บทปฏิบัติการที่ 3

Study on the effect of temperature stress on crop production

คำนำ

อุณหภูมิของโลกอยู่ภายใต้อิทธิพลของดวงอาทิตย์ และบรรยากาศของโลก อุณหภูมิของโลกขึ้นกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ที่กระทำต่อพื้นที่บริเวณละติจูดต่างๆของโลก พื้นที่ที่ละติจูดสูงก็มีอากาศหนาวเย็นขึ้น สิ่งมีชีวิตมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิไม่เหมือนกัน บางชนิดสามารถทนทานต่ออุณหภูมิสูง บางชนิดทนทานต่ออุณหภูมิต่ำ แต่ส่วนใหญ่สามารถมีชีวิตอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 0-40 °C เนื่องจากภายในเนื้อเยื่อของพืชมีน้ำเป็นองค์ประกอบ ถ้าอุณหภูมิต่ำจะทำให้เกิดน้ำแข็งภายในเซลล์ของพืช และถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้โปรตีนเสื่อมลง นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีบทบาทต่อปฏิกิริยาเอนไซม์ต่างๆ โดยทำให้การเกิดปฏิกิริยาเพิ่มได้เร็วขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปทำให้เอนไซม์ถูกทำลายได้ พืชแต่ละชนิดมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูง-ต่ำ แตกต่างกัน และอุณหภูมิที่เหมาะสมแตกต่างกัน พืชที่อยู่ในเขตร้อนจะทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าพืชในเขตหนาว แต่พืชเมืองหนาวทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีกว่า

อุณหภูมิต้นพืช

อุณหภูมิของต้นพืช ใบพืช และอุณหภูมิของอากาศในทรงพุ่มของพืช และบริเวณรอบๆต้นพืชอยู่ภายใต้อินทธิพลของพลังงานแสง และความชื้นในดิน พลังงานแสงที่ส่องถึงใบพืชก็ให้เกิดผลแก่พืช 3 ประการ คือ การคายน้ำ การสะสมความร้อนชื้นในใบ หรือการสูญเสียพลังงานความร้อนภายในอากาศ พืชที่ขาดน้ำ มีอุณหภูมิของใบสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศ ถ้าพืชไม่ขาดน้ำและมีสภาพเอื้ออำนวยต่อการคายน้ำ ใบพืชมีอุณหภูมิต่ำกว่าของอากาศ เพราะความร้อนภายในใบถูกนำพาออกไปกับกระบวนการคายน้ำ ใบพืชที่ถูกแสงแดดเต็มที่จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศโดยเฉพาะกับใบที่มีความหนามากๆ ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างใบพืชกับอากาศขึ้นกับชนิดของพืช สภาพบรรยากาศ และลม

อุณหภูมิของอากาศบริเวณรอบๆต้นพืช และในทรงพุ่มของพืช อยู่ภายใต้อิทธิพลของอุณหภูมิของอากาศชั้นนอกออกไป การปกคลุมของพืช รูปร่างของทรงพุ่มพืช และความชื้นในดิน พื้นดินที่มีความชื้นสูง และมีพืชปกคลุมดี พลังงานแสงส่วนใหญ่จะถูกใช้ไปกับการคายน้ำมีผลทำให้บรรยากาสรอบๆต้นพืชเย็นลง ในทางตรงกันข้ามถ้าดินขาดความชื้น และยิ่งมีพืชปกคลุมน้อย อุณหภูมิอากาศบริเวณรอบๆต้นพืชนั้นจะสูงขึ้น และอาจสูงกว่าพืช สภาวะโดยทั่วไปของอุณหภูมิภายในทรงพุ่ม ของพืชประเภทใบแคบ จะแตกต่างจากพืชใบกว้าง เนื่องจากพืชทั้งสองมีความแตกต่าง กันในรูปร่าง และการเรียงตัวของใบ พืชใบแคบย่อมให้แสงผ่านถึงใบล่างได้ดีกว่า และแสงจะส่องผ่านในแนวดิ่งมากกว่าในแนวนอน หญ้าที่มีทรงพุ่มสูงอุณหภูมิสูงสุดจะเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งต่ำกว่าระดับยอดลงไป และอุณหภูมิจะลดลงเมื่อยิ่งใกล้ผิวดิน ส่วนพืชต้นเตี้ย เช่น หญ้า

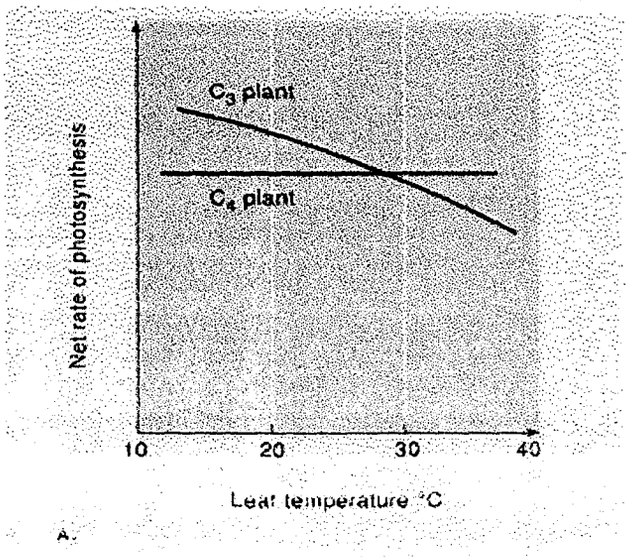
อุณหภูมิสูงสุดจะอยู่ ณ ตำแหน่ง ใบของหญ้า สำหรับพืชใบกว้างอุณหภูมิสูงสุดจะอยู่ในตำแหน่งใกล้กับยอดพืช ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ใกล้ผิวดิน

อุณหภูมิ และการพัฒนาการของพืช

ขณะที่พืชยังไม่งอกนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการมีชีวิตของเมล็ดพืชเขตร้อนอยู่ในช่วงระหว่าง 15-40 °C ในบางครั้งเมล็ดพืชบางชนิดอาจจะสามารถทนทานต่ออุณหภูมิสูง หรือต่ำกว่านั้น แต่เกิดได้ในช่วงเวลาสั้นๆเท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเมล็ดพืชในเขตร้อนมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วงใกล้กับ อุณหภูมิสูง(Squire,1993)

เนื่องจากพืชเจริญเติบโตอยู่บนพื้นดิน อุณหภูมิของดินจึงมีผลต่อการงอก และการเจริญเติบโตของธัญพืช อุณหภูมิของดินแปรผันตามช่วงเวลา และความลึกของดิน ธัญพืชที่ปลูกในเขตอบอุ่น จะงอกอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิ 24-28 °C อุณหภูมิต่ำสุดที่จะสามารถงอกได้ คือ 4 °C

อุณหภูมิของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชจะไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของรากส่งผลต่อการดูดน้ำ และธาตุอาหาร ในกรณีที่ความชื้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง การลดลงของอุณหภูมิส่งผลให้การดูดน้ำ และธาตุอาหารลดลง การส่งธาตุอาหารจากรากไปสู่ต้นก็ลดลงด้วยเช่นกัน อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากอยู่ประมาณที่ 22 °C ซึ่งอาจจะต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของลำต้นเล็กน้อย โดยแตกต่างกันตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต เช่น ในถั่วลิสงมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ที่ 24-33 °C แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำหรือสูงกว่านั้นจะส่งผลกระทบต่อผลผลิต ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 20 °C จะมีผลต่อการรับพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงคลื่น PAR(Photosynthecally active radiation) ทำให้ประสิทธิภาพของการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงเป็นน้ำหนักแห้ง (radiation use efficiency; RUE)ลดลง (Bell et al.,1994) แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปก็ส่งผลดังในลักษณะเดียวกัน แต่สำหรับพืช C4 ผลของอุณหภูมิสูงที่มีต่อการสังเคราะห์แสงมีน้อยมาก ดังรูปที่



รูปที่1 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการสังเคราะห์แสงของพืช C3 และ C4

ความเครียดของพืชที่เกิดจากอุณหภูมิ (Temperature stress)

การเจริญเติบโตของพืชเป็นการสะสมอุณหภูมิ โดยการคำนวณคำนวณความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ย และ อุณหภูมิฐาน(base temperature) เช่น กรณีข้าวฟ่างกำหนดให้อุณหภูมิฐาน 5°C และสะสมอุณหภูมิในแต่ละวัน(Degree day)จนกระทั่งครบจำนวนที่สะสมก็พร้อมสำหรับการพัฒนาการในช่วงการเจริญเติบโต เช่นการออกดอก การเก็บเกี่ยว เป็นต้น

ในธัญพืชเมืองหนาว อุณหภูมิที่ใช้วัดอัตราการเจริญเติบโตของพืช และช่วงเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตทั้งหมดของพืช เริ่มจากอุณหภูมิที่ต่ำที่สุด (ประมาณ 4-5 °C) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเจริญเติบโตของพืชก็จะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงอุณหภูมิที่เหมาะสม แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเจริญเติบโตก็จะเริ่มลดลง

การประเมินความเครียดของพืชที่เกิดจากอุณหภูมิ สามารถคำนวณโดยใช้สมการ

$$TS_j = sine\left(\frac{\pi}{2}\left(\frac{TG_j - T_{bj}}{T_{oj} - T_{bj}}\right)\right), \qquad 0 \le TS_j \le 1$$

เมื่อ TS = plant temperature stress factor

TG= ค่าอุณหภูมิดินเฉลี่ย (°C)

T_b = อุณหภูมิฐาน(base temperature)ของพืช j

T_o = อุณหภูมิที่เหมาะสมของพืช j

สมการนี้เป็นการคำนวณสัดส่วนของการเกิดความเครียดของพืช กับอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยการใช้อุณหภูมิของดินรายวัน วิธีการคำนวณนี้ใช้สำหรับการคำนวณในเขตอบอุ่นเพื่อใช้สำหรับเป็นการเตือนเมื่ออุณหภูมิไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

ทฤษฎีของ CWSI

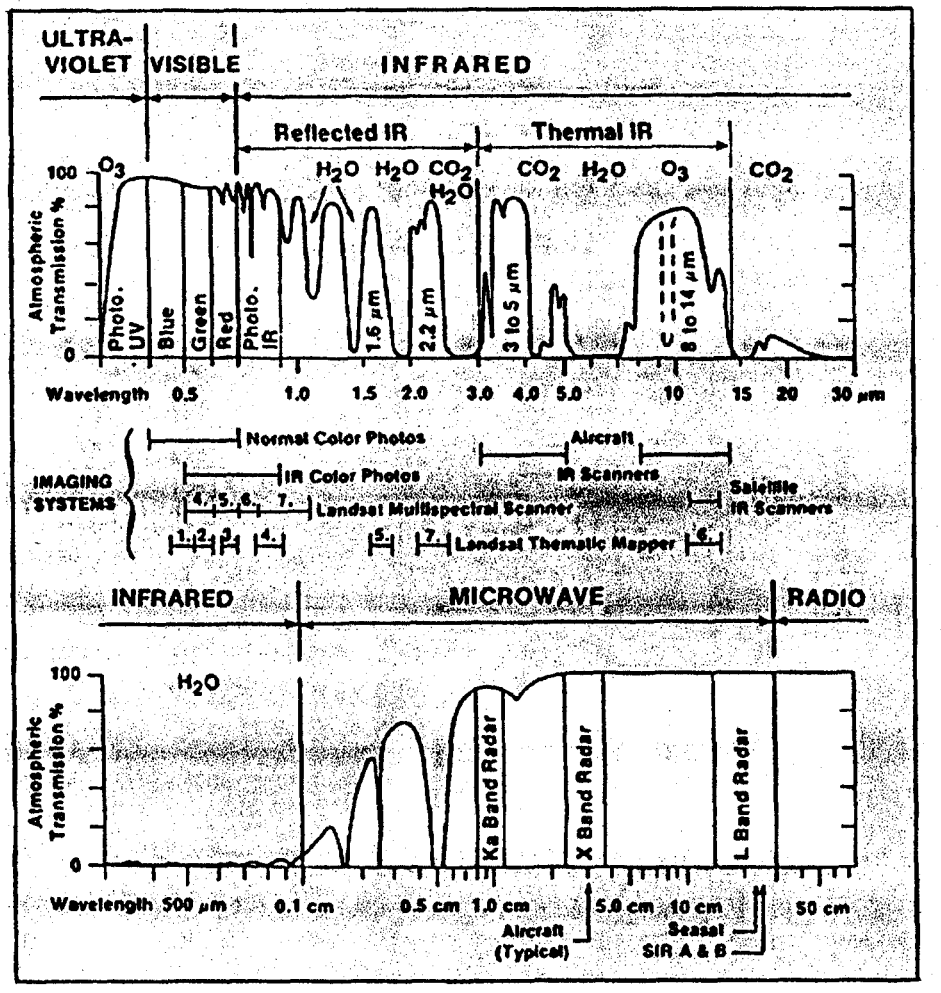
CSWI เป็นการวัด ความสัมพันธ์อัตราการคายน้ำของพืช โดยวัดอุณหภูมิของพืช และการวัดความแห้ง และความดันไอน้ำในบรรยากาศในขณะที่อากาศแห้ง (Vapor pressure deficit) โดยวัดในช่วงที่มีอากาศแห้ง เมื่อพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ส่องมากระทบใบทำให้เกิดการคายน้ำ จนกระทั่งพืชไม่สามารถคายน้ำทำให้อุณหภูมิของใบสูงขึ้น จนกระทั่ง CWSI=0 ซึ่งหมายถึงพืชไม่สามารถคายน้ำได้ อุณหภูมิของใบสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศ 4-6o ถ้าพืชคายน้ำได้สูงสุด CWSI=1

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ความยาวคลื่นและความถี่คลื่น มีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน คือ ความยาวคลื่นมากความถี่จะน้อย ความยาวคลื่นมีหน่วยวัดเรียกว่า ไมโครมิเตอร์ (Micrometer, m m) หรือไมครอน (Micron) ซึ่งเท่ากับ 0.000001 ม. หรือ 10^{-6} ม. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แบ่งออกได้ตามความยาวของคลื่นที่เรียกว่า ช่วงคลื่น (Band) ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่มีความยาวสั้นที่สุด คือ รังสีคอสมิค (Cosmic ray) มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 10^{-10} ไมครอน จนถึงช่วงคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่น

หลายกิโลเมตร (10^{-10} ไมครอน) สำหรับคุณสมบัติของช่วงคลื่น ประกอบไปด้วยช่วงคลื่นตามลำดับของความยาวดังนี้ รังสีแกมม่า รังสีเอ็กซ์ อุลตราไวโอเล็ต ตามองเห็น อินฟราเรด ไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ

ช่วงคลื่นที่ใช้ประกอบในการวัดความเครียดของพืชที่คือช่วงคลื่นอินฟราเรด ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ถัดจากช่วงคลื่นใต้แดง แบ่งเป็น 2 ช่วงกว้างๆ คือ อินฟราเรดช่วงใกล้ (Near Infrared) หรืออินฟราเรดสะท้อนแสงระหว่าง 0.7-3 ไมครอน และอินฟราเรดช่วงความร้อนระหว่าง 3-15 ไมครอน ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยค่าที่วัดได้เป็นอุณหภูมิภายใต้ทรงพุ่มของพืช



รูปที่ 2 แสดงช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาถึงความแตกต่างของลักษณะของทรงพุ่มในพืชแต่ละกลุ่ม
2. เพื่อเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าต่าง ๆ ที่วัดได้จาก Infrared gun ของพืชแต่ละชนิด

วิธีการทดลองและอุปกรณ์การทดลอง

1.เลือกต้นไม้ที่มีทรงพุ่มที่แตกต่างกันมา 3 ชนิด

- กลุ่มของไม้ผล ได้แก่ มะม่วง อยู่ในระยะ Vegetative
- กลุ่มพืชไร่ ได้แก่ ข้าวโพด อยู่ในระยะ Reproductive
- กลุ่มพืชผัก ได้แก่ โหระพา อยู่ในระยะ Vegetative

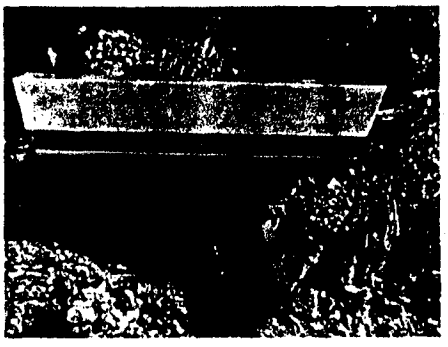
ก.มะม่วง

ข.ข้าวโพด

รูปที่ 3 แสดงพืชที่วัดด้วย INFRARED AG MULTIMETER

2. ใช้ INFRARED AG MULTIMETER MODEL 510B ดังรูปที่ 4 วัดและคำนวณค่าต่อไปนี้

- Infrared surface temperature
- RH%
- Ambient temperature
- Canopy temperature of each crop
- The difference between ambient temperature and canopy temperature
- Crop stress index



รูปที่ 4 INFRARED AG MULTIMETER MODEL 510B

3 นำข้อมูลที่ได้จากการวัดมาสร้างกราฟ โดย1 กราฟ ประกอบไปด้วยเส้น

3.1 Stressed base line ซึ่งคำนวณจาก DT=I + S(VPD) เมื่อ VPD=0 ซึ่งแสดงถึงสภาวะที่พืชเกิดความเครียด

ค่า S และ I ที่ใช้ขึ้นกับชนิดของพืช (ดูรายละเอียดที่ภาคผนวก) กำหนดให้

[redacted]ะม่วงใช้ CROP # 007

[redacted]ข้าวโพดใช้ CROP # 006

[redacted]หระพาใช้ CROP # 003

[redacted]3.2 Non stress base line เป็นสภาพที่พืชไม่เกิดสภาวะความเครียด

3.3 คำนวณเส้นที่วัดจากค่า DT=I+S(VPD) เมื่อ VPD =0 และ VPDเฉลี่ย ของค่าที่วัดได้

4 คำนวณหาค่า CWSI เปรียบเทียบกับ CWSI ที่ได้จากการวัด

การรวบรวมข้อมูล

ใช้ INFRARED AG MULTIMETER วัดค่าต่างๆ ภายใต้ทรงพุ่มของพืชที่กำหนด ดังนี้

- Infrared surface temperture
- RH %
- Ambient temperture
- Canopy temperture of each crop
- The difference between ambient temperture and canopy temperture
- Crop stress index

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลที่ได้จากการวัดมาสร้างกราฟ โดยกราฟประกอบด้วยเส้น

1.1 Stressed base line ซึ่งคำนวณจาก DT = I + S (VPD) เมื่อ VPD = 0 ซึ่งแสดงถึง สภาวะที่พืชเกิดความเครียด

ค่า S และ I ที่ใช้ขึ้นกับชนิดของพืช (ดูรายละเอียดที่ภาคผนวก) กำหนดให้

มะม่วงใช้ CROP # 007

ข้าวโพดใช้ CROP # 006

โหระพาใช้ CROP # 003

1.2 Non stress base line เป็นสภาพที่พืชไม่เกิดสภาวะความเครียด

1.3 คำนวณเส้นที่วัดจากค่า DT = I + S (VPD) เมื่อ VPD = 0 และ VPD เฉลี่ย ของค่าที่วัดได้

2. คำนวณหาค่า CWSI เปรียบเทียบกับ CWSI ที่ได้จากการวัด

เอกสารอ้างอิง

Bell, M.J., Roy, R.C., Tollenaar. And Michaeals. 1994. Importance of Variation in Chilling tolerance for peanut genotypic adaptation to cool, short-season environment. Crop sci. 34:1030-1039.

Squire, G.R. 1993. The physiology of tropical crop production. C A B international Wallingford Oxon UK.

ภาคผนวก

ค่า ที่ใช้ในการคำนวณกราฟ

Crop #001 Cotton,Delta Pine-90

I 2.00

S -2.24

Crop #002 Alfalfa, m.Saytoova L.

I .51

S -1.92

Crop #003 Barley pre-heading H. velgare L.

I 2.01

S -2.25

Crop #004 Barley post heading H.velgare L.

I 1.72

S -1.23

Crop #005 Bean.P.vulagevis L.

I 2.91

S -2.35

Crop #006 Corn. A. may L.

I 3.11

S -1.97

Crop #007 Cotton

I 1.92

S 2.11

Crop #008 Turf. Santa Ana

I 11.94

S -2.13

ความหมายของตัวอักษรย่อ

CWSI	Crop water stress index
IR (°C)	Infrared surface temperature
RH(%)	Relative humidity
DB (°C)	Dry bulb temperature
DT (°C)	Temperature differential
VPD(K)	Vapor pressure dificit
SOL	Solar radiation
I & S	Intercept and slope values