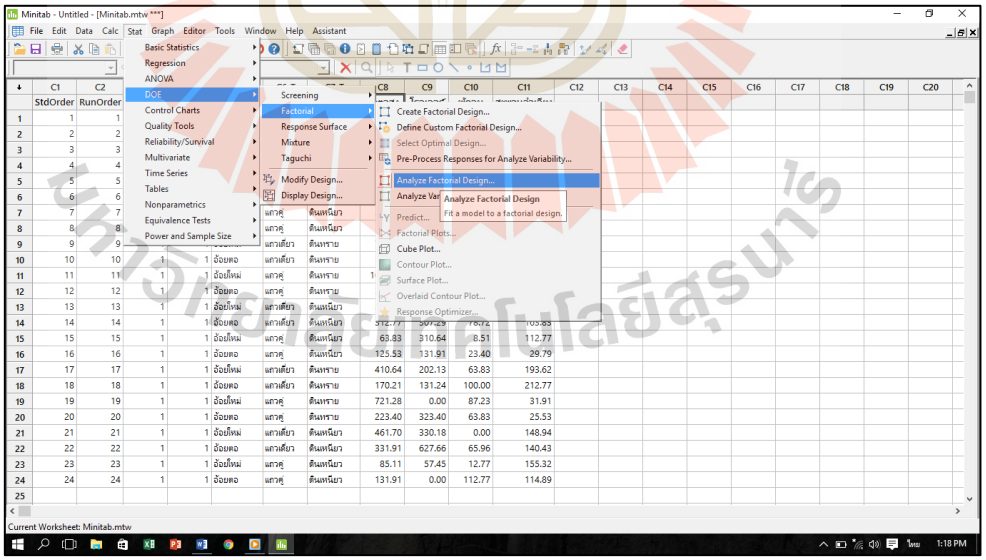
รูปที่ ก. 8 หน้าต่าง Worksheet

9. บันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบลงใน Worksheet



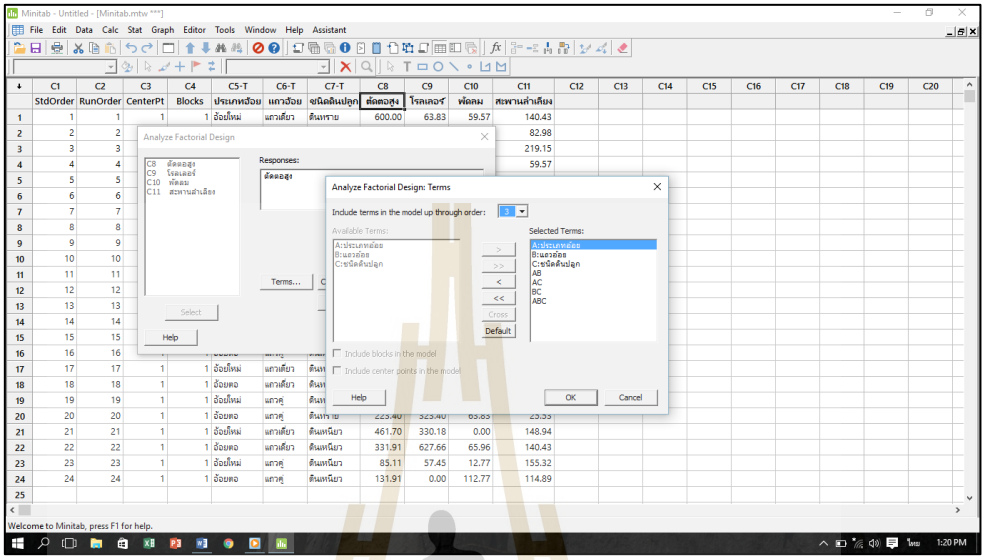
รูปที่ ก. 9 หน้าต่างที่บันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

10. คลิกเมนู Stat > DOE > Factorial > Analyze Factorial Design



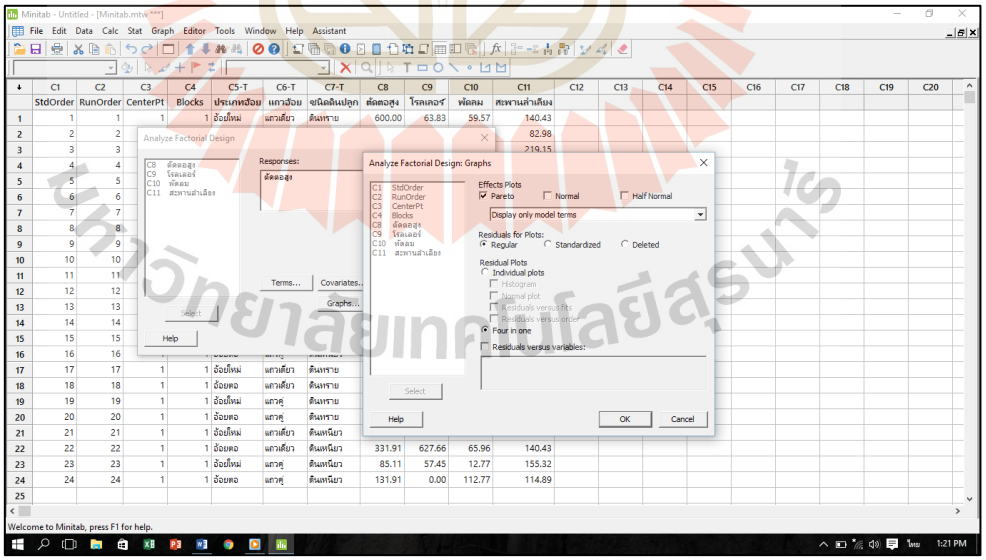
รูปที่ ก. 10 หน้าต่างการวิเคราะห์ผล

11. คลิกเลือกปัจจัยที่ต้องการศึกษา แล้วคลิกปุ่ม Terms เพื่อเลือกแบบการวิเคราะห์



รูปที่ ก. 11 หน้าต่าง Analyze Factorial Design : Terms ครั้งที่ 1

12. คลิกปุ่ม Graphs เพื่อเลือกรูปแบบการแสดง Graphs



รูปที่ ก. 12 หน้าต่าง Analyze Factorial Design : Graphs

13. คลิกปุ่ม OK เพื่อให้โปรแกรมวิเคราะห์ผล

14. โปรแกรม Minitab แสดงผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ ก.1 Analysis of Variance ครั้งที่ 1

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	7	1611868	230267	14.25	0.000
Linear	3	765942	255314	15.80	0.000
ประเภทอ้อย	1	476862	476862	29.52	0.000
แถวอ้อย	1	924	924	0.06	0.814
ชนิดดินปลูก	1	288156	288156	17.84	0.001
2-Way Interactions	3	833947	277982	17.21	0.000
ประเภทอ้อย*แถวอ้อย	1	44921	44921	2.78	0.115
ประเภทอ้อย*ชนิดดินปลูก	1	511035	511035	31.63	0.000
แถวอ้อย*ชนิดดินปลูก	1	277991	277991	17.21	0.001
3-Way Interactions	1	11978	11978	0.74	0.402
ประเภทอ้อย*แถวอ้อย*ชนิดดินปลูก	1	11978	11978	0.74	0.402
Error	16	258480	16155		
Total	23	1870347			

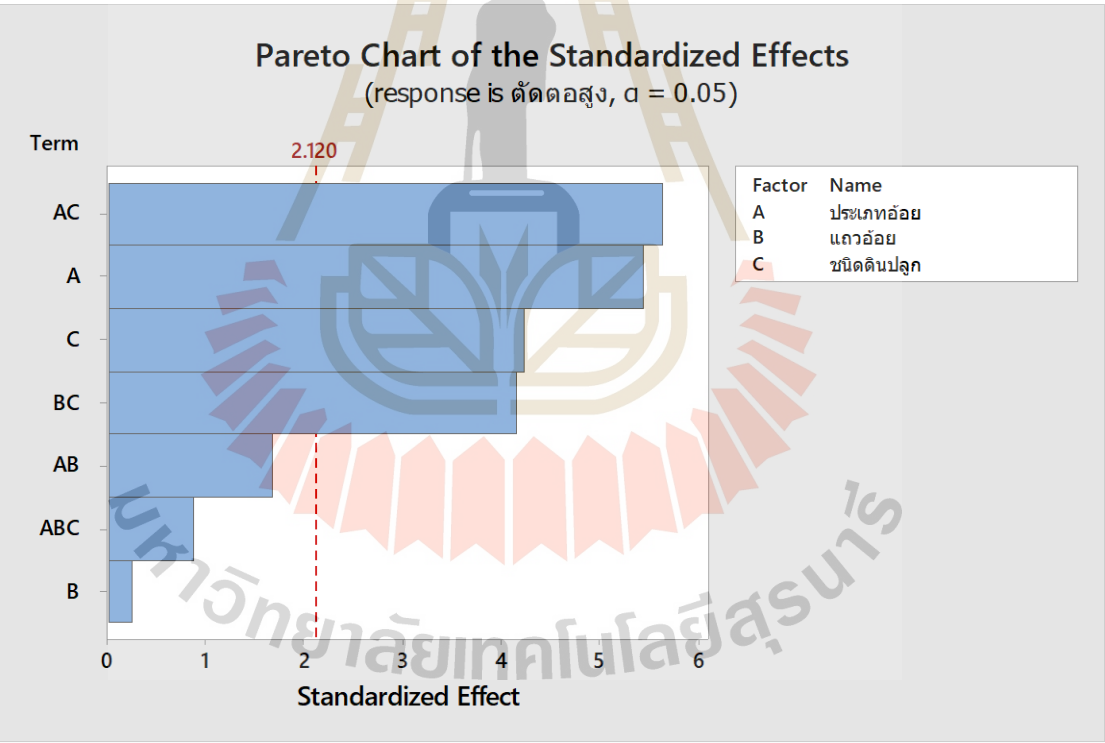
ตารางที่ ก.2 Model Summary ครั้งที่ 1

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
127.102	86.18%	80.13%	68.91%

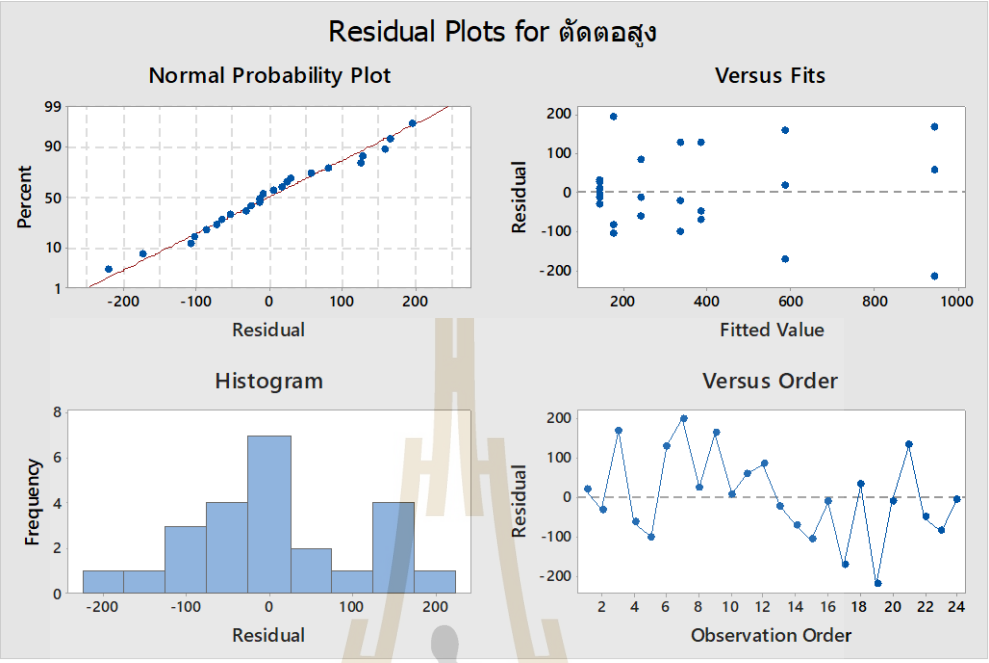
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.3 Coded Coefficients ครั้งที่ 1

