

Mechanisms of Plant Responses to Global Climate Change

เอ็จ สโรบล^{1*}

การปรับปรุงพันธุ์พืชภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกนั้น เป้าหมายส่วนใหญ่จะเน้นไปในเรื่องของความต้านทาน และทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่างๆ และกลไกการตอบสนองของพืช การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกมีสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ concentration) การเกิดความเครียดน้ำ (Water stress) และ ความร้อน (Heat stress) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกนั้น มีหลายส่วนประกอบ ได้แก่ ส่วนประกอบในบรรยากาศ ส่วนประกอบในทะเล มหาสมุทร และแผ่นดิน ที่ส่งเสริมกัน และที่เป็นประเด็นมากที่สุด คือ อุณหภูมิที่สูงขึ้น และการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล เนื่องจากมีผลกระทบทางด้านการเกษตร ในเรื่องของประมงชายฝั่ง เรื่องของระบบการสร้างโอโซนในสตราโตสเฟียร์และลานีญา (El Nino – La Nina) แต่ยังไม่เป็นที่แน่ชัด เนื่องจากปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา เกิดขึ้นตามธรรมชาติอยู่แล้ว ซึ่งจะมีการเกิดขึ้นเฉลี่ยประมาณ 5 ปีต่อครั้ง

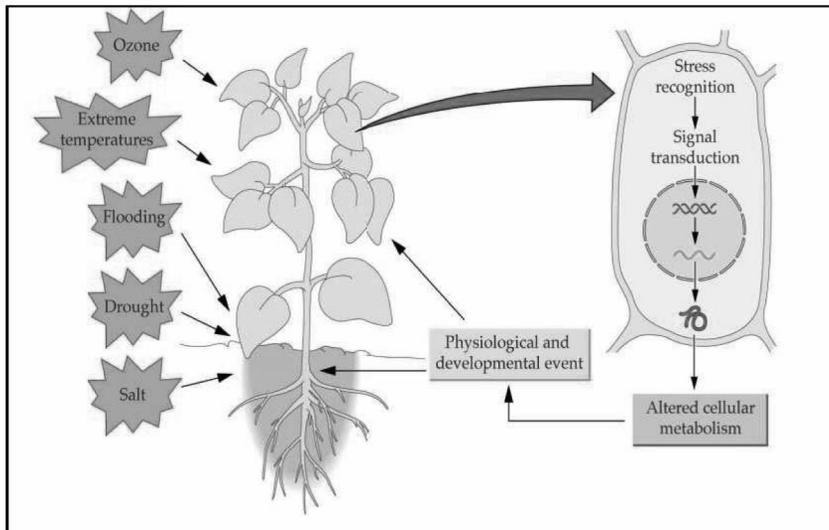
ผลกระทบกับพืชกับความไม่เหมาะสมของสภาพแวดล้อม (Environmental stress) เป็นปัจจัยทางภายนอกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตหรือผลผลิตของพืช ซึ่งแบ่งออกได้เป็นสิ่งที่มีชีวิต (Biotic) ซึ่งเกี่ยวกับโรคและแมลง และสิ่งที่ไม่มีชีวิต (Abiotic) จะเกี่ยวกับสภาพอากาศ แสง อุณหภูมิ ดิน น้ำ และมลพิษ ในส่วนของดิน และน้ำนั้น มีการศึกษาการตอบสนอง (Response) ของพืชต่อความเครียด (Stress) หลายลักษณะที่เป็นปัจจัยภายนอก (ภาพที่ 1) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอก พืชมีกลไกในการปรับตัว โดยที่พืชมีรับสภาพความเครียด

แล้วจะเกิดการรับรู้ (Recognition) และจดจำการเกิดลักษณะความเครียด ดังกล่าว เมื่อเกิดความเครียดอีกพืชจะมีการแปลง และส่งสัญญาณ (Signal transduction) ให้มีการเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับยีนเพื่อเปลี่ยนแปลงการแสดงออกยีน (Gene expression) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบโมเลกุลหรือ Metabolism ระดับเซลล์ ซึ่งมีกระบวนการของสรีระวิทยา (Physiology) ทางด้านการเจริญเติบโต (Development) ที่สามารถตรวจวัดได้จากสิ่งที่มองเห็น ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ จะมีเรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม (Genotype by environment interaction) เนื่องจาก สิ่งที่มองเห็น คือ การตอบสนองที่เป็นการแสดงออก

คำถามที่มีอยู่ คือ พืชมีการตอบสนองได้อย่างไร ทำให้มีการศึกษาวิจัยกลไกในการทำงานของพืช แต่ยังไม่ทราบรายละเอียดที่แน่ชัด จากการศึกษาการส่งสัญญาณของพืช พบว่า ตัวควบคุมจะเกี่ยวข้องกับฮอร์โมน ซึ่งฮอร์โมนที่กล่าวถึงมากที่สุด ได้แก่ ฮอร์โมน Abscisic acid (ABA) ฮอร์โมน Jasmonic acid ซึ่งมีการศึกษาวิจัยในฮอร์โมนกลุ่มนี้ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับกลุ่มของฮอร์โมนพืชอีกกลุ่มหนึ่ง คือ กลุ่มโพลีเอมีน (Polyamine) ซึ่งเชื่อกันว่าสามารถทำหน้าที่เหมือนเป็นฮอร์โมนด้วย ฮอร์โมนเอทิลีน (C₂H₄) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการออกดอกในพืช เช่น การตอบสนองของข้าวในการยึดลำต้นหนีน้ำในข้าวขึ้นน้ำ โดยฮอร์โมนเอทิลีนจะเข้าไปทำงาน ในการส่งข้อความ (Messengers) เป็น Ca⁺ ซึ่งมีการศึกษาต่อเนื่องกันมาไม่น้อยกว่า 30 ปีแล้ว แต่ยังไม่กล้าสรุปได้ว่า 2^o Messengers เป็น Ca⁺ ซึ่งต้องมีศึกษาต่อไป

¹ ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

* Corresponding author: agreed@ku.ac.th



ภาพที่ 1 การตอบสนอง (Response) ของพืชต่อความเครียด (Stress) ที่เกิดจากปัจจัยภายนอกต่างๆ

การเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ กล่าวถึงปริมาณในการเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่าไร การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกนั้นเป็นระบบใหญ่ จำเป็นต้องมีการแตกย่อยระบบเพื่อทำการศึกษ และระบบของพืชก็มีโมเดล (Model) ที่ใช้ในการทำนายได้ แต่ปัญหาคือความน่าเชื่อถือของโมเดล อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีเครื่องมืออื่นๆ ที่สามารถนำมาใช้พยากรณ์ได้อย่างถูกต้องที่สุด ทำให้นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ และนักคิดค้นต่างๆ พยายามที่จะค้นคิดวิธีการในประเมินให้ได้มีประสิทธิภาพที่สุด ทำให้มีข้อมูลใหม่ๆ ออกมาอย่างต่อเนื่อง สำหรับพืชที่มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง สามารถทำการศึกษาระดับแปลงทดลองได้ไม่มากนัก เนื่องจากการศึกษาในโรงเรือนทดลอง (Grow chamber) ซึ่งมีการควบคุมสภาพแวดล้อม (Control environment) ส่วนพืชที่ทำการศึกษารายใหญ่ คือ พืชในกลุ่ม C_3 และ C_4 ซึ่งเป็นกลุ่มพืชที่มีข้อดีและข้อเด่นแตกต่าง ในพืช C_4 นั้นจะมีประสิทธิภาพในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ดีกว่าพืช C_3 โดยหากนำพืชทั้งสองกลุ่มนี้ไปอยู่ด้วยกันแล้วใช้ฝาครอบปิดไว้ ปล่อยให้อุณหภูมิลดลง พืช C_3 จะตายก่อนพืช C_4 แสดงว่าในพืช C_4 น่าจะมีกลไกบางอย่างที่สามารถควบคุมปริมาณ

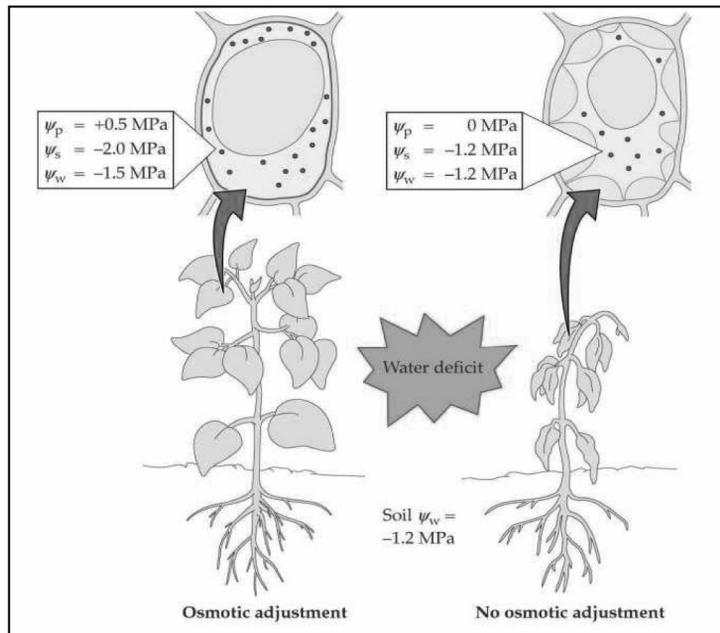
คาร์บอนไดออกไซด์ (Concentrated CO_2) ได้ดีกว่า ซึ่งเกี่ยวข้องกับคาร์บอนไดออกไซด์ของเอนไซม์ Rubisco ที่จะสร้างน้ำตาล อย่างไรก็ตาม ถ้าหากเอาความรู้ที่นำมาพัฒนาในพืช C_3 ในการควบคุมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะทำให้พืช C_3 มีความสามารถในการสร้างผลผลิต (Productivity) เพิ่มขึ้นด้วย แต่ในพืช C_4 อาจเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนัก

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศสามารถแพร่เข้าไปในใบของพืช C_3 ทำให้พืช C_3 มีโอกาสสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น จากการศึกษาในห้องทดลองระยะสั้น (Short-term) กับการตอบสนองในพืช C_3 และ C_4 มีลักษณะเหมือนกันในอัตราการสังเคราะห์แสง แต่ในระยะยาว (Long-term) จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน โดยการเอาพืชไปไว้ในที่ที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นในระยะเวลานานขึ้น พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงและความสามารถในการใช้น้ำ (Water use energy) ในระยะสั้นมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น แต่ในระยะยาว พบว่า ในระยะแรกมีประสิทธิภาพการเพิ่มสูงขึ้นในระดับหนึ่ง เมื่อเวลาผ่านไปสักระยะกลับลดลงมาเหลือเท่ากับระยะเริ่มต้น ซึ่งเป็นลักษณะที่เรียกว่า Down regulation เมื่อทำการวัดปริมาณเอนไซม์ Rubisco พบว่า มีปริมาณ

ลดลง การที่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป อาจทำให้กิจกรรมบางอย่างลดลง แต่ถ้ามีการเก็บสะสม (Accumulate) คาร์บอนไดออกไซด์ น่าจะทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นแต่อัตราจะลดลง โดยภาพรวมแล้วในทุกพืชจะพบเช่นเดียวกัน ส่วนการสะสมคาร์โบไฮเดรต จากการศึกษาการสะสมคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น จะมีการสร้าง Sink ใหม่ ได้แก่ ใบอ่อนที่เจริญออกใหม่ และการสะสมแป้งในเม็ดของคลอโรพลาสต์ (Chloroplast) อาจมีผลกระทบต่อระบบการสังเคราะห์แสง (Photo systems) ของใบพืช ในพืชมีระบบการสังเคราะห์แสงอยู่ 2 ระบบ คือ System 1 และ System 2 ซึ่งจะมีการส่งผ่านของ Electron photo systems ใน Systems 2 ก่อน เมื่อเวลาเกิดสภาวะเครียดต่างๆจะส่งผลกระทบต่อ systems 2 จากศึกษาการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า จะทำให้น้ำตาล (CH_2O) เพิ่มขึ้นอีก 30 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลาสั้น

ความเครียด (Stress) ของพืชมี 2 ระดับ คือ Mild stress เป็นระดับที่ไม่รุนแรงวันต่อวัน พืชจะมีการตอบสนองโดยควบคุมการเปิด-ปิดปากใบ (Stomata stress) ซึ่งเกี่ยวกับปริมาณของน้ำที่รากพืชดูดน้ำเข้าไปไม่ทันกับการระเหยออกทางปากใบ ถึงแม้ว่าในดินจะมีน้ำมากพอ แต่ถ้ารากดูดน้ำไม่ทัน จะทำให้เกิดฟองอากาศขึ้นในท่อไซเลม (Xylem) พืชจะมีการตอบสนองในอันดับแรก คือ การควบคุมปากใบ ซึ่งการตอบสนองของปากใบเกิดจากการควบคุมประมาณความเข้มข้นของฮอร์โมน ABA ในการแลกเปลี่ยนและเคลื่อนผ่านของ K^+ และระดับ Severe stress เป็นความเครียดที่รุนแรงขึ้นต่อจาก Mild stress ซึ่งถ้ามีความรุนแรงมากจนพืชทนไม่ไหว จะทำให้อัตราในการสังเคราะห์แสงและการหายใจลดลง ซึ่งเป็นกลไกภายในที่เกี่ยวกับการส่งผ่าน electron จากการศึกษา พบว่า พืชมีการปรับ Osmotic

เกิดขึ้น เป็นการปรับวอเตอร์โพเทนเชียล (Water potential, π) ประกอบด้วยกระบวนการออสโมซิส (Osmotic) และแรงดันน้ำที่จุดสมดุล (Pressure osmotic) ที่เกิดจากการมีตัวถูกละลาย (Solutes) ละลายอยู่ ส่วนแรงดัน (Pressure) ของน้ำที่กระทำในผนังเซลล์ (Cell wall) ซึ่งเป็นกลไกของพืชที่พยายามควบคุม Water potential ให้เป็นบวกเสมอไม่ให้เกิดการลดลง (Pressure potential drop) โดยมีการสร้างสารที่เรียกว่า Compatible solutes ซึ่งเป็นสารที่อยู่ในพืชอยู่แล้ว กลไกในการควบคุมวอเตอร์โพเทนเชียล (ภาพที่ 2) มี Osmotic adjustment (OA) จะมีค่า Pressure potential p) เป็นบวก และ Osmotic -2 water potential w) ของใบมีค่าเท่ากับ -1.5 MPa และ No osmotic adjustment (NOA) จะปรับค่าออสโมซิสไม่ได้ ดังนั้น ถึงแม้ว่า p จะมีค่าเป็นศูนย์ก็ตาม สักพัก จะเกิดอาการเยื่อหุ้มเซลล์ (Membrane) ย่นขึ้น ส่วน Compatible solutes ที่มีการศึกษา คือ Proline นอกนั้นจะมีสารอื่นๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ซึ่งความเครียดบางอย่างที่เกิดขึ้นอาจมีสัมพันธ์กับความเครียดอย่างอื่น ในกรณีของ Water stress นั้น ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับความร้อน (Heat) ด้วย เมื่อเกิดความร้อนขึ้นเนื่องจากมีปริมาณแสงอาทิตย์มาก ภายใต้สภาวะที่นี้พืชยังทำงานอยู่ใบพืชยังพยายามรับแสงและสังเคราะห์แสง แต่วาระบบการการสังเคราะห์แสงไม่สามารถเดินได้ครบ Cycle ซึ่งใน Cycle ต้องมีการเดินต่อเพราะว่าสิ่งมีชีวิตจะรู้ตัวว่า Cycle ไหนก็แล้วแต่ ถ้าหยุดเมื่อไหร่ จนกว่าจะเริ่มใหม่ได้ต้องใช้พลังงานเยอะ ดังนั้นพืชจึงต้องหาวิธีการควบคุมบางอย่างเพื่อให้มีการ Run cycle อยู่ในกรณีนี้พืชต้องมี Excess energy ส่วนพืชที่มีการสร้างโปรตีนขึ้นมา เรียกว่า Aquaporins เป็นโปรตีนที่อยู่กับ Membrane ของพืช สร้างเป็น Channel เรียกว่า Water channels ซึ่งน้ำสามารถผ่านช่องนี้ได้



ภาพที่ 2 กลไกในการควบคุมน้ำ (water potential) ในสภาวะเครียด (stress) ของพืช

สำหรับการเกิด Excess จะเกี่ยวกับยีน โดยมียีนกลุ่มที่เรียกว่า Late embryogenesis abundant (LEA) เป็นยีนที่สร้างโปรตีนในกลุ่มของ Hydrophilic อยู่ใน Cytoplasmic ทำหน้าที่ควบคุมเกี่ยวกับ Water stress เมื่อมีน้ำเยอะจะทำให้พืชขาดออกซิเจน ในบรรดาพืชเศรษฐกิจทั้งหลายพืชที่ทนทานและสามารถปรับตัวได้ คือ ข้าว และปาล์ม ที่สามารถทนสภาพน้ำขังได้ อย่างน้อย 1 เดือน แต่ข้าวขึ้นน้ำจะมีความสามารถในการสร้างท่ออากาศ Aerenchyma ซึ่งมีในพืชอื่น เช่น ข้าวโพดแต่ยังทำงานไม่ได้ดีเท่ากับข้าว แสดงว่าข้าวต้องมีลักษณะบางอย่างที่ดีกว่า ท่ออากาศ Aerenchyma เป็นท่อที่นำออกซิเจนจากข้างบนลงไปสู่ราก ทำให้รากทำงานได้ นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงภายนอกอีก คือ พืชจะสร้างรากอากาศขึ้นมา รากอากาศมี 2 แบบ คือ Lenticels และ Pneumatophores ซึ่งจะช่วยนำออกซิเจนจากอากาศเข้าไปในพืช และกระบวนการ Glycolysis ในระบบการหายใจของพืช ซึ่งมีกระบวนการที่สำคัญ คือ Glycolysis curb cycle หรือที่เรียกว่า Transport system เมื่อเกิดการขาด

ออกซิเจนขึ้นมาจะเหลือแค่ช่วง Glycolysis เท่านั้น ที่ทำงานได้ เนื่องจากออกซิเจนทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายของกระบวนการนี้ การส่งผ่านอิเล็กตรอนเกิดขึ้นใน Mitochondria แต่ Glycolysis เกิดขึ้นได้ เพราะในช่วงของ Glycolysis จะมีการนำน้ำตาลมาย่อยเป็น Pyruvate ซึ่งมีกระบวนการในการสร้างเป็น Alcohol และ Lactic acid สำหรับกลไกของพืชที่สามารถทนทานต่อน้ำขังได้ เมื่อพืชตายเซลล์จะเกิด Acclivity ขึ้น เนื่องจาก Lactic acid เกิดจากการสะสมของ Ethanol กับ Alcohol แต่ในภายหลังพบว่า เป็นเรื่องของ Escalates ของเซลล์ เมื่อเกิดสภาวะขาดออกซิเจนจะยับยั้งกระบวนการหายใจ แต่ว่ากระบวนการ Glycolysis ยังทนทานได้ ซึ่ง Ethanol หรือว่า Alcohol ที่เกิดขึ้นจากการสร้างสามารถ ขับออกจากเซลล์ได้ พืชเมื่อเจอสภาวะที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำจะเกิด Hypoxic pretreatment ก่อนที่จะเจอการขาดออกซิเจนโดยพืชสามารถที่จะจับ Lactate และจับ Ethanol ออกไปได้ สำหรับอุณหภูมิของโลกที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของ

คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเป็นผลให้อุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น ซึ่งในปรากฏการณ์ Greenhouse gas ที่เพิ่มขึ้นในชั้นบรรยากาศ เมื่อแบ่งออกเป็นกลุ่มจะได้ 5 กลุ่มใหญ่ๆด้วยกัน ใน 5 กลุ่มที่เป็น Greenhouse gas ถ้าคิดอัตราของโลกร้อนเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ จะพบว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของโลกร้อนที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเกิดจากคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ส่วนอีก 50 เปอร์เซ็นต์ ที่เหลือเกิดจาก Gas ต่างๆรวมกัน ในกรณีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิสูง ในสภาวะอุณหภูมิต่ำจะไปยับยั้งกระบวนการซ่อมแซมตัวเองของพืชได้ เรียกว่า D_1 repair cycle ตัว D_1 เป็น Polypeptide อยู่ใน Photo system II ในระบบการสังเคราะห์แสงจะมี Pigment ที่คอยเก็บแสงและส่งให้ Reaction center ซึ่งใน Reaction center จะมี D_1 polypeptide อยู่ตรงบริเวณ Photo system II อีกระบบหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการแยกน้ำ ซึ่งน้ำจะ Splash ออกมา เพื่อส่งผ่านออกซิเจน เรียกว่า Oxygen evolving complex (OEC) การทำงานของ Photo system II จะมี Evolving cycle ของพืชที่สามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆได้ ส่วนเยื่อหุ้มเซลล์มีหน้าที่คอยควบคุมการแลกเปลี่ยนสารเข้าออกเซลล์ บางครั้งพบว่า ภายใน Organelle จะมี Membrane หุ้มอยู่ เมื่อตรวจสอบปริมาณไอออน พบว่า แคลเซียมไอออนใน Organelle จะมีความเข้มข้นสูงกว่าใน Cytoplasm ซึ่งเป็นการทำงานของตัว Membrane เป็นเรื่องของ Membrane fluidity ที่ขึ้นอยู่กับการสัดส่วนของ Unsat / sat FA ดังนั้นพืชที่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำ ตัว Membrane จะสามารถปรับตัวให้สัดส่วนของ Unsat กับ sat FA เหมาะสมกัน พืชที่ทนทานจะมีสัดส่วนของ Unsat มากกว่า และอุณหภูมิจะต่ำกว่า ซึ่งเกิดจากการ Freezing ใบพืชจะถูกทำลาย เนื่องจากน้ำแข็งเข้าไปที่เมแทงเซลล์ แต่พอมิศึกษาเพิ่มเติม พบว่า น้ำแข็งที่เกิดขึ้นบริเวณผนังเซลล์แล้ว เนื่องจากความแตกต่าง

ต่างของ Water potential ทำให้น้ำจะไหลจากภายใน cell ออกมา ซึ่งผนังเซลล์ทำหน้าที่เป็น Ice formation เมื่อมีน้ำแข็งมาเกาะ แต่สาเหตุที่พืชตายเพราะการขาดน้ำในเซลล์ เมื่อขาดน้ำในเซลล์โปรตีนจะเกิดการตกตะกอน และในกรณี High temperature จะเกี่ยวข้องกับระบบ Photo system II และ OEC ที่ตอบสนองต่อ Thylakoid membrane sensitive เมื่ออุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลง และ Polypeptide D_1 เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้เกิดการยับยั้ง D_1 ในพืชที่ทนทาน พบว่า สามารถสร้าง Heat shock proteins (HSPs) ได้ ส่วน Ubiquitin heat shock proteins จะทำหน้าที่จับ Taq ของโปรตีนที่ถูก Denature ไปแล้วออกไปทำลายจากการศึกษาข้อมูลของป่าไม้ พบว่า พืชที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงจะมีการสร้างสารโมเลกุลต่ำพวกไฮโดรคาร์บอน เช่น ไอโซกรัม ซึ่งเป็นสารที่เมธาไทด์ได้จากรายงานการศึกษา Blue mountain ในออสเตรเลียที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว มีไฮโดรคาร์บอนที่จะปล่อยปรากฏการณ์ไอโซกรัมออกมา ปรากฏการณ์ไอโซกรัมจะเกิดขึ้นกับแสงทำให้มองเห็นภูเขาเป็นสีฟ้า ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ จะเห็นได้ว่าในเรื่องของสภาวะความเครียดในพืชจะมีกลุ่มของสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องมากพอสมควร โดยเฉพาะโปรตีนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด โดยสรุปแล้วเรื่องของ การตอบสนองต่อสภาวะเครียดของพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับธรรมชาติ ความรุนแรงที่เกิดขึ้น นอกจากนั้น ในการศึกษาในแต่ละส่วนของพืชการเกิดความเครียดจะเกิดขึ้นพร้อมกันคือเป็น Interaction of stresses ส่วนปัจจัยในด้านการเจริญเติบโต ถ้าเจอในช่วง Seedling, Vegetative และ Reproductive จะเกิดสภาวะเครียดในระดับ Mild stress พืชจะมีการปรับตัวและมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความสามารถของพันธุกรรมของพืชเอง