



ปัญหาพิเศษ

การประเมินความเสียหายทางใบและการฟื้นตัวของประชากรอ้อยกลาย
พันธุ์ภายใต้สภาพแล้งในโรงเรือน

**Leaf Damage and Recovery Evaluation of Mutant Sugarcane
Populations under Drought Condition in Greenhouse**

นางสาวกวีณา สามงามทอง

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์เกษตร

พืชไร่นา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินความเสียหายทางใบและการฟื้นตัวของประชากรอ้อยกลายพันธุ์ภายใต้สภาพ
แล้งในโรงเรือน

Leaf Damage and Recovery Evaluation of Mutant Sugarcane Populations under Drought
Condition in Greenhouse

نامผู้วิจัย นางสาวกวีณา สามงามทอง

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนพล ไชยแสน, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยะ กิตติภาดากุล, Ph.D.)

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การประเมินความเสียหายทางใบและการฟื้นตัวของประชากรอ้อยกลายพันธุ์ภายใต้สภาพแล้งใน
โรงเรือน

Leaf Damage and Recovery Evaluation of Mutant Sugarcane Populations under Drought
Condition in Greenhouse

โดย

นางสาวกวีณา สามงามทอง

เสนอ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY

บทคัดย่อ

กวีนา สามงามทอง 2563: การประเมินความเสียหายทางใบและการฟื้นตัวของ
ประชากรอ้อยกลายพันธุ์ภายใต้สภาพแล้งในโรงเรือน ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขา
วิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชไร่ฯ อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนพล ไชย
แสน, Ph.D. 41

สภาวะแล้งส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตรวมทั้งผลผลิตของอ้อยเป็นอย่างมาก การใช้พันธุ์อ้อย
ทนแล้งจึงเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าววิธีหนึ่ง การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นการเพิ่มความ
แปรปรวนทางพันธุกรรมภายในพืชพันธุ์นั้น ๆ ซึ่งเปิดโอกาสให้เกิดพันธุกรรมใหม่ ๆ รวมถึงลักษณะทน
แล้ง การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและคัดเลือกตัวอย่างอ้อยกลายพันธุ์ที่เกิดจากการชักนำ
ให้เกิดการกลายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกเบื้องต้นจำนวน 135 โคลนพันธุ์ภายใต้สภาวะแล้ง โดยมีอ้อย
พันธุ์เปรียบเทียบ คือ พันธุ์ขอนแก่น 3 วางแผนการทดลองแบบ Augmented Design ดำเนินการปลูก
ทดสอบและประเมินความทนแล้งในสภาพโรงเรือน ซึ่งหลังจากย้ายปลูกอ้อยแล้วเป็นระยะเวลา 2
เดือน ได้งดการให้น้ำจนกระทั่งความชื้นในดินลดลงเหลือเพียง 20% ของความจุความชื้นในดิน
จากนั้นจึงให้น้ำปกติโดยได้สร้างสภาวะแล้งให้แก่อ้อยจำนวน 2 ครั้ง โดยภายหลังการสร้างสภาวะ
แล้งให้แก่อ้อยมีการบันทึกข้อมูล ความเสียหายทางใบ และค่าความเขียวใบ ผลการทดลอง พบว่า
อ้อยจำนวน 14 โคลนพันธุ์ คือ KuMT3 b6-1, KuMT2 b6-5, KuMT2 b6-9, KuMT3 b6-11, KuMT1
b13-1, KuMT3 b13-2, KuMT1 b13-5, KuMT2 b13-6, KuMT3 b13-7, KuMT2 b13-11, KuMT1
b15-5, KuMT2 b15-6, KuMT3 b15-7 และ KuMT2 b15-9 และอ้อยทั้ง 14 โคลนพันธุ์เป็นอ้อยที่
ได้รับการประเมินว่ามีลักษณะที่ทนแล้ง มีค่าเฉลี่ยความเสียหายทางใบ 3.07 ซึ่งน้อยกว่าอ้อยพันธุ์
ขอนแก่น 3 ที่มีความเสียหายทางใบ 6.83 สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อพันธุกรรมสำหรับการ
ปรับปรุงพันธุ์อ้อยในอนาคต

ABSTRACT

Kaweena Samngamthong 2020: Leaf Damage and Recovery Evaluation of Mutant Sugarcane Populations under Drought Condition in Greenhouse. Special problem Major Agricultural science Department of Agronomy. Special problem Advisor: Assistant Professor Tanapon Chaisan, Ph.D. 41pages.

Effect of drought condition greatly influence to growth and yield of sugarcane. Inducted mutant sugarcane can increase genetic variability in plants and create new genetics including drought tolerant characteristic. Aims of the current study were to evaluate and identify the selected 135 mutant sugarcane clones with drought tolerance, from *in vitro* condition of the prior experiment under drought conditions, in greenhouse. The Khon khien 3 (KK3) was used as checked variety. This experiment was arranged in an augmented design. The sugarcanes were tested and evaluated under artificial drought condition in greenhouse. The sugarcanes were normally irrigated for 2 months after planting (MAP). After 2 months, the irrigation was stopped until the soil moisture was declined to 20 % of field capacity. After that, normal irrigation was applied again at the field capacity. The drought condition was applied to the mutant twice, continuously. The results showed that 14 clones consisting of KuMT3 b6-1, KuMT2 b6-5, KuMT2 b6-9, KuMT3 b6-11, KuMT1 b13-1, KuMT3 b13-2, KuMT1 b13-5, KuMT2 b13-6, KuMT3 b13-7, KuMT2 b13-11, KuMT1 b15-5, KuMT2 b15-6, KuMT3 b15-7 and KuMT2 b15-9 were identified as drought tolerant clones. The average leaves damage score of the 14 clones was 3.07 which lower than KK3 (6.83 point). These results indicated that the 14 mutant clones were drought tolerance and possible to use as germplasm for future sugarcane breeding programs.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

___/___/___

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนพล ไชยแสน ที่ให้ความรู้เรื่องอ้อยตลอดจนคำแนะนำตรวจและแก้ไขปัญหาพิเศษอย่างละเอียดและได้ให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้ปัญหาพิเศษเล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร คณะเกษตร เพนิยด ลพบุรี ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่สำหรับการวิจัยและพี่ ๆ ปริญญาโท ที่ให้ความรู้คำแนะนำในการหาข้อมูล การใช้เครื่องมือ ตลอดจนการเก็บผลการทดลอง และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจและแรงสนับสนุน ในการทำปัญหาพิเศษจนเสร็จสิ้นตามความมุ่งหมาย

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่ได้มอบความรัก และสนับสนุนในด้านการศึกษาตลอดมา จึงขอกราบขอพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง

กวีณา สามงามทอง

ตุลาคม 2563

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	16
สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย	18
ผลและวิจารณ์	19
สรุป	24
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	25
ภาคผนวก	27
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	29

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงระดับคะแนนการแห้งตายของใบ (leaf drying score) ตามวิธีของ De Datta <i>et al.</i> (1988)	17
2 ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่า standard error of the mean (SE) ของค่าความเขียวใบและความเสียหายทางใบของอ้อยสายพันธุ์กล้วย และอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ภายหลังการสร้างสถานะแล้ง	20
3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าความเขียวใบ และความเสียหายทางใบ	22

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงการจัดกลุ่มการวิเคราะห์แบบ Cluster Analysis ของข้อมูลค่าความเขียวใบและความเสียหายทางใบของอ้อยสายพันธุ์กลาย และอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3	23
ภาพผนวกที่	
1 อ้อยสายพันธุ์กลายและอ้อยขอนแก่น 3 (ก) หลังการย้ายปลูกอ้อย เป็นเวลา 2 เดือน (ข) ได้รับสภาพงดน้ำ	28
2 วัดค่าความเขียว (SPAD-reading) ของใบอ้อย	28

การประเมินความเสียหายทางใบและการฟื้นตัวของประชากรอ้อยกลายพันธุ์ภายใต้ สภาพแล้งในโรงเรือน

Leaf Damage and Recovery Evaluation of Mutant Sugarcane Populations under Drought Condition in Greenhouse

คำนำ

อ้อยเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย ซึ่งมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมน้ำตาลและการบริโภคสด นอกจากนี้จะใช้บริโภคภายในประเทศแล้วผลผลิตที่ได้ยังสามารถส่งออกและนำรายได้เข้าสู่ประเทศสร้างมูลค่านับหมื่นล้านบาท นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์น้ำตาลและผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลคือกากน้ำตาลและกากอ้อยยังก่อให้เกิดอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่าง ๆ อีกมากมาย อาทิ อุตสาหกรรมอาหารเครื่องดื่ม กระดาษและเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ เป็นต้น

ในปัจจุบันสถานะแล้งเป็นปัญหาที่สำคัญของการปลูกอ้อยเนื่องจากการพื้นที่การปลูกอ้อยในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่นอกเขตชลประทานที่ต้องอาศัยน้ำฝน ซึ่งจะประสบปัญหาปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอต่อความต้องการสำหรับการใช้น้ำของอ้อยในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ทำให้ผลผลิตอ้อยในแต่ละปีมีความแปรปรวนมากและส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตอ้อยโดยรวมของประเทศ โดยเฉพาะอ้อยพันธุ์ที่ไม่ทนแล้งมักจะได้รับผลกระทบที่รุนแรงจากการขาดน้ำ

การพัฒนาพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และสามารถให้ผลผลิตดีในสภาพแล้งเป็นวิธีการแก้ปัญหาวิธีหนึ่ง ซึ่งการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์สามารถทำให้เกิดลักษณะใหม่ ๆ และเป็นการเพิ่มความแปรปรวนทางพันธุกรรมภายในพืช ในงานทดลองนี้ได้ชักนำอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ให้เกิดการกลายพันธุ์และผ่านการคัดเลือกลักษณะทนแล้งเบื้องต้นในสภาพปลอดเชื้อ ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีเป้าหมายในการคัดเลือกอ้อยทนแล้งในสภาพโรงเรือนที่มีการสร้างสถานะแล้งโดยการควบคุมการให้น้ำ โดยมีการประเมินความทนทานต่อสถานะแล้งจากการใช้ระดับการสะสมคลอโรฟิลล์ที่ลดลงในช่วงที่ต้นอ้อยขาดน้ำ และการประเมินความเสียหายทางใบในสภาพใบขาดน้ำโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและคัดเลือกตัวอย่างอ้อยสายพันธุ์กลายที่มีลักษณะทนแล้งสูงเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์อ้อยต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินและคัดเลือกอ้อยสายพันธุ์กลายจำนวน 135 โคลนพันธุ์ที่มีลักษณะทนแล้งสูง
ภายใต้สภาวะแล้ง

ตรวจเอกสาร

อ้อย (Sugarcane) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Saccharum officinarum* L. เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอยู่ในวงศ์เดียวกับหญ้า (Gramineae หรือ Poaceae) อ้อยมีแหล่งกำเนิดที่หมู่เกาะนิวกินีเป็นหมู่เกาะที่อยู่ในมหาสมุทรแปซิฟิก มีลำต้นสำหรับสะสมน้ำตาลในรูปของน้ำตาลซูโครส เมื่อสุกแก่เต็มที่มีน้ำอ้อย (can juice) ในลำจะมีน้ำตาลซูโครสประมาณ 70-80% ลำต้นอ้อยพัฒนามาจากหน่อที่งอกแต่ละตาที่อยู่ใต้ดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับ การบำรุงดูแลรักษาและพันธุ์ที่ใช้ ส่วนการสะสมน้ำตาลและการไวต่อ นอกจากจะขึ้นอยู่กับพันธุ์แล้วยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมรวมทั้งอายุเก็บเกี่ยว อ้อยที่เหมาะสม ซึ่งควรอยู่ที่ประมาณ 9-12 เดือน (รวิวรรณ, 2549)

สถานการณ์พื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิตปี 2562/63 มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 11,959,140 ไร่ ซึ่งลดลง 276,934 ไร่หรือคิดเป็นร้อยละ 2.26 จากปีก่อนหน้า เป็นผลสืบเนื่องมาจากปัญหาภัยแล้งที่รุนแรงในช่วงฤดูเพาะปลูกส่งผลให้อ้อยมีคุณภาพต่ำ ผลผลิตต่อตันอ้อยลดลงโดยผลผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 7.09 ตันต่อไร่ ลดลง 3.66 ตันต่อไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 34.05 จากปีก่อนหน้าในทุกพื้นที่ ประกอบกับราคาอ้อยที่ตกต่ำอย่างต่อเนื่องทำให้เกษตรกรหันไปปลูกพืชอื่นที่มีราคาดีกว่าทดแทน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2562)

การเลือกใช้น้ำอ้อยที่เหมาะสมกับพื้นที่เป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีผลต่อความสำเร็จหรือความล้มเหลวของการปลูกอ้อย หากเลือกใช้น้ำอ้อยที่ดีมีการให้ผลผลิตและคุณภาพสูง เหมาะสมกับสภาพดินและสภาพแวดล้อมในพื้นที่ปลูก ก็จะส่งผลให้การปลูกอ้อยมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่, 2547) น้ำอ้อยแต่ละพันธุ์ชอบพื้นที่และสภาพอากาศที่ต่างกันทำให้ความสามารถในการงอกการเจริญเติบโต และแตกกอไม่เหมือนกัน (กองแผนงาน, 2521) นอกจากนี้โรคและแมลงในพื้นที่ปลูกยังมีผลต่อการแพร่กระจายของพันธุ์อ้อย โดยพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมนั้นจะสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมทนต่อโรคและแมลงมีการแตกกอที่ดี ตอบสนองต่อน้ำและปุ๋ยได้ดี แม้ในช่วงปลายฤดูปลูกน้ำหนักและความหวานของอ้อยก็จะไม่ลดลง (ธวัช, 2543)

อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นลูกผสมของ 85-2-352 กับ K84-200 ลักษณะเด่นของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 คือไม่ออกดอกจึงทำให้น้ำหนักและความหวานไม่ลดลงในช่วงเก็บเกี่ยว ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัชพืชเนื่องจากใบจะคลุมพื้นที่ได้เร็ว กาบใบอ้อและหลวมจึงง่ายต่อการเก็บเกี่ยว การแตกกอดี ทนต่อโรคเส้ดำและเหี่ยวเน่าแดงในระดับปานกลาง หนอนกอเข้าทำลายในระดับต่ำ ผลผลิตเฉลี่ยของอ้อยปลูกและอ้อยดอ 1 เท่ากับ 20.1 ตันต่อไร่ และมีค่าความหวานอยู่ที่ 12-14 ซีซีเอส (ทักษิณา, 2556)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก (root) มีระบบรากฝอย (fibrous root system) แผ่กระจายออกโดยรอบลำต้นในรัศมีประมาณ 150-180 เซนติเมตร ลึก 150 เซนติเมตรหรือมากกว่าขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม ในระยะแรกของการงอกอ้อยจะได้รับน้ำและธาตุอาหารส่วนใหญ่จากท่อนพันธุ์ หลังจากนั้นเมื่อรากของหน่ออ้อยเจริญทดแทนรากของท่อนพันธุ์จะช่วยดูดน้ำและธาตุอาหารให้แก่ท่อนพันธุ์ ส่วนดาของลำต้นใต้ดินจะเจริญเติบโตเป็นหน่อแทงขึ้นมาเหนือพื้นดิน หน่อเหล่านี้เรียกว่าหน่อชุดที่ 2 และหน่อชุดที่ 3 ซึ่งเกิดจากหน่อชุดที่ 2 รากของหน่ออ้อยเหล่านี้จะเจริญขึ้นมาทดแทนรากของท่อนพันธุ์ (เกษม และอุดม, 2521)

ลำต้น (cutting) อ้อยสามารถขยายพันธุ์ได้โดยใช้ส่วนของลำต้น (cutting sett หรือ seed cane) ลำต้นอ้อยมีอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่อยู่ใต้ดินและเหนือดิน ส่วนที่อยู่ใต้ดินเรียกว่า ตอหรือเหง้า ส่วนที่อยู่เหนือดินมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นส่วนรองรับใบและช่อดอก ลำต้นประกอบด้วยข้อและปล้องจำนวนมากจำนวนข้อและปล้องจะแตกต่างกันตามพันธุ์และระยะการเจริญเติบโตอ้อยแต่ละพันธุ์มีรูปร่างปล้องและการจัดเรียงตัวแตกต่างกัน สีของลำต้นโดยทั่วไปมีตั้งแต่สีเขียวอ่อนสีม่วงดำจนถึงสีม่วงปนแดง เมื่อตัดลำต้นออกตามขวางจะปรากฏส่วนที่แตกต่างกัน 3 ส่วนคือส่วนที่อยู่นอกสุดซึ่งมีความแข็งมากเรียกว่าเปลือก ทำหน้าที่ป้องกันส่วนที่เป็นเนื้ออ้อยถัดเข้าไปซึ่งนุ่มกว่าเรียกว่าเนื้ออ้อย และเยื่อใยไฟเบอร์รอบ ๆ ไฟเบอร์ส่วนใหญ่คือเซลล์ที่ทำหน้าที่เก็บน้ำตาลความแข็งแรงหรือความนิ่มของเนื้ออ้อยขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของไฟเบอร์ตลอดจนการกระจายของไฟเบอร์ (เกษม และอุดม, 2521)

ใบ (leaf) ใบอ้อยมีลักษณะคล้ายพัด เกิดสลับคนละข้อของลำต้นใบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ กาบใบ และแผ่นใบ กาบใบคือส่วนที่ติดและโอบรอบลำต้น แผ่นใบจะมีสีแตกต่างกันตั้งแต่สีเขียวเหลืองจนถึงสีเขียวเข้มขอบใบอ้อยมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยเล็ก ๆ รอยต่อระหว่างกาบใบและแผ่นใบด้านในมีลิ้นใบและหูใบที่ด้านหลังของรอยต่อนี้จะมีพื้นที่คล้ายสามเหลี่ยมทั้งสองด้านเรียกว่า dewlap (เกษม และอุดม, 2521) ใบอ้อยนับว่ามีความสำคัญมากเพราะทำหน้าที่เป็นโรงงานสร้างน้ำตาลของอ้อยกระบวนการนี้เรียกว่า การสังเคราะห์แสง (ฐิติมา, 2542)

ดอก ช่อดอกอ้อยเรียกว่า arrow หรือ tassel เป็นแบบ panicle ช่อดอกประกอบด้วยแกนกลางอันใหญ่ก้านแขนงแรกติดต่อกับแกนกลางและก้านแขนงที่สองติดกับก้านแขนงแรกแล้วจึงถึงตัวดอก ดอกอ้อยมีขนาดเล็กมากเกิดเป็นกลุ่มประกอบด้วยกลุ่มดอกมีก้านและกลุ่มดอกไม่มีก้านดอกอ้อยเป็นดอกสมบูรณ์ (เกษม และอุดม, 2521) ดอกจะมีขนสีขาวอยู่ที่รอบฐานเมื่อดอกบานขนเหล่านี้จะกางออกรอบ ๆ เป็นรัศมีเล็ก ๆ

เมล็ดอ้อยเป็นผลชนิด caryopsis คล้ายเมล็ดข้าวแต่มีขนาดเล็กกว่ามักติดแน่นอยู่กับส่วนของดอกมีชื่อเรียกเฉพาะว่า fuzz หรือ fluff (จิตติมา, 2542)

ระยะการเจริญเติบโต

ระยะการเจริญเติบโตของอ้อยแต่ละระยะมีปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน แบ่งได้เป็น 4 ระยะ ดังนี้ (เกษม และอุดม, 2521)

1) ระยะงอก (germination phase) เริ่มตั้งแต่เมื่อปลูกท่อนพันธุ์จนถึงหน่อโผล่พ้นผิวดิน ใช้เวลาประมาณ 2-3 สัปดาห์ ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการงอก เช่น น้ำ ในระยะนี้อ้อยต้องการน้ำน้อยแต่บ่อยครั้ง ต้องการปุ๋ยพอประมาณ โดยเฉพาะไนโตรเจนและโพแทสเซียม นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของท่อนพันธุ์

2) ระยะแตกกอ (tillering phase) เมื่ออ้อยอายุประมาณ 2-3 เดือน จะมีการแตกกอที่เกิดจากตาอ้อยที่อยู่บริเวณลำต้นใต้ดินในระยะนี้อ้อยต้องการแสงแดดจัด อุณหภูมิสูง ต้องการปุ๋ย โดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสเฟตมากขึ้นและต้องการน้ำมากกว่าระยะงอก

3) ระยะย่างปล้อง (cane elongation phase) เริ่มเมื่ออ้อยอายุประมาณ 3-8 เดือน ในระยะนี้มีการเพิ่มขนาดและความยาวของลำต้นอย่างรวดเร็ว อ้อยระยะนี้ต้องการ แสงแดดจัด อุณหภูมิสูง มีความต้องการน้ำมากกว่าระยะอื่น ๆ และต้องการปุ๋ยมาก ในช่วงนี้น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญมากถ้าขาดน้ำจะทำให้ปล้องสั้นลงมีผลทำให้ผลผลิตลดลงด้วย

4) ระยะแก่และสุก (maturity and ripening) คือระยะที่ความยาวปล้องเริ่มช้าลงเมื่อการเติบโตเริ่มช้าลงน้ำตาลที่ใบสร้างขึ้นจากการสังเคราะห์แสงถูกใช้น้อยลงและมีเหลือเก็บในลำต้นมากขึ้น ซึ่งเป็นการเริ่มของระยะสุก ระยะนี้อ้อยต้องการแสงแดดจัดเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงหรือสร้างน้ำตาลและอุณหภูมิต่ำ ซึ่งช่วยในการสร้างน้ำตาลและเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบไปยังลำต้น ในระยะนี้มีการสะสมน้ำตาลสูงสุดโดยสะสมจากส่วนโคนไปส่วนปลาย

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ปัจจัยทางสภาพอากาศ มีดังนี้ (เกษม และอุดม, 2521)

แสง อ้อยเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดจัดและความยาวนานของแสงแดดมากเพื่อให้ อ้อยเจริญเติบโตได้ดี ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพ สภาพแวดล้อมในประเทศไทยมีแสงแดดที่ เพียงพอต่อความต้องการของอ้อย แต่จะแตกต่างกันที่ปริมาณเมฆและจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดด

อุณหภูมิ การเจริญเติบโตของอ้อยตั้งแต่ปลูกจนถึงอายุประมาณ 7 เดือน อ้อยต้องการ อุณหภูมิสูงประมาณ 30–35 องศาเซลเซียสแต่เมื่อถึงช่วงอ้อยแก่คือหลังจาก 7 เดือนอ้อยต้องการ อุณหภูมิต่ำประมาณ 18–24 องศาเซลเซียส ช่วงที่อุณหภูมิต่ำควรมีระยะเวลาอย่างน้อย 4–6 สัปดาห์ ซึ่งจะทำให้อ้อยหวานยิ่งขึ้นอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนมีความสำคัญมากโดยเฉพาะระยะที่เริ่มสุก ในระยะนี้หากอุณหภูมิกกลางวันสูงเกินไปจะทำให้การสร้างน้ำตาลน้อยลงเพราะปากใบอาจเปิดไม่ เต็มที่ นอกจากนี้อุณหภูมิสูงยังเป็นอุปสรรคในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบสู่ลำต้นได้ดีขึ้นและทำ ให้การหายใจเกิดขึ้นน้อย การหายใจเป็นขบวนการใช้น้ำตาลที่สร้างขึ้นในตอนกลางวัน

ปริมาณและการกระจายของน้ำฝน อ้อยต้องการน้ำมากตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ต้องการน้ำไม่น้อยกว่า 1,500 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำที่ได้มาจากแหล่งน้ำชลประทานและน้ำฝน ในช่วงการปลูกใหม่อ้อยต้องการน้ำน้อยมากแต่เมื่ออ้อยมีการเจริญเติบโตขึ้นจะต้องการน้ำมากขึ้น ตามลำดับ ดังนั้นในเขตปลูกอ้อยที่อาศัยน้ำฝนจำเป็นต้องจัดการปลูกอ้อยให้เหมาะสมกับปริมาณ น้ำฝน

ลม อ้อยจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้นเมื่อมีลมพัดอ่อน ๆ ทำให้การถ่ายเทอากาศมี มากกว่าอากาศนิ่ง หากลมพัดเร็วมากทำให้อ้อยมีการสังเคราะห์แสงน้อยลง ในขณะเดียวกันหากเป็น ลมแห้งจะทำให้อัตราการคายน้ำมากขึ้น และถ้ารากดูดขึ้นมาทดแทนไม่ทันเนื่องจากดินมีน้ำน้อย หรืออ้อยมีรากน้อย ใบอ้อยจะแสดงอาการเหี่ยวและการเหี่ยวจะรุนแรงขึ้นเมื่อขาดน้ำมากขึ้น

ความชื้นอากาศ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเปิดของปากใบ ความชื้นในอากาศมี อิทธิพลต่อการใช้น้ำของอ้อยมากถ้าความชื้นในอากาศมาก นอกจากอ้อยใช้น้ำน้อยลงแล้วยังช่วยให้ กิจกรรมการสังเคราะห์แสงดำเนินไปได้ด้วยดี เนื่องจากปากใบยังคงเปิดตามปกติ

ความต้องการน้ำกับการเจริญเติบโตของอ้อย

อ้อยเป็นพืชที่ต้องการน้ำมากตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตอ้อยต้องการน้ำฝนหรือน้ำชลประทานประมาณปีละ 1,000–1,500 มิลลิเมตร แต่ต้องมีระยะที่ไม่มีฝนเพื่อให้อ้อยมีความหวานที่เรียกว่า สุก น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการกำหนดผลผลิตของอ้อย ความต้องการน้ำของอ้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอายุ พันธุ์ ตลอดจนปัจจัยอื่น ๆ เช่น แสง อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ หากพิจารณาเฉพาะอายุของอ้อยอย่างเดียว เมื่อปลูกอ้อยระยะแรกอ้อยมีรากน้อย มีใบน้อย เติบโตช้า ความต้องการน้ำก็น้อยด้วยและความต้องการดังกล่าวจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตามลำดับแต่เมื่ออ้อยมีรากและใบเพิ่มขึ้นจนกระทั่งอ้อยเติบโตเต็มที่ความต้องการน้ำก็จะลดลง ฤดูปลูกอ้อย สภาพแวดล้อม และพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต เวลาเก็บเกี่ยวและคุณภาพของอ้อยแต่ละพันธุ์โดยตรงโดยเฉพาะพื้นที่ปลูกอ้อยที่ขาดระบบชลประทาน ดังนั้นการเลือกพันธุ์เลือกฤดูปลูกให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝน ความชื้นของดินและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในรอบปีเป็นวิธีที่ดีอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยให้เกษตรกรเพิ่มผลผลิตอ้อยที่มีคุณภาพดีต่อหน่วยพื้นที่ (เกษม และอุดม, 2521)

ระยะแตกกอและระยะย่างปล้องเป็นระยะการเจริญเติบโตที่สำคัญ ซึ่งเกี่ยวกับจำนวนลำต้นและความยาวลำตามลำดับ โดยทั้ง 2 ระยะการเจริญเติบโตนี้เป็นระยะที่ตัดสินผลผลิตอ้อยรวมทั้งคุณภาพของน้ำตาล ดังนั้นการแตกกอและย่างปล้องจึงเป็นลักษณะสำคัญอันหนึ่งของพันธุ์อ้อย (เกษม, 2515) ดังนั้นหากเกิดสภาวะเครียดจากการขาดน้ำใน 2 ระยะดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตอ้อยรุนแรงต่อผลผลิตอ้อย

ความเครียดในพืช

ในธรรมชาติพืชไม่ได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมตลอดเวลา แต่มักได้รับปัจจัยที่ไม่เหมาะสมหรือขาดไป เช่น อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกินไป การได้รับน้ำมากหรือน้อยเกินไปในสภาพที่จำกัดของสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม พืชจะมีปฏิกิริยาตอบสนองทางชีวเคมีหรือกลไกทางสรีรวิทยาเพื่อเอาชนะหรือหลีกเลี่ยงแก้ไขสภาวะเครียดนั้น ๆ สภาวะเครียดส่วนใหญ่ที่พืชได้รับเป็นสภาวะเครียดทางด้านกายภาพจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และพืชอาจได้รับความเครียดจากปัจจัยทางชีวภาพ เช่น การเกิดโรค และการแข่งขันระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกัน เช่น ระหว่างพืชปลูก หรือวัชพืช สำหรับสภาวะเครียดทางกายภาพอาจแบ่งได้จาก 3 สาเหตุ คือ สภาพภูมิอากาศที่จำกัดอย่างรุนแรง (extreme climatic stresses) สภาพภูมิศาสตร์หรือแหล่งที่อยู่ (geographic or physical stresses) และความเป็นพิษ (toxic effects) เนื่องจากสภาพธรรมชาติ เช่น ได้รับรังสีอัลตราไวโอเลตหรือจากมลพิษ โดยทั่วไปแล้วความต้านทานของพืชที่มีต่อสภาวะเครียด (stress resistance) ไม่ได้เป็นปรากฏการณ์อย่างง่าย ๆ หรือมีเพียงกลไกเดียวในการแสดงความต้านทานออกมา หากแต่มีกลไกที่ค่อนข้างซับซ้อนและเกี่ยวข้องกันทั้งนี้เนื่องมาจากการตอบสนองของพืชที่มีต่อสภาวะเครียดหนึ่ง ๆ นั้น พบว่าพืชจะแสดงความต้านทานออกมา 2 รูปแบบ รูปแบบแรก คือ Stress avoidance กลไกนี้พืชสามารถสร้างสภาวะแวดล้อมขึ้นภายในต้นพืชเองเพื่อให้เซลล์เนื้อเยื่อ หรืออวัยวะหลีกเลี่ยงหรือไม่ได้ตกอยู่ในสภาวะเครียดดังกล่าว ถึงแม้ว่าสภาวะแวดล้อมภายนอกจะมีความเครียดอย่างมากก็ตาม ตัวอย่างเช่น ใบที่สามารถหลีกเลี่ยงสภาวะเครียดจากการได้รับอุณหภูมิสูง โดยกลไกของกระบวนการคายน้ำเพื่อลดอุณหภูมิใบให้ต่ำลงรูปแบบที่สองคือ Stress tolerance เป็นความสามารถของพืชที่ทนทานต่อสภาวะเครียดโดยยังคงมีชีวิตอยู่ได้ แม้ภายในเซลล์ เนื้อเยื่อ หรืออวัยวะเกิดความเครียดเช่นเดียวกัน (ลีลลี่, 2546)

การตอบสนองต่อสภาวะขาดน้ำของพืช

การขาดน้ำเป็นสภาวะเครียดที่เกิดขึ้นได้ง่ายและพบเสมอในพืชปลูก เกิดจากการได้รับน้ำไม่เพียงพอขณะที่กำลังเติบโตและพัฒนา การขาดน้ำมีผลต่อการเพิ่มขนาดของพืชเมื่อขาดน้ำมาก ๆ ปากใบจะปิดเพื่อลดปริมาณการคายน้ำและรักษาน้ำไว้ ขณะเดียวกันก็ลดการแพร่กระจายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะเข้าไปสู่คลอโรพลาสต์ ทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชลดลง การเติบโตและการพัฒนาต่อไปซึ่งจำเป็นต้องใช้พลังงานและอาหารจากกระบวนการนี้ถูกจำกัดลง นอกจากนั้นแล้ว สภาวะขาดน้ำยังมีผลต่อฮอร์โมนและปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ รวมไปถึงการลำเลียงอาหารภายในสภาพที่ขาดน้ำมาก ๆ จะมีผลต่อกิจกรรมของเซลล์ ทำให้เซลล์หยุดการแบ่งตัวและเมแทบอลิซึมต่าง ๆ จนในที่สุดพืชอาจตายได้ ในการปรับตัวของพืชเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากสภาวะขาดน้ำนี้ พืชมีพฤติกรรมหรือกลไกหลายอย่างซึ่งจะต้องทำงานผ่านปฏิกิริยาชีวเคมีและสรีรวิทยาต่าง ๆ และส่งผลออกมาในรูปของการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง (morphological changes) และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (physiological changes) โดยมีวิธีการหลีกเลี่ยงดังนี้ ลดการคายน้ำโดยการเปลี่ยนแปลงกระบวนการหรือโครงสร้าง เช่น เพิ่มความหนาของคิวทิเคิลบนใบพืช (leaf cuticle) การปิดปากใบ (stomatal closure) และการหลุดร่วงของใบ (leaf abscission) การเพิ่มประสิทธิภาพของราก เช่น เพิ่มจำนวนราก เพิ่มความลึก รากแผ่กว้างขึ้น และมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำ การพักตัวของเมล็ด เช่น เมล็ดพืชในแถบแห้งแล้ง หรือทะเลทรายโดยมีช่วงงอกจนชีวิตสั้นในช่วงหลังฤดูฝน (ลิลลี่, 2546)

การปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำให้กลายพันธุ์

การปรับปรุงพันธุ์โดยการชักนำให้กลายพันธุ์ (mutation breeding) นักปรับปรุงพันธุ์ไม่ได้อาศัยความแปรปรวนทางพันธุกรรมที่มีอยู่ในธรรมชาติ แต่ใช้รังสีหรือสารเคมีในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในพืชที่ต้องการปรับปรุงพันธุ์ จากนั้นคัดเลือกพืชที่มีลักษณะที่ต้องการมาขยายพันธุ์ ทดสอบต้นที่คัดเลือกขยายพันธุ์และเผยแพร่เป็นพันธุ์ใหม่ต่อไป การกลายพันธุ์คือการเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรมของเซลล์ที่เกิดขึ้นกับโมเลกุล ดีเอ็นเอ ซึ่งไม่ได้เกิดจากการรวมตัว (recombination) หรือการแยกตัว (segregation) ของสารพันธุกรรมตามปกติและสามารถถ่ายทอดลักษณะการเปลี่ยนแปลงนั้นจากเซลล์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปยังเซลล์ลูกได้ด้วยกระบวนการแบ่งเซลล์ การกลายพันธุ์แบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือการกลายพันธุ์ระดับยีน (gene mutation หรือ point mutation) เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในยีนเกี่ยวข้องกับการสูญหายไปหรือเพิ่มเข้ามาของส่วนของยีน หรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในยีนและการกลายพันธุ์ระดับโครโมโซม (chromosome mutation)

การกลายพันธุ์ของโครโมโซมเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างหรือจำนวนโครโมโซม ซึ่งเกี่ยวข้องกับยีนหลายยีนซึ่งการกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นในพืช มีทั้งที่เกิดตามธรรมชาติ (spontaneous mutation) และที่เกิดเนื่องจากการเหนี่ยวนำ (induced mutation) โดยสิ่งก่อกลายพันธุ์ (mutagen) ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป การกลายพันธุ์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (spontaneous mutation) ปัจจัยหลักที่ช่วยให้พืชสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาได้ คือ ความแปรปรวนทางพันธุกรรม (genetic variability) ที่เกิดขึ้นและสะสมอยู่ในพืชพืชได้รับความแปรปรวนทางพันธุกรรมส่วนหนึ่งจากการกลายพันธุ์ตามธรรมชาติ พืชพรรณทุกชนิดมีโอกาสกลายพันธุ์ได้ตลอดเวลา เกิดได้ทุกเซลล์และทุกระยะของการเจริญเติบโต อัตราการกลายพันธุ์ (mutation rate) เป็นสมบัติเฉพาะของแต่ละยีนและของพืชแต่ละชนิด การกลายพันธุ์ที่เกิดจากการชักนำ (induced mutation) มีคุณสมบัติหรือคุณลักษณะที่ไม่ต่างจากที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เพียงแต่มีอัตราการกลายพันธุ์สูงกว่าที่เกิดเองตามธรรมชาติ นอกจากนี้การกลายพันธุ์ที่เกิดจากการชักนำอาจได้ลักษณะแปลกใหม่ที่ไม่พบในธรรมชาติเนื่องจากการกลายพันธุ์ในลักษณะดังกล่าว อาจเคยเกิดขึ้นแล้วในธรรมชาติ แต่ถูกคัดทิ้งโดยไม่ผ่านการคัดเลือกของธรรมชาติ (natural selection) พวกจีโนไทป์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมเท่านั้นจึงจะมีชีวิตรอดได้ นอกจากนี้อาจถูกคัดทิ้งไปโดยมนุษย์ (human selection) โดยมนุษย์จะเลือกพืชที่มีลักษณะที่พึงประสงค์ไว้และกำจัดพวกที่ไม่ต้องการออกไป บางครั้งพืชที่กลายพันธุ์แม้จะได้ผ่านการเลือกคัดตามธรรมชาติแล้วก็อาจจะถูกทำให้สูญพันธุ์ไปโดยน้ำมือมนุษย์ สิ่งที่ใช้ในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์เรียกว่า สิ่งก่อกลายพันธุ์ (mutagen) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ สิ่งก่อกลายพันธุ์ทางกายภาพ (physical mutagen) ได้แก่ รังสีต่างๆ รังสีที่นิยมใช้ในการเหนี่ยวนำให้พืชกลายพันธุ์ เช่น รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีนิวตรอน และไอออนบีม ซึ่งแบ่งตามความสามารถในการทำให้ตัวกลางแตกตัวเป็นไอออน และสิ่งก่อกลายพันธุ์ทางเคมี เช่น แอลคิลเลติงเอเจนต์ (alkylating agent) เบสแอนาลอก (base analogue) แอนติไบโอติก (antibiotic) และอื่น ๆ (chemical mutagen) (พิรณูช, 2553)

ปัญหาความแห้งแล้งกับการปลูกอ้อยของประเทศไทย

สภาพแล้งนับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญในการปลูกพืช เนื่องจากการตกของฝนไม่พอดีกับความ ต้องการของพืชทำให้ผลผลิต และคุณภาพลดลง (จิตติมา, 2542) ทั้งนี้ผลกระทบของภัยแล้งต่อสรีระ วิทยาของพืชหลายรูปแบบ ผลกระทบที่เห็นได้มากที่สุดคือยับยั้งการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของ พืช ซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการทางชีวเคมีที่สำคัญของพืช ได้แก่ การสังเคราะห์แสงและ กระบวนการอื่น ๆ เช่น การดูดธาตุอาหารในดิน การลำเลียงธาตุอาหารและสารอาหารต่าง ๆ ที่พืช สังเคราะห์ขึ้น จนถึงการคายน้ำที่ปากใบ ดังนั้นความแห้งแล้งจึงมีผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการ ต่าง ๆ ของพืชและทำให้การเจริญเติบโตรวมถึงการให้ผลผลิตลดลงในที่สุด (ธีรยุทธ, 2560)

พื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นเขตอาศัยน้ำฝนปริมาณผลผลิตอ้อยในแต่ละปี จะไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับผลผลิตต่อไร่และพื้นที่ปลูกพื้นที่ปลูกอ้อยมีความผันแปรอยู่ระหว่าง 6-7 ล้านไร่ กระจายอยู่ในเขตภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเป็นพื้นที่ ชลประทานประมาณ 20 เปอร์เซ็น ที่เหลือเป็นพื้นที่เขตอาศัยน้ำฝนทั้งที่มีและไม่มีแหล่งน้ำ ธรรมชาติ ผลผลิตอ้อยโดยรวมในแต่ละปีโดยประมาณ 70-75 ล้านตัน ผลผลิตอ้อยต่อไร่ประมาณ 10-11 ตันต่อไร่ ซึ่งสามารถเพิ่มขึ้นได้เมื่อมีการจัดการอย่างเหมาะสม (จิตติมา, 2542)

การผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายปีการผลิต 2562/63 พบว่าประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลทราย/ ตันอ้อยรวมทั้งประเทศอยู่ที่ 110.75 กก./ตัน อ้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปีการผลิต 2561/62 พบว่า ประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลทรายต่อตันอ้อยลดลงจำนวน 0.58 กก./ตันอ้อย คิดเป็นร้อยละ 0.52 (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2562)

การวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช

คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียวที่พบมากในพืชคลอโรฟิลล์มีหลายชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ บี ซี และดี เป็นต้น คลอโรฟิลล์แต่ละชนิดจะมีโครงสร้างและคุณสมบัติต่างกันทำให้ความสามารถในการดูดแสงช่วงคลื่นต่าง ๆ ของคลอโรฟิลล์แต่ละชนิดต่างกันคลอโรฟิลล์มีโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยส่วนหัวเป็นส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ทำหน้าที่ดูดพลังงานแสงส่วนนี้มีโครงสร้างเป็นไฟโรลแบบวงแหวน 4 วง โดยมีแมกนีเซียมไอออนเป็นศูนย์กลางและมีส่วนหางเป็นไฮโดรคาร์บอนช่วยยึดตรงวัดตรงกับระบบแสง คลอโรฟิลล์แต่ละชนิดมีโครงสร้างแตกต่างกันเล็กน้อย ทำให้ความสามารถในการดูดแสงต่างกันไป (สมบุญ, 2544)

ค่าความเขียวใบ (SPAD-value) มีความสัมพันธ์กับปริมาณของคลอโรฟิลล์ในใบพืช การวัดปริมาณคลอโรฟิลล์มีความสำคัญเนื่องจากเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงของพืช วัดโดยใช้เครื่องมือ Chlorophyll meter หรือ (SPAD - 502) ซึ่งถูกผลิตขึ้นเพื่อนักวิจัยและเกษตรกรผู้ปลูกจำนวนมาก เป็นเครื่องมือที่ใช้งานง่ายสะดวกรวดเร็วและไม่ทำความเสียหายให้แก่พืชปลูก SPAD รุ่น 502 วัดค่าการดูดกลืนแสงของใบที่ส่งผ่าน 2 ช่วง ทำให้นักวิจัยและเกษตรกรผู้ปลูกสามารถตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างสะดวกมากขึ้น (Minolta Camera Co. Ltd., 1989)

ค่าความเขียวใบสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบพืช ภายใต้สภาวะแล้งพืชจะได้รับน้ำในปริมาณน้อยส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงด้วย น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญยิ่งอันหนึ่งของขบวนการสังเคราะห์แสงเนื่องจากเป็นตัวการสำคัญในขบวนการย่อยแบ่งเป็นน้ำตาล น้ำยังเป็นตัวลำเลียงเกลือและก๊าซต่าง ๆ เข้าสู่ต้นไม้และทำให้สารละลายเคลื่อนจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งน้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาการเจริญเติบโต ความแข็งแรงของใบและกิ่งก้าน มีความสำคัญต่อการเปิดปิดปากใบและการเคลื่อนย้ายสารต่าง ๆ ภายในส่วนอื่น ๆ ของพืช ซึ่งหากพืชที่ขาดน้ำก็มีผลกระทบต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ทำให้ปริมาณความเขียวใบลดลง (เกษม, 2515)

การประเมินความเสียหายทางใบ

ความเสียหายทางใบที่เกิดจากการขาดน้ำมีการแสดงลักษณะอาการ เช่น การม้วนใบและการแห้งตายของใบ ลักษณะเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการคัดเลือกการทนทานต่อความแห้งแล้งของอ้อยได้ (Jongdee et al., 2002; Blum, 2005)

ภัทรพร (2561) รายงานว่า การตอบสนองของลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางลักษณะสามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่มีความทนทานต่อการขาดน้ำได้ โดยเฉพาะการคัดเลือกพันธุ์ข้าวจากการแสดงออกของใบข้าวมีความสัมพันธ์กับระดับด้านทานแล้ง ลักษณะการม้วนใบเป็นลักษณะหนึ่งที่ถูกนำไปใช้ในการคัดเลือกความสามารถด้านทานแล้งของข้าว ข้าวพันธุ์ กข 19 ซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐานด้านทานแล้ง โดยใบของข้าวจะคลี่ออกจนค่อนข้างปกติ ในขณะที่ข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุงมีระดับคะแนนการคลายตัวมากกว่าข้าวพันธุ์ กข 19 ส่วนพันธุ์ กข 23 ซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐานไม่ด้านทานแล้งมีระดับคะแนนการคลายตัวของใบมากที่สุด แสดงอาการขอบใบโค้งชิดเข้าหากันจนซ้อนกัน และคลี่ใบออกเพียงเล็กน้อยโดยลักษณะใบยังคงโค้งเข้าหากันเป็นครึ่งวงกลม สอดคล้องกับผลการทดลองของ สมเดช (2532) ที่รายงานว่าพันธุ์ข้าวที่ไม่ด้านทานแล้งแสดงอาการใบห่อแน่นและไม่คลี่ใบออกหรือคลี่ใบออกเล็กน้อยในตอนเช้าหลังจากได้รับน้ำค้างในตอนกลางคืน

Narenoot et al. (2017) รายงานว่าในสภาพขาดน้ำในช่วงต้นฤดูปลูกผลผลิตข้าวไร่มีสหสัมพันธ์ในทางลบกับลักษณะการม้วนใบ อาการใบตายและความสามารถในการฟื้นตัวหลังกลับมาให้น้ำ ในขณะที่น้ำหนักใบแห้งและค่าศักย์ของน้ำในใบมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับผลผลิต ดังนั้นการลดลงของผลผลิตข้าวเมื่อกระทบแล้งจึงเป็นผลเนื่องมาจากการลดลงของพื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสงเพราะการม้วนใบและการแสดงอาการใบตาย ส่วนข้าวพันธุ์ที่มีความสามารถในการฟื้นตัวก็จะสามารถให้ผลผลิตสูง

Augmented Design

แผนการทดลองแบบ Augmented Design เป็นแผนการทดลองที่เพิ่มสิ่งทดลองลงในบล็อกสมบูรณ์ โดยการทำเป็นบล็อกไม่สมบูรณ์ ในแถวหรือในคอลัมน์ ซึ่งภายในแต่ละบล็อกจะสุ่มปลูกพันธุ์ตรวจสอบอย่างน้อย 2 พันธุ์หรือมากกว่านั้นนอกจากนี้พันธุ์ตรวจสอบที่ใช้จะต้องปรากฏอยู่ในบล็อกอื่น ๆ เหมือนกันทุกบล็อก ส่วนแถวที่เหลือในแต่ละบล็อกก็จะใส่สายพันธุ์ทดสอบหรือสายพันธุ์ใหม่ลงไปโดยจะมีการทำซ้ำ 1 ครั้ง การวางแผนการทดลองแบบ Augmented design มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง (experimental error) จากพันธุ์ตรวจสอบเพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบผลผลิตของสายพันธุ์ทดสอบกับสายพันธุ์ตรวจสอบและสามารถปรับค่าผลผลิตของสายพันธุ์ทดสอบที่เกิดจากอิทธิพลของบล็อกที่ต่างกันแล้วนำค่าที่ปรับนี้ไปใช้ในการเปรียบเทียบผลผลิต (ชูศักดิ์, 2555)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อ้อยกลายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกลักษณะทนแล้งภายใต้สภาวะปลอดเชื้อ จำนวน 135 โคลนพันธุ์ โดยแบ่งออกมาเป็น KuMT1, KuMT2 และ KuMT3
 - KuMT1 หมายถึงกลุ่มพันธุ์กรรมอ้อยที่ถูกชักนำด้วยสาร EMS 10 mM เวลา 2 ชั่วโมง
 - KuMT2 หมายถึงกลุ่มพันธุ์กรรมอ้อยที่ถูกชักนำด้วยสาร EMS 10 mM เวลา 4 ชั่วโมง
 - KuMT3 หมายถึงกลุ่มพันธุ์กรรมอ้อยที่ถูกชักนำด้วยสาร EMS 16 mM เวลา 4 ชั่วโมง
2. อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3
3. เครื่องวัดความชื้นในดิน (soil moisture meter)
4. เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ (chlorophyll meter SPAD-502 plus)

วิธีการ

1. ย้ายปลูกต้นกล้าอ้อยกลายพันธุ์อายุ 7 เดือน จำนวน 135 โคลนพันธุ์ในโรงเรือนทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Augmented Design จำนวน 15 บล็อก และใช้อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ

2. สร้างสภาวะแล้งให้แก่อ้อยโดยการให้น้ำหลังจากย้ายปลูกอ้อยเป็นระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งจะงดการให้น้ำจนกระทั่งความชื้นในดินลดลงเหลือเพียง 20% ของความจุความชื้นสนาม โดยมีการสร้างสภาวะแล้งให้แก่อ้อยจำนวน 2 ครั้ง จากนั้นจึงให้น้ำแก่อ้อยตามปกติ

3. ข้อมูลที่บันทึกมีดังนี้

3.1 ค่าความเขียวใบ

วัดค่าความเขียว (SPAD-reading) ของใบอ้อยโดยวัดจากใบอ้อยจำนวน 3 ใบ เลือกใบที่อยู่บริเวณยอดสุดและนำข้อมูลมาเฉลี่ยเป็นค่าความเขียวใบ

3.2 การเหี่ยวตายของใบ

ให้คะแนนพื้นที่ของใบที่แสดงอาการเหี่ยวตายโดยการประเมินด้วยสายตาซึ่งรายละเอียดการประเมินข้อมูลได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงระดับคะแนนการแห้งตายของใบ (leaf drying score) ตามวิธีของ De Datta *et al.* (1988)

Leaf drying score	ลักษณะที่ปรากฏ
0	ไม่แสดงอาการ
1	อาการปลายใบแห้งเล็กน้อย
2	อาการปลายใบแห้งประมาณเศษหนึ่งส่วนสี่ของความยาวใบใน 25 % ของใบทั้งหมด
3	อาการปลายใบแห้งประมาณเศษหนึ่งส่วนสี่ของความยาวใบใน 50% ของใบทั้งหมด
4	อาการปลายใบแห้งประมาณเศษหนึ่งส่วนสี่ของความยาวใบใน 50% ของใบทั้งหมดและมีทุกส่วนของใบแห้งตายประมาณ 25%
5	อาการทุกส่วนของใบแห้ง 50% ของใบทั้งหมด
6	ทุกส่วนของใบแห้งมากกว่า 50% แต่ไม่เกิน 70% ของใบทั้งหมด
7	ทุกส่วนของใบแห้ง 70 % ของใบทั้งหมด
8	ทุกส่วนของใบแห้งมากกว่า 70 % ของใบทั้งหมด
9	ใบอ้อยแห้งตายทั้งหมด

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ด้วยโปรแกรม RStudio เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยใช้วิธี Least-Significant Different (LSD) และใช้โปรแกรม STAR จัดกลุ่มการวิเคราะห์แบบ Cluster Analysis

สถานที่และระยะเวลาการทําวิจัย

1. สถานที่การทําวิจัย

สถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร (เพนียด) ตำบลเพนียด อำเภอลำลูกขัน
จังหวัดลพบุรี

2. ระยะเวลาการทําวิจัย

ทำการทดลองตั้งแต่ มีนาคม 2562 – กุมภาพันธ์ 2563

ผลและวิจารณ์

จากการพิจารณาความทนแล้งของอ้อยกลายพันธุ์ โดยการสร้างสภาวะแล้งให้แก่อ้อยเมื่ออ้อยมีอายุ 2 เดือน โดยงดการให้น้ำ 3 ครั้งอย่างต่อเนื่องและมีระยะฟื้นตัว 2 สัปดาห์เมื่อพิจารณาแต่ละลักษณะ ได้ผลการทดลองดังนี้

เปรียบเทียบค่าความเขียวใบและความเสียหายทางใบของอ้อยกลายพันธุ์และอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3

จากอ้อยกลายพันธุ์จำนวน 135 โคลนพันธุ์ซึ่งผ่านการปลูกทดสอบในสภาพโรงเรือนที่ทำการงดการให้น้ำทั้งหมด 3 ครั้ง เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดและค่า standard error of the mean (SE) ของค่าความเขียวใบและความเสียหายทางใบในการงดน้ำครั้งที่ 3 พบว่ากลุ่มอ้อยกลายพันธุ์ KuMT1 KuMT2 และ KuMT3 มีค่าเฉลี่ยของค่าความเขียวใบ เท่ากับ 24.75, 25.76 และ 27.74 ตามลำดับ สูงกว่าค่าเฉลี่ยของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบโดยมีค่าเฉลี่ย 22.13 ดังนั้น แสดงว่ากลุ่มอ้อยกลายพันธุ์มีการสะสมคลอโรฟิลล์ได้ดีกว่าอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในสภาพแล้ง

นอกจากค่าความเขียวใบแล้วยังพบว่า ค่าความเสียหายทางใบของกลุ่มอ้อยกลายพันธุ์ (KuMT1 KuMT2 และ KuMT3) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.64, 4.52 และ 5.18 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.83 แสดงว่าอ้อยกลายพันธุ์แสดงลักษณะทนต่อสภาวะแล้งมากกว่าอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่า standard error of the mean (SE) ของค่าความเขียวใบ และความเสียหายทางใบของอ้อยกลายพันธุ์และอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ภายหลังการสร้างสภาวะแล้ง

อ้อยกลายพันธุ์	ค่าความเขียวใบ				ความเสียหายทางใบ			
	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	SE	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	SE
KuMT1	24.75	37.6	13.1	1.76	5.64	10	3	0.41
KuMT2	25.76	45.9	15.8	1.64	4.52	10	0	0.39
KuMT3	27.74	49.6	14.5	1.95	5.18	10	3	0.40
KK3	22.13	30.9	10.5	2.14	6.83	10	3	0.46

หมายเหตุ : SE (standard error of the mean) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด

ผลการศึกษาอ้อยภายใต้สภาวะแห้งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าความเขียว ใบและความเสียหายทางใบ

จากความเสียหายทางใบของการงนน้ำครั้งที่ 1 การงนน้ำครั้งที่ 2 และ การงนใหม่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความเสียหายทางใบของการงนน้ำครั้งที่ 3 พบว่าอ้อยแสดงลักษณะความเสียหายทางใบอย่างเห็นได้ชัด จากตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบความเสียหายทางใบในการงนน้ำครั้งที่ 3 ของอ้อยกลายพันธุ์ พบว่ามีความเสียหายทางใบ เท่ากับ 7.39 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เท่ากับ 24.3 ที่มีความเสียหายทางใบมากกว่า ซึ่งความเสียหายทางใบของการงนน้ำครั้งที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่ามี 14 โคลนพันธุ์ ซึ่งมีพันธุ์กรรมทนแล้งได้ดีกว่าอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ได้แก่ KuMT3 b6-1, KuMT2 b6-5, KuMT2 b6-9, KuMT3 b6-11, KuMT1 b13-1, KuMT3 b13-2, KuMT1 b13-5, KuMT2 b13-6, KuMT3 b13-7, KuMT2 b13-11, KuMT1 b15-5, KuMT2 b15-6, KuMT3 b15-7 และ KuMT2 b15-9

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA) ของค่าความเขียวใบและความเสียหายทางใบ

แหล่งความแปรปรวน	df	Mean square			
		ค่าความเขียวใบ		ความเสียหายทางใบ	
		การรดน้ำครั้งที่ 3	งอกใหม่	การรดน้ำครั้งที่ 3	งอกใหม่
Block	14	184.2	417	14.87*	22.08
Treatment	134	149.4	168.6	7.39*	9.02
Treatment: Check	1	307.2	23.4	24.3*	2.7
Treatment: Test and Test vs. Check	135	148.2	169.6	7.27*	9.06
Error	14	119.5	223.9	3.3*	9.34
C.V. (%)		55.15	61.66	33.43	71.03

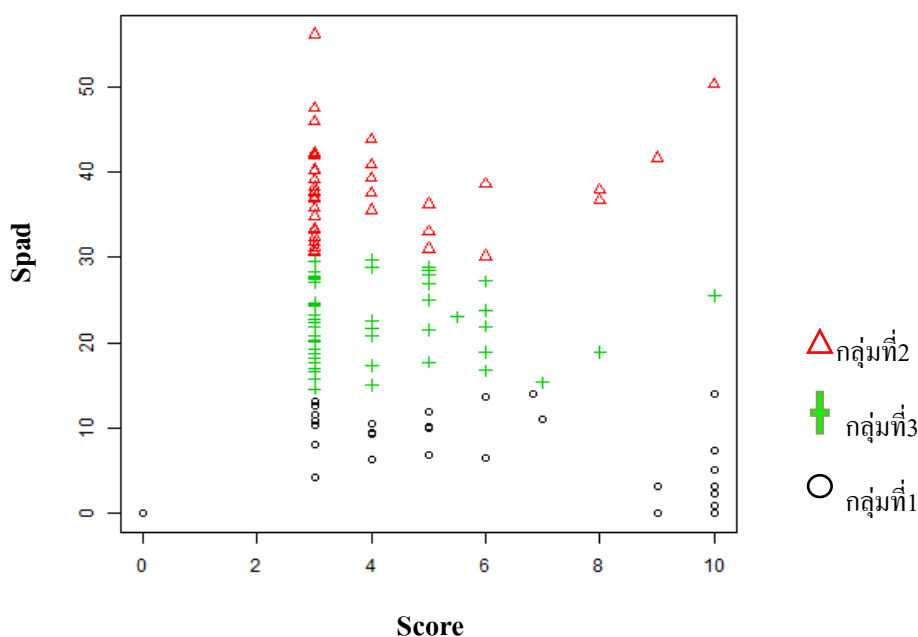
หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

การวิเคราะห์แบบ Cluster Analysis

ผลจากการวิเคราะห์แบบ Cluster Analysis โดยใช้ข้อมูล ความเสียหายทางใบ และค่าความเขียวใบ ของการรดน้ำครั้งที่ 3 พบว่ามีการแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 45 โคลนพันธุ์ ซึ่งมีค่าความเสียหายทางใบเฉลี่ย 7.35 และค่าความเขียวใบเฉลี่ย 6.20 กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 41 โคลนพันธุ์ ซึ่งมีค่าความเสียหายทางใบเฉลี่ย 3.98 และค่าความเขียวใบเฉลี่ย 37.79 กลุ่มที่ 3 มีจำนวน 50 โคลนพันธุ์ ซึ่งมีค่าความเสียหายทางใบเฉลี่ย 4.09 และค่าความเขียวใบเฉลี่ย 22.15

จากภาพที่ 1 พบว่าอ้อยกลายพันธุ์ในกลุ่มที่ 2 มีลักษณะทนต่อการขาดน้ำ เพราะมีคะแนนความเสียหายทางใบต่ำ และค่าความเขียวใบสูง ส่วนกลุ่มที่ 1 มีลักษณะอ่อนแอ เพราะมีคะแนนความเสียหายทางใบสูง และค่าความเขียวใบต่ำ



ภาพที่ 1 แสดงการจัดกลุ่มการวิเคราะห์แบบ Cluster Analysis ของข้อมูลค่าความเขียวใบและความเสียหายทางใบของอ้อยกลายพันธุ์และอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3

สรุป

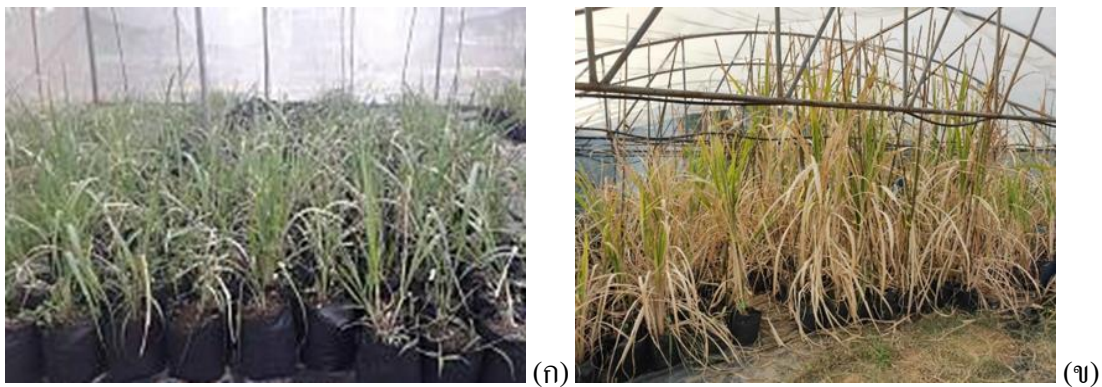
การประเมินความเสียหายทางใบและการฟื้นตัวของประชากรอ้อยกลายพันธุ์ภายใต้สภาพแล้งในโรงเรือน โดยใช้ลักษณะความเสียหายทางใบและค่าความเขียวใบในการประเมินพบว่ามี 14 โคลนพันธุ์ที่ทนแล้งได้ดีกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3 KuMT3 b6-1, KuMT2 b6-5, KuMT2 b6-9, KuMT3 b6-11, KuMT1 b13-1, KuMT3 b13-2, KuMT1 b13-5, KuMT2 b13-6, KuMT3 b13-7, KuMT2 b13-11, KuMT1 b15-5, KuMT2 b15-6, KuMT3 b15-7 และ KuMT2 b15-9 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์แบบ Cluster Analysis ร่วมกับการวิเคราะห์แบบ Augmented Design พบว่ามีอ้อยกลายพันธุ์ 13 โคลนพันธุ์ อยู่ในกลุ่ม 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ทนแล้งที่สุดและมีอ้อยกลายพันธุ์ 1 โคลนพันธุ์อยู่ในกลุ่ม 3 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ทนแล้งปานกลางซึ่งมีความสอดคล้องกัน อย่างไรก็ตามอ้อยกลายพันธุ์ทั้ง 14 โคลนพันธุ์ที่ผ่านการประเมินภายใต้สภาพโรงเรือน ควรถูกนำไปทดสอบความทนทานต่อสภาวะแล้งในแปลงปลูก เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพการให้ผลผลิตของโคลนอ้อยกลายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกภายใต้สภาวะแล้งต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กองแผนงาน. 2521. อ้อย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- เกษม สุขสถาน และ อุคม พลูเกษ. 2521. **หลักการทำไร่อ้อย**. คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เกษม สุขสถาน. 2515. อ้อย. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่. 2547. **พืชเศรษฐกิจ**. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชูศักดิ์ จอมพุท. 2555. แผนการทดลองออกเมนต์, น. 167 ใน **สถิติ: การวางแผนการทดลองและ
การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย “R”**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิตติมา วีระศิลป์. 2542. การทำไร่อ้อย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทักษิณา ศันสยะวิชัย และ วีระพล พลรักดี. 2542. การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา
คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 171 น.
- ธีรยุทธ เกิดไทย. 2560. **อุตุนิยมวิทยาการเกษตร**. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำนักวิชา
เทคโนโลยีการผลิตพืช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา
- ธวัช ดินนังวัฒนะ. 2543. **การทำไร่อ้อยยุคใหม่**. ศูนย์การทำไร่อ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม. 130 น.
- พีรนุช จอมพุท. 2553. **เทคโนโลยีนิวเคลียร์กับการเกษตร** ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- ภัทรพร ภักดีฉนวน. 2561. **การประเมินความทนทานต่อสภาพแล้งของข้าวพันธุ์เลี้ยงพัทลุงและ
สังข์หยดพัทลุงในระยะต้นกล้า**. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา,
สงขลา.
- รวีวรรณ เชื้อกิตติศักดิ์. (2549). **การผลิตอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง**. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ลิลลี่ กาวีตะ. 2546. พัฒนาการของพืชภายใต้สภาวะเครียด, น. 262-264. ใน
การเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานและพัฒนากายของพืช. คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- สมเดช อิ่มมาก. 2532. การศึกษาวิธีการคัดเลือกพันธุ์ข้าวต้านทานแล้งในระยะกล้าด้วยสารละลาย **PEG 6000** ควบคุมความเครียดในดิน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 98 หน้า.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2562. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อยปีการผลิต **2562/63**. แหล่งที่มา: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-1854.pdf>, 5 พฤศจิกายน 2563.
- De Datta, S.K., J.A. Malabuyoc, and E.I. Aragon. 1988. A field screening technique for evaluating rice germplasm for drought tolerance during the vegetative stage. **Field Crops Res.** 19: 123-134
- Jongdee B., S. Fukai, and M. Cooper. 2002. Leaf water potential and osmotic adjustment as physiological traits to improve drought tolerance in rice. **Field Crops Res.** 76: 153-163.
- Minolta Camera Co. Ltd., 1989. Chlorophyll meter SPAD-502. Instruction Manual. **Radiometric Instruments Divisions**, Osaka, Minolta, p. 22.
- Narenoot, K., Monkhan, T., Chankaew, S., Songsri, P., Pattanagul, W. and Sanitchon, J. 2017. Evaluation of the tolerance of Thai indigenous upland rice germplasm to early drought stress using multiple selection criteria. **Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization** 15(2): 109-118.

ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 อ้อยกลายพันธุ์และอ้อยขอนแก่น 3 (ก) หลังการย้ายปลูกอ้อยเป็นเวลา 2 เดือน (ข) ได้รับสภาพงคน้ำ



ภาพผนวกที่ 2 วัดค่าความเขียว (SPAD-reading) ของใบอ้อย

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกวีณา สามงามทอง
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 7 กันยายน พ.ศ.2541
สถานที่เกิด	จังหวัดยโสธร
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมต้น โรงเรียนลอยสายอนุสรณ์ ระดับมัธยมปลาย โรงเรียนสตรีวิทยา ๒
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-