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		367.4	25.9	14.16	0.000	
ประเภทอ้อย	-281.9	-141.0	25.9	-5.43	0.000	1.00
แถวอ้อย	12.4	6.2	25.9	0.24	0.814	1.00
ชนิดดินปลูก	-219.1	-109.6	25.9	-4.22	0.001	1.00
ประเภทอ้อย*แถวอ้อย	-86.5	-43.3	25.9	-1.67	0.115	1.00
ประเภทอ้อย*ชนิดดินปลูก	291.8	145.9	25.9	5.62	0.000	1.00
แถวอ้อย*ชนิดดินปลูก	-215.2	-107.6	25.9	-4.15	0.001	1.00
ประเภทอ้อย*แถวอ้อย*ชนิดดินปลูก	44.7	22.3	25.9	0.86	0.402	1.00

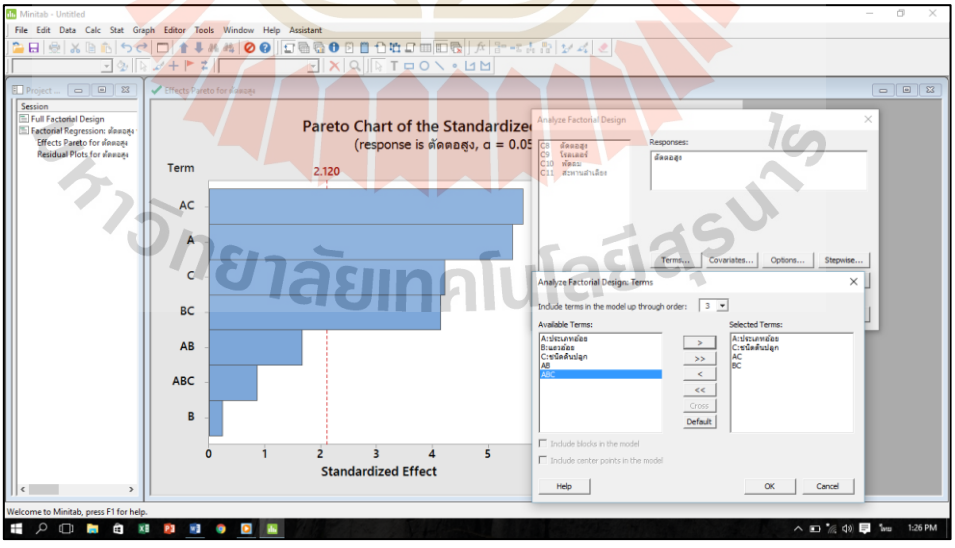


รูปที่ ก. 13 อิทธิพลของปัจจัยต่อผลตอบสนอง ครั้งที่ 1



รูปที่ ก. 14 ผลการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด ครั้งที่ 1

15. เลือกเมนู Stat < DOE < Factorial < Analyze Factorial Designs < Terms เพื่อตัดเทอมที่ไม่มีอิทธพลกับผลตอบสนอง



รูปที่ ก 15 หน้าต่าง Analyze Factorial Design : Terms ครั้งที่ 2

16. คลิกปุ่ม OK เพื่อเริ่มประมวลผลข้อมูลอีกครั้ง

17. โปรแกรม Minitab 18 แสดงการวิเคราะห์ผล ดังนี้

ตารางที่ ก.4 Analysis of Variance ครั้งที่ 2

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	1554969	310994	17.75	0.000
Linear	3	765942	255314	14.57	0.000
ประเภทอ้อย	1	476862	476862	27.22	0.000
แถวอ้อย	1	924	924	0.05	0.821
ชนิดดินปลูก	1	288156	288156	16.45	0.001
2-Way Interactions	2	789026	394513	22.52	0.000
ประเภทอ้อย*ชนิดดินปลูก	1	511035	511035	29.17	0.000
แถวอ้อย*ชนิดดินปลูก	1	277991	277991	15.87	0.001
Error	18	315379	17521		
Lack-of-Fit	2	56899	28449	1.76	0.204
Pure Error	16	258480	16155		
Total	23	1870347			

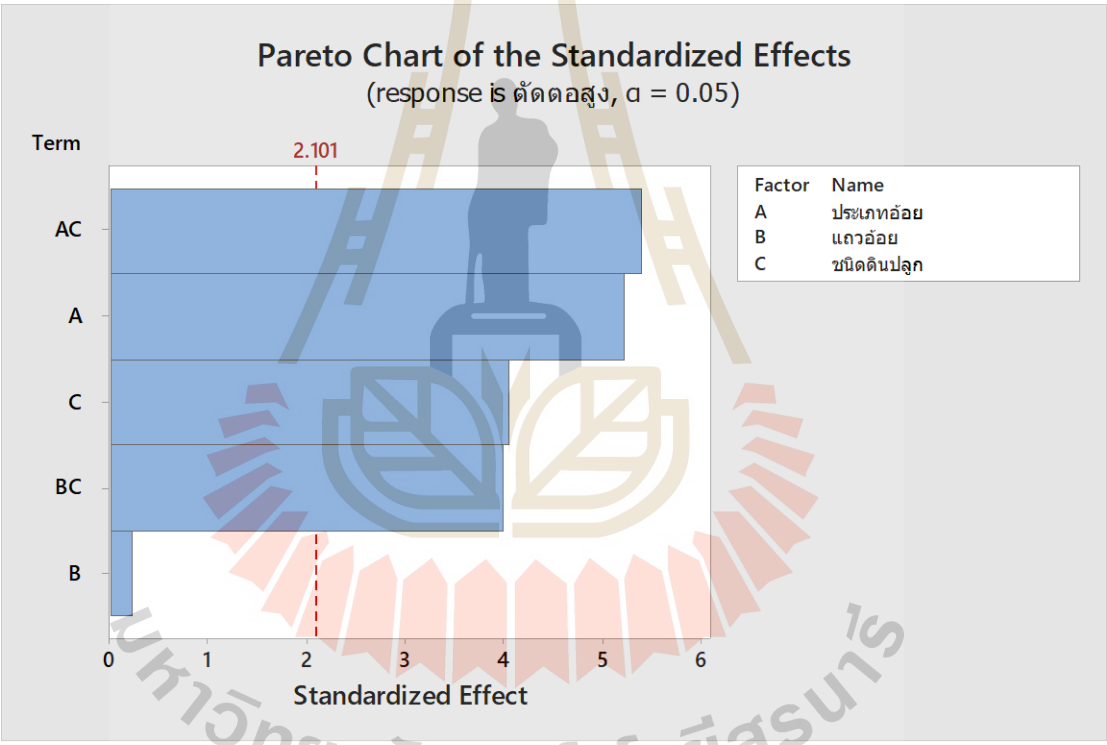
ตารางที่ ก.5 Model Summary ครั้งที่ 2

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
132.367	83.14%	78.45%	70.02%

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

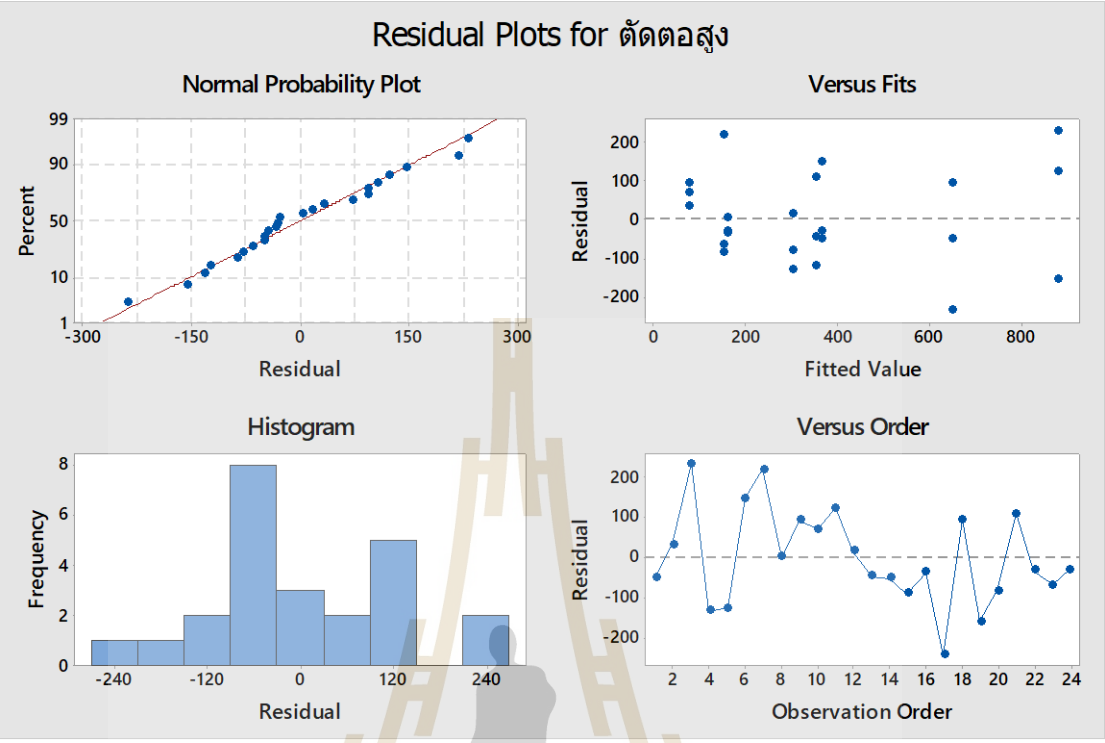
ตารางที่ ก.6 Coded Coefficients ครั้งที่ 2

Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		367.4	27.0	13.60	0.000	
ประเภทอ้อย	-281.9	-141.0	27.0	-5.22	0.000	1.00
แถวอ้อย	12.4	6.2	27.0	0.23	0.821	1.00
ชนิดดินปลูก	-219.1	-109.6	27.0	-4.06	0.001	1.00
ประเภทอ้อย*ชนิดดินปลูก	291.8	145.9	27.0	5.40	0.000	1.00
แถวอ้อย*ชนิดดินปลูก	-215.2	-107.6	27.0	-3.98	0.001	1.00



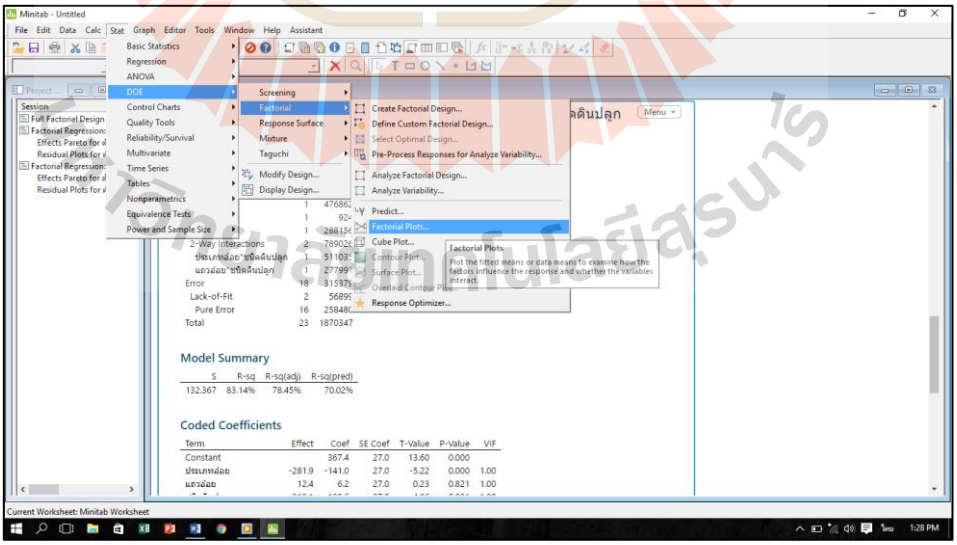
รูปที่ ก.16 อิทธิพลของปัจจัยต่อผลตอบสนอง ครั้งที่ 2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



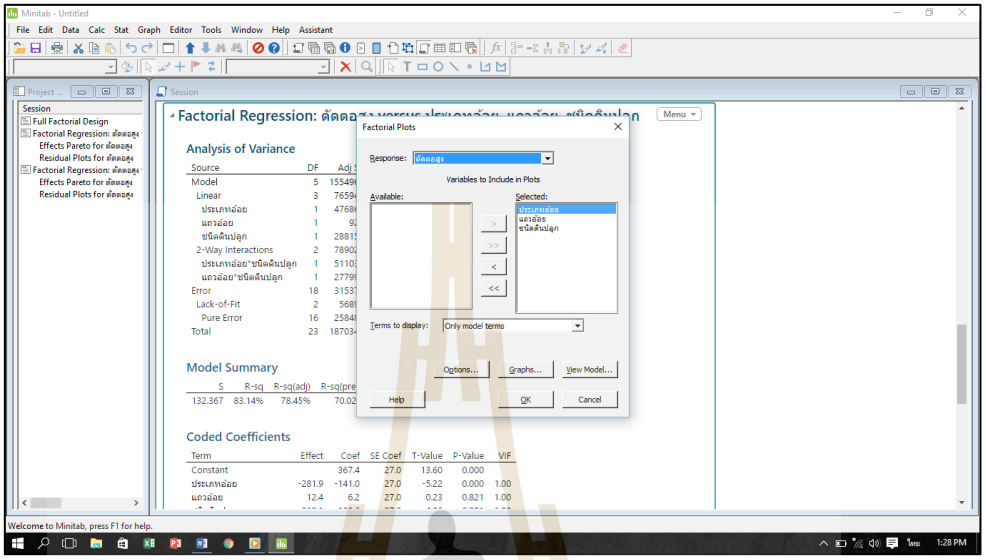
รูปที่ ก.17 ผลการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด ครั้งที่ 2

18. คลิกเมนู Stat < DOE < Factorial < Factorial Plots



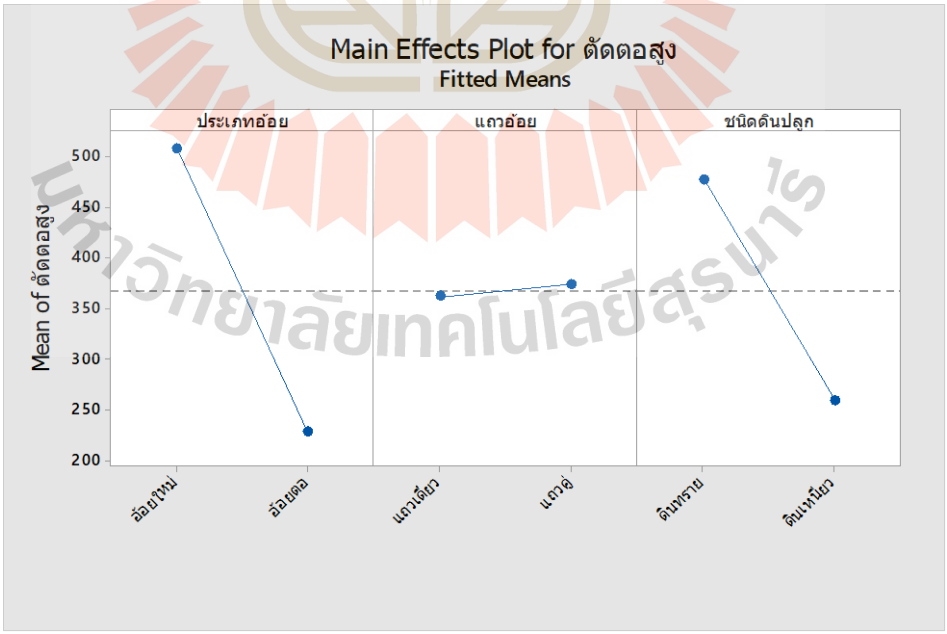
รูปที่ ก.18 ลำดับการวิเคราะห์ผล

19. คลิกเลือกปัจจัยสำหรับการสร้างกราฟ

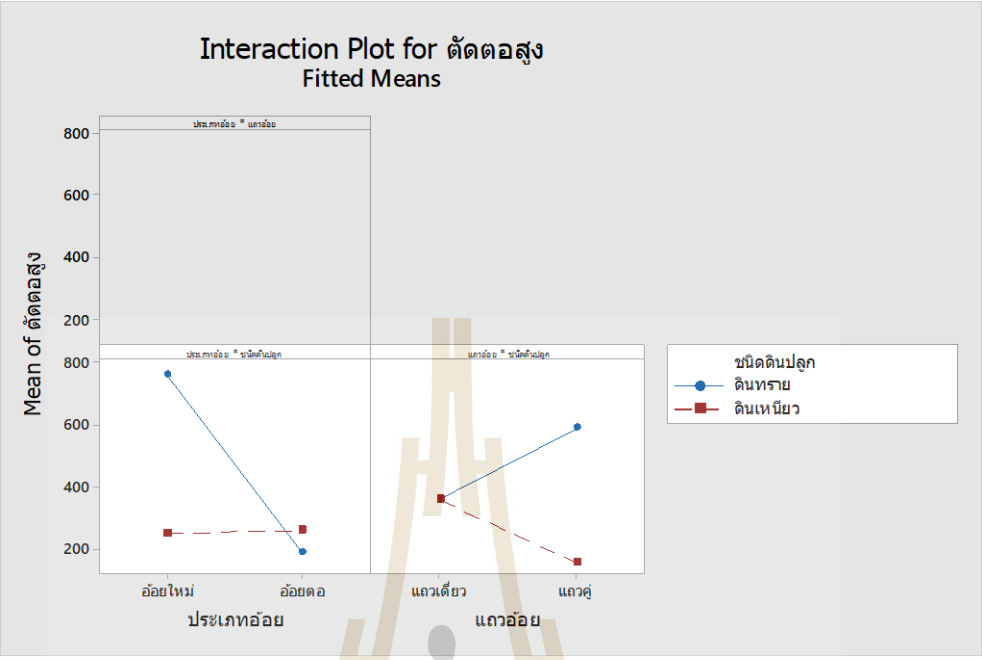


รูปที่ ก.19 หน้าต่าง Factorial Plot

20. โปรแกรม Minitab แสดงกราฟดังตัวอย่างนี้

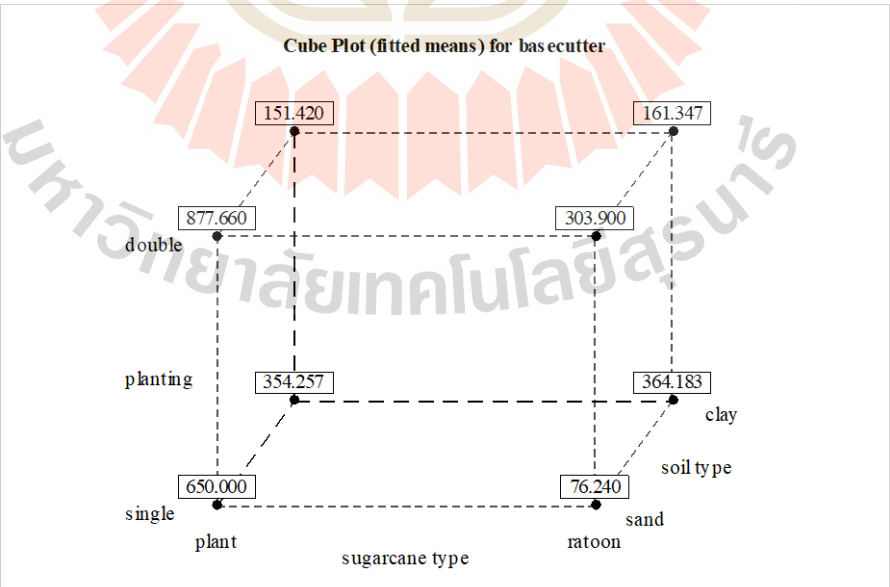


รูปที่ ก.20 ผลกระทบของปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสีย



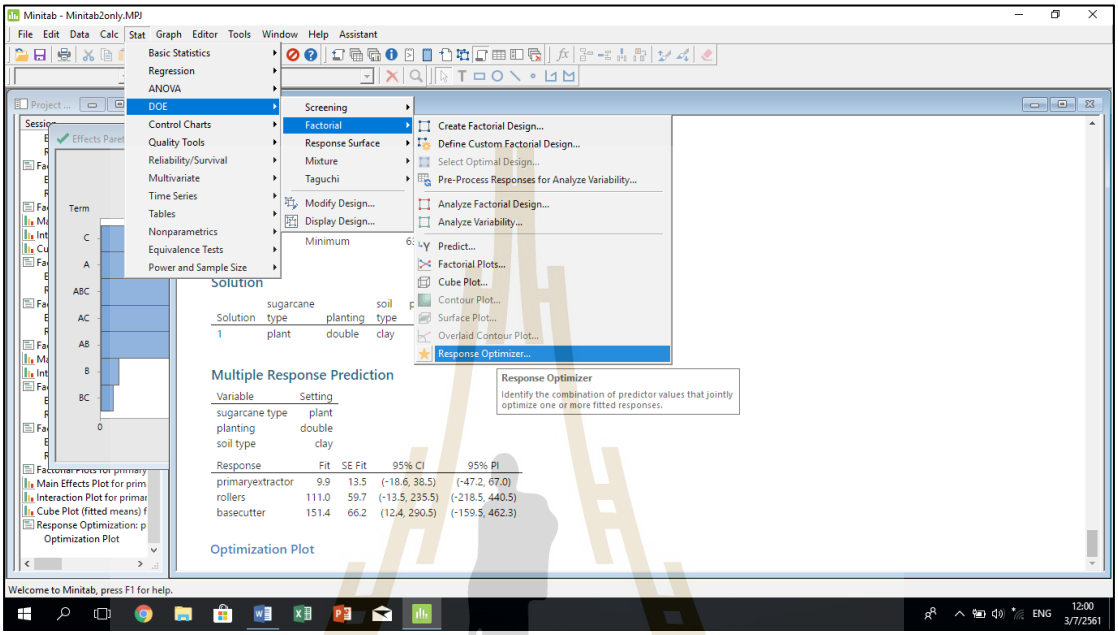
รูปที่ ก.21 ผลกระทบของปัจจัยร่วมที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสีย

21.เลือกเมนู Stat < DOE < Factorial < Cube Plot เพื่อหาตำแหน่งที่สภาวะที่ดีที่สุดกับผลตอบสนอง



รูปที่ ก.22 กราฟสภาวะของผลตอบสนองที่ปัจจัยต่าง ๆ

22.เลือกเมนู Stat < DOE < Factorial < Response Optimization เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมกับผลตอบสนอง



รูปที่ ก.23 หน้าต่าง Response Optimization

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.7 ผลการทำ Response Optimization: primaryextractor, rollers, basecutter

1. Parameters

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
primaryextractor	Minimum		0.00	119.15	1	1
Rollers	Minimum		0.00	627.66	1	1
Basecutter	Minimum		63.83	1108.51	1	1

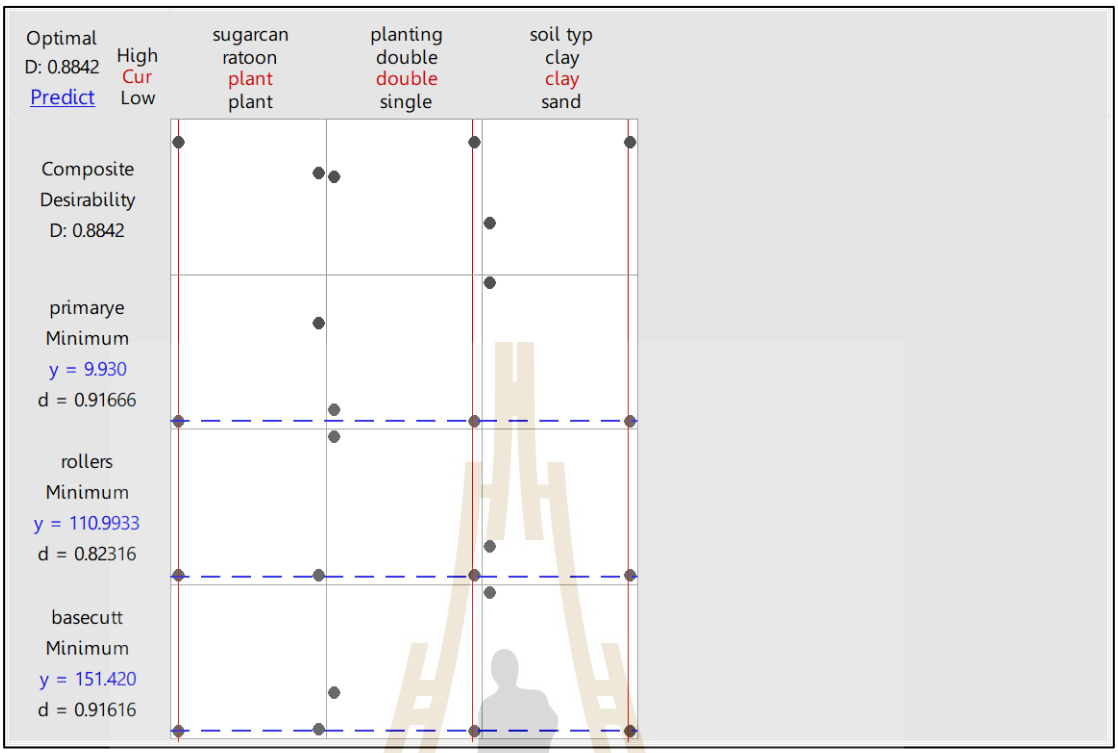
2. Solution

Solution	sugarcane type	Planting	soil type	primaryextractor Fit	rollers Fit	basecutter Fit	Composite Desirability
1	plant	Double	clay	9.93	110.993	151.42	0.884208

3. Multiple Response Prediction

Variable	Setting
sugarcane type	Plant
Planting	Double
soil type	Clay

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ก.24 กราฟการทำ Response Optimization

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

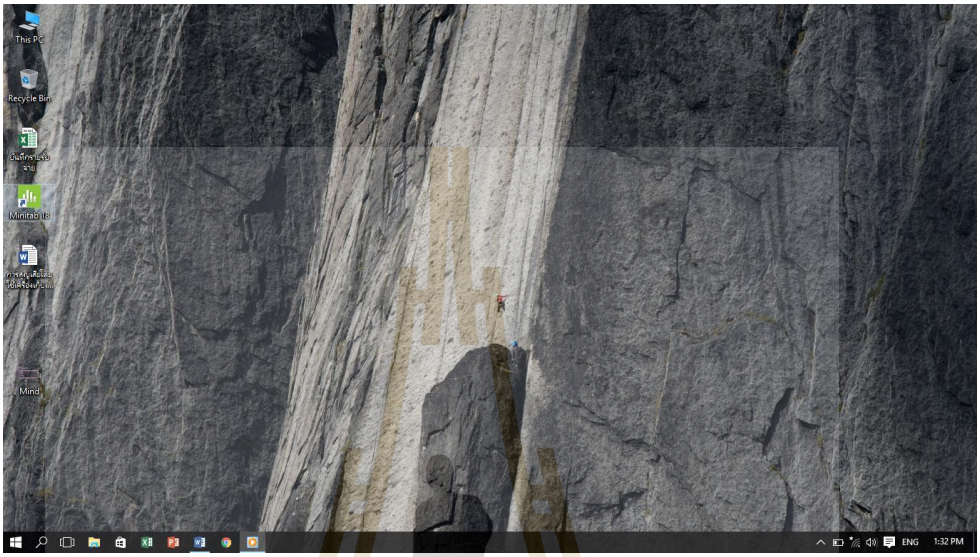
ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการใช้โปรแกรม Minitab กับฟังก์ชั่น Comparisons

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

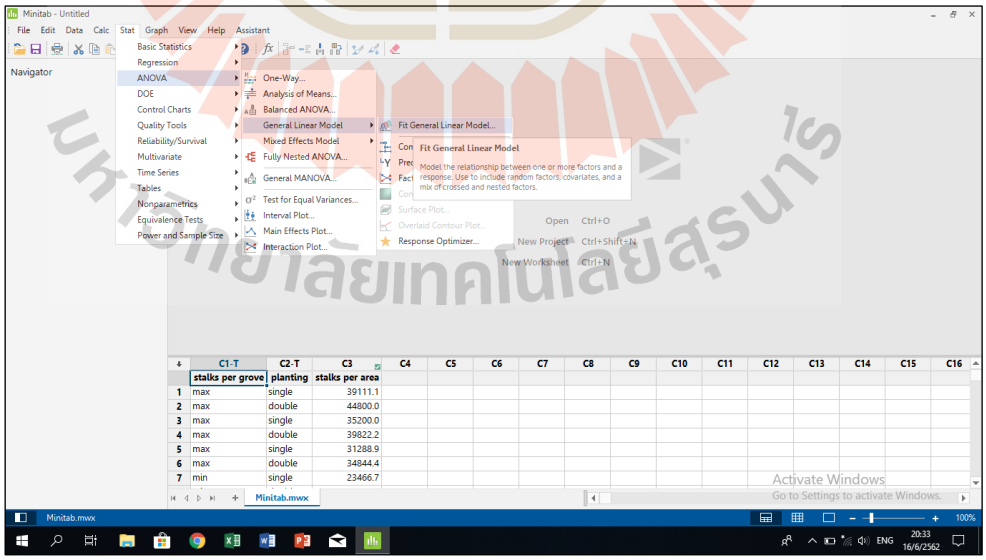
ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. คลิกเลือกโปรแกรม Minitab 18 เพื่อสร้าง Worksheet สำหรับการออกแบบ



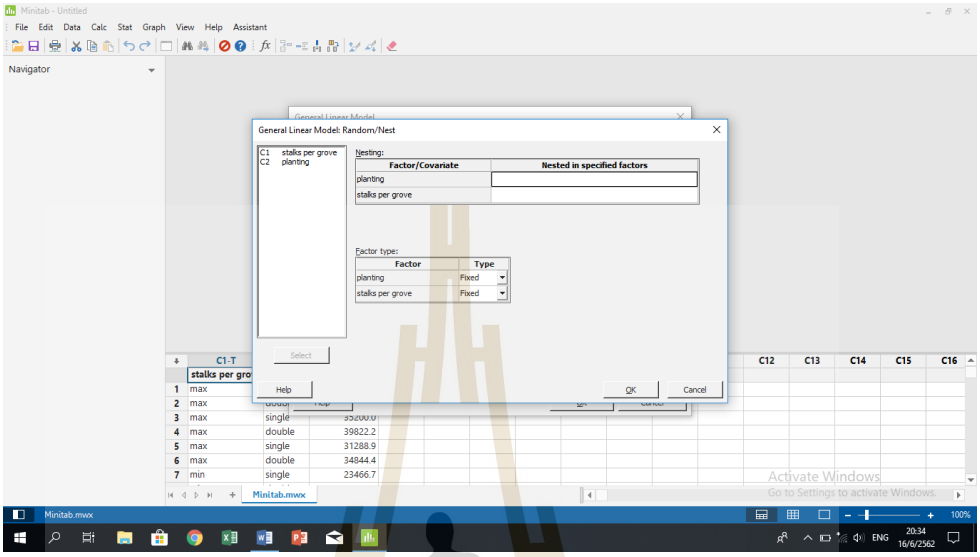
รูปที่ ข. 1 ไอคอนของโปรแกรม

2. คลิกเมนู Stat > ANOVA > General Linear Model > Fit General Linear Model…



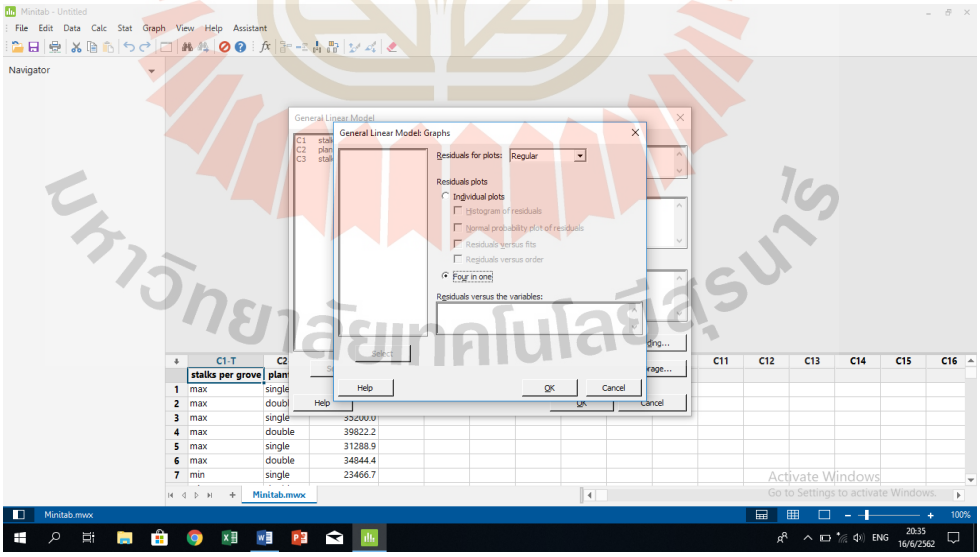
รูปที่ ข. 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์

3. คลิกปุ่ม Random/Nest…แล้วเลือกปัจจัยว่าเป็น Fixed Effect Model แล้วคลิก OK



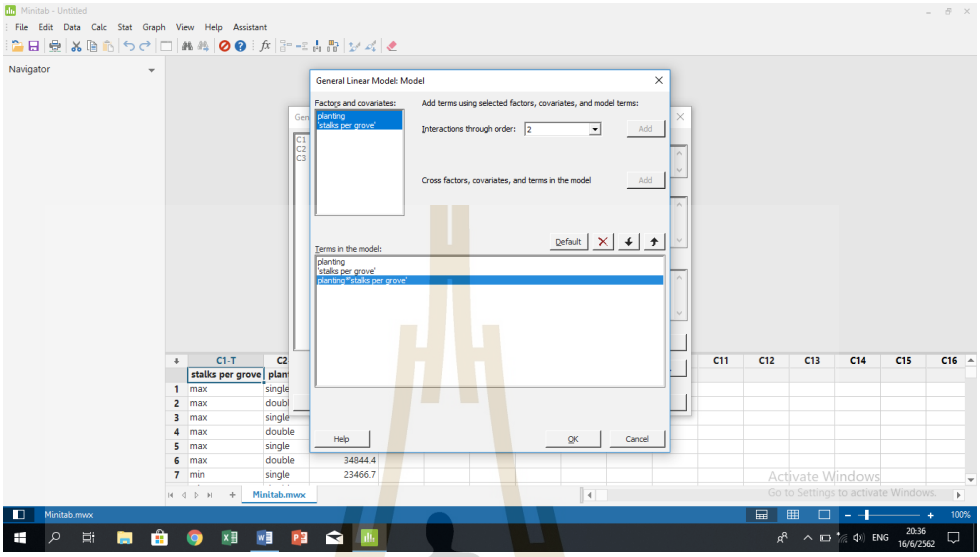
รูปที่ ข. 3 หน้าต่าง General Linear Model: Random/Nest

4. คลิกปุ่ม Graphs… เพื่อเลือกคลิกที่ Four in one แล้วคลิก OK



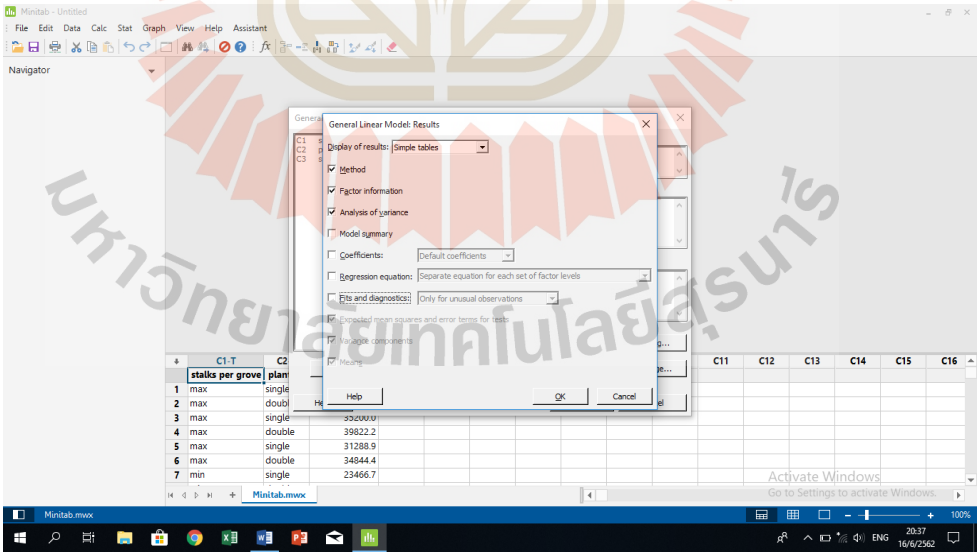
รูปที่ ข. 4 หน้าต่าง General Linear Model: Graphs

5. คลิกปุ่ม Model… เพื่อคลิกเลือกปัจจัยที่ต้องการศึกษา



รูปที่ ข. 5 หน้าต่าง General Linear Model: Model

6.คลิกปุ่ม Results… เพื่อคลิกเลือกหัวข้อที่ต้องการวิเคราะห์



รูปที่ ก. 6 หน้าต่าง General Linear Model: Results

7. คลิกปุ่ม OK เพื่อเริ่มการประมวลผลข้อมูล โปรแกรม Minitab แสดงผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ ข.1 General Linear Model: stalks per area versus planting, stalks per grove

Method

Factor coding (-1, 0, +1)

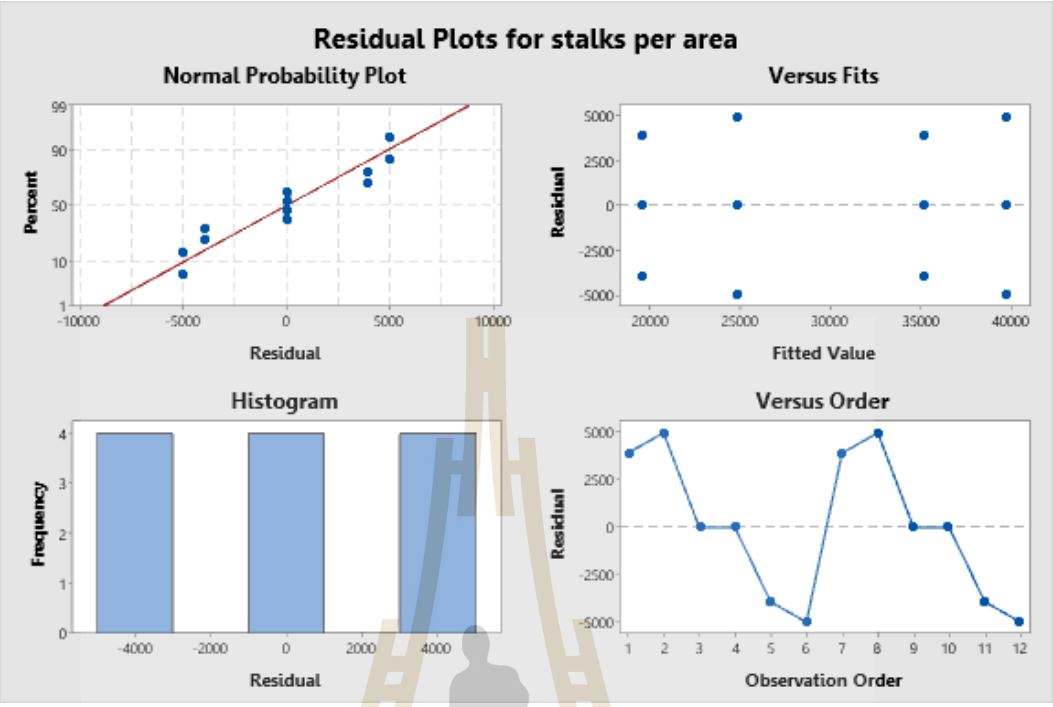
Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
planting	Fixed	2	double, single
stalks per grove	Fixed	2	max, min

Analysis of Variance

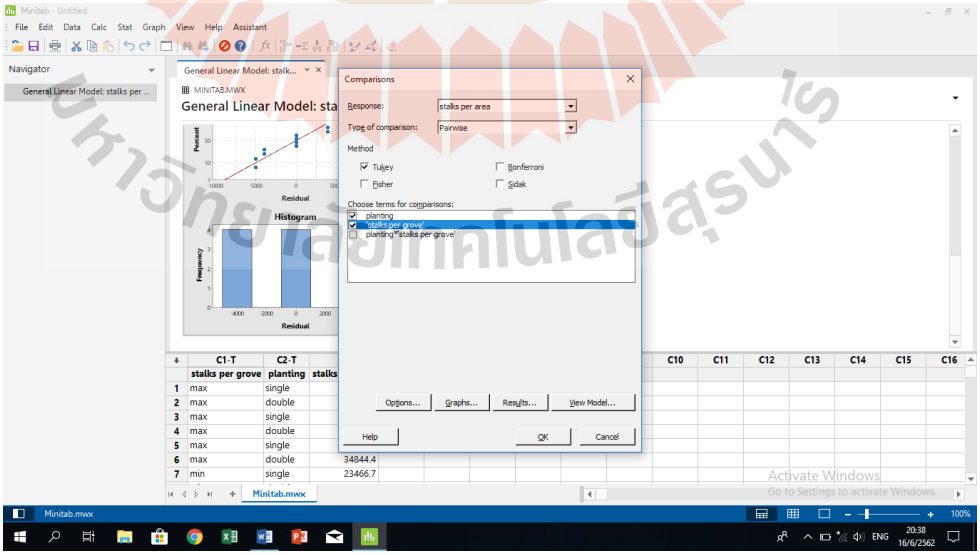
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
planting	1	74334782	74334782	3.71	0.090
stalks per grove	1	701250167	701250167	35.00	0.000
planting*stalks per grove	1	379262	379262	0.02	0.894
Error	8	160300379	20037547		
Total	11	936264589			

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ข. 7 ผลการวิเคราะห์ค่าความผิดพลาด

8. คลิก Stat > ANOVA > General Linear Model > Comparisons…เพื่อเลือก Tukey และเลือกปัจจัยที่ต้องการทดสอบ



รูปที่ ข 8 หน้าต่าง General Linear Model: Comparisons

9. คลิกปุ่ม OK เพื่อเริ่มประมวลผลข้อมูลอีกครั้ง

10. โปรแกรม Minitab 18 แสดงการวิเคราะห์ผล ดังนี้

ตารางที่ ข.2 การวิเคราะห์ ครั้งที่ 2

Tukey Pairwise Comparisons: planting

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

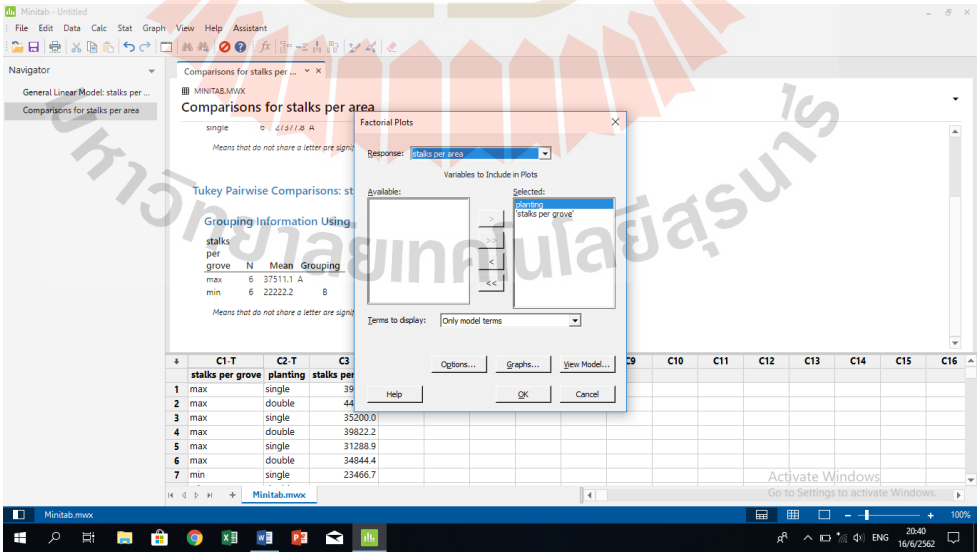
Planting	N	Mean	Grouping
Double	6	32355.6	A
Single	6	27377.8	A

Tukey Pairwise Comparisons: stalks per grove

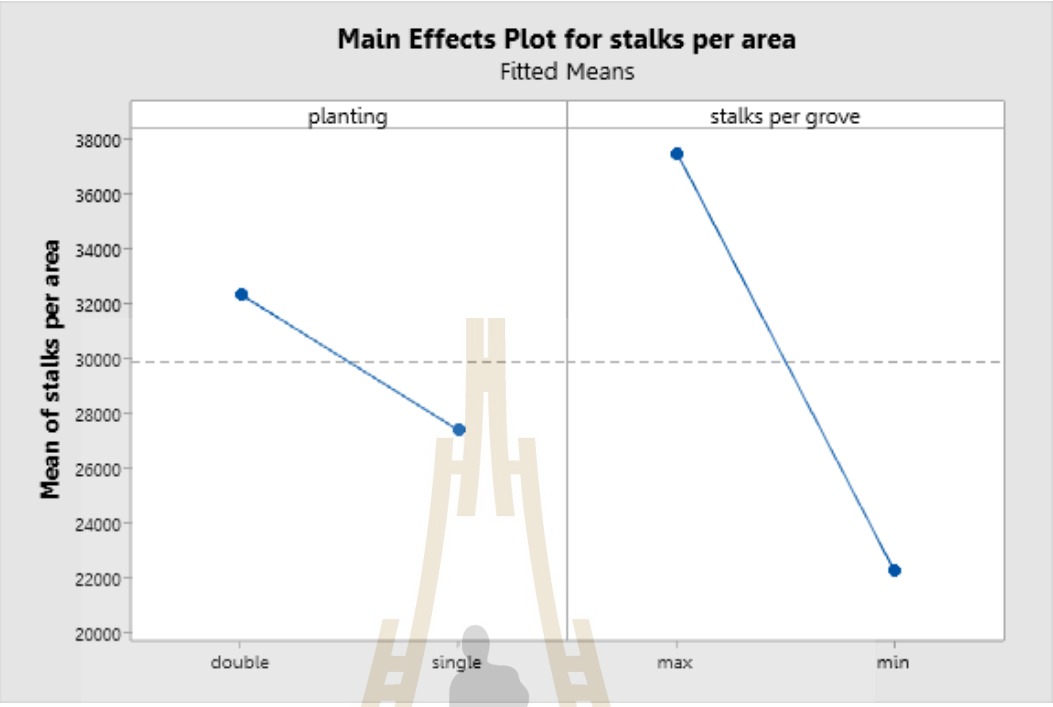
Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Stalks per grove	N	Mean	Grouping
Max	6	37511.1	A
Min	6	22222.2	B

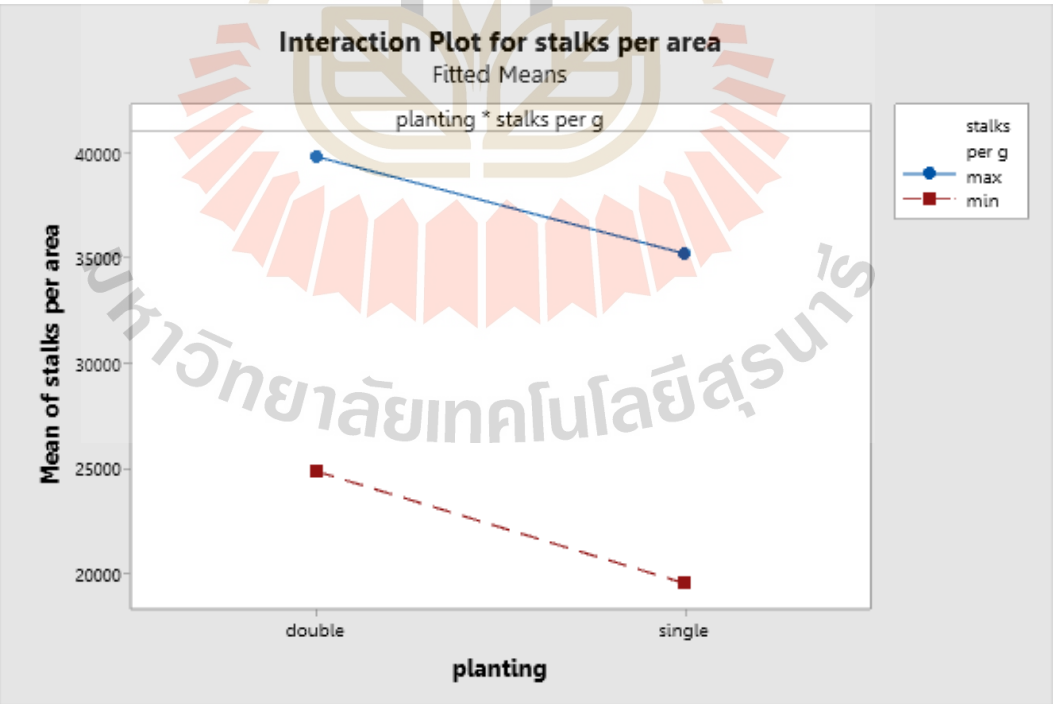
11. คลิกเลือก Stat > ANOVA >General Linear Model > Factorial Plot… เพื่อเลือกปัจจัยที่ต้องการสร้างกราฟ



รูปที่ ข 9 หน้าต่าง General Linear Model: Factorial Plot



รูปที่ ข.10 ผลกระทบของปัจจัยหลัก



รูปที่ ข.11 ผลกระทบของปัจจัยร่วม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค

รูปประกอบการทดสอบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ ค.1 การเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

รูปที่ ค.2 การท่อนอ้อยที่ได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยชนิดสับท่อน

รูปที่ ค.3 ลักษณะของตออ้อย

รูปที่ ค.4 ลักษณะของท่อนอ้อยที่ถูกเฉือนและหล่นในแปลง

รูปที่ ค.5 ลักษณะของท่อนอ้อยที่หล่นในแปลง

รูปที่ ค.6 ลักษณะของยอดอ้อย

รูปที่ ค.7 ลักษณะของท่อนอ้อยสะอาด

รูปที่ ค.8 ลักษณะของรากและดิน

รูปที่ ค.9 ลักษณะของกาบใบ

รูปที่ ค.10 ลักษณะของท่อนอ้อยพร้อมสิ่งเจือปน

รูปที่ ค.11 ท่อนอ้อยที่หล่นจากสะพานลำเลียง

รูปที่ ค.12 ลักษณะของอ้อยที่แตกจากชุดมีดตัดโคน

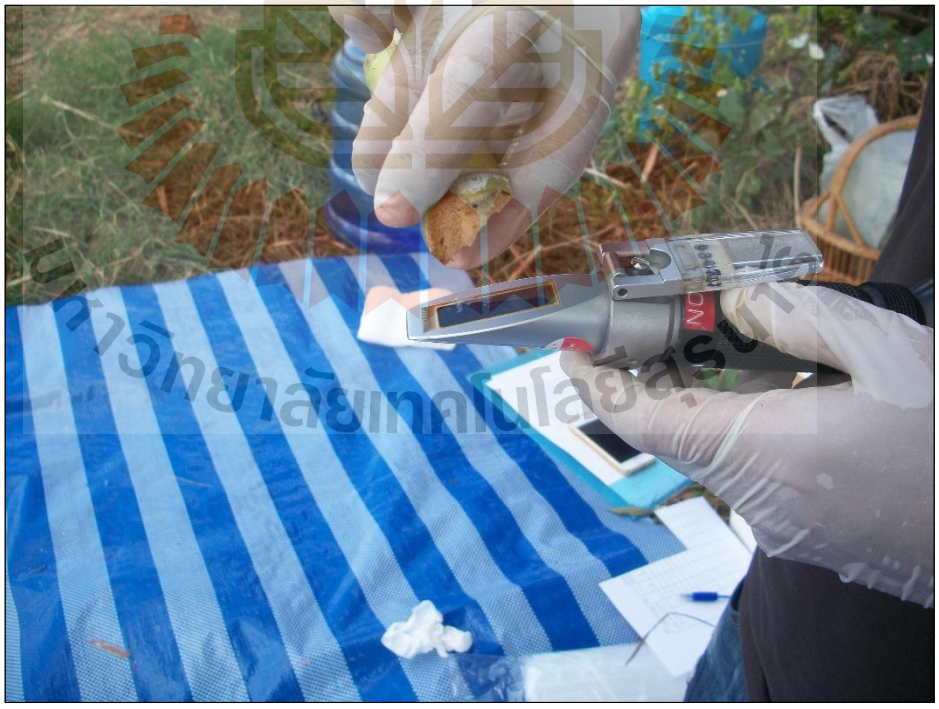
รูปที่ ค.13 ลักษณะของอ้อยที่หล่นอยู่ในแปลง เพราะไม่ผ่านกระบวนการของชุดโรลเลอร์ลำเลียง

รูปที่ ค.14 ลักษณะของท่อนอ้อยที่แตก

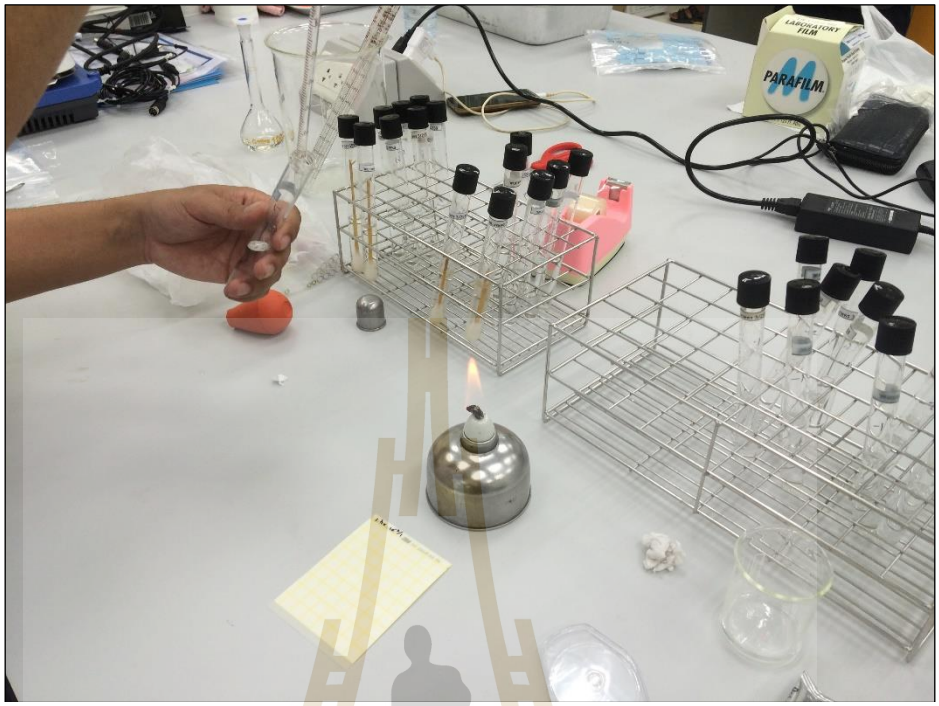
รูปที่ ค.15 ตัวอย่างของท่อนอ้อยที่หล่นจากสะพานลำเลียง

รูปที่ ค.16 ตัวอย่างของท่อนอ้อยที่ออกมาจากพัดลมทำความสะอาด

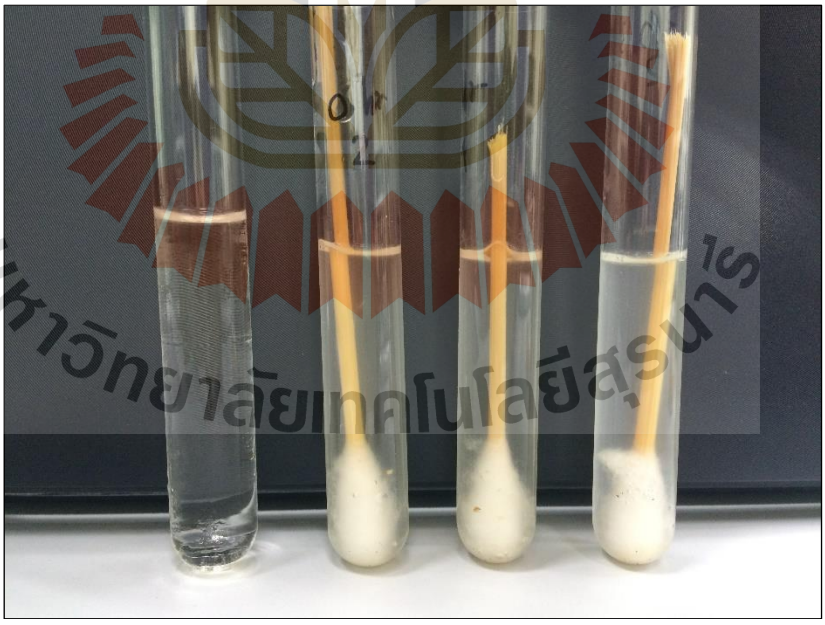
รูปที่ ค.17 ตัวอย่างการเก็บตัวอย่างเพื่อวัดบริกซ์และ Swab เชื้อ



รูปที่ ค.18 ตัวอย่างการวัดบริกซ์



รูปที่ ค.19 ตัวอย่างการทำ Dilution



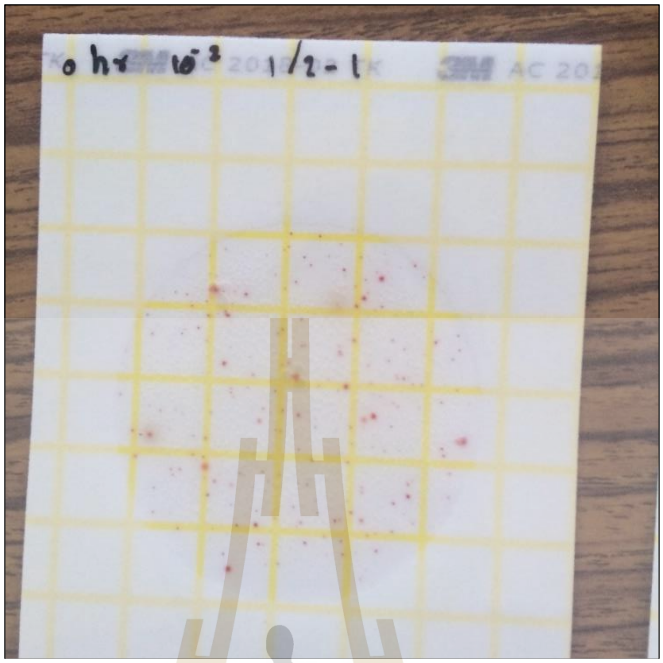
รูปที่ ค.20 ตัวอย่างการเจือจางเชื้อที่ได้จากท่อนอ้อย
เพื่อนำไปเลี้ยงเชื้อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

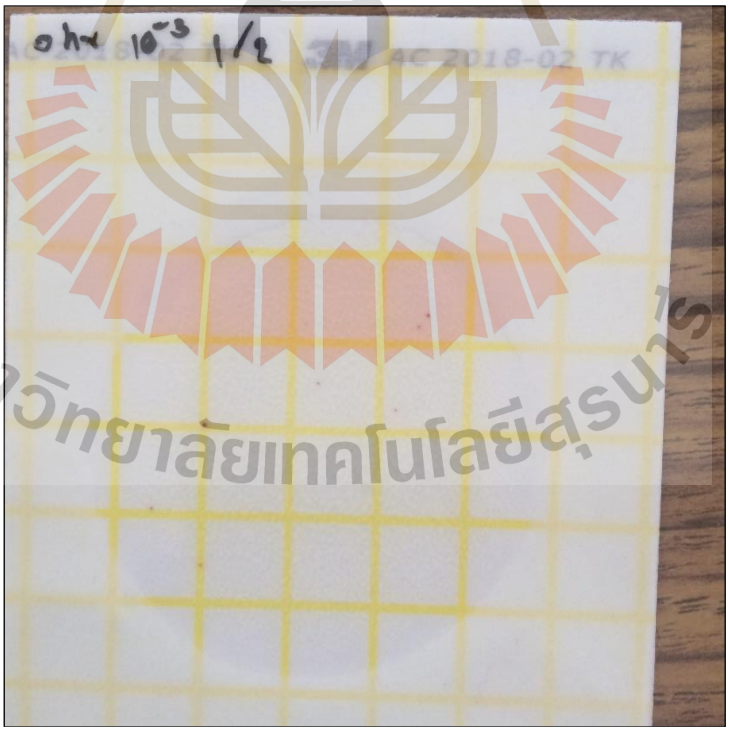
รูปที่ ค.21 ตัวอย่างการกวนสาร

รูปที่ ค.22 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 0 hr (10^{-1})

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

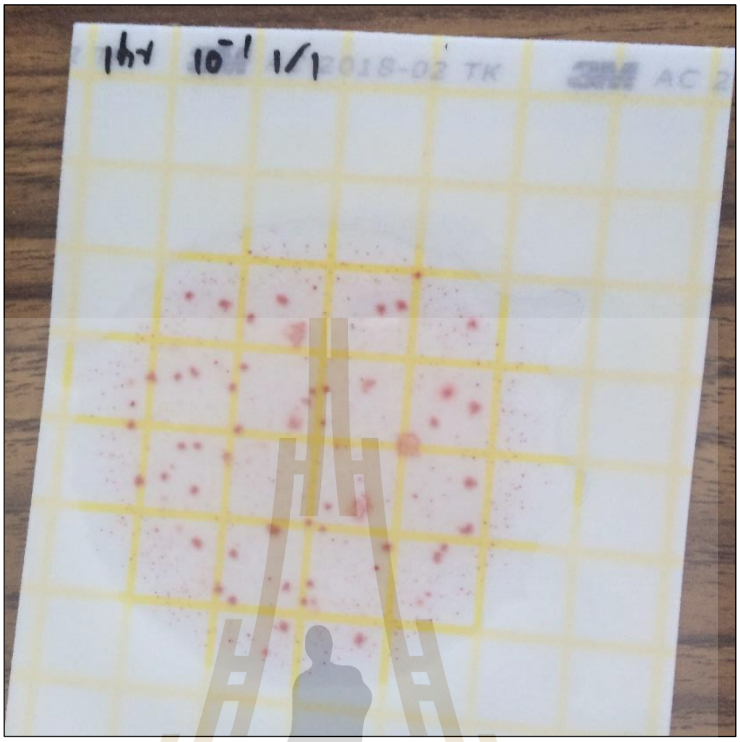


รูปที่ ค.23 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 0 hr (10^{-2})



รูปที่ ค.24 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 0 hr (10^{-3})

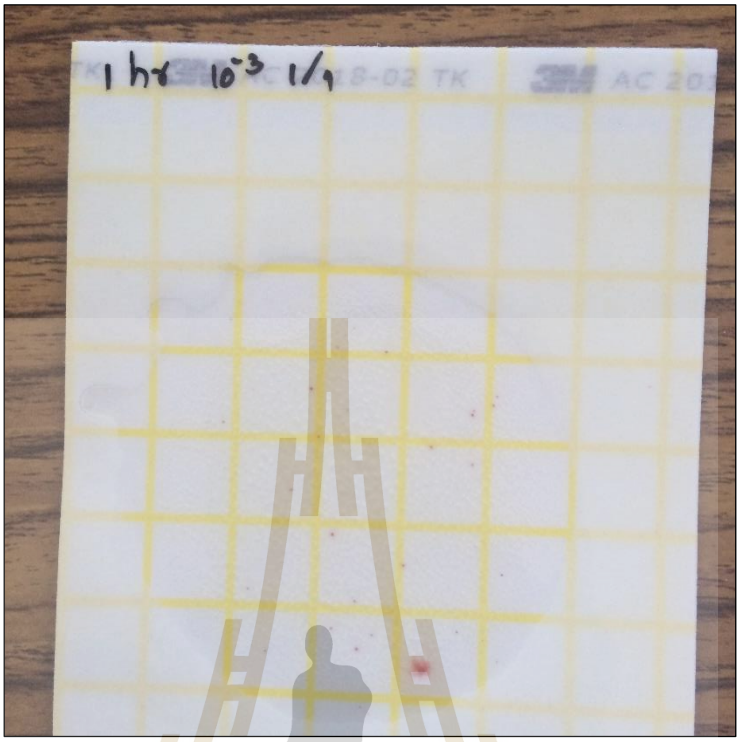
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ค.25 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 1 hr (10^{-1})

รูปที่ ค.26 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 1 hr (10^{-2})

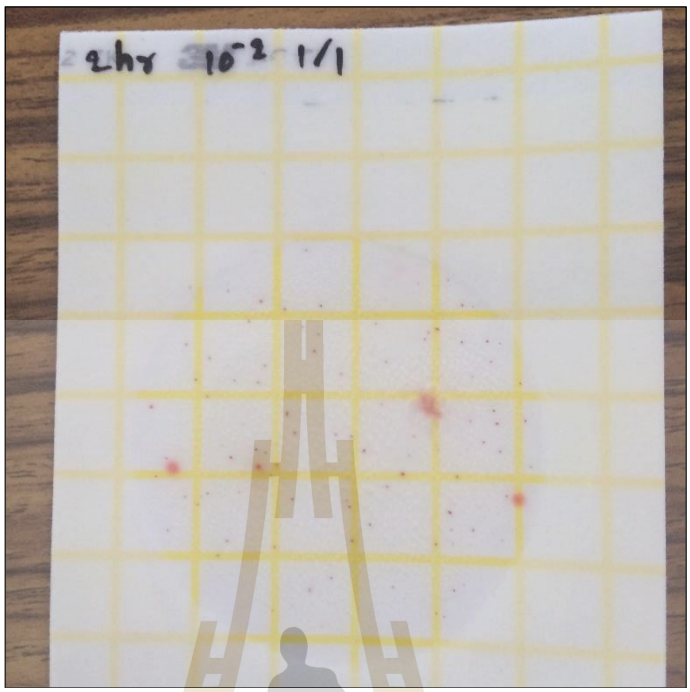
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



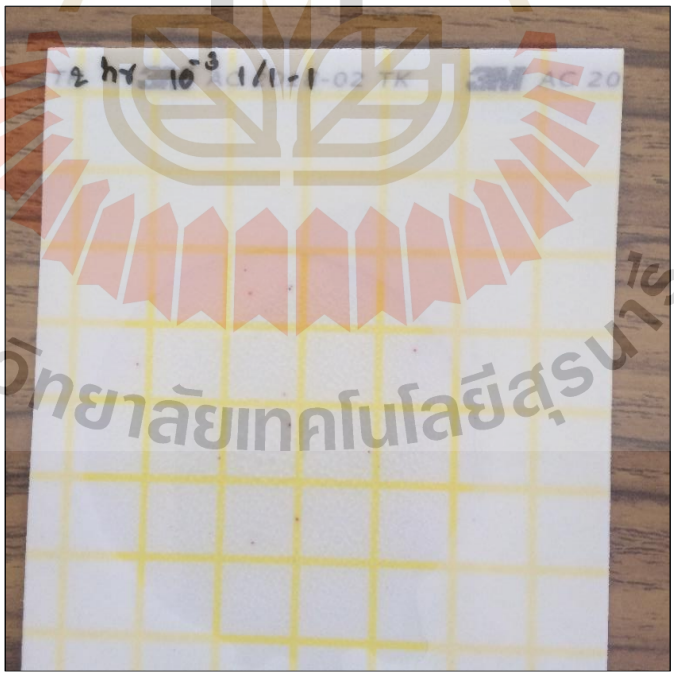
รูปที่ ค.27 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 1 hr (10^{-3})

รูปที่ ค.28 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 2 hr (10^{-1})

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

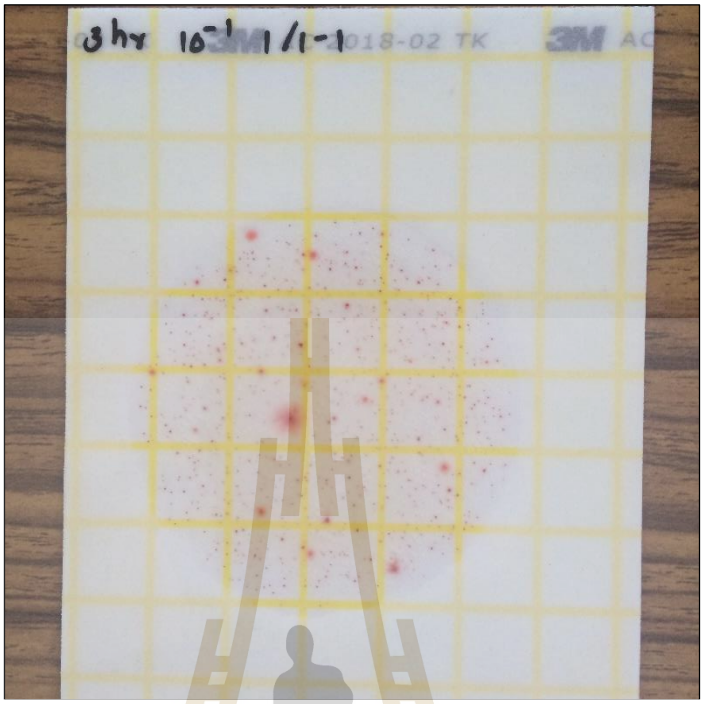


รูปที่ ค.29 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 2 hr (10^{-2})



รูปที่ ค.30 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 2 hr (10^{-3})

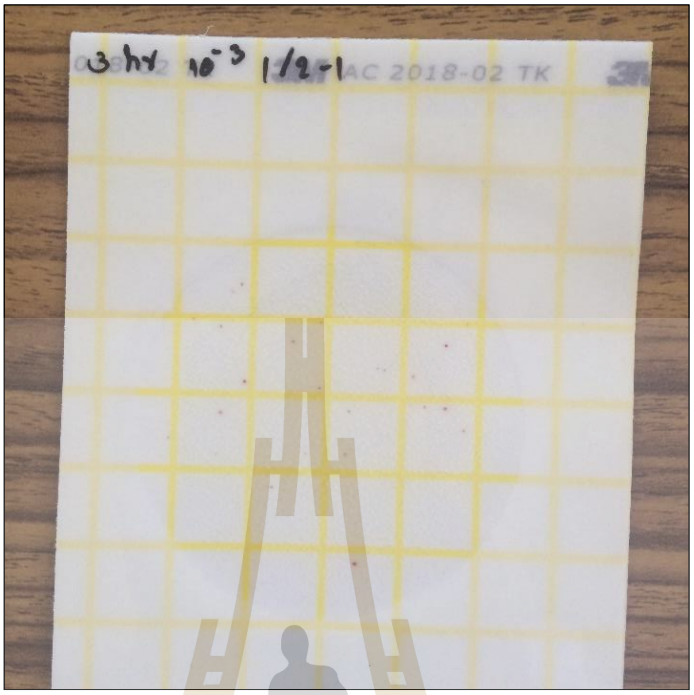
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ค.31 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 3 hr (10^{-1})

รูปที่ ค.32 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 3 hr (10^{-2})

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ค.33 ตัวอย่างเชื้อจากการเลี้ยงที่ 3 hr (10^{-3})

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ง

การเก็บตัวอย่างและตรวจนับจุลินทรีย์ในตัวอย่างอ้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

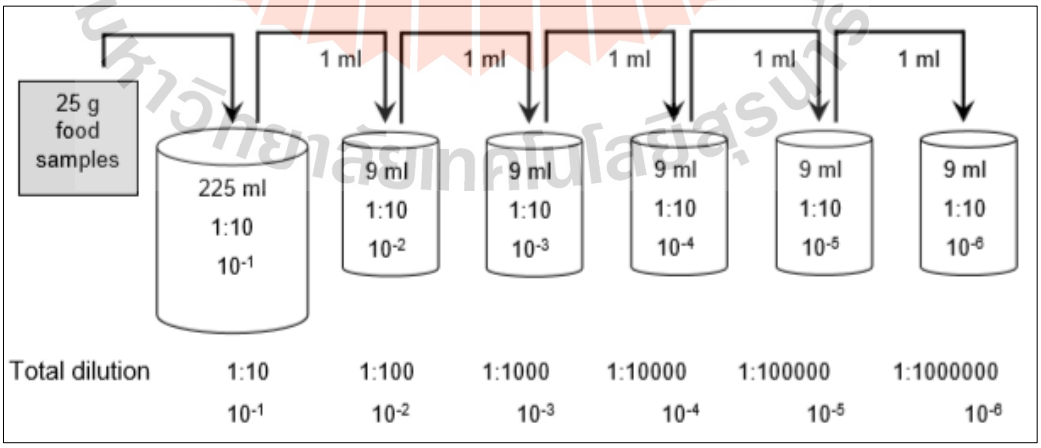
1. บทนำ

จุลินทรีย์สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ทั้งในน้ำ ดิน อากาศ และบริเวณส่วนต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต แต่เราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือแม้แต่ใช้กล้องจุลทรรศน์ เพราะจุลินทรีย์เหล่านี้มีขนาดเล็กมาก อย่างไรก็ตามเราสามารถเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์จนเป็นกลุ่มใหญ่ให้มากพอที่เราจะเห็นด้วยตาเปล่าได้ (กลุ่มจุลินทรีย์ที่มองเห็นด้วยตาเปล่าเหล่านี้เรียกว่า colony) โดยการนำจานใส่อาหารเลี้ยงเชื้อไปวางไว้บริเวณที่ต้องการทดสอบ ในสภาวะที่เหมาะสมจะส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว

การทำ swab test เป็นการตรวจสอบการปนเปื้อน (contamination) ของจุลินทรีย์บนพื้นผิววัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และเครื่องจักรที่อาจจะสัมผัสกับอาหาร การทำ swab test จะใช้ก้านสำลี (cotton swab) ที่ปลอดเชื้อเกลี่ยให้ทั่วพื้นที่ผิวที่ต้องการตรวจสอบทั้งนี้เพื่อตรวจสอบความสะอาดของ วัสดุอุปกรณ์ และสิ่งแวดล้อมในการผลิตอาหาร

การตรวจนับจุลินทรีย์ในอาหารด้วยวิธีต่าง ๆ ขั้นตอนแรกอาหารจะต้องถูกทำให้กระจายและเจือจางในน้ำที่ใช้เจือจาง หรือเรียกว่า diluent โดยน้ำที่ใช้เจือจางชนิดใดนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่นำมาวิเคราะห์และชนิดของจุลินทรีย์ เช่น การตรวจนับจุลินทรีย์โดยทั่วไปนิยมใช้ phosphate butter หรือน้ำเกลือ 0.85% (normal saline) หรือ 0.1% peptone in water การตรวจนับเชื้อพวก osmophile ใช้ 10% sucrose การตรวจนับจุลินทรีย์ในอาหารที่มีไขมันสูงใช้ 0.1% peptone ในน้ำที่มี tween 80 อยู่ 0.05% เป็นต้น การเจือจางลงตามลำดับ (serial dilution) นิยมทำให้เจือจางลงลำดับละ 10 เท่า หรือ 100 เท่า ดังนี้

Dilution Scheme ขั้นตอนการทำ 10-fold serial dilution

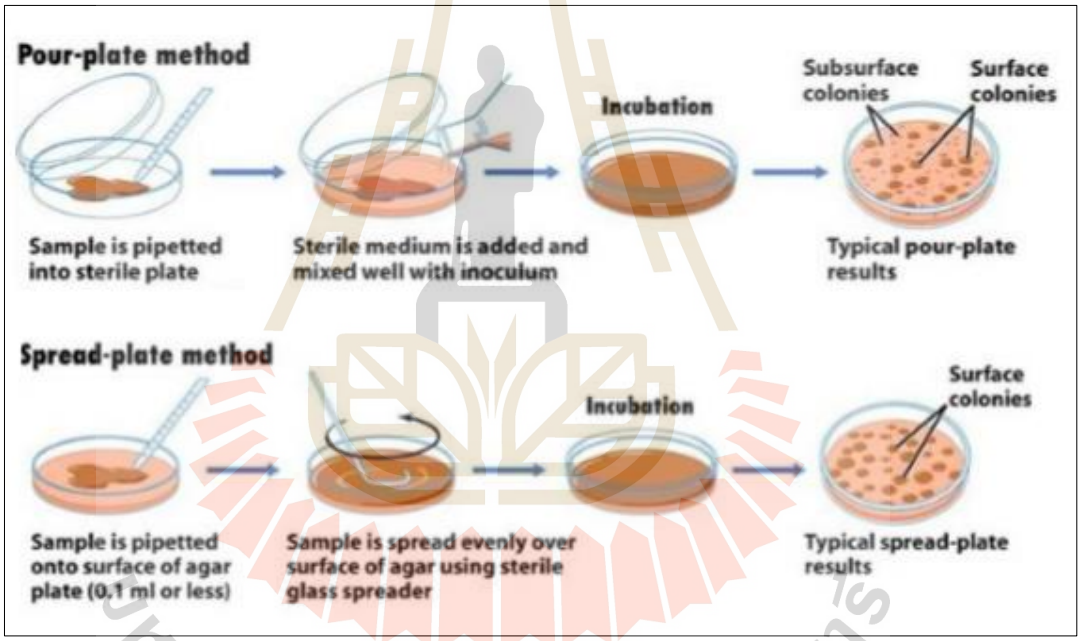


รูปที่ ง.1 การเจือจางจุลินทรีย์

การตรวจนับจุลินทรีย์ในตัวอย่างอาหารด้วยวิธี pour plate และ spread plate เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเพราะเป็นการนับเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีชีวิต (viable count อาจจะเรียกว่าstandard plate count หรือ aerobic plate count) เกิดเป็น colony บนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสม(1 colony มาจาก 1 cell) ค่าที่ได้จากการตรวจนับจุลินทรีย์คือ colony forming unit (CFU)

Plate Count Agar (PCA) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการตรวจนับจำนวน colony ของจุลินทรีย์ทั้งหมด (แบคทีเรีย ยีส และรา) การเพาะเชื้อด้วยเทคนิค pour plate เชื้อ จะเกิดขึ้นทั้งบนผิวหน้าและในเนื้ออาหารเลี้ยงเชื้อ ส่วนเทคนิค spread plate เชื้อจะเจริญเฉพาะบนผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่านั้น

ขั้นตอนการเพาะเชื้อด้วยเทคนิค pour plate and spread plate



รูปที่ ง.2 ขั้นตอนการเพาะเชื้อด้วยเทคนิค pour plate และ spread plate
(ที่มา: Madigan and Martinko, 2006)

2. วัสดุอุปกรณ์

2.1 หลอดทดลองปลอดเชื้อ (Sterile test tubes)

2.2 จานอาหารเลี้ยงเชื้อปลอดเชื้อ (Sterile Petri dishes)

2.3 แท่งแก้วงอปลอดเชื้อ (Sterile spreader)

2.4 ปิเปตปลอดเชื้อ (Sterile pipette) ปริมาตร 1 mL และ 10 mL

2.5 ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol lamp)

2.6 เครื่องเขย่าผสมสารละลาย (Vortex mixer)

2.7 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) อุณหภูมิ 37°C

2.8 เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)

2.9 ก้านสำลีปลอดเชื้อ (Sterile cotton swab)

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1 0.1% sterile peptone water

3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Plate Count Agar (PCA)

4. วิธีการทดลอง

4.1 การทำ swabbing

1) สวมถุงมือ เลือกตำแหน่งสำหรับทำการ swab

2) ใช้ก้านสำลีปลอดเชื้อ (sterile cotton swab) จุ่มใน 0.1% sterile peptone water แล้วนำไปเช็ดให้ทั่วบริเวณที่เลือกตำแหน่ง

3) นำก้านสำลีใส่ในหลอดที่มี 0.1% sterile peptone water ปริมาตร 10 ml (100)

4) ทำ10-fold serial dilution ที่ 10^{-1}- 10^{-3} โดยใช้ 9 ml ของ 0.1% sterile peptone water

5) ทำ spread plate โดยปิเปต 0.1 ml ของแต่ละ dilution ลงบน plate count agar (PCA) จำนวน 3 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35°C เป็นเวลา 24 ชม

6) นับจำนวนโคโลนีของเชื้อบนอาหารในแต่ละความเจือจาง (30-300 โคโลนี) บันทึกผล

7) คำนวณหาจำนวนเชื้อเป็น colony forming unit/gram (CFU/g)

4.2 การคำนวณหาจำนวนจุลินทรีย์

1) นับ colony ใน plate ที่มี colony อยู่ในช่วง 30-300 colony (กรณีที่ทำ 3 ซ้ำ ให้ใช้ค่าเฉลี่ย ของจำนวน colony)

วิธีการคำนวณ Colony forming unit (CFU)/ml or (CFU)/g

$$\frac{cfu}{ml} = \left(\frac{Number_of_colony}{Quantity_plated}\right) \times \left(\frac{1}{Total_dilution}\right)$$

ตัวอย่างเช่น

plate ที่ total dilution 10^{-4}

quantity plated เท่ากับ 1 ml

นับ colony ได้ 50 60 100 colonies

ค่าเฉลี่ยของจำนวน colony = 70 colonies

ดังนั้น $$Amount_of_colony = \left(\frac{70_colonies}{1_ml}\right) \times \left(\frac{1}{10^{-4}}\right) = 70 \times 10^{4}\ \frac{cfu}{ml}$$

หรือหากทุกจานเลี้ยงเชื้อไม่พบ colony ให้รายงานว่า มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่าหนึ่งคูณความเจือจางต่ำสุดที่ตรวจนับ ตัวอย่างเช่น

plate ที่มี total dilution 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} ไม่พบ colony ให้รายงานว่า

มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า 1 x 10^{2} CFU/ml (ใช้สูตรตามข้อ 1)

หรือถ้าจานเลี้ยงเชื้อทุกความเจือจาง มีจำนวน colony น้อยกว่า 30 colonies ให้รายงานจำนวน colony ในจานที่มีความเจือจางต่ำสุด ตัวอย่างเช่น

plate ที่มี total dilution 10^{-2} นับได้ 20 colonies 10^{-3} นับได้ 5 colonies ให้รายงานว่า

มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยกว่า 20 x 10^{2} CFU/ml (ใช้สูตรตามข้อ 1)

หรือถ้าจำนวน colony มากกว่า 300 colonies จนไม่สามารถนับได้ ให้รายงานว่า

TNTC(Too Numerous To Count)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก จ

การหาประสิทธิภาพในการทำงานของรถตัดอ้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1. ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ (field capacity, FC), (ไร่ต่อชั่วโมง)

จากสมการ

$$FC = \frac{Working_area}{time} = \frac{Rai}{hr}$$

$$FC = \frac{1.87}{3.37} = 0.55\frac{Rai}{hr}$$

2. ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎี (Theoritical Field Capacity), (ไร่ต่อชั่วโมง)

จากสมการ

$$TFC = Width_{work} \times Speed_{work}$$

$$TFC = 1.5m \times 1870\frac{m}{hr} \times \frac{1rai}{1600m^2} = 1.75\frac{rai}{hr}$$

3. ประสิทธิภาพ

จากสมการ

$$EFT = \left(\frac{FC}{TFC}\right) \times 100$$

$$EFT = \left(\frac{0.55}{1.75}\right) \times 100 = 31.65\%$$

4. ค่าเปอร์เซนต์การสูญเสียจากการทำ Cube กับ Optimization

จากสมการ

$$\% = \frac{difference \times 100}{average}$$

$$23\% = \frac{1.24 \times 100}{5.326}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. ค่าผลต่างของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการทำ Cube กับ Optimization

จากสมการ

$$difference_of_\%=\%_of_losses_from_Cube-\%_losses_from_Optimize$$

$$20\%=79\%-59\%$$

ตารางที่ จ.1 ผลการทำ Cube กับ Optimization

รายการ A	BaseCutter	Roller	Extractor	Tops	Trash	อ้อยแตก
ค่าเฉลี่ยจากตาราง 4.5 4.11 4.16	367.38	195.88	57.38	5.326	3.384	0.48
ผล Cube	76.24	110.99	9.93	4.086	1.619	0.36
ผลต่าง	291.14	84.89	47.45	1.24	1.765	0.12
%	79	43	83	23	52	25
รายการ B	BaseCutter	Roller	Extractor	Tops	Trash	อ้อยแตก
ค่าเฉลี่ยจากตาราง 4.5 4.11 4.16	367.38	195.88	57.38	5.326	3.384	0.48
ผล Optimization	151.44	110.99	9.93	4.817	2.13	0.36
ผลต่าง	215.94	84.89	47.45	0.509	1.254	0.12
%	59	43	83	10	37	25
รายการ C	BaseCutter	Roller	Extractor	Tops	Trash	อ้อยแตก
ผลต่างของ %	20	0	0	13	15	0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ฉ

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

Kanya Kosum and Samart Bun Art. (2019). **Factors Affecting the Amount of Impurities when Harvesting Sugarcane with Sugarcane Harvester.** 12th International Conference: TSAE 2019. 14 – 15 March 2019, Hard Rock hotel Pattaya, Chonburi, THAILAND.

Kanya Kosum and Samart Bun Art. (2019). **Factors Affecting the Amount of Impurities when Harvesting Sugarcane with Sugarcane Harvester.** IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 301, conference 1

Kanya Kosum and Samart Bun Art. (2019). **The Optimization for Decreasing Ruptured Billets when Harvesting Sugarcane with Chopper Harvester.** 5th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology: ICEAST 2019. 2 - 5 July 2019, Chanthavinh Resort and Spa, Luang Prabang, LAOS.

Kanya Kosum and Samart Bun Art. (2019)**. The Losses of Sugarcane Harvested from a Sugarcane Harvester**. Suranaree J. Sci. Technol. Has been indexed in TCI (since 2010), ACI (ASEAN Citation Index, since 2014), EBSCO (since 2009), Web of Science: Emerging Sources (since 2017), Scopus (since 2018).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกันญา โกสุมภ์ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปีพุทธศักราช 2547 หลังจากสำเร็จการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่ง

1. วิศวกรเครื่องกล บริษัทไทยวอเตอร์ไลท์ ซิสเต็ม จำกัด
2. วิศวกรออกแบบและประเมินราคา บริษัท ไอ ซี ที (1993) จำกัด
3. อาจารย์ประจำ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน
4. เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยสำเร็จการศึกษาในปีพุทธศักราช 2555 และ
5. เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาเอก วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีพุทธศักราช 2556

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี