

การตอบสนองของสายพันธุ์อ้อยในลักษณะใบต่อสภาวะน้ำท่วมขังในช่วงต้นของการเจริญเติบโต

Sugarcane genotype response in leaf traits to flooding condition in early growth stage

พิชชาทร ไมตรีมิตร¹, นงลักษณ์ เทียนเสรี^{1*}, คัทลียา ฉัตรเที่ยง¹, ปฎิวดี สุขกุล¹, อัมรารวรรณ ทิพย์วัฒน์² และ อนรรักษ์ อรุณยานาค¹

Pitchatorn Maitreemitr¹, Nongluk Teinseree^{1*}, Cattleya Chutteang¹, Patiwat Sookgul¹, Amarawan Tippayawat² and Anuruck Arunyanark¹

¹ ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

¹ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

² ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ถนนมิตรภาพ ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

² Khon Kaen Field Crops Research Center, Sila District, Khon Kaen 40000

บทคัดย่อ: สภาวะน้ำท่วมขังได้กลายเป็นปัญหาสำคัญต่อการปลูกอ้อยในประเทศไทย เนื่องจากมีการขยายพื้นที่ปลูกอ้อยในพื้นที่ลุ่มมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสภาวะน้ำท่วมขังในช่วงต้นของการเจริญเติบโตต่อลักษณะใบของอ้อย ศึกษาการตอบสนองของสายพันธุ์อ้อยต่อสภาวะน้ำท่วมขัง และประเมินความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะใบและความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของอ้อย โดยใช้แผนการทดลองแบบ 5 × 2 Factorial in completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประเมินอ้อย 5 สายพันธุ์ เปรียบเทียบระหว่างสภาวะปรกติและสภาวะที่อ้อยถูกน้ำท่วมขังในระยะแรกของการเจริญเติบโต เก็บข้อมูลลักษณะใบ ปริมาณรงควัตถุในใบ และน้ำหนักแห้งรวม พบว่า สภาวะน้ำท่วมขังทำให้น้ำหนักแห้งใบ จำนวนใบ พื้นที่ใบ ขนาดใบ ความชื้นใบ และพื้นที่ใบจำเพาะมีค่าลดลง แต่ทำให้ปริมาณรงควัตถุในใบเพิ่มขึ้น ลักษณะใบและปริมาณรงควัตถุในใบ พบความแปรปรวนระหว่างสายพันธุ์ในทุกลักษณะที่ศึกษา อ้อยแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อสภาวะน้ำท่วมขังในลักษณะใบที่แตกต่างกัน และพบความแปรปรวนระหว่างสายพันธุ์ในความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขัง นอกจากนี้ ยังพบค่าสหสัมพันธ์สูงในเชิงบวกระหว่างค่าดัชนีความทนทานของน้ำหนักแห้งรวมกับค่าดัชนีความทนทานของน้ำหนักแห้งใบ ($r = 0.88^{**}$) พื้นที่ใบ ($r = 0.83^{**}$) และขนาดใบ ($r = 0.94^{**}$) แสดงให้เห็นว่าลักษณะใบมีความสัมพันธ์กับความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของอ้อย

คำสำคัญ: พันธุ์อ้อย; ความเครียดจากการถูกน้ำท่วมขัง; ความทนทานต่อน้ำท่วมขัง; คลอโรฟิลล์; แคโรทีนอยด์

ABSTRACT: Flooding has become one of a serious problem for sugarcane production in Thailand because sugarcane production has dramatically increased in lowland. The aim of this study was to investigate the effect of flooding in early growth stage of sugarcane on leaf traits. The response of sugarcane genotypes to flooding, and the relationships between leaf traits and flooding tolerance of sugarcane were evaluated in this study. A 5 × 2 factorial in completely randomized design (CRD) with three replications was used. Five sugarcane genotypes were evaluated for a comparison between control and flooding conditions in early growth stage. Data were collected on leaf traits, pigment content in leaf and total dry weight. Flooding condition reduced leaf dry weight, number of leaf, leaf area, leaf size, leaf moisture content and specific leaf area but increased pigment content. The genotype variation was

* Corresponding author: agmlt@ku.ac.th

found in all traits of this study. There was different response of sugarcane genotype to flooding conditions for leaf traits. Moreover, there were differences among genotypes for flooding tolerance. The correlation coefficients between tolerant index for total dry weight and tolerant index for leaf dry weight ($r = 0.88^{**}$), leaf area ($r = 0.83^{**}$) and leaf size ($r = 0.94^{**}$) were highly positive and significant. These findings suggest that leaf parameters are strongly linked with flooding tolerance in sugarcane.

Keywords: sugarcane variety; flooding stress; flooding tolerance; chlorophyll; carotenoid

บทนำ

สภาวะน้ำท่วมขังเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตพืชในพื้นที่ทำการเกษตรทั่วโลก และกำลังกลายเป็นปัญหาที่สำคัญของการปลูกอ้อยในประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นซึ่งมักประสบกับความแปรปรวนของสภาพฟ้าอากาศ และได้รับอิทธิพลของร่องมรสุมที่พัดผ่านทำให้มักเกิดอุทกภัยในหลายพื้นที่ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบริเวณพื้นที่ราบต่ำและพื้นที่ลุ่มการเกษตร โดยเฉพาะบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นบริเวณปลูกอ้อยที่สำคัญของประเทศ และจากการผลักดันนโยบายการบริหารจัดการพื้นที่เกษตรกรรม (Zoning) และการปลูกพืชให้เหมาะสมกับพื้นที่ของรัฐบาลไทย ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวเปลี่ยนมาปลูกพืชชนิดอื่นทดแทนมากขึ้น โดยเฉพาะอ้อย (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2561) ทำให้มีการปลูกอ้อยมากขึ้นในพื้นที่ลุ่มที่เคยเป็นนาข้าว เกษตรกรปลูกอ้อยจึงมีความเสี่ยงต่อปัญหาน้ำท่วมขังเพิ่มขึ้น (จิราพร และคณะ, 2557) นอกจากนี้ เกษตรกรปลูกอ้อยในพื้นที่ลุ่มและเขตชลประทานยังนิยมปลูกอ้อยในช่วงก่อนฤดูฝนจนถึงต้นฤดูฝน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน (สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน, 2552) ดังนั้น เมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่มมากขึ้นในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม การปลูกอ้อยในพื้นที่ราบต่ำและพื้นที่ลุ่มจึงยังมีโอกาสสูงที่จะประสบปัญหาน้ำท่วมขังในช่วงต้นของการเจริญเติบโตในขณะที่ย่อยอายุประมาณ 3 - 4 เดือน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงผลผลิตและคุณภาพของอ้อย

สภาวะน้ำท่วมขังส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช สำหรับในอ้อยสามารถส่งผลให้อ้อยมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงทั้งในอ้อยปลูกและในอ้อยตอรวมถึงทำให้ผลผลิตน้ำตาลลดลง (Gomathi et al., 2015) ระดับความเสียหายของอ้อยที่เกิดจากสภาวะน้ำท่วมขังขึ้นกับสภาพแวดล้อม ระยะการเจริญเติบโตของอ้อย ความสูงของระดับน้ำและช่วงเวลาที่ถูกน้ำท่วมขัง รวมถึงขึ้นอยู่กับระดับความทนทานต่อน้ำท่วมขังของสายพันธุ์อ้อย (Jain et al, 2017; Glaz and Lingle, 2012) โดยอ้อยที่อยู่ในช่วงต้นของการเจริญเติบโต ในช่วงอายุ 3 - 4 เดือน จะมีความอ่อนแอต่อสภาวะน้ำท่วมขังมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตในระยะเวลาอื่นๆ (Gomathi et al., 2015) ซึ่งช่วงอายุดังกล่าวเป็นช่วงเวลาการเจริญเติบโตของอ้อยในพื้นที่ลุ่มของไทย เกษตรกรจึงมีความเสี่ยงสูงจากปัญหาสภาวะน้ำท่วมขังเพราะพายุฝน การแก้ปัญหาผลกระทบของน้ำท่วมต่อการผลิตอ้อยที่มีประสิทธิภาพวิธีการหนึ่ง คือ การปลูกอ้อยพันธุ์ทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขัง แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันประเทศไทยมีงานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของสภาวะน้ำท่วมขังต่อสายพันธุ์อ้อยต่างๆ น้อยมาก การศึกษาความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของอ้อย อาจประเมินจากลักษณะใบของอ้อยซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์อาหารด้วยแสงของพืช และยังเป็นลักษณะที่ได้รับผลกระทบจากสภาวะน้ำท่วมขัง โดยพบว่าในสภาพดังกล่าวส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์อาหารด้วยแสงลดลง เนื่องจากอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังมีพื้นที่ใบ น้ำหนักใบแห้งรวมถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยที่อยู่ในสภาวะปกติ (Misra et al., 2020; Singh et al., 2019; Jaiphong et al., 2017) ดังนั้น สายพันธุ์อ้อยที่มีการตอบสนองของลักษณะใบที่สามารถรักษาพื้นที่ใบสำหรับการสังเคราะห์อาหารด้วยแสงเอาไว้ได้เมื่อถูกน้ำท่วมขังจึงอาจเกี่ยวข้องกับความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของอ้อย

การปรับปรุงพันธุ์อ้อยให้ทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังจำเป็นต้องมีข้อมูลการตอบสนองของสายพันธุ์อ้อยในลักษณะใบต่อสภาวะน้ำท่วมขังในช่วงต้นของการเจริญเติบโต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสภาวะน้ำท่วมขังในช่วงต้นของการเจริญเติบโตต่อลักษณะใบของอ้อย ศึกษาการตอบสนองของสายพันธุ์อ้อยที่มีการปรับปรุงพันธุ์ในประเทศไทยต่อสภาวะน้ำท่วมขัง และประเมินความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะใบและความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของอ้อย ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์อ้อยให้ทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังต่อไป

วิธีการศึกษา

ทดสอบสายพันธุ์อ้อยด้วยสภาพการปลูกในกระถางที่แปลงวิจัยภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ในช่วงเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2561 ด้วยแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยทดสอบ 2 ปัจจัย คือ เปรียบเทียบระหว่างสภาวะปกติและสภาวะที่อ้อยถูกน้ำท่วมขังในระยะแรกของการเจริญเติบโต และทดสอบสายพันธุ์อ้อยที่แตกต่างกัน จำนวน 5 สายพันธุ์ ประกอบด้วยสายพันธุ์อ้อยที่มีการปรับปรุงพันธุ์ในประเทศไทย คือ KK07-037, KK07-250, KK07-599 และ K95-84 รวมถึงสายพันธุ์อ้อยที่นิยมปลูกในประเทศไทย คือ LK 92-11 ซึ่งสายพันธุ์เหล่านี้ มีการปลูกทั่วไปในประเทศไทย หากแต่ยังไม่มีการรายงานถึงความสามารถในการทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของสายพันธุ์อ้อยเหล่านี้ ดำเนินการขยายพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการศึกษาด้วยการเพาะกล้าจากท่อนพันธุ์อ้อย เลือกท่อนพันธุ์ที่มีน้ำหนักที่สมบูรณ์ ท่อนละ 1 ตา จึงนำไปเพาะกล้าจนเมื่อต้นกล้ามีอายุ 1 เดือน ย้ายต้นกล้าลงปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. และสูง 27 ซม. โดยใช้ดินจากแปลงปลูกอ้อยเป็นวัสดุปลูก ใส่ดินปลูกจนเกือบเต็มกระถางโดยเหลือที่ว่างจากขอบกระถางประมาณ 2 ซม. แต่ละกระถางบรรจุดินหนัก 8 กก. เมื่อต้นกล้าอายุ 1 เดือนหลังย้ายปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 10 ก./ต้น และเมื่อต้นกล้ามีอายุ 2 เดือนหลังย้ายปลูก จึงคัดเลือกต้นที่มีความสมบูรณ์และมีขนาดใกล้เคียงกันในแต่ละสายพันธุ์ เพื่อนำเข้าสู่การจำลองสภาพน้ำท่วมต่อไป

ทำการจำลองสภาพน้ำท่วมโดยนำกระถางปลูกอ้อย มาแช่น้ำในบ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ซม. และสูง 90 ซม. ซึ่งตั้งไว้บริเวณกลางแจ้งจึงได้รับแสงตามสภาพธรรมชาติเช่นเดียวกับต้นอ้อยที่อยู่ในสภาพปกติ โดยให้ระดับน้ำท่วมสูง 60 ซม. ต้นอ้อยจึงถูกน้ำท่วมส่วนต้นเหนือดินสูงประมาณ 30 ซม. ตลอดการจำลองสภาพน้ำท่วมรักษาระดับน้ำให้ท่วมคงที่โดยการเติมน้ำขาดเขยส่วนที่ระเหยไป และให้ต้นอ้อยอยู่ในสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลา 30 วัน จากนั้น นำกระถางปลูกอ้อยออกจากบ่อซีเมนต์นำไปตั้งไว้ในสภาพปกติเพื่อให้ต้นอ้อยเข้าสู่สภาวะฟื้นตัวอีก 30 วัน โดยจำลองสภาวะที่ต้นอ้อยไม่ถูกน้ำท่วมขังเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับ โดยมีการให้น้ำแก่ต้นอ้อยในสภาพปกติด้วยการรดน้ำในกระถางจนเริ่มมีน้ำซึมออกมาจากก้นกระถาง ปริมาณน้ำประมาณ 850 ถึง 900 มล./กระถาง ให้น้ำทุก 3 วันตลอดการทดลอง

เก็บข้อมูลลักษณะใบ ปริมาณรงควัตถุในใบ และน้ำหนักแห้งรวมของอ้อยแต่ละสายพันธุ์ทั้งภายหลังถูกน้ำท่วมขังและภายหลังฟื้นตัวหลังจากการถูกน้ำท่วมขัง โดยทำการสุ่มต้นอ้อย 3 ต้นในแต่ละตำรับการทดลอง วิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยสุ่มเจาะใบอ้อยใบที่ 3 ของลำต้นหลัก บริเวณตำแหน่งโคน กลาง และปลายใบ ตำแหน่งละ 3 จุด ใส่ลงในหลอดทดลอง ทำการสกัดด้วย 80 % acetone ปริมาตร 10 มล. นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 663, 645 และ 470 nm คำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ตามวิธีการของ Rajput and Patil (2017) จากนั้นนำต้นอ้อยแต่ละต้นไปล้างน้ำแยกดินออกให้สะอาด นับจำนวนใบเฉพาะบนลำต้นหลักบันทึกเป็นข้อมูลจำนวนใบ แล้วตัดแยกส่วนใบทั้งหมดออกจากทั้งส่วนของลำต้นและหน่อ นับจำนวนใบทั้งหมดที่แยกออก และวัดพื้นที่ใบอ้อยด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ Li-3100 C Area Meter ซึ่งน้ำหนักสดใบทั้งหมด หลังจากนั้นนำเข้าตูบ hot air oven ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาอบ 72 ชั่วโมง ส่วนลำต้นและหน่อใช้เวลาอบ 120 ชั่วโมง เมื่ออบเสร็จแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกข้อมูลน้ำหนักแห้งใบ และน้ำหนักแห้งรวมของส่วนเหนือดิน นำข้อมูลจำนวนใบ น้ำหนักใบ และพื้นที่ใบรวมจากทั้งกอมาคำนวณค่าความชื้นของใบ = [(น้ำหนักใบสด - น้ำหนักใบแห้ง) / น้ำหนักใบสด] × 100 คำนวณค่าเฉลี่ยของขนาดใบ = พื้นที่ใบ / จำนวนใบ และคำนวณค่าพื้นที่ใบจำเพาะ (Specific leaf area) = พื้นที่ใบ / น้ำหนักแห้งใบ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของลักษณะใบ ปริมาณรงควัตถุในใบ และน้ำหนักแห้งรวมของอ้อย ด้วยแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least significant difference (LSD) และคำนวณค่าเฉลี่ยและ Standard error ของอ้อยแต่ละสายพันธุ์เพื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะปกติและสภาวะน้ำท่วมขัง คำนวณค่าดัชนีความทนทาน (Tolerance index) = (ค่าของลักษณะพืชในสภาวะที่ถูกน้ำท่วมขัง / ค่าของลักษณะพืชในสภาวะปกติ) × 100 (Jain et al, 2017) ในลักษณะใบและน้ำหนักแห้งรวม นอกจากนี้ คำนวณค่าสหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมและลักษณะใบ โดยวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์รวมในอ้อย 5 สายพันธุ์ ทั้งสองระดับน้ำ คือ สภาวะปกติและสภาวะถูกน้ำท่วมขัง ทั้งสองอายุที่ทำการศึกษาคือ หลังถูกน้ำท่วมขังและหลังฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขัง (n = 20) จากนั้นจึงวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์รวมในอ้อย 5 สายพันธุ์ ทั้งสองอายุที่ทำการศึกษา แต่แยกสภาวะปกติและสภาวะ

ถูกน้ำท่วมขัง ($n = 10$) รวมถึงคำนวณค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความทนทานของน้ำหนักแห้งรวมและค่าดัชนีความทนทานของลักษณะใบ โดยวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์รวมในอ้อย 5 สายพันธุ์ ทั้งสองอายุที่ทำการศึกษา ($n = 10$)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

อิทธิพลของสถานะน้ำท่วมขังต่อลักษณะใบของอ้อย

หลังจากต้นอ้อยถูกน้ำท่วมขังเป็นเวลา 30 วัน พบว่า สถานะน้ำท่วมขังในช่วงต้นของการเจริญเติบโตส่งผลกระทบต่อน้ำหนักแห้งใบ พื้นที่ใบ จำนวนใบ ขนาดใบ พื้นที่ใบจำเพาะ ความชื้นของใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) แต่สถานะน้ำท่วมขังไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบ โดยต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังมีน้ำหนักแห้งใบ พื้นที่ใบ จำนวนใบ ขนาดใบ พื้นที่ใบจำเพาะ และความชื้นของใบต่ำกว่าต้นอ้อยที่เจริญเติบโตในสภาวะปกติ อย่างไรก็ตาม พบว่าต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูงกว่าต้นอ้อยที่เจริญเติบโตในสภาวะปกติ นอกจากนี้ ยังพบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์อ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในลักษณะใบและปริมาณรงควัตถุในใบทุกลักษณะที่ศึกษา โดยสายพันธุ์ KK07-599 มีน้ำหนักแห้งใบสูงสุด 20.50 ก./ต้น และมีพื้นที่ใบจำเพาะต่ำที่สุด 82.78 ตร.ซม./ก. สายพันธุ์ LK 92-11 มีพื้นที่ใบ จำนวนใบและขนาดใบสูงสุด โดยมีพื้นที่ใบ 1,820 ตร.ซม./ต้น จำนวนใบ 7.45 ใบ/ต้น และขนาดใบ 246.86 ตร.ซม./ใบ สายพันธุ์ KK07-250 มีความชื้นใบและปริมาณคลอโรฟิลล์สูงสุด โดยมีความชื้นใบ 63.95 % และปริมาณคลอโรฟิลล์ 0.607 มก./ก. และสายพันธุ์ K 95-84 มีปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุด 0.135 มก./ก. และพบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับน้ำและสายพันธุ์ในน้ำหนักแห้งใบ พื้นที่ใบ และขนาดใบ แต่ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับน้ำและสายพันธุ์ในจำนวนใบ พื้นที่ใบจำเพาะ ความชื้นของใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ในใบ

หลังจากที่ต้นอ้อยได้ฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขัง 30 วัน พบว่าสถานะน้ำท่วมขังยังคงส่งผลกระทบต่อน้ำหนักแห้งใบ พื้นที่ใบ ขนาดใบ พื้นที่ใบจำเพาะ ความชื้นของใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) แต่สถานะน้ำท่วมขังไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนของใบ โดยต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังมีน้ำหนักแห้งใบ พื้นที่ใบ และขนาดใบต่ำกว่าต้นอ้อยที่เจริญเติบโตในสภาวะปกติ อย่างไรก็ตาม กลับทำให้พื้นที่ใบจำเพาะ ความชื้นของใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบสูงกว่าต้นอ้อยที่เจริญเติบโตในสภาวะปกติ นอกจากนี้ ยังพบความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์อ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในลักษณะใบและปริมาณรงควัตถุในใบเกือบทุกลักษณะที่ศึกษา ยกเว้นจำนวนใบและความชื้นใบที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ LK 92-11 มีน้ำหนักแห้งใบสูงสุด 21.62 ก./ต้น สายพันธุ์ KK 07-250 มีพื้นที่ใบสูงสุด 2,029 ตร.ซม./ต้น สายพันธุ์ KK07-599 มีขนาดใบใหญ่ที่สุด 177.00 ตร.ซม./ใบ และมีพื้นที่ใบจำเพาะต่ำที่สุด 79.37 ตร.ซม./ก. และสายพันธุ์ K 95-84 มีปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณแคโรทีนอยด์สูงสุด 0.810 และ 0.177 มก./ก. ตามลำดับ และพบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับน้ำและสายพันธุ์ในพื้นที่ใบ พื้นที่ใบจำเพาะและปริมาณคลอโรฟิลล์ แต่ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างระดับน้ำและสายพันธุ์ในน้ำหนักแห้งใบ จำนวนใบ ขนาดใบ ความชื้นของใบ และปริมาณแคโรทีนอยด์ในใบ

สถานะน้ำท่วมขังส่งผลกระทบให้การเจริญเติบโต อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงและพื้นที่ใบของอ้อยลดลง (Singh et al., 2019; Jaiphong et al., 2017) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า หลังจากต้นอ้อยถูกน้ำท่วมขังเป็นเวลา 30 วัน นอกจากสถานะน้ำท่วมขังจะทำให้พื้นที่ใบลดลงแล้ว ยังทำให้การเจริญเติบโตทางใบลักษณะอื่นๆ เช่น น้ำหนักแห้งใบ จำนวนใบ ความชื้นใบ และขนาดของใบมีค่าลดลงอีกด้วย อย่างไรก็ตาม สถานะน้ำท่วมขังทำให้ใบอ้อยมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่รายงานว่าการน้ำท่วมขังทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง (Gomathi et al., 2015) โดยการทดลองนี้ เก็บข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์จากตำแหน่งใบที่ 3 ของลำต้นหลัก ซึ่งยังคงมีสภาพใบที่สมบูรณ์อยู่ในขณะที่อิทธิพลของสถานะน้ำท่วมขังมักเกิดกับใบในตำแหน่งด้านล่างก่อน จากการสังเกตพบว่าอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังมีจำนวนใบเหลืองมากกว่าอ้อยในสภาวะปกติ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) นอกจากนี้ จากการศึกษายังพบว่าสถานะน้ำท่วมขังทำให้ใบอ้อยมีค่าพื้นที่ใบจำเพาะลดลง และเมื่อพิจารณาจากพื้นที่ใบจำเพาะที่มีค่าต่ำแสดงว่ามีใบหนากว่าพื้นที่ใบจำเพาะที่มีค่าสูง แสดงว่าสถานะน้ำท่วมขังทำให้ใบอ้อยมีความหนาเพิ่มขึ้นจึงอาจทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และหลังจากให้ต้นอ้อยได้ฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขัง 30 วัน ต้นอ้อยที่เคยถูกน้ำท่วมขังกลับมีจำนวนใบไม่แตกต่างกับต้นอ้อยในสภาวะปกติ และต้นอ้อยที่เคยถูกน้ำท่วมขังกลับมีค่าความชื้นของใบเพิ่มสูงขึ้น และยังมีพื้นที่ใบจำเพาะ ปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มสูงกว่าต้นอ้อยในสภาวะปกติ อย่างไรก็ตาม ต้นอ้อยที่เคยถูกน้ำท่วมขังยังคงมีน้ำหนักแห้งใบ พื้นที่ใบและขนาดใบน้อยกว่าต้นอ้อยในสภาวะปกติ นอกจากนี้ ยังคงพบความแปรปรวนระหว่างสายพันธุ์ในลักษณะใบและปริมาณรงควัตถุในใบทุกลักษณะที่ศึกษา

Table 1 Leaf traits, chlorophyll content and carotenoid content of sugarcane genotypes under different water regimes at 30 day after flooding

| Treatment | Leaf dry weight (g/plant) | Leaf area (cm ² /plant) | Number of leaf /main stem | Leaf size (cm ² /leaf) | Specific leaf area (cm ² /g) | Leaf moisture content (%) | Chlorophyll content (mg/g) | Carotenoid content (mg/g) |
|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Water regime | | | | | | | | |
| Control | 18.03 a | 1,735 a | 7.16 a | 228.44 a | 97.27 a | 65.26 a | 0.447 b | 0.113 |
| Flooding | 15.57 b | 1,474 b | 6.69 b | 194.88 b | 91.59 b | 59.50 b | 0.549 a | 0.121 |
| F-test | * | ** | * | * | ** | ** | * | ns |
| Genotype | | | | | | | | |
| KK 07-037 | 11.57 c | 1,752 a | 7.28 a | 199.96 b | 104.50 a | 61.57 b | 0.393 b | 0.093 b |
| KK 07-250 | 17.15 b | 1,577 a | 7.06 a | 229.42 ab | 90.87 c | 63.95 a | 0.607 a | 0.132 a |
| KK 07-599 | 20.50 a | 1,751 a | 5.89 b | 245.03 a | 82.78 d | 62.24 b | 0.508 ab | 0.123 a |
| K 95-84 | 16.78 b | 1,123 b | 6.95 a | 137.03 c | 98.06 b | 61.47 b | 0.568 a | 0.135 a |
| LK 92-11 | 18.00 ab | 1,820 a | 7.45 a | 246.86 a | 95.95 b | 62.68 ab | 0.413 b | 0.100 b |
| F-test | ** | ** | ** | ** | ** | * | * | ** |
| Water regime x Genotype | | | | | | | | |
| F-test | ** | ** | ns | ** | ns | ns | ns | ns |
| CV (%) | 16.21 | 14.02 | 8.53 | 17.04 | 3.42 | 2.10 | 23.66 | 11.71 |
| Mean | 16.80 | 1,604 | 6.92 | 211.66 | 94.43 | 62.38 | 0.498 | 0.117 |

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Least significant difference (LSD). ns, not significant at P<0.05; *, significant for P<0.05; **, significant for P<0.01.

Table 2 Leaf traits, chlorophyll content and carotenoid content of sugarcane genotypes under different water regimes at 30 day after recovering

| Treatment | Leaf dry weight (g/plant) | Leaf area (cm ² /plant) | Number of leaf /main stem | Leaf size (cm ² /leaf) | Specific leaf area (cm ² /g) | Leaf moisture content (%) | Chlorophyll content (mg/g) | Carotenoid content (mg/g) |
|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Water regime | | | | | | | | |
| Control | 20.67 a | 1,819 a | 7.88 | 135.23 a | 84.71 b | 57.48 b | 0.540 b | 0.132 b |
| Flooding | 14.58 b | 1,363 b | 8.20 | 99.65 b | 91.74 a | 60.42 a | 0.743 a | 0.171 a |
| F-test | ** | ** | ns | * | ** | * | ** | ** |
| Genotype | | | | | | | | |
| KK 07-037 | 17.42 ab | 1,617 b | 8.92 | 110.33 b | 99.10 a | 57.85 | 0.533 c | 0.132 bc |
| KK 07-250 | 19.82 ab | 2,029 a | 9.00 | 105.28 b | 86.61 b | 60.72 | 0.697 b | 0.170 a |
| KK 07-599 | 17.10 b | 1,339 c | 6.92 | 177.00 a | 79.37 c | 57.36 | 0.735 ab | 0.160 ab |
| K 95-84 | 12.18 c | 1,070 d | 7.71 | 85.57 b | 88.27 b | 58.98 | 0.810 a | 0.177 a |
| LK 92-11 | 21.62 a | 1,900 a | 7.67 | 109.01 b | 87.77 b | 59.86 | 0.433 d | 0.118 c |
| F-test | ** | ** | ns | ** | ** | ns | ** | * |
| Water regime x Genotype | | | | | | | | |
| F-test | ns | ** | ns | ns | * | ns | ** | ns |
| CV (%) | 20.60 | 10.05 | 25.62 | 30.98 | 19.62 | 6.19 | 11.99 | 20.33 |
| Mean | 17.63 | 1,663 | 8.04 | 117.44 | 88.22 | 58.95 | 0.642 | 0.151 |

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Least significant difference (LSD). ns, not significant at P<0.05; *, significant for P<0.05; **, significant for P<0.01

การตอบสนองของสายพันธุ์อ้อยต่อสภาวะน้ำท่วมขัง

จากการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งใบของอ้อยแต่ละสายพันธุ์ระหว่างสภาวะปรกติและสภาวะถูกน้ำท่วมขัง พบว่า หลังจากน้ำท่วมขัง 30 วัน ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังสายพันธุ์ KK 07-037, KK 07-250 และ LK 92-11 มีน้ำหนักแห้งใบน้อยกว่าต้นอ้อยในสภาวะปรกติ (Figure 1a) ในขณะที่สายพันธุ์ KK07-599 ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังมีน้ำหนักแห้งใบไม่แตกต่างกับต้นอ้อยในสภาวะปรกติ และต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังสายพันธุ์ K95-84 มีน้ำหนักแห้งใบน้อยกว่าต้นอ้อยในสภาวะปรกติ และหลังจากที่ต้นอ้อยได้ฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขัง 30 วัน พบว่า อ้อยสายพันธุ์ KK 07-037, KK 07-250 และ LK 92-11 ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังยังคงมีน้ำหนักแห้งใบน้อยกว่าต้นอ้อยในสภาวะปรกติ (Figure 1b) ในขณะที่สายพันธุ์ KK07-599 และ K95-84 ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังมีน้ำหนักแห้งใบไม่แตกต่างกับต้นอ้อยในสภาวะปรกติ

จากการเปรียบเทียบพื้นที่ใบของอ้อยแต่ละสายพันธุ์ระหว่างสภาวะปรกติและสภาวะถูกน้ำท่วมขัง พบว่า หลังจากน้ำท่วมขัง 30 วัน ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังสายพันธุ์ KK 07-037, KK 07-250, KK07-599 และ LK 92-11 มีพื้นที่ใบน้อยกว่าต้นอ้อยในสภาวะปรกติ (Figure 2a) แต่ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังสายพันธุ์ K95-84 มีพื้นที่ใบน้อยกว่าต้นอ้อยในสภาวะปรกติ และหลังจากที่ต้นอ้อยได้ฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขัง 30 วัน พบว่า อ้อยสายพันธุ์ KK 07-037, KK 07-250 และ LK 92-11 ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังยังคงมีพื้นที่ใบน้อยกว่าต้นอ้อยในสภาวะปรกติ (Figure 2b) ในขณะที่สายพันธุ์ K95-84 ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังมีพื้นที่ใบน้อยกว่าต้นอ้อยในสภาวะปรกติ และต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังสายพันธุ์ KK07-599 มีพื้นที่ใบน้อยกว่าต้นอ้อยในสภาวะปรกติ

จากการเปรียบเทียบปริมาณคลอโรฟิลล์ของอ้อยแต่ละสายพันธุ์ระหว่างสภาวะปรกติและสภาวะถูกน้ำท่วมขัง พบว่า หลังจากน้ำท่วมขัง 30 วัน ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังสายพันธุ์ KK 07-037 และ KK07-599 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างกับต้นอ้อยในสภาวะปรกติ (Figure 3a) ในขณะที่ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังสายพันธุ์ KK 07-250, K95-84 และ LK 92-11 มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าต้นอ้อยในสภาวะปรกติ และหลังจากที่ต้นอ้อยได้ฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขัง 30 วัน พบว่า สายพันธุ์ LK 92-11 ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังมีปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างกับต้นอ้อยในสภาวะปรกติ (Figure 3b) แต่อ้อยสายพันธุ์ KK 07-037, KK 07-250, KK07-599 และ K95-84 ต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขังมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าต้นอ้อยในสภาวะปรกติ

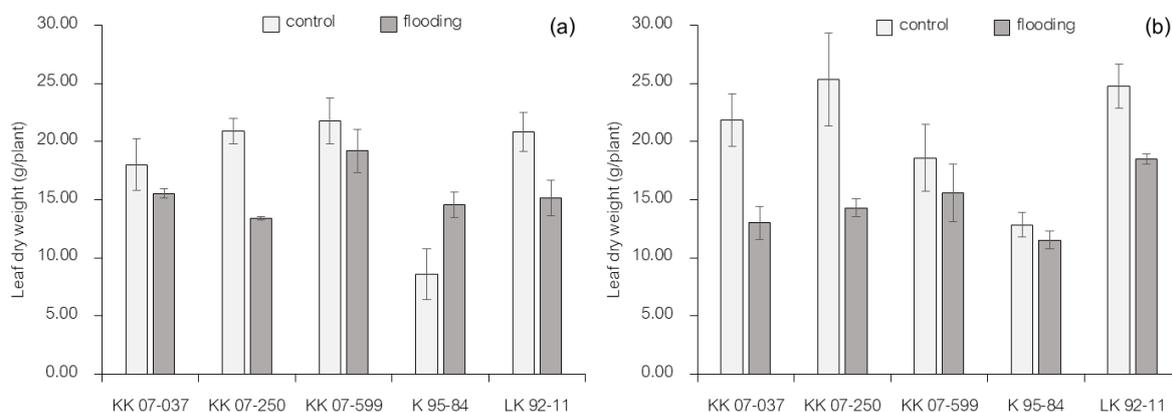


Figure 1 Comparison in leaf dry weight of sugarcane between control condition and flooding condition at 30 day after flooding (a) and 30 day after recovering (b). Error bars represent \pm standard error of mean

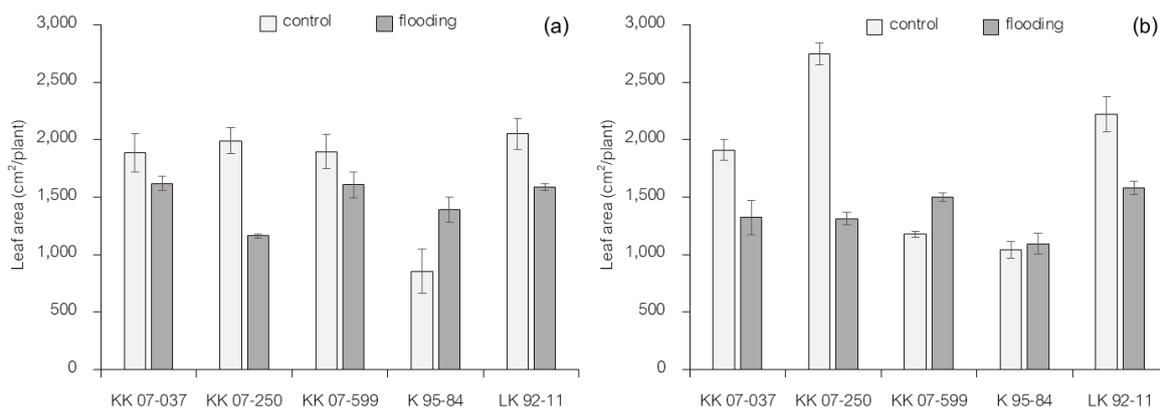


Figure 2 Comparison in leaf area of sugarcane between control condition and flooding condition at 30 day after flooding (a) and 30 day after recovering (b). Error bars represent \pm standard error of mean

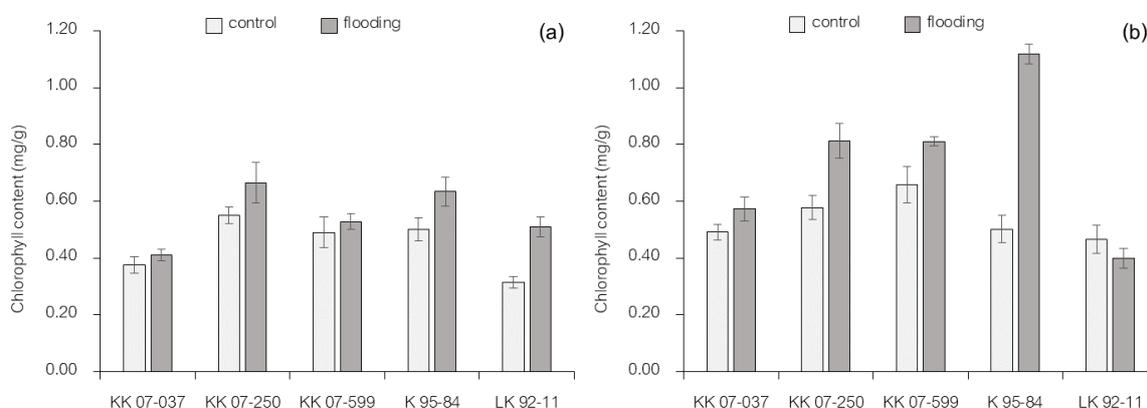


Figure 3 Comparison in chlorophyll content of sugarcane between control condition and flooding condition at 30 day after flooding (a) and 30 day after recovering (b). Error bars represent \pm standard error of mean

ความเสียหายของอ้อยที่เกิดจากสภาวะน้ำท่วมซึ่งขึ้นกับสภาพแวดล้อม ระยะการเจริญเติบโตของอ้อย ระดับความรุนแรงของการถูกน้ำท่วมซึ่ง รวมถึงขึ้นอยู่กับระดับความทนทานต่อน้ำท่วมซึ่งของสายพันธุ์อ้อย (Jain et al, 2017; Glaz and Lingle, 2012) ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า อ้อยแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อสภาวะน้ำท่วมซึ่งในลักษณะใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ที่แตกต่างกัน โดยสายพันธุ์อ้อยส่วนใหญ่มีน้ำหนักแห้งใบและพื้นที่ใบลดลง และอ้อยแต่ละสายพันธุ์ใช้เวลาแตกต่างกันสำหรับการฟื้นตัวในลักษณะน้ำหนักแห้งใบและพื้นที่ใบให้กลับสู่สภาวะปกติ นอกจากนี้ สายพันธุ์อ้อยส่วนใหญ่ยังไม่สามารถฟื้นตัวในลักษณะน้ำหนักแห้งใบและพื้นที่ใบให้กลับสู่สภาวะปกติได้ในระยะเวลา 30 วัน ยกเว้นสายพันธุ์ KK07-599 และ K95-84 ที่สามารถฟื้นตัวกลับสู่สภาวะปกติได้ สำหรับปริมาณคลอโรฟิลล์ สายพันธุ์อ้อยส่วนใหญ่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นเมื่อถูกน้ำท่วมซึ่ง และอ้อยเกือบทุกสายพันธุ์ยังคงมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น เมื่อกลับสู่สภาวะปกติเป็นเวลา 30 วันแล้ว จากงานวิจัยของ Singh et al. (2019) ได้รายงานไว้ว่า อ้อยสายพันธุ์ที่ทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมซึ่งมีดัชนีความทนทานในลักษณะปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าอ้อยสายพันธุ์ที่อ่อนแอต่อสภาวะน้ำท่วมซึ่ง อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นการทดสอบในกระถางเฉพาะเพียงช่วงต้นของการเจริญเติบโตเท่านั้น ยังไม่ได้มีการทดสอบต่อเนื่องไปถึงระยะอย่างปล้องและระยะให้ผลผลิต ดังนั้นอนาคตจึงควรมีการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบศักยภาพการให้ผลผลิตหลังจากถูกน้ำท่วมซึ่งของอ้อยแต่ละสายพันธุ์ต่อไป

จากการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งรวมระหว่างสายพันธุ์อ้อย พบว่า หลังจากน้ำท่วมซึ่ง 30 วัน น้ำหนักแห้งรวมมีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์อ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งภายใต้สภาวะปกติและสภาวะถูกน้ำท่วมซึ่ง (Table 3) โดยภายใต้สภาวะปกติ

อ้อยมีน้ำหนักแห้งรวมระหว่าง 23.20 ถึง 65.95 ก./ต้น สายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดภายใต้สภาวะปรกติ คือ KK 07-599 ส่วนภายใต้สภาวะถูกน้ำท่วมขัง อ้อยมีน้ำหนักแห้งรวมระหว่าง 46.31 ถึง 63.49 ก./ต้น สายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดภายใต้สภาวะถูกน้ำท่วมขัง คือ KK 07-037 และเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขัง พบว่ามีค่าระหว่าง 79.00 ถึง 199.62 % โดยสายพันธุ์ที่มีดัชนีความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังสูงที่สุด คือ K 95-84 และหลังจากที่ต้นอ้อยได้ฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขัง 30 วัน พบว่า ภายใต้สภาวะปรกติ อ้อยมีน้ำหนักแห้งรวมระหว่าง 30.83 ถึง 73.26 ก./ต้น สายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดภายใต้สภาวะปรกติ คือ LK 92-11 ส่วนภายใต้สภาวะถูกน้ำท่วมขัง อ้อยมีน้ำหนักแห้งรวมระหว่าง 29.69 ถึง 75.28 ก./ต้น สายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดภายใต้สภาวะถูกน้ำท่วมขัง คือ KK 07-599 และเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขัง พบว่ามีค่าระหว่าง 94.62 ถึง 124.74 % โดยสายพันธุ์ที่มีดัชนีความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังสูงที่สุด คือ KK 07-599 นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งรวมจากทุกสายพันธุ์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างของน้ำหนักแห้งรวมของอ้อยระหว่างสภาวะปรกติและสภาวะถูกน้ำท่วมขัง (ไม่แสดงผลการทดลอง) ทั้งหลังจากน้ำท่วมขัง 30 วัน และหลังจากฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขัง 30 วัน ผลการทดลองแสดงว่า มีความแปรปรวนระหว่างสายพันธุ์ในลักษณะน้ำหนักแห้งรวมทั้งภายใต้สภาวะปรกติและสภาวะถูกน้ำท่วมขัง และทั้งหลังจากน้ำท่วมขังและหลังจากฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขัง นอกจากนี้ ยังพบว่าอ้อยแต่ละสายพันธุ์มีความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังแตกต่างกันอีกด้วย ทั้งหลังจากถูกน้ำท่วมขังและหลังจากฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขัง

Table 3 Total dry weight of sugarcane genotypes under different water regimes and tolerant index at 30 day after flooding (DAF) and 30 day after recovering (DAR)

| Genotypes | Total dry weight (g/plant) at 30 DAF | | | Total dry weight (g/plant) at 30 DAR | | |
|-----------|--------------------------------------|----------|-----------------|--------------------------------------|----------|-----------------|
| | Control | Flooding | Tolerance index | Control | Flooding | Tolerance index |
| KK 07-037 | 48.61 b | 63.49 a | 130.61 | 65.44 a | 62.91 a | 96.13 |
| KK 07-250 | 49.00 b | 40.52 b | 82.70 | 63.81 a | 60.38 a | 94.62 |
| KK 07-599 | 65.95 a | 52.10 ab | 79.00 | 60.35 a | 75.28 a | 124.74 |
| K 95-84 | 23.20 c | 46.31 b | 199.62 | 30.83 b | 29.69 b | 96.30 |
| LK 92-11 | 61.54 ab | 50.62 b | 82.26 | 73.26 a | 71.85 a | 98.08 |
| F-test | ** | * | | * | ** | |
| CV (%) | 16.78 | 12.76 | | 22.77 | 16.24 | |
| Mean | 49.66 | 50.61 | | 58.74 | 60.02 | |

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Least significant difference (LSD). ns, not significant at P<0.05; *, significant for P<0.05; **, significant for P<0.01

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะใบและความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของอ้อย

จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะใบและน้ำหนักแห้งรวมของอ้อย 5 สายพันธุ์ ที่อายุหลังถูกน้ำท่วมขัง 30 วัน และอายุหลังฟื้นตัวจากการถูกน้ำท่วมขัง 30 วัน ทั้งในสภาวะปรกติและสภาวะถูกน้ำท่วมขัง พบว่า มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างน้ำหนักแห้งรวมกับน้ำหนักแห้งใบ ($r = 0.66^{**}$) (Figure 4a) และระหว่างน้ำหนักแห้งรวมกับพื้นที่ใบ ($r = 0.59^{**}$) (Figure 4b) แสดงว่า สายพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งใบหรือพื้นที่ใบสูงก็จะมีน้ำหนักแห้งรวมสูงด้วย และสายพันธุ์มีน้ำหนักแห้งใบหรือพื้นที่ใบต่ำก็จะมีน้ำหนักแห้งรวมต่ำด้วย และเมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะใบและน้ำหนักแห้งรวมแยกระหว่างสภาวะปรกติและสภาวะถูกน้ำท่วมขัง พบว่า ภายใต้สภาวะปรกติมีความสัมพันธ์สูงในเชิงบวกระหว่างน้ำหนักแห้งรวมกับน้ำหนักแห้งใบ ($r = 0.93^{**}$) (Table 4) และ

ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมกับพื้นที่ใบ ($r = 0.74^{**}$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมกับขนาดใบ ($r = 0.32$) และภายใต้สภาวะถูกน้ำท่วมขัง ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างน้ำหนักแห้งรวมกับน้ำหนักแห้งใบ ($r = 0.53$) และระหว่างน้ำหนักแห้งรวมกับขนาดใบ ($r = 0.07$) แต่พบความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างน้ำหนักแห้งรวมกับพื้นที่ใบ ($r = 0.64^*$) นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของน้ำหนักแห้งรวมและลักษณะใบ พบว่า มีความสัมพันธ์สูงในเชิงบวกระหว่างค่าดัชนีความทนทานของน้ำหนักแห้งรวมกับค่าดัชนีความทนทานของน้ำหนักแห้งใบ ($r = 0.88^{**}$) ค่าดัชนีความทนทานของพื้นที่ใบ ($r = 0.83^{**}$) และค่าดัชนีความทนทานของขนาดใบ ($r = 0.94^{**}$) ในงานวิจัยก่อนหน้านี ได้มีการศึกษาหาลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของอ้อย โดยมีรายงานความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของน้ำหนักลำต้นกับค่าดัชนีความทนทานของปริมาณคลอโรฟิลล์ และดัชนีความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของน้ำหนักลำต้นกับปริมาณโพแทสเซียมในใบของต้นอ้อยที่ถูกน้ำท่วมขัง (Singh et al., 2019) สำหรับการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ลักษณะใบ ได้แก่ น้ำหนักใบแห้ง พื้นที่ใบ และขนาดใบมีความสัมพันธ์กับความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของอ้อย

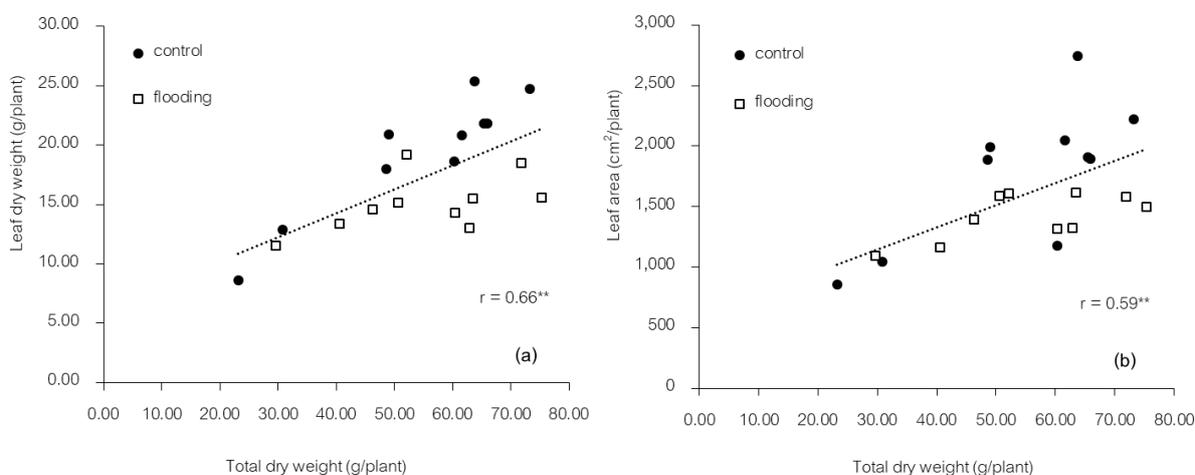


Figure 4 Relationships between total dry weight with leaf dry weight (a) and leaf area (b) of sugarcane genotypes in both two sampling date across different water regimes (n = 20). ** Significant at 0.01 probability level

Table 4 Correlation coefficients (r) between total dry weight with leaf dry weight, leaf area and leaf size of sugarcane genotypes in both two sampling date

| Total dry weight | Leaf dry weight | Leaf area | Leaf size |
|--------------------------|-----------------|-----------|-----------|
| Control (n = 10) | 0.93 ** | 0.74 ** | 0.32 |
| Flooding (n = 10) | 0.53 | 0.64 * | 0.07 |
| Tolerance index (n = 10) | 0.88 ** | 0.83 ** | 0.94 ** |

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels

สรุป

สภาวะน้ำท่วมขังในช่วงต้นของการเจริญเติบโตมีผลกระทบต่อลักษณะใบของอ้อย โดยทำให้น้ำหนักแห้งใบ จำนวนใบ พื้นที่ใบ ขนาดใบ ความชื้นใบ และพื้นที่ใบจำเพาะมีค่าลดลง แต่ทำให้ปริมาณรงควัตถุในใบเพิ่มขึ้น ลักษณะใบและปริมาณรงควัตถุในใบมีความแปรปรวนระหว่างสายพันธุ์ทุกลักษณะที่ศึกษา อ้อยแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อสภาวะน้ำท่วมขังในลักษณะใบที่แตกต่างกัน โดยสายพันธุ์อ้อยส่วนใหญ่มีน้ำหนักแห้งใบและพื้นที่ใบลดลงแต่มีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นเมื่อถูกน้ำท่วมขัง และอ้อยแต่ละสายพันธุ์ใช้เวลาแตกต่างกันสำหรับการฟื้นตัวในลักษณะใบให้กลับสู่สภาวะปรกติ มีความแปรปรวนระหว่างสายพันธุ์ในลักษณะน้ำหนักแห้งและอ้อยแต่

ละสายพันธุ์ยังมีความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังแตกต่างกัน นอกจากนี้ ยังพบความสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่างน้ำหนักแห้งรวมกับน้ำหนักแห้งใบและพื้นที่ใบ อีกทั้งยังพบความสัมพันธ์สูงในเชิงบวกระหว่างค่าดัชนีความทนทานของน้ำหนักแห้งรวมกับค่าดัชนีความทนทานของน้ำหนักแห้งใบ พื้นที่ใบ และขนาดใบ แสดงให้เห็นว่าลักษณะใบมีความสัมพันธ์กับความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังของอ้อย อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาในกลุ่มสายพันธุ์อ้อยที่มีแปรปรวนสูงในลักษณะความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังต่อไป

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการด้านอ้อย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และขอขอบคุณภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนสายพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- จิราพร บำรุงไร่, อรุณี พรหมคำบุตร และอนันต์ พลธานี. 2557. ปัญหาและข้อจำกัดในการปลูกอ้อยในนาพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงและพื้นที่ลูกคลื่นลอนตื้น ตำบลดอนหัน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. แก่นเกษตร. 42: 208-217.
- สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. 2552. เอกสารแนะนำ คู่มือการปลูกอ้อย. สถาบันวิจัยพืชไร่และน้ำตาล กรมวิชาการเกษตร. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2561. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2560/61. กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กองยุทธศาสตร์และแผนงาน. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.
- Glaz, B., and S.E. Lingle. 2012. Flood duration and time of flood onset effects on recently planted sugarcane. *Agronomy Journal*. 104: 575-583.
- Gomathi, R., P. N. Gururaja Rao, K. Chandran, and A. Selvi. 2015. Adaptive responses of sugarcane to waterlogging stress: An over view. *Sugar Tech*. 17: 325-338.
- Jain, R., A. Singh, S. Singh, P. Surendra, V. Kumar Srivastava, A. Chandra, A. Dutt Pathak, and S. Solomon. 2017. Physio-Biochemical characterization of sugarcane genotypes for waterlogging tolerance. *World Journal of Agricultural Sciences*. 13(2): 90-97.
- Jaiphong, T., J. Tominaga, K. Watanabe, R. Suwa, M. Ueno, and Y. Kawamitsu. 2017. Change in photosynthesis, growth, and sugar content of commercial sugarcane cultivar and *Erianthus* under flood conditions. *Plant Production Science*. 20: 126-135.
- Misra, V., S. Solomon, A.K. Mall, C.P. Prajapati, A. Hashem, E.F. A. Allah, and M.I. Ansari. 2020. Morphological assessment of water stressed sugarcane: A comparison of waterlogged and drought affected crop. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 27: 1228-1236.
- Rajput, R.D., and R.P. Patil. 2017. The comparative study on spectrophotometric analysis of chlorophyll and carotenoids pigments from non-leguminous fodder crops. *International Journal of Innovative Science Engineering and Technology*. 4: 140-148.
- Singh, S., S.P. Singh, A.D. Pathak, and N. Pandey. 2019. Assessment of waterlogging induced physio-biochemical changes in sugarcane varieties and its association with waterlogging tolerance. *Journal of Environmental Biology*. 40: 384-392.