

การเจริญเติบโตและการปรับตัวของยางพารา (*Hevea brasiliensis*) อายุ 1 ปี พันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 ในสภาวะน้ำท่วมขัง

Growth and development of young (*Hevea brasiliensis*) cv. RRIM 600 and RRIT 251 under waterlogging conditions

สมยศ มิฉา¹ และ สุรพล ฐิติธนากุล^{1*}

Somyot Michar¹ and Suraphon Thitithanakul^{1*}

บทคัดย่อ: ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต และการปรับตัวของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 อายุ 1 ปี ภายใต้สภาวะน้ำท่วมขัง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) 4 ทรีทเมนต์ คือ 1) RRIM 600 ไม่ขังน้ำ 2) RRIM 600 ขังน้ำ 3) RRIT 251 ไม่ขังน้ำ และ 4) RRIT 251 ขังน้ำ ทำการทดลองจำนวน 24 ซ้ำ (ต้น) โดยวางต้นยางพาราในอ่างเติมน้ำให้สูงจากผิวดินประมาณ 13 เซนติเมตร และรักษา ระดับของน้ำไว้ตลอดการทดลองเป็นเวลา 28 วัน พบว่า ลักษณะของใบของทั้ง 2 พันธุ์ เริ่มเกิดอาการใบเหลือง-แดงและ หลุดร่วง หลังการขังน้ำ 14-21 วัน ขณะที่ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบของต้นที่ขังน้ำและต้นที่ไม่ขังน้ำไม่มีความแตกต่างกัน แต่ปริมาณคลอโรฟิลล์ a, คลอโรฟิลล์ b และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างเห็นได้ชัดหลังการขังน้ำ 21-28 วันและบริเวณโคนต้นที่ระดับผิวน้ำ เกิด lenticels ในช่วง 21 วัน พร้อมกันทั้ง 2 พันธุ์ น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น รากและ อัตราส่วนรากต่อส่วนเหนือดิน (R/S ratio) ลดลงโดยเฉพาะพันธุ์ RRIT 251 และรากของต้นยางพาราทั้ง 2 พันธุ์ เปลี่ยนเป็น สีดำ แต่เมื่อนำต้นยางพาราขึ้นจากน้ำยังสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ดังนั้น จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าต้นยางทั้ง 2 พันธุ์ มีการปรับตัวและสามารถอยู่ในสภาน้ำท่วมขังได้ไม่น้อยกว่า 28 วัน

คำสำคัญ: ยางพารา, น้ำท่วมขัง, สรีรวิทยา, การเจริญเติบโต, การปรับตัว

ABSTRACT: The physiological effects of growth and development under waterlogging conditions were investigated in one-year-old rubber trees (*Hevea brasiliensis*) of clonal varieties RRIM 600 and RRIT 251. The experiment was design as completely randomized design (CRD). There were four treatments: 1) RRIM 600 non-waterlogging, 2) RRIM 600 waterlogging, 3) RRIT 251 non-waterlogging, and 4) RRIT 251 waterlogging. Each treatment had 24 trees. Treatments 2 and 4 used bowls filled with water up to 13 centimeter height from ground level, with the water level retained for 28 days. The results showed that after 14-21 days of waterlogging, the leaves of RRIM 600 and RRIT 251 turned yellow-red and fell off. However, there was no difference in relative water content of leaves among the treatments. Chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll content decreased clearly by day 21 to 28 of waterlogging. At day 21, stems at the surface level of water had lenticels, for both RRIM 600 and RRIT 251. Furthermore, the dry weight of leaf, stem, root, and the ratio of root to shoot (R/S ratio) were decreased by waterlogging, especially for RRIT 251. The roots of both cultivate were physically affected by waterlogging and turned black. However, after waterlogging conditions passed, when RRIM 600 and RRIT 251 samples were removed from water bowls, they were still able to recover of growth. The results indicate that the rubber tree clones RRIM 600 and RRIT 251 are able to sustain their viability and ability to grow despite waterlogging conditions lasting 28 days.

Keywords: rubber trees, waterlogging, physiology, growth, development

¹ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี 84000

School of Science and Agriculture Technology, Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University, Surat Thani Campus 84000

* Corresponding author: suraphon.t@psu.ac.th

บทนำ

ภาคใต้เป็นพื้นที่ที่มีการปลูกยางพารามากที่สุด เนื่องจากมีความเหมาะสมของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ ปี 2551 ภาคใต้มีเนื้อที่ปลูกยางพารา 11.3 ล้านไร่ และเพิ่มขึ้นเป็น 11.9 ล้านไร่ ในปี 2554 และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอีก (สำนักบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย, 2555) พื้นที่ปลูกที่เพิ่มขึ้นส่วนหนึ่งมาจากเกษตรกรปรับเปลี่ยนพื้นที่จากพื้นที่นาร้างมาปลูกยางพารา พื้นที่เหล่านี้เคยเป็นพื้นที่ลุ่มถึงแม้ได้ทำการยกร่องก็ยังเกิดน้ำท่วมขังอยู่ในช่วงฤดูฝน และจากวิกฤติการณ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกทำให้เกิดสภาวะความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยอย่างรุนแรง กลุ่มงานวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและระบบนิเวศ (2552) รายงานว่าในรอบ 24 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2538-2551) ประเทศไทยมีน้ำท่วมหลายครั้ง และหลัง พ.ศ. 2538 มีแนวโน้มของความถี่และความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะช่วงวันที่ 23 มีนาคม - 3 เมษายน พ.ศ. 2554 เกิดปัญหาน้ำท่วมในฤดูร้อนในพื้นที่หลายจังหวัดทางภาคใต้ ปริมาณฝนสะสมรายวันสูงสุดที่สถานีเกาะสมุย 414.7 มิลลิเมตร (ณ 23 มีนาคม 2554) และระหว่างวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2554 - 3 มกราคม พ.ศ. 2555 โดยปริมาณฝนสะสมรายวันสูงสุดอยู่ที่สถานีนครศรีธรรมราช วัดปริมาณฝนสะสมได้ 405.0 มิลลิเมตร (2 มกราคม 2555) (ปกรณ์ และวิทยา, 2555)

ในสภาพน้ำท่วมขังมีผลต่อการเจริญเติบโต และการปรับตัวทางสรีระของไม้ยืนต้นในด้านต่างๆ เช่น ทำให้ Stomatal Conductance ลดลง ชัดขวางการเคลื่อนที่ของคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่ใบ ความสามารถในการดูดธาตุอาหารของรากลดลงและอัตราการสังเคราะห์แสงลดลงตามมา ในสภาพน้ำท่วมขังรากพืชสามารถดูดน้ำได้ช้าลง มีผลต่อสภาวะของน้ำในพืชทำให้ค่า Water Potential, Osmotic Potential และ Pressure Potential ของเนื้อเยื่อลดลง (McFarlane *et al.*, 2003; Gil *et al.*, 2007) นอกจากนี้ในสภาพน้ำท่วมขังต่อเนื่องทำให้เนื้อเยื่อรากพืชตายเกิดความเสียหายกับระบบรากเนื่องจากขาดออกซิเจน ชะงักการ

เจริญเติบโต อาการใบเหลือง ใบหลุดร่วง การโป่งพองบริเวณโคนลำต้นที่ระดับน้ำท่วม การเกิด Lenticel การเกิดโพรงอากาศ (Aerenchyma) ในรากที่น้ำท่วมขัง และมีรากใหม่เกิดขึ้นบริเวณโคนลำต้น (เกษม, 2544; Parent *et al.*, 2008) ซึ่งการปรับตัวและความสามารถในการทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังในพืชแต่ละชนิดหรือแม้แต่ชนิดเดียวกันจะมีความแตกต่างกันออกไป (Pandak, 1992; Striegler *et al.*, 1993) ดังนั้น ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต และการปรับตัวของยางพาราพันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 อายุ 1 ปี ภายใต้สภาวะน้ำท่วมขัง

วิธีการศึกษา

ในการทดลองใช้ ต้นยางพารา 2 พันธุ์ คือ RRIM 600 และ RRIT 251 ที่ได้จากการขยายพันธุ์โดยการติดตาจำนวน 50 ต้น/พันธุ์ เมื่อตาแตกออกมาเป็นใบได้ขนาด 2 ชุดใบ อายุประมาณ 5-8 เดือน นำมาย้ายปลูกลงในถุงพลาสติกขนาด 7*14 นิ้ว เป็นเวลา 1-2 เดือน เพื่อให้ระบบรากของยางพาราขยายตัวได้เต็มที่ และมีความแข็งแรง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ คือ 1) RRIM 600 ขังน้ำ 2) RRIM 600 ไม่ขังน้ำ 3) RRIT 251 ขังน้ำ และ 4) RRIT 251 ไม่ขังน้ำ ทำการทดลองจำนวน 24 ซ้ำ (ต้น) จัดสภาพน้ำท่วมขัง โดยวางถุงต้นยางพาราแต่ละพันธุ์ในอ่างเติมน้ำให้สูงจากผิวดินประมาณ 13 เซนติเมตร และรักษาระดับของน้ำไว้ตลอดการทดลองเป็นเวลา 28 วัน หลังจากนั้นนำต้นยางพาราขึ้นจากน้ำ วางไว้ในโรงเรือนและรดน้ำตามปกติเป็นเวลา 14 วัน เพื่อติดตามการฟื้นตัวหลังจากน้ำท่วม สำหรับต้นยางพาราที่ไม่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขังนั้นทำการรดน้ำอย่างสม่ำเสมอตลอดการทดลอง บันทึกข้อมูลปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ปริมาณคลอโรฟิลล์ a, คลอโรฟิลล์ b และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด โดยใช้ใบฉัตรที่ 2 จากโคนต้น (ดัดแปลงจาก Moran, 1982) ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (Leaf relative Water Content) (ดัดแปลงจาก Barrs, 1968) บันทึกข้อมูลทุกๆ 7 วัน

ตลอดการทดลอง และสุ่มต้นยางพารา 6 ต้นต่อทรีทเมนต์ ทุกๆ 14 วัน ซึ่งน้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และราก สังเกตการเปลี่ยนแปลงภายนอก เช่น การเปลี่ยนสีของใบและราก การร่วงของใบ และรอยแตกของลำต้นบริเวณผิวน้ำ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

น้ำที่ท่วมต้นยางพาราพันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำลดลงหลังจาก 7 วัน และคงที่ตลอดการทดลองอยู่ในช่วง 2-3 mg/l ซึ่งเป็นผลมาจากรากของต้นยางพารานำออกซิเจนส่วนหนึ่งไปใช้ในกระบวนการหายใจ และอีกส่วนหนึ่งจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินหรือสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ในน้ำใช้ไปในการดำรงชีวิต เมื่อปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงทำให้อัตราการหายใจของรากลดลง รากจะเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดย Pyruvate ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของ Glycolysis จะถูกเปลี่ยนไปเป็น Lactic Acid ในรากพืช หรือเปลี่ยนเป็น CO₂ และ Ethanol

(Taiz and Zeiger, 1991) ซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์และส่งผลให้รากยางพาราถูกทำลาย สังเกตได้จากรากยางพาราที่อยู่ในสภาพน้ำท่วม 28 วัน รากมีสีดำ (Figure 1) ยางพาราพันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 เมื่ออยู่ในสภาพน้ำท่วม รากยางพาราจะขาดออกซิเจน มีการกระตุ้นการเกิด Lenticels บริเวณโคนต้นที่ระดับน้ำพร้อมกันทั้ง 2 พันธุ์ หลังจากอยู่ในสภาพน้ำท่วม 21 วัน และ Lenticels เพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่ต้นยางพาราอยู่ในสภาพน้ำท่วม มีลักษณะการเกิด Lenticels เช่นเดียวกับงานวิจัยในอดีตที่ทดลองการเกิดน้ำท่วม มะม่วง และชมพู (ไพศาล, 2548; Larson *et al.*, 1991; Schaffer, 1998) ซึ่งช่องเปิดเหล่านี้ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซและเป็นช่องนำน้ำไปสู่ส่วนเหนือดิน ในขณะที่พืชอยู่ในสภาวะน้ำท่วมขัง (Hook, 1984; Groh *et al.*, 2002) ดังนั้นการทดลองนี้จึงไม่พบความแตกต่างของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบของต้นยางทั้งที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมและต้นที่ไม่อยู่ในสภาพน้ำท่วม ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบตลอดการทดลอง มีค่าระหว่าง 80-95% (Figure 2)

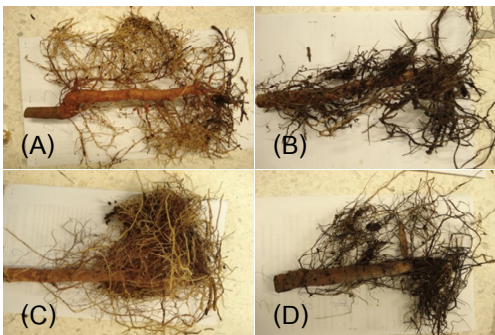


Figure 1 Root of rubber tree clones RRIM 600 Non-waterlogging (A), RRIM 600 waterlogging (B), RRIT 251 Non-waterlogging (C), and RRIT 251 waterlogging (D) after waterlogging 28 days

สภาพน้ำท่วมขังจะไปขัดขวางการลำเลียงคาร์โบไฮเดรตจากใบไปสู่ราก ทำให้รากได้รับผลกระทบมากกว่าส่วนอื่น (Wample and Davis, 1983) พืชไม่สามารถใช้รากนำธาตุอาหารและน้ำจากดิน ลำเลียงขึ้นไปสู่ส่วนเหนือดิน (Dat *et al.*, 2004) ทำให้พืชขาด

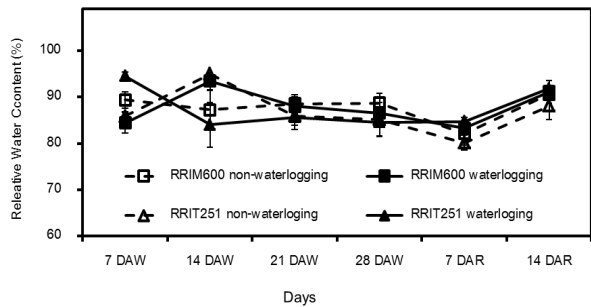


Figure 2 Leaf relative water content of rubber tree clones RRIM 600 and RRIT 251 after waterlogging 7-28 days and after removed waterlogging condition 7-14 days. Vertical bars indicate standard error.

ธาตุอาหาร ประกอบกับในสภาพน้ำท่วมขัง พืชสร้างฮอร์โมน เอทิลีน เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อการเสื่อมชราของส่วนต่างๆ ของพืช (Larson *et al.*, 1991) จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้นใบด้านล่างจึงแสดงอาการใบเปลี่ยนเป็นสีเหลือง-แดง ในการทดลองนี้พบว่าใบล่างของต้น

ยางพาราเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง-แดงเล็กน้อยเมื่อขังน้ำได้ 14 วัน และใบเปลี่ยนสีเหลือง-แดงเพิ่มมากขึ้นเมื่อขังน้ำได้ 21 วัน และหลังจากต้นยางอยู่ในสภาพน้ำท่วมขังได้ 28 วัน ใบสีแดงหลุดร่วงหมดและไม่พบอาการใบสีแดงเพิ่มอีก สอดคล้องกับปริมาณคลอโรฟิลล์ a, คลอโรฟิลล์ b และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบที่เริ่มลดลงอย่างเด่นชัดเมื่อยางพาราทั้ง 2 พันธุ์ อยู่ในสภาพน้ำท่วม 21 วัน โดยเฉพาะในพันธุ์ RRIT 251 ($P <$

0.05) ในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบไม่แตกต่างหลังจากอยู่ในสภาพน้ำท่วม 28 วัน

เมื่อนำยางทั้งสองพันธุ์ขึ้นจากน้ำมาไว้ในสภาพปกติเพื่อดูการฟื้นตัวกลับพบว่าในระยะเวลา 7 วันแรกเกิดอาการใบสีเหลือง-แดงทุกต้นและบางต้นใบร่วง ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และหลังจากนำขึ้นจากน้ำ 14 วัน ปริมาณคลอโรฟิลล์เริ่มเพิ่มสูงขึ้น (Figure 3)

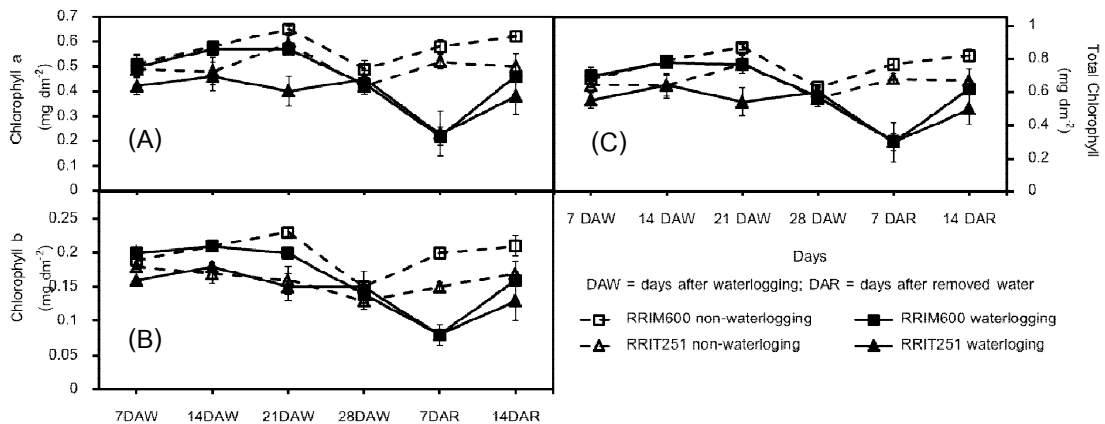


Figure 3 Chlorophyll a (A), chlorophyll b (B) and total chlorophyll (C) of rubber tree clones RRIM 600 and RRIT 251 after waterlogging 28 days and after removed waterlogging condition 14 days. Vertical bars indicate standard error.

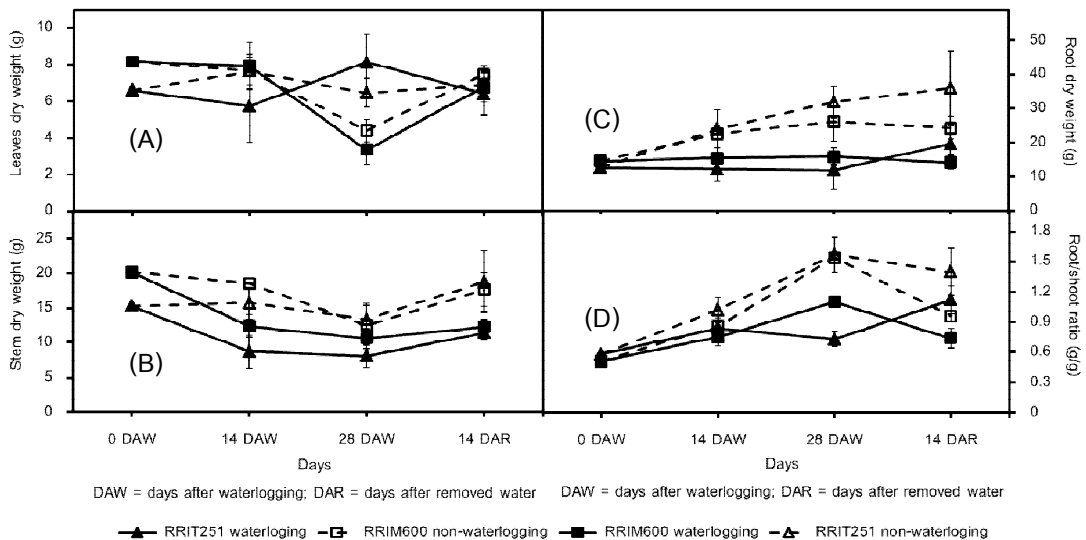


Figure 4 Leaves dry weight (A), stem dry weight (B), root dry weight (C) and root/shoot ratio (D) of rubber tree clones RRIM 600 and RRIT 251 after waterlogging 28 days and after removed waterlogging condition 14 days. Vertical bars indicate standard error.

เมื่อพืชอยู่ในสภาพน้ำท่วมขังนาน การตรึง CO₂ และค่าน้ำไหลของปากใบจะลดลง ส่งผลให้การสังเคราะห์แสงลดลงและการสร้างคาร์โบไฮเดรตจากส่วนใบลดลง (Mcfarlane *et al.* 2003; Gil *et al.*, 2007) ดังนั้นเมื่อต้นยางพาราอยู่ในสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลานานทำให้น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และรากของยางพาราลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่อยู่ในสภาพน้ำท่วม โดยเฉพาะรากยางพันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 เมื่อถูกน้ำท่วม 28 วัน มีน้ำหนักแห้ง 15.8 และ 11.8 g ตามลำดับ แตกต่างกับต้นที่ไม่อยู่ในสภาพน้ำท่วม (P < 0.05) เช่นเดียวกับ อัตราส่วนระหว่างรากต่อยอด (R/S Ratio) มีค่า 1.1 และ 0.73 g/g ตามลำดับ หลังจากนำต้นที่อยู่ในสภาพน้ำท่วมขึ้นจากน้ำ 14 วัน น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น ราก และอัตราส่วนระหว่างรากต่อยอดปรับตัวสูงขึ้นเล็กน้อย (Figure 4)

สรุป

ยางพารา พันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 251 อายุ 1 ปี ที่อยู่ภายใต้สภาวะน้ำท่วม มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโตและการปรับตัวโดยน้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์ a, คลอโรฟิลล์ b และคลอโรฟิลล์ทั้งหมดลดลงเมื่อต้นยางพาราถูกน้ำท่วมนานขึ้น และเกิด Lenticels ที่ลำต้นบริเวณ ระดับน้ำที่ท่วมขัง เมื่อนำต้นยางพาราออกจากสภาพน้ำท่วมมาอยู่ในสภาพปกติต้นยางพาราสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ แสดงให้เห็นว่าต้นยางพาราทั้ง 2 พันธุ์สามารถอยู่ในสภาพน้ำท่วมขังได้ไม่น้อยกว่า 28 วัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก คณะเทคโนโลยีและการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขต สุราษฎร์ธานี ประเภททุนอุดหนุนโครงการนักศึกษา ระดับปริญญาตรี

เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มงานวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและระบบนิเวศ. 2552. การประเมินสภาวะความรุนแรงและผลกระทบจากอุทกภัยและภัยแล้งในประเทศไทยอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก (ปี พ.ศ. 2551-2552). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม.
- เกษม พริกคง. 2544. ผลของสภาวะน้ำท่วมขังต่อการเจริญเติบโต พลังงานศักย์ของน้ำในใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ลักษณะทางกายวิภาค และสัณฐานวิทยาบางประการของฝรั่ง 3 พันธุ์. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปกรณ ดิษฐกิจ และวิทยา อาวุธเพชร. 2555. ปรับตัวรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและ ภัยธรรมชาติในเชิงพื้นที่. ใน การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยธรรมชาติในบริบทเชิงพื้นที่. เอกสารประกอบเวที Global Warming Forum ครั้งที่ 3 ปีที่ 3 (เวทีสัญจร จ. นครศรีธรรมราช). หน้า 15-29.
- ไพศาล ต้นไชย. 2548. ลักษณะทางสรีระบางประการของต้นชมพู่ระยะอ่อนวัยในสภาพน้ำท่วมขัง. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย. 2555. แผนพัฒนามากกลุ่มจังหวัดภาคใต้ พ.ศ. 2557-2560.
- Barrs. H. D. 1968. Determination of water deficits in plant tissues. In: T. T. Kozlowski, (Ed). Water Deficits and Plant Growth, Vol. 1. Academic Press. New York. pp. 235-368.
- Dat, J.F., N. Capelli, H. Folzer, P. Bourgeade and P.M. Badot. 2004. Sensing and signaling during plant flooding. *Plant Physiol Biochem.* 42:273-282.
- Gil, P.M., B. Schaffer, M. Gutierrez and C. Li. 2007. Effect of Waterlogging on plant water status, leaf gas exchange and biomass of avocado (*Persea americana* Mill.). Proceedings of the VI International Avocado Congress, Viña del Mar.
- Gil, P. M., C. Bonomelli, B. Schaffer, R. Ferreyra and C. Gentina. 2012. Effect of soil water-to-air ratio on biomass and mineral nutrition of avocado trees. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 12(3):609-630.
- Groh, B., C. Hubner and K.J. Lenzian. 2002. Water and oxygen permeance of phellements isolated from trees: the role of waxes and lenticels. *Planta.* 215:794-801.

- Hook, D.D. 1984. Adaptations to flooding with fresh water, pp. 265-294. In T.T. Kozlowski (ed.). *Flooding and Plant Growth*. Academic Press, Orlando.
- Larson, K.D., B. Schaffer and F. S. Davies. 1991. Flooding, leaf gas exchange and growth of mango trees in containers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116: 156-160.
- Mcfarlane, N. M., T. A. Ciavarella and K. F. Smith. 2003. The effects of waterlogging on growth, photosynthesis and biomass allocation in perennial ryegrass *Lolium perenne* L. genotypes with contrasting root development. *Journal of Agricultural Science*. 141(2): 241-248.
- Moran, R. 1982. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N, N-Dimethylformamide. *Plant Physiol.* 69:1376-1381.
- Pandak, I. B. 1992. Physiological and morphological changes of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) and champedak (*A. integer* Merr.) seedlings under Flooding. Condition. M.S. thesis, Kasetsart Univ., Bangkok.
- Parent, C., N. Capell, A. Berger, M. Crevecoeur and J. F. Dat. 2008. An overview of plant responses to soil waterlogging. *Plant Stress*. 2:20-27.
- Schaffer B. 1998. Flooding responses and water-use efficiency of subtropical and tropical Fruit trees in an environmentally-sensitive wetland. *Anal of Botany* 81: 475-481.
- Striegler, R.K., G.S. Howell and J.A. Flore. 1993. Influence of rootstock on the response of seyval grapevines to flooding stress. *Amer. J. Enol. Vitic.* 44: 313-319.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., California.
- Wample, R. L. and R. W. Davis. 1983. Effect of flooding on starch accumulation in chloroplasts of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Physiol.* 73: 195:189.