

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2561

1. แผนงานวิจัย: วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อย
2. โครงการวิจัย: วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยให้เหมาะสมตามศักยภาพของพื้นที่
- กิจกรรม: ศึกษาพัฒนาการ การเติบโตและการสะสมน้ำตาลของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกภายใต้สภาพที่มีปัจจัยการผลิตเพียงพอ
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย): ศึกษาพัฒนาการ การเติบโตและการสะสมน้ำตาลของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ภายใต้สภาพที่มีปัจจัยการผลิตเพียงพอ ใน จ.ปราจีนบุรี

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Study on Growth Development and Sugar Accumulation of Sugarcane Varieties under no limit Factor in Prachinburi Province

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	พินิจ กัลยาศิลป์	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรระยอง
ผู้ร่วมงาน	เบญจรัตน์ วุฒิภิมลชัย	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี
	ปรีชา กาเพ็ชร	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย

5. บทคัดย่อ

อ้อยเป็นพืชอายุยาวข้ามปี ในระหว่างการผลิตย่อมได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมทำให้ผลผลิตที่ได้รับลดลง จึงได้ดำเนินการทดลองปลูกอ้อย 3 กลุ่มพันธุ์ ภายใต้สภาพที่มีปัจจัยการผลิตเพียงพอเพื่อหาศักยภาพในการเจริญเจริญเติบโต การสะสมน้ำตาล และการให้ผลผลิตของอ้อย ภายใต้สภาพภูมิอากาศจังหวัดปราจีนบุรี ปลูกอ้อยที่แปลงทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี จำนวน 3 วันปลูกได้แก่วันปลูกที่ 1 ปลูกวันที่ 4 ธันวาคม 2558 2558 เก็บเกี่ยววันที่ 28 พฤศจิกายน 2559 วันปลูกที่ 2 ปลูกวันที่ 25 มีนาคม 2559 เก็บเกี่ยววันที่ 14 มีนาคม 2560 และวันปลูกที่ 3 ปลูกวันที่ 8 มิถุนายน 2559 เก็บเกี่ยววันที่ 20 มีนาคม 2560 แต่ละวันปลูกปลูกอ้อยพันธุ์ K95-84 เป็นตัวแทนของกลุ่มพันธุ์ที่มีทรงใบตรง ส่วนยอดของลำมีลักษณะชูตั้ง พันธุ์ KK07-050 หรือ 95-2-213 เป็นตัวแทนของกลุ่มพันธุ์ที่มีทรงใบตรง ส่วนยอดของลำมีลักษณะชูตั้งและปลายใบโค้งลง และพันธุ์ KK07-037 เป็นตัวแทนของกลุ่มพันธุ์ที่มีทรงใบตรง ส่วนยอดของลำ

มีลักษณะปลายใบโค้งลงมากเกือบเหมือนครึ่งวงกลม ปลูกโดยวิธีการชำข้อและย้ายลงแปลงปลูกในระยะระหว่างแถว 120 เซนติเมตร ระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ขนาดแปลงย่อยจำนวน 8 แถว แถวยาว 10 เมตร ใส่ปุ๋ยพร้อมปลูกเกรด 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่อีกครั้งเมื่ออ้อยอายุประมาณ 3 เดือนหลังปลูก ให้น้ำเมื่อความชื้นดินลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ของความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ กำจัดวัชพืชและดูแลแปลงไม่ให้มีโรคและแมลงระบาด สุ่มอ้อยจำนวน 2 กอต่อแปลงย่อย แยกส่วนของลำต้นกับใบและกาบใบเพื่อหาข้อมูลน้ำหนักแห้งทุกๆ 3 เดือน จำนวน 4 ครั้ง และติดตามการเติบโตโดยวัดความสูง จำนวนใบ และจำนวนลำต่อพื้นที่ทุกๆ 3 เดือนเมื่ออ้อยเข้าสู่ช่วงเดือนพฤศจิกายนติดตามการสะสมน้ำตาลโดยการวัดค่าบrixทุกๆ 15 วัน ผลการทดลองพบว่า ในวันปลูกที่ 3 อ้อยมีการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินในช่วง 3 เดือนแรกเฉลี่ย 4.65 กรัมต่อตารางเมตร มากกว่าอ้อยที่ปลูกในวันปลูกที่ 1 และ 2 เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ในขณะที่ช่วงวันปลูกที่ 1 และ 2 อายุของอ้อยพบว่าม้อัตราการสะสมน้ำหนักลำแห้งมากที่สุดในช่วงวันที่ 270 วันหลังปลูก เฉลี่ย 23.79 กรัมต่อตารางเมตร วันปลูกที่ 3 พันธุ์อ้อยมีอัตราการสะสมน้ำหนักลำแห้งที่แตกต่างกัน อ้อยจะมีอัตราการเจริญเติบโตได้มากขึ้นโดยเฉพาะในช่วง 90 วันหลังปลูก อ้อย 2 พันธุ์ ได้แก่ KK07-037 และพันธุ์ 95-2-213 และอ้อยพันธุ์ K95-84 จะมีอัตราการเจริญเติบโตได้มากขึ้นโดยเฉพาะในช่วง 180 วันหลังปลูก ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของอ้อยจึงขึ้นอยู่กับระยะเวลาการเจริญเติบโต อุณหภูมิ และพันธุ์ โดยที่อ้อยช่วงอายุ 270 วันหลังปลูก ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียส และพันธุ์ที่มีทรงใบตรง ส่วนยอดของลำมีลักษณะปลายใบโค้งลงมากเกือบเหมือนครึ่งวงกลมจะมีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งมากที่สุด การสร้างใบและความสูงของอ้อยทั้ง 3 พันธุ์มีอัตราใกล้เคียงกัน แต่พันธุ์ K95-84 มีการสร้างใบสูงสุด โดยวันปลูกที่ 1 อ้อยมีอัตราการสร้างใบสูงเมื่ออ้อยมีอายุ 180 วันหลังปลูก ส่วนวันปลูกที่ 2 และ 3 มีอัตราการสร้างใบสูงเมื่ออ้อยอายุ 90 วันหลังปลูก ในส่วนของการสร้างใบและความสูงจะได้รับอิทธิพลจากสภาพภูมิอากาศมากกว่าพันธุ์และระยะเวลาการเจริญเติบโตของอ้อย โดยมีอัตราการเพิ่มใบและความสูงได้มากที่สุดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม และช่วงอายุของอ้อยพบว่าทั้ง 3 พันธุ์มีการสร้างใบและความสูงไม่แตกต่างกัน โดยในช่วงแรกของการเจริญเติบโตมีอัตราการสร้างใบช้ากว่าอัตราการเพิ่มความสูง แต่เมื่ออ้อยอายุมากกว่า 270 วัน อ้อยจะมีอัตราการสร้างใบมากกว่าการเพิ่มความสูง ส่วนการสะสมน้ำตาลพบว่าอ้อยพันธุ์ K95-84 มีการสะสมน้ำตาลได้เร็วกว่าทั้งสองพันธุ์และมีการสะสมน้ำตาลได้สูงสุดอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม โดยที่อายุของอ้อยไม่มีผลต่อการสะสมน้ำตาล ค่าพัฒนาการและการเจริญเติบโตและการสะสมน้ำตาลที่ได้นำไปใช้ปรับค่าและทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมสำหรับแบบจำลองพืชเพื่อนำไปใช้ประเมินผลผลิตตามศักยภาพของของอ้อยในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันต่อไป

6. บทนำ

ระบบการผลิตพืชเป็นระบบที่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งในเชิงพื้นที่และในเชิงเวลา เกริก และคณะ (2552) ได้ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยในประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองอ้อยในโปรแกรม DSSAT ร่วมกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวันปี 2543-2643 จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ ECHAM4-PRECIS พบว่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบในระยะยาวต่อการผลิตอ้อยเพียงเล็กน้อย และมีแนวโน้มให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยของผลผลิตอ้อยทั้งประเทศในระยะยาวจะได้รับผลกระทบไม่มากนักจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ แต่จะมีผลกระทบรุนแรงในบางพื้นที่ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และช่วงเวลาที่เกิด

การใช้แบบจำลองพืชเป็นวิธีการหนึ่งที่น่ามาใช้ประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Jones *et al.*, 2003) เพราะสามารถใช้ผลผลิตจากแบบจำลองหลายแบบเปรียบเทียบกับผลผลิตที่เกษตรกรได้รับจริงหรือจากผลการทดลองที่ได้จริง ประหยัดงบประมาณ แรงงานในการศึกษาว่างานทดลองปกติ ซึ่งในแบบจำลองพืชยังสามารถศึกษาผลกระทบของการขาดน้ำได้ (Gassman *et al.*, 2007) นอกจากนี้ยังสามารถนำมาประเมินผลกระทบจากการขาดปุ๋ยไนโตรเจนได้อีกด้วย (Zhang *et al.*, 2002) และได้มีการนำเอาไปใช้แล้วอย่างแพร่หลาย โดยต้องการข้อมูลตัวป้อน (input data) ที่แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มเหมือนกัน ได้แก่ ข้อมูลตัวป้อนที่เป็นค่าคงที่ที่กำหนดไว้ในแบบจำลองตัวป้อนกลุ่มนี้จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม พันธุ์และการจัดการ และข้อมูลตัวป้อนที่ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของสถานที่ปลูก พันธุ์ และการจัดการ ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องหาค่าสัมประสิทธิ์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ พันธุ์ และการจัดการนั้นๆ ก่อนที่จะนำเอาแบบจำลองพืชไปใช้ดังนั้นเพื่อให้มีการใช้แบบจำลองพืชสำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยอ้อยในประเทศไทยให้แพร่หลายมากขึ้น

ประโยชน์จากการใช้แบบจำลองพืช สามารถประเมินผลผลิตตามศักยภาพได้อย่างแม่นยำ ผลที่ได้เรียกว่าผลผลิตสูงสุดตามศักยภาพ (Potential yield) สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิต (Yield gap analysis) ซึ่งหมายถึงช่องว่างหรือความแตกต่างระหว่างผลผลิตสูงสุดตามศักยภาพ กับผลผลิตที่ได้จริงจากแปลงของเกษตรกร (Actual yield) ได้ การวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิตจะช่วยบ่งชี้ถึงการปรับปรุงผลผลิตในแต่ละพื้นที่ กล่าวคือ หากช่องว่างของผลผลิตมีค่ามาก การยกระดับผลผลิตของเกษตรกรน่าจะมีโอกาสสูง แต่ถ้าช่องว่างของผลผลิตมีค่าน้อย แสดงว่าพื้นที่นั้นมีปัญหาน้อย หรือเกษตรกรปฏิบัติดีอยู่แล้ว (อาร์นัต, 2535) และหากทราบปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดการให้ผลผลิตแล้ว ก็จะสามารถกำหนดแนวทางในการยกระดับผลผลิตของเกษตรกรในพื้นที่นั้นๆ และจัดลำดับความสำคัญของงานทดลองได้ ดังนั้น การวิเคราะห์ช่องว่างของผลผลิต (Yield gap analysis) จึงเป็นจำเป็นที่จะต้องดำเนินการให้กว้างขวางยิ่งขึ้นโดยเฉพาะกับอ้อยซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ที่ยังไม่เคยมีการวิเคราะห์ในลักษณะนี้ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาการเจริญเติบโตและการสะสมน้ำตาลของอ้อย 3 กลุ่มพันธุ์ ในสภาพที่ไม่มีปัจจัยจำกัดเพื่อนำไปใช้สำหรับปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมที่ใช้สำหรับแบบจำลองพืช

7. วิธีดำเนินการ

สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

- 1.1 เครื่องตรวจวัดและบันทึกสภาพอากาศกึ่งอัตโนมัติ
- 1.2 เครื่องมือวัดความชื้นดิน
- 1.3 พันธุ์อ้อย 3 พันธุ์ ได้แก่ KK07-037 95-2-213 หรือ KK07-050 และ K95-84
- 1.4 ปุ๋ยเคมี 18-46-0 46-0-0 0-0-60
- 1.5 สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช
- 1.6 อุปกรณ์การให้น้ำพืช
- 1.7 อุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลราก
- 1.8 อุปกรณ์สำหรับการเก็บข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบของผลผลิต และน้ำตาล

วิธีปฏิบัติงานทดลอง

ใช้พันธุ์อ้อย 3 พันธุ์ที่มีความแตกต่างกันของทรงพุ่มใบ ได้แก่ 1) กลุ่มพันธุ์ที่มีทรงใบตรง ส่วนยอดของลำมีลักษณะชูตั้ง ใช้พันธุ์ K95-84 เป็นตัวแทน 2) กลุ่มพันธุ์ที่มีทรงใบตรง ส่วนยอดของลำมีลักษณะชูตั้ง และปลายใบโค้งลง ใช้พันธุ์พันธุ์ 95-2-213 หรือพันธุ์ KK07-050 เป็นตัวแทน และ 3) กลุ่มพันธุ์ที่มีทรงใบตรง ส่วนยอดของลำมีลักษณะปลายใบโค้งลงมากเกือบเหมือนครึ่งวงกลม ใช้พันธุ์ KK07-037 เป็นตัวแทนเก็บตัวอย่างดินในแต่ละเขตการผลิตเพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี โดยมีวิธีการเก็บ ดังนี้

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาคุณสมบัติทางกายภาพ เก็บเขตการผลิตละ 1 ตัวอย่าง โดย

- 1) ขุดหลุมขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 1.5 เมตร และลึกประมาณ 1.5 เมตร
- 2) จำแนกชั้นดินโดยอาศัยการสังเกตจากสี หรือเนื้อดิน บันทึกความหนาและสี ของแต่ละชั้น
- 3) แต่ละชั้น ใช้ชุดเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนดินและสว่านเก็บตัวอย่างดิน (Undisturbed soil core sampler) บริเวณกลางของแต่ละชั้น จำนวน 3 ตัวอย่างต่อ 1 ชั้น

3.1) ตัวอย่างที่ 1 วิเคราะห์หาค่า Bulk density และ Soil Moisture

3.2) ตัวอย่างที่ 2 และ 3 วิเคราะห์หาค่า

- Water content ที่ 3 ระดับคือ 1) จุดอิ่มตัวของดิน 2) จุดความจุความชื้นสนาม และ 3) จุดเหี่ยวถาวรของพืช
- Soil hydraulic conductivity
- Sand silt and clay
- Soil texture

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาคุณสมบัติทางเคมี

สุ่มเก็บดินมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยใช้เหล็กเจาะดินสุ่มเก็บตัวอย่างให้ทั่วแปลงปลูก แยกตามชั้นดินที่จำแนกได้ในข้อ 2 นำมารวมกันให้ได้ประมาณ 1 กิโลกรัม ต่อ 1 ตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ดังนี้

- 1.1 อินทรีย์คาร์บอน
- 1.2 ปฏิกริยาดิน

1.3 ค่า CEC

1.4 ปริมาณไนโตรเจน ในรูปของ NH_4^+ และ NO_3^-

1.5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P)

1.6 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K)

การปลูกอ้อยทดลอง

ปลูกอ้อย 3 ครั้ง คือ 1) ปลูกในช่วงเดือนธันวาคม 2) ช่วงเดือนมีนาคม และ 3) ช่วงเดือนมิถุนายน และเก็บเกี่ยวอ้อย ในเดือนมีนาคม ของการปลูกอ้อยครั้งที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ขนาดแปลงทดลองย่อย 72 ตารางเมตร พันธุ์ละ 4 แปลงย่อย ปลูกเป็นหลุมโดยใช้อ้อยชำข้อ อายุ 45 วัน ใช้ระยะห่างระหว่างหลุม 50 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถว 120 เซนติเมตร ในแต่ละแปลงย่อยมี 10 แถว แต่ละแถวยาว 6 เมตร ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 1.5 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ใส่ตามคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน แบ่งใส่สองครั้ง ครั้งแรกใส่รองพื้นพร้อมปลูก ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่ออ้อยอายุ 3 เดือนหลังปลูก

ให้น้ำแบบสปริงเกอร์ เมื่อน้ำในดินลดลงเหลือ 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ ในปริมาณที่ทำให้น้ำเพิ่มขึ้นจนถึง 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ ที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร เก็บความชื้นดินโดยใช้เครื่องวัดความชื้นดินแบบ TDR (Time Domain Reflectometry) บันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติ ที่ระดับความลึก 30 60 และ 90 เซนติเมตร กำจัดวัชพืช และดูแลรักษาไม่ให้เกิดการระบาดของโรค และแมลง หลังจากใส่ปุ๋ยอ้อยครั้งที่ 2 ประมาณ 2 เดือน เก็บใบอ้อยเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร (N,P,K) โดยเก็บตัวอย่างจากใบที่เห็นคอบใบสุดท้าย (Top Visible Dewlap: TVD) ของลำหลัก หากพบว่าธาตุอาหารยังไม่เพียงพอให้ใส่เพิ่มตามความต้องการของอ้อย เมื่อเข้าสู่เดือนตุลาคม เก็บตัวอย่างอ้อยครั้งละ 10 ลำ ทุกๆ 15 วัน จนถึงเก็บเกี่ยว เพื่อวัดค่า CCS เจาะดินขนาดหลุมหน้าตัด 1.5 นิ้ว ลึก 8 เมตร เพื่อวัดระดับน้ำใต้ดิน

การบันทึกข้อมูล

บันทึกข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดิน

บันทึกข้อมูลการเติบโตของอ้อยทุก 2 เดือน แต่ละครั้งสุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยจำนวน 4 จุด จุดละ 2 กอ (ใช้กอเดียวกันกับการเก็บตัวอย่างราก) นับจำนวนลำทั้งหมด จำนวนใบบนลำหลัก แยกส่วนของ ใบ กาบใบ และลำต้น หาพื้นที่ใบ จากนั้นนำส่วนของใบ กาบใบ และลำต้น ไปอบในตูบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้งของใบ กาบใบ และลำต้น

บันทึกความชื้นดินโดยใช้เครื่องวัดความชื้นดินแบบ TDR บันทึกข้อมูลแบบอัตโนมัติ ที่ระดับความลึก 30 60 และ 90 เซนติเมตร จำนวน 4 จุด

บันทึกข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวัน ได้แก่ความเข้มแสง อุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ตลอดจนระยะเวลาการเจริญเติบโตของอ้อยจนเก็บเกี่ยวอ้อย

บันทึกการจัดการแปลงต่างๆ เช่น วันที่ให้น้ำ ปริมาณที่ให้ การกำจัดวัชพืช โรค หรือแมลง เป็นต้น

บันทึกข้อมูลการสะสมน้ำตาลเมื่ออ้อยเข้าสู่เดือนตุลาคม

บันทึกผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยว

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพืชและประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองพืช

แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนได้แก่

การสร้างฐานข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลองแต่ละชนิด แบบจำลองพืชที่ใช้ในการทดลองนี้ได้แก่ แบบจำลอง Canegro, DNDC, และ AquaCrop สร้างฐานข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ข้อมูลดิน ข้อมูลพันธุกรรมพืช ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ และข้อมูลการจัดการ โดยใช้ข้อมูลจากแปลงทดลองมาสร้างเป็นฐานข้อมูลตามรูปแบบของแต่ละแบบจำลอง ส่วนค่าอื่นๆ ที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ใช้ค่าที่กำหนดมาให้จากแบบจำลองการจัดการเติบโตของพืช โดยใช้ข้อมูลการจัดการ ได้แก่ วันปลูก อัตราปลูก การให้น้ำและการเก็บเกี่ยว บันทึกผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง ได้แก่ การสะสมน้ำหนักรากของส่วนเหนือดิน และส่วนที่เป็นลำต้น และการสร้างน้ำตาล

การประเมินความสามารถของแบบจำลอง โดยการเปรียบเทียบผลกับผลจากการจำลองและผลที่ได้จากแปลงทดลอง ประเมินความสามารถของแบบจำลองโดยใช้ค่า NRMSE (Normalize root mean square error), RMSE (Root mean square error), และ AI (Agreement index) โดยค่า NRMSE, RMSE, และ AI คำนวณจากสูตร

$$NRMSE = \sqrt{\frac{\sum(S_i - O_i)^2}{N}} \times \frac{100}{\bar{O}}$$

เมื่อ S_i คือค่าที่ได้จากแบบจำลอง และ O_i คือค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง ที่เวลา i และ \bar{O} คือค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(S_i - O_i)^2}{N}}$$

เมื่อ S_i คือค่าที่ได้จากแบบจำลอง และ O_i คือค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง ที่เวลา i

$$AI = 1 - \frac{\sum(S_i - O_i)^2}{\sum(|S_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2}$$

เมื่อ S_i คือค่าที่ได้จากแบบจำลอง, O_i คือค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่างที่เวลา/และ \bar{O} คือค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการเก็บตัวอย่าง

ในการจำลองครั้งนี้จะใช้ค่า NRMSE เป็นหลักสำหรับใช้ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยประสิทธิภาพของแบบจำลอง ดีมาก เมื่อค่า NRMSE < 10%, ดี เมื่อค่า NRMSE มากกว่าหรือเท่ากับ 10% และน้อยกว่า 20%, พอใช้ เมื่อค่า NRMSE มากกว่าหรือเท่ากับ 20% และน้อยกว่า 30%, และ ไม่ดี เมื่อค่า NRMSE มากกว่าหรือเท่ากับ 30% (Jamieson *et al.*, 1991)

ส่วนค่า AI คือค่าที่ประเมินความสามารถในการทำงานของแบบจำลอง มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ค่าที่เข้าใกล้ 1 หมายความว่าแบบจำลองมีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดี ส่วนค่า RMSE คือค่าที่ใช้ประเมินความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยระหว่างที่ได้จากแบบจำลองและจากการทดลอง มีค่าตั้งแต่ 0 แบบจำลองสามารถทำนายได้เท่ากับการเก็บตัวอย่าง ไปจนถึงอินฟินิตี้ ($+\infty$) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองทำนายได้ไม่ถูกต้องเลย

การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมพืช การจำลองและการเปรียบเทียบผลการจำลองในครั้งแรก หากผลการจำลองที่ได้ยังไม่ใกล้เคียงกับผลการทดลองจริง อาจเป็นเพราะค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของพืช บางค่าที่ไม่สามารถเก็บบันทึกได้จากการทดลองมีความแตกต่างไปจากค่าที่แบบจำลองได้กำหนดมาให้ จึงจำเป็นต้องไปปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมบางค่า เพื่อให้ได้ค่าที่ได้จากแบบจำลองใกล้เคียงกันกับค่าที่ได้จากการทดลองมากที่สุด ซึ่งโดยหลักการแล้วค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของอ้อยจากแปลงทดลองทั้ง 6 แปลง ควรจะเป็นค่าเดียวในแต่ละพันธุ์

ระยะเวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2558 – สิ้นสุด กันยายน 2561

สถานที่ดำเนินการ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี

9. ผลการทดลองและวิจารณ์

ได้ดำเนินการทดลองปลูกอ้อยในแปลงทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี จังหวัดปราจีนบุรี ปลูกครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2558 เก็บเกี่ยววันที่ 28 พฤศจิกายน 2559 วันปลูกที่ 2 ปลูกวันที่ 25 มีนาคม 2559 เก็บเกี่ยววันที่ 14 มีนาคม 2560 และวันปลูกที่ 3 ปลูกวันที่ 8 มิถุนายน 2559 เก็บเกี่ยววันที่ 20 มีนาคม 2560 แปลงปลูกอ้อยทดลองเป็นดินที่มีชั้นหน้าตัดดินตื้น เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน (ตารางที่ 1.2.1)

ตารางที่ 1.2.1 ค่าวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพดินแปลงทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปราจีนบุรี

ระดับความลึก (ซม.)	BD ^{1/} (g/cm ³)	FC ^{4/}	PWP ^{5/}	pH 1:1 %	OM %	P mg/kg	K mg/kg
0-25	1.78	13.92	5.16	4.2	0.82	8	38
25-77	1.76	12.44	3.63	5.1	0.29	10	9
77+	1.90	11.60	3.82	-	-	-	-

หมายเหตุ :

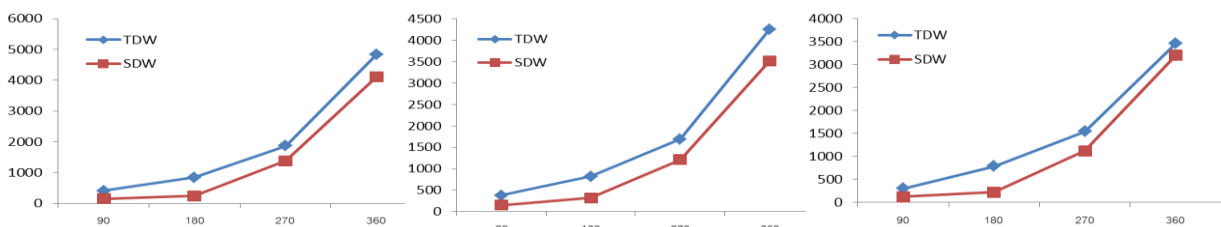
Bulk density; BD = ความหนาแน่นรวม

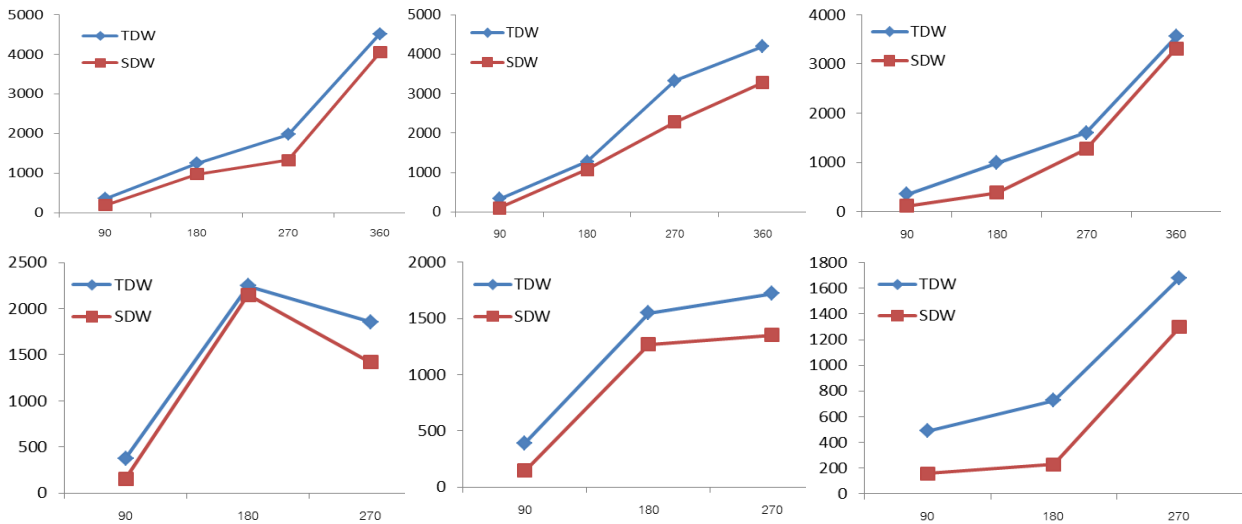
Field capacity; FC = สภาพความจุความชื้นภาคสนาม

Permanent wilting point; Wp = สภาพจุดเหี่ยวถาวรของพืช

การสะสมน้ำหนักราก

ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของอ้อยที่ปลูกช่วงเดือนธันวาคม อายุ 0-90 วันหลังปลูก อ้อยทั้ง 3 พันธุ์มีการสะสมน้ำหนักรากแห้งส่วนเหนือดินได้ประมาณ 4.02 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และส่วนของน้ำหนักลำได้ประมาณ 1.57 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน หลังจากนั้นอ้อยจะมีอัตราการเจริญเติบโตได้มากขึ้นโดยในช่วง 270 วันหลังปลูก มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักรากแห้งส่วนเหนือดิน 27.57 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และสร้างน้ำหนักลำได้ในอัตรา 26.26 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน โดยที่พันธุ์ KK07-037 มีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าพันธุ์ 95-2-213 และ K95-84 ตามลำดับ การเจริญเติบโตของอ้อยที่ปลูกช่วงเดือนมีนาคม อายุ 0-90 วันหลังปลูก อ้อยทั้ง 3 พันธุ์มีการสะสมน้ำหนักรากแห้งส่วนเหนือดินได้ประมาณ 3.83 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และส่วนของน้ำหนักลำได้ประมาณ 1.50 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน หลังจากนั้นอ้อยจะมีอัตราการเจริญเติบโตได้เพิ่มขึ้นในช่วง 270 วันหลังปลูก มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักรากแห้งส่วนเหนือดิน 19.84 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และสร้างน้ำหนักลำได้ในอัตรา 21.31 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน โดยที่พันธุ์ KK07-037 มีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าพันธุ์ 95-2-213 และ K95-84 ตามลำดับ การเจริญเติบโตของอ้อยที่ปลูกช่วงเดือนมิถุนายน อายุ 0-90 วันหลังปลูก อ้อยทั้ง 3 พันธุ์มีการสะสมน้ำหนักรากแห้งส่วนเหนือดินได้ประมาณ 4.65 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และส่วนของน้ำหนักลำได้ประมาณ 1.70 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน หลังจากนั้นอ้อยจะมีอัตราการเจริญเติบโตได้มากขึ้นโดยเฉพาะในช่วง 90 วันหลังปลูก อ้อย 2 พันธุ์ได้แก่ KK07-037 และพันธุ์ 95-2-213 มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักรากแห้งส่วนเหนือดิน 16.82 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และสร้างน้ำหนักลำได้ในอัตรา 17.31 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน โดยที่พันธุ์ K95-84 จะมีอัตราการเจริญเติบโตได้มากขึ้นโดยเฉพาะในช่วง 180 วันหลังปลูก มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักรากแห้งส่วนเหนือดิน 10.60 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และสร้างน้ำหนักลำได้ในอัตรา 11.90 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน อ้อยที่ปลูกในช่วงเดือนธันวาคมมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิต่ำ จึงมีอัตราการเจริญเติบโตในช่วงแรกช้า ต่างจากอ้อยที่ปลูกช่วงเดือนมีนาคมที่ช่วงแรกเจริญเติบโตได้เร็วกว่า แต่เมื่ออ้อยอยู่ในช่วง 180 วันหลังปลูก หรือในช่วงแตกกอและย่างปล้อง เมื่ออยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้ยังมีอัตราการเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น และเมื่ออ้อยเข้าสู่ช่วงเดือนตุลาคมจะเป็นช่วงที่หยุดการเจริญเติบโตทางลำต้น แต่เริ่มมีการสะสมน้ำตาล จึงมีผลทำให้อ้อยบางพันธุ์มีน้ำหนักรากแห้งทั้งส่วนเหนือดินและส่วนของลำมีน้ำหนักรากลดลง (ภาพที่ 1.2.1)

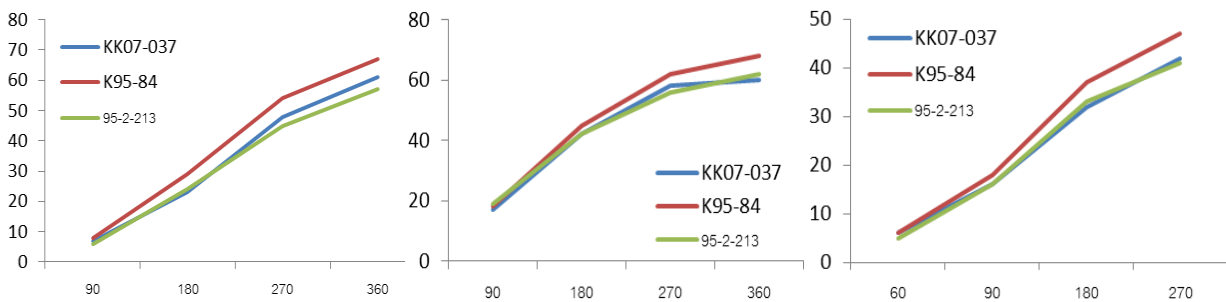




ภาพที่ 1.2.1 การสะสมน้ำหนักแห้งของอ้อยพันธุ์ต่างๆ และในวันปลูกที่ต่างกัน โดยกราฟเส้นสีน้ำเงินคือน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (g/m²) สีแดงน้ำหนักลำส่วนเหนือดิน (g/m²) ส่วนแกนนอนเป็นวันหลังปลูก และภาพจากด้านบนลงล่างเป็นช่วงปลูกที่ 1 2 3 และจากด้านซ้ายไปขวา แสดงพันธุ์ KK07-037 95-2-213 และ K95-84

การสร้างใบ

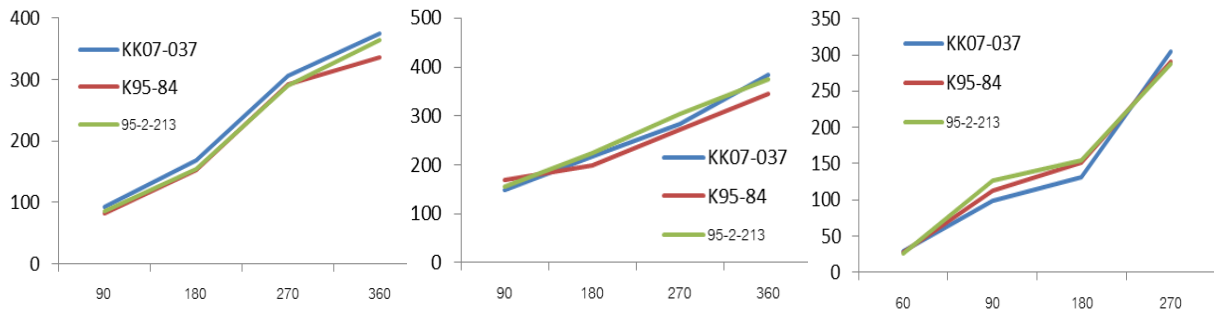
การสร้างใบของอ้อยทั้ง 3 พันธุ์มีอัตราใกล้เคียงกัน แต่พันธุ์ K95-84 มีการสร้างใบสูงกว่าพันธุ์ 95-2-213 กับพันธุ์ KK07-037 โดยวันปลูกที่ 1 อ้อยมีอัตราการสร้างใบสูงเมื่ออ้อยมีอายุ 180 วันหลังปลูก ส่วนวันปลูกที่ 2 และ 3 มีอัตราการสร้างใบสูงเมื่ออ้อยอายุ 90 วันหลังปลูก ซึ่งอ้อยปลูกวันที่ 1 และวันที่ 2 มีอัตราการสร้างใบในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม จะมีอัตราการสร้างใบที่เร็วกว่าในช่วงเดือนอื่นๆ โดยใช้เวลาประมาณ 4 วันจะสามารถสร้างใบได้ 1 ใบ ในขณะที่ช่วงเวลาอื่นๆ จะใช้เวลา 5-7 วันสำหรับการสร้างใบได้ 1 ใบ ในส่วนของการสร้างใบจะเห็นได้ชัดว่าได้รับอิทธิพลจากสภาพภูมิอากาศมากกว่าพันธุ์และระยะเวลาเจริญเติบโตของอ้อย (ภาพที่ 1.2.2)



ภาพที่ 1.2.2 การสร้างใบของอ้อยพันธุ์ต่างๆ และในวันปลูกที่ต่างกัน โดยกราฟเส้นสีน้ำเงินคือการสร้างใบของอ้อยพันธุ์ KK07-037 สีเขียวคือพันธุ์ 95-2-213 และสีแดงคือพันธุ์ K95-84 และภาพจากด้านซ้ายไปขวา แสดงวันปลูกที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

ความสูง

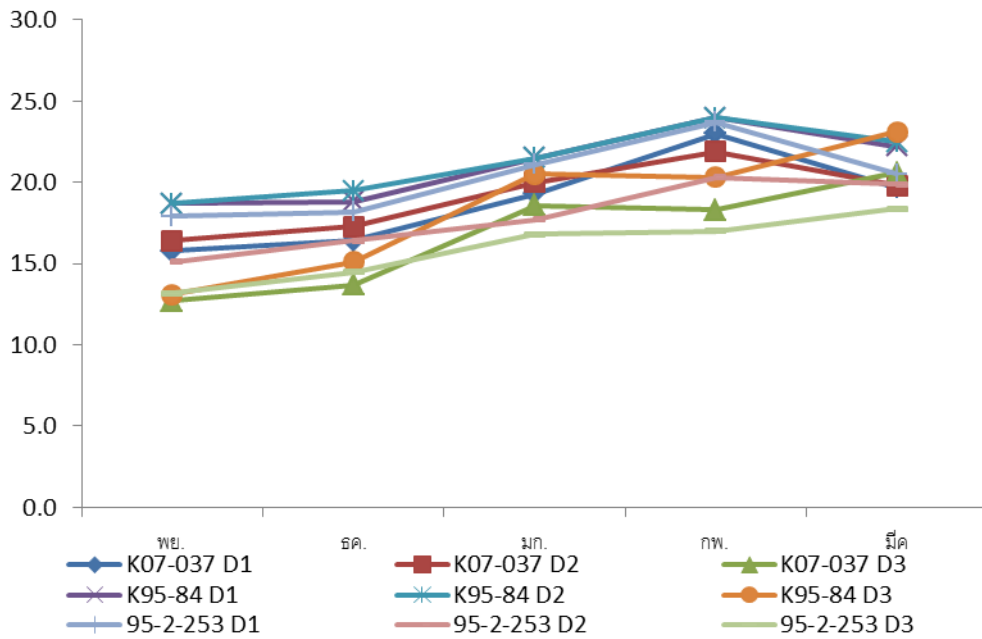
ความสูงของอ้อยทั้ง 3 พันธุ์ใกล้เคียงกัน โดยมีอัตราการเพิ่มความสูงได้มากที่สุดในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกรกฎาคม โดยมีอัตราการสร้างความสูงได้ประมาณ 1.86 เซนติเมตรต่อวัน หลังจากนั้นจะมีอัตราการสร้างความสูงเฉลี่ย 0.76 เซนติเมตรต่อวัน ทุกช่วงวันปลูกพบว่าสภาพแวดล้อมมีผลกระทบต่อการให้ความสูงอ้อย เพราะเมื่อเข้าสู่ช่วงต้นฤดูฝนเดือนพฤษภาคม จะมีอัตราการเพิ่มความสูงได้มากกว่าช่วงเดือนอื่นๆ (ภาพที่ 1.2.3)



ภาพที่ 1.2.3 ความสูงของอ้อยพันธุ์ต่างๆ และในวันปลูกที่ต่างกัน โดยกราฟเส้นสีน้ำเงินคือความสูงของอ้อยพันธุ์ KK07-037 สีเขียวคือพันธุ์ 95-2-213 และสีแดงคือพันธุ์ K95-84 และภาพจากด้านซ้ายไปขวา แสดงวันปลูกที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

การสะสมน้ำตาล

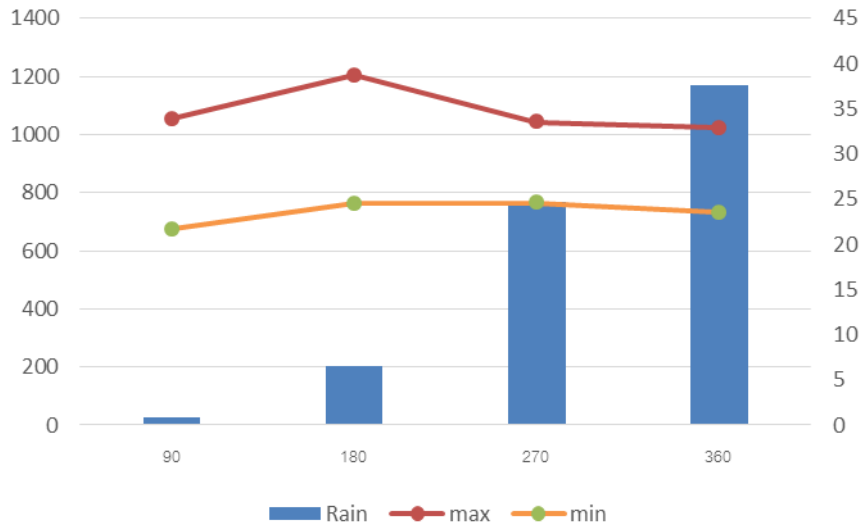
การสะสมน้ำตาลของอ้อยทั้งสามพันธุ์ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ อ้อยพันธุ์ K95-84 สะสมน้ำตาลได้สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ โดยอ้อยทุกพันธุ์มีการสะสมน้ำตาลสูงโดยเริ่มตั้งแต่มิถุนายนไปจนถึงช่วงกลางเดือนมกราคม โดยอ้อยวันปลูกที่ 1 และวันปลูกที่ 2 มีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้นไปถึงช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ หลังจากนั้นการสะสมน้ำตาลจะลดลงเมื่อถึงช่วงกลางเดือนมีนาคม สำหรับอ้อยวันปลูกที่ 3 ที่มีอายุของอ้อยน้อยที่สุดพบว่าหลังจากกลางเดือนมกราคมจะมีน้ำตาลที่สะสมลดลงทั้ง 3 พันธุ์ และจะเพิ่มขึ้นในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ไปถึงกลางเดือนมีนาคม (ภาพที่ 1.2.4)



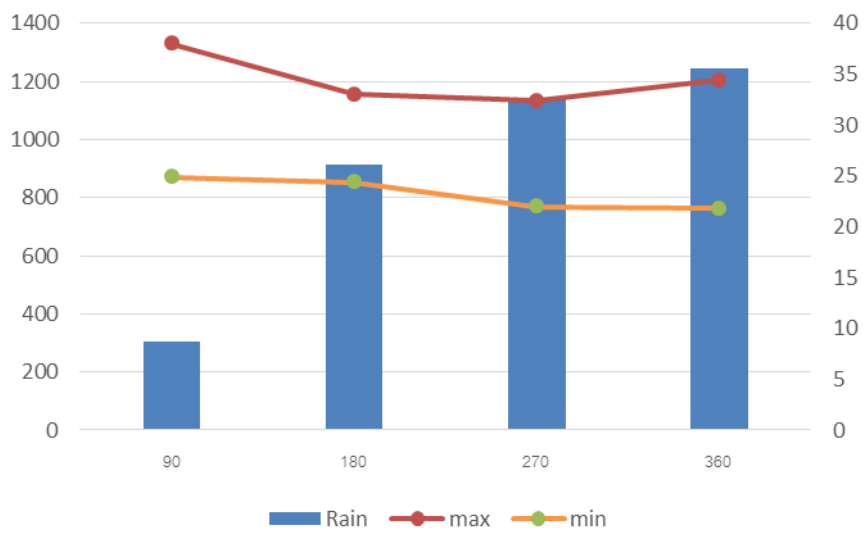
ภาพที่ 1.2.4 การสะสมน้ำตาล (องศาบริกซ์) ของอ้อยพันธุ์ต่างๆ และในวันปลูกที่ต่างกัน

ข้อมูลอากาศในช่วงวันปลูก

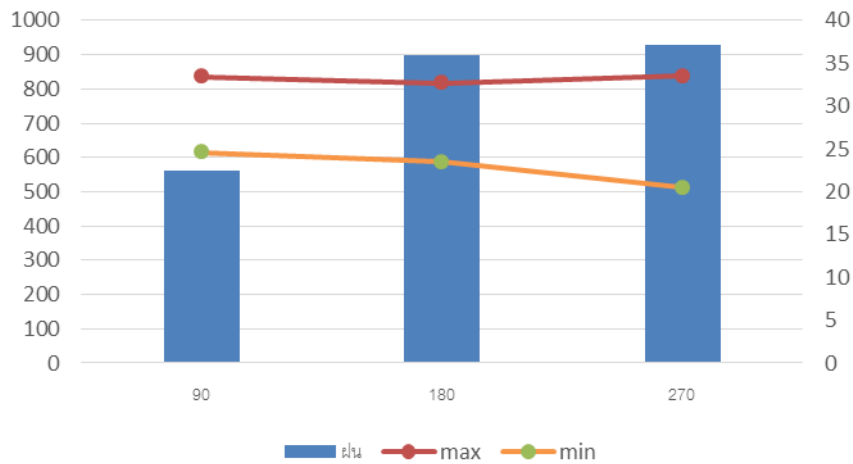
ในวันปลูกที่ 1 เมื่อสภาพอากาศมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยต่ำสุดในช่วง 90 วันหลังปลูก ทำให้อัตราการสะสมน้ำหนักรากของอ้อยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย หลังจากนั้นเมื่ออุณหภูมิต่ำสุดเพิ่มขึ้น พบว่ามีอัตราการสะสมน้ำหนักรากของอ้อยทั้ง 3 พันธุ์เพิ่มมากขึ้น จากการทดลองนี้พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่เหมาะสมสำหรับการสะสมน้ำหนักรากจะอยู่ในช่วง 27-29 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 1.2.5a) วันปลูกที่ 2 จะได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิสูงในช่วงแรก (90 วันหลังปลูก) ทำให้มีอัตราการสะสมน้ำหนักรากต่ำเช่นกัน (ภาพที่ 1.2.5b) ส่วนในวันปลูกที่ 3 พบว่าไม่ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิ ทำให้มีอัตราการสะสมน้ำหนักรากเป็นปกติ (ภาพที่ 1.2.5c)



ภาพที่ 1.2.5a อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนในช่วงการผลิตอ้อยของวันปลูกที่ 1



ภาพที่ 1.2.5b อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนในช่วงการผลิตอ้อยของวันปลูกที่ 2



ภาพที่ 1.2.5c อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนในช่วงการผลิตอ้อยของวันปลูกที่ 3

10. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ในสภาพการผลิตอ้อยที่มีปัจจัยการผลิตอย่างเพียงพอ การสะสมน้ำหนักราก และการสะสมน้ำตาล ได้รับผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศมากกว่าความแตกต่างระหว่างพันธุ์ และระยะเวลาเจริญเติบโต ส่วนของการสร้างใบและการเพิ่มความสูงอ้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาเจริญเติบโตของอ้อย ผลการทดลองดังกล่าวนำไปใช้ปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมสำหรับใช้กับแบบจำลองพืช 3 ชนิด สามารถนำไปใช้ได้ดีกับแบบจำลอง canegro และแบบจำลอง DNDC และพอใช้สำหรับแบบจำลอง Aquacrop

11. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ข้อมูลงานวิจัยที่ได้ไปใช้ปรับค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมของอ้อยที่ได้ไปใช้จำลองการเจริญเติบโตของอ้อยในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันไป เพื่อหาค่าการใช้น้ำของอ้อย และหาการจัดการที่เหมาะสมสำหรับเฉพาะพื้นที่

12. เอกสารอ้างอิง

เกริก ปั่นแห่งเพชร วินัย ศรวัต สมชาย บุญประดับ สุกิจ รัตนศรีวงษ์ สหัชชัย คงทน สมปอง นิลพันธ์ ชิชณูชา บุคดาบุญ กิ่งแก้ว คุณเขต อิศระ พุทธสิมมา ปรีชา กาเพชร แคทลียา เอกอุ่น และวิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล. 2552. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิต ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

อารันต์ พัฒโนทัย. 2535. คู่มือการวิเคราะห์พื้นที่เพื่อวางแผนพัฒนาการเกษตร. โครงการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการพัฒนาระบบส่งเสริมการเกษตร และโครงการวิจัยระบบทรัพยากรชนบท มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 92 หน้า.

Gassman P. W., R. R. Manuel, H. G. Colleen, and G. A. Jeffrey. 2007. The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions. Working Paper 07-WP 443. Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University. 100 pp.

Jamieson P.D., J.R. Porter and D.R. Wilson. 1991. A Test of the Computer Simulation Model ARC-WHEAT1 on Wheat Crops Grown in New Zealand. Field Crops Research 27:337–350.

Jones J.W., G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijsman, and J.T. Ritchie. 2003. DSSAT Cropping System Model. European Journal of Agronomy 18: 235-265.

Zhang Y., L. Changsheng, Z. Xiuji, and I.M. Berrien. 2002. A Simulation Model Linking Crop Growth and Soil Biogeochemistry for Sustainable Agriculture. Ecological Modeling 151: 75-108.