บทที่ 2
ทฤษฎีที่นำมาใช้เพื่อการศึกษา

2.1 การดูดน้ำของพืช

น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิตทั่วไป สำหรับพืชนั้นจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่ถึงประมาณ 80% โดยน้ำหนัก และเป็นส่วนสำคัญของขบวนการต่าง ๆ ในการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ

(1) เป็นวัตถุดิบที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis)

(2) เป็นตัวละลายธาตุอาหาร และเป็นตัวลำเลียงธาตุอาหาร

(3) ทำให้เซลล์ของพืชเปล่งปลั่ง (Turgidity) ทำให้ต้นไม้คงรูปอยู่ได้

สำหรับการสังเคราะห์แสงนั้น เป็นขบวนการสร้างอาหารของพืชจากน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเป็นกลูโคส (Glucose) และออกซิเจน สรุปปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงอย่างง่าย ๆ จะเป็นดังนี้

$$CO_2 + 2H_2O \xrightarrow[\text{Chlorophyll}]{\text{Light energy}} CH_2O + H_2O + O_2$$

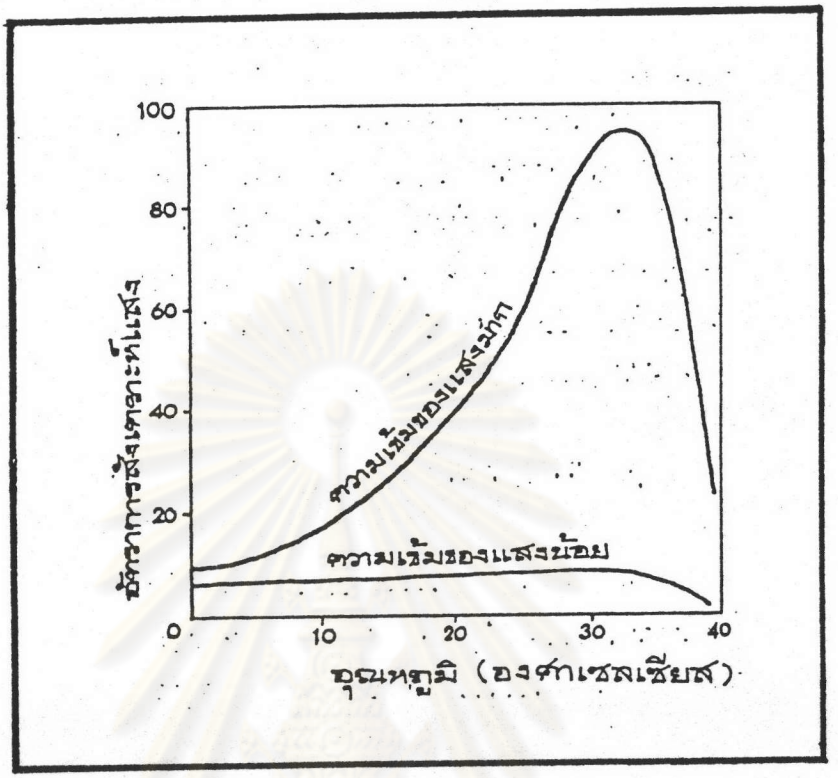
CH_2O = Formaldehyde เป็นสารที่ไม่คงตัวต้องรวมตัว 6 โมเลกุล เป็นน้ำตาลกลูโคส ดังสมการการสังเคราะห์ที่สมบูรณ์คือ

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{Chlorophyll}]{\text{Light energy}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + O_2$$

ก๊าซออกซิเจน (O_2) ที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงมาจากน้ำ

แสงที่ส่งมาที่ใบจะถูกดูดไว้ประมาณ 80 ถึง 85% ซึ่งในจำนวนนี้ประมาณ 0.5-3.5% ที่ถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง

แสงที่ใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์แสงได้ดีที่สุด คือแสงสีแดง และสีน้ำเงิน ในกรณีที่มีแสงมาก อุณหภูมิเพิ่มขึ้น CO_2 มาก ก็จะมีอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น แต่ก็มีจุดจำกัด ถ้ามากเกินไปอัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลงทันที อุณหภูมิที่พอเหมาะของพืชชนิดต่าง ๆ จะต่างกันไปบ้าง อุณหภูมิพอเหมาะอยู่ระหว่าง 10 ถึง 35 องศาเซลเซียส



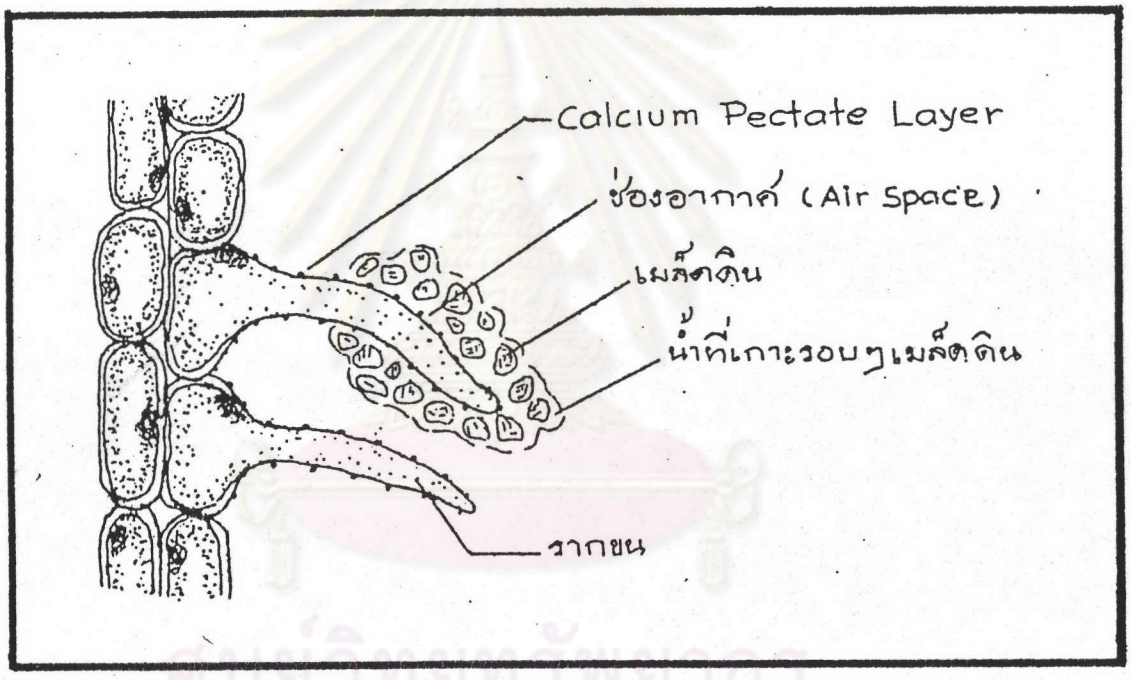
รูปที่ 2.1 แสดงอัตราการสังเคราะห์แสง (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ,2526)

โดยทั่วไปแล้วพืชจะมีรากทำหน้าที่ดูดสารละลายธาตุอาหารที่อยู่ใกล้กับปลายรากของพืช รากที่ดูดน้ำเรียกว่ารากขน (Root hair) ดูรูปที่ 2.2 รากขนนี้ทำหน้าที่ดูดน้ำและอาหารที่หุ้มอยู่รอบ ๆ เม็ดดิน ด้วยแรงออสโมติด (Osmotic pressure) โดยธรรมชาติแล้วรากของพืชจะได้น้ำจากดิน 2 ทาง คือ

1. น้ำที่อยู่เสมอที่บริเวณรากของพืช หรือดินมีความชื้นพอตลอดฤดูกาล
2. รากของพืชเจริญเติบโตออกไปสู่บริเวณที่มีความชื้นมากกว่า

ในขณะที่พืชดูดน้ำจากดิน ความชื้นบริเวณรอบ ๆ รากของพืชจะแห้ง และจะมีแรงดึงดูดความชื้นเพิ่มขึ้น น้ำบริเวณถัดไปก็จะไหลเข้ามาแทนที่ ถ้าดินบริเวณรากของพืชอ่อนนุ่มรากของพืชก็สามารถแผ่หรือขยายยาวออกไปสู่บริเวณที่มีความชื้นมากกว่า แต่ถ้าดินแห้งและแข็งมาก รากไม่สามารถจะงอกต่อไปได้ ความชื้นมีโอกาสซึมเข้ามาได้น้อยพืชก็จะเฉาตาย การไหลซึมของน้ำไปหารากพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการซึมได้ของดิน

ถ้ารากของพืชมีการเจริญเติบโต และงอกอย่างรวดเร็วพืชจะมีน้ำใช้อย่างเพียงพอ โดยไม่ต้องอาศัยแรงดูดซึม (Capillary force) มากนักรากของพืชจะไม่งอกลงสู่ระดับต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน เพราะรากพืชต้องการออกซิเจนสำหรับหายใจด้วย ถ้ามีความชื้นพอเหมาะรากพืชจะแผ่กระจายอยู่อย่างหนาแน่นในตอนบนของเขตรากพืชใกล้กับโคนต้น พืชจะดูดน้ำได้อย่างรวดเร็วบริเวณนี้และดินเองยังสูญเสียน้ำโดยการระเหยอีกด้วย ขณะที่ความชื้นลดลงแรงดึงดูดความชื้นจะเพิ่มขึ้น ในที่สุดพืชจะไม่สามารถดูดน้ำจากดินบริเวณนี้ได้ เมื่อปริมาณน้ำที่ไหลซึมสู่รากน้อยกว่าปริมาณน้ำที่พืชคายออกทางใบ พืชก็จะเหี่ยวเฉาตายไป ในที่สุด



รูปที่ 2.2 แสดงเซลล์ที่ผิวของราก(วิบูลย์ บุญยโรกุล,2524)

2.2 <u>การใช้น้ำของพืช</u> (Consumptive use)

ปริมาณการใช้น้ำของพืชหรือเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า "Evapotranspiration" มาจากคำว่า "Evaporation" (การระเหย) ได้แก่ น้ำที่ระเหยจากบริเวณรอบ ๆ ต้นพืช และอีกคำหนึ่งคือ "Transpiration" (การคายน้ำ) หมายถึงจำนวนน้ำที่ผ่านเข้า

ไปในรากพืช แล้วผ่านออกไปทางปากใบสู่บรรยากาศ เมื่อนำมารวมกันแล้วหมายถึงปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ

2.2.1 การระเหย (Evaporation)

การระเหยเป็นการเปลี่ยนสภาพจากของเหลวเป็นไอ ขบวนการดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อออนุของน้ำซึ่งเคลื่อนที่ตลอดเวลา มีพลังงานมากพอที่จะหลุดออกจากผิวน้ำเข้าสู่บรรยากาศ ในทำนองเดียวกัน บางส่วนของอนุของน้ำที่เป็นไอในบรรยากาศอาจตกลงมาสู่ผิวน้ำ และคงสภาพเป็นของเหลว การแลกเปลี่ยนสุทธิของอนุของน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่ผิวของเหลว เป็นปัจจัยกำหนดอัตราของการระเหย ในการนี้การระเหยจะเกิดติดต่อกันได้ก็ต่อเมื่อมีพลังงานมากพอที่จะให้ความร้อนแฝงของการระเหย (ประมาณ 540 แคลอรี่ต่อกรัมของน้ำ เมื่อระเหยที่ 100 °C) และในขณะเดียวกันจะต้องมีการเคลื่อนย้ายไอออกไปจากผิว เพื่อให้ความดันไอที่ชั้นติดกับผิวของเหลวน้อยกว่าความดันไออิ่มตัว (Saturated vapour pressure)

ปัจจัยที่ควบคุมการระเหย

(1) ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ถ้าถือว่าการระเหยเป็นขบวนการแลกเปลี่ยนพลังงาน จะเห็นได้ว่าการแผ่รังสีเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด และแหล่งพลังงานดังกล่าวได้แก่ ดวงอาทิตย์ ในขณะเดียวกัน จากทฤษฎี และการทดลอง ก็พบว่า อัตราการระเหยจากน้ำที่อุณหภูมิกำหนด จะเป็นอัตราส่วนกับความเร็วลม และความดันไอของอากาศที่ปกคลุมผิวน้ำ จะเห็นได้ว่าอันที่จริงแล้วอุณหภูมิของน้ำมิได้เป็นอิสระจากความเร็วลม และความดันไอ ถ้าการแลกเปลี่ยน การแผ่รังสี และปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาอื่น ๆ คงสภาพเหมือนเดิมเหนืออ่างเก็บน้ำตื้น ๆ เป็นเวลานานพอสมควร อุณหภูมิของน้ำและอัตราการระเหยจะคงที่ ถ้าลมที่พัดผ่านมาเพิ่มความเร็วขึ้นเท่าตัว อัตราการระเหยจะเพิ่มขึ้นเท่าตัวชั่วขณะ อัตราการระเหยที่เพิ่มขึ้นนี้ จะดึงเอาความร้อนจากน้ำในอัตราที่สูงกว่าน้ำ ได้รับกลับคืนมาจากการนำ และการแผ่รังสี อุณหภูมิของน้ำจะปรับตัวเข้าสู่สมดุลย์ที่อุณหภูมิต่ำลง และการระเหยก็จะลดลงเช่นกัน ในระยะยาวการเปลี่ยนแปลงความเร็วลม 10 เปอร์เซนต์ จะทำให้การระเหยเปลี่ยนไปในราว 1 ถึง 3 เปอร์เซนต์ ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาตัวอื่น ๆ ในอ่างเก็บน้ำลึก ๆ และมีขนาดใหญ่พอสมควร จะเก็บสะสมความร้อนไว้ได้สูง การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมและความชื้นอย่างรวดเร็ว มีผลในระยะยาวค่อนข้างสูง ความร้อนที่เพิ่มขึ้น หรือออกมาจากอ่างมีส่วนช่วยในการสร้างสมดุลย์ของความต้องการพลังงาน ดังนั้นโดยอาศัยพลังงานส่วนเกินที่สะสมไว้ การระเหยที่เพิ่มขึ้นในช่วงอาทิตย์ที่แห้งและลมแรงจัด จะทำให้การ

ระเหยในอาทิตย์ถัดมาลดลงจากที่ควรจะเป็น

การประเมินว่า ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา มีผลต่อการระเหยในสัดส่วนเท่าใดนั้น ทำได้ยากและการสรุปใด ๆ มักจะต้องระบุ ระยะเวลาที่ใช้พิจารณาไว้ด้วย โดยทั่วไปอัตราการระเหยนั้น อยู่ภายใต้อิทธิพลของการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศ ความดันไอลม และความดันบรรยากาศ เนื่องจากการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์เป็นปัจจัยที่สำคัญ การระเหยจึงเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูง ฤดูกาล ช่วงเวลาของวัน และสภาพท้องฟ้า

(2) ธรรมชาติของผิวที่ขังน้ำ ผิวทุกชนิดที่รองรับฝนตกไม่ว่าจะเป็นพืช อาคาร ถนน น้ำที่ขังอยู่จะระเหยได้ทั้งสิ้น เนื่องจากอัตราการระเหยระหว่างที่ฝนตกนั้นน้อยมาก ส่วนที่สูญเสียไปของฝนที่ตกมานั้น มักจะเสียไปในการทำให้ผิวเหล่านี้ชุ่มโชก ถึงแม้ว่า การระเหยจากส่วนนี้มีมากพอสมควร ถ้าคิดทั้งปี แต่โดยทั่วไปมักจะไม่คำนวณหาแยกมาต่างห่าง แต่รวมกับการหาระเหยอื่น ๆ

อัตราการระเหย จากผิวดินที่ชุ่มนั้นประมาณเท่ากับอัตราการระเหยจากผิวน้ำข้างเคียง ที่อุณหภูมิเดียวกัน

(3) ผลจากคุณภาพของน้ำ ผลของความเค็มและสารละลายอื่น ๆ ที่มีต่อการระเหย คือ ลดอัตราการระเหยอันเนื่องมาจากการลดความดันไอของสารละลาย ความดันไอของน้ำทะเล (มีเกลือละลายอยู่ประมาณ 35,000 ppm.) นั้นมีค่าความดันไอต่ำกว่าน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกันอยู่ราว 2% การระเหยที่ลดลงนั้นน้อยกว่าความดันไอที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้ เพราะเมื่อการระเหยลดลงอุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้น ซึ่งทำให้ผลจากความดันไอที่ลดลงลดน้อยลง ในน้ำทะเลเองการระเหยที่ลดลงนั้นไม่เคยมีค่ามากหนึ่ง หรือสองเปอร์เซนต์ในระยะยาว ดังนั้นผลจากความเค็มอาจจะตัดทิ้งได้ในกรณี การคำนวณหาการระเหยจากอ่างเก็บน้ำ

2.2.2 <u>การคายน้ำ</u> (Transpiration)

เป็นขบวนการที่พืชใช้ในการปรุงอาหารเพื่อความเจริญเติบโต น้ำที่พืชดูดขึ้นมากส่วนใหญ่จะคายออกสู่บรรยากาศในขบวนการนี้ ในทางด้านวิศวกรรมนั้นส่วนนี้มักจะนำไปรวมกับการระเหยของน้ำจากดิน และผิวอิสระรวมเป็นการคายระเหยของน้ำ

ปัจจัยที่ควบคุมการคายน้ำ

(1) ชนิดของพืช พืชดึงน้ำจากรากขึ้นมายังใบเพื่อปรุงอาหาร และคายน้ำออกเป็นส่วนหนึ่งของขบวนการ อัตราการคายน้ำขึ้นอยู่กับชนิดของพืชเป็นสำคัญ ถ้าความชื้นมีอยู่ในดินมากพอ เนื่องจากขบวนการปรุงอาหาร อาศัยแสงแดด ดังนั้น ประมาณ 95% ของการคายน้ำจึงเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวัน และพืชจะหยุดปรุงอาหาร ถ้าอุณหภูมิลดต่ำ

กว่า 4° ซ ทำให้การคายน้ำลดต่ำลง

(2) ความชื้นในดิน อัตราการคายน้ำของพืชชนิดเดียวกันนั้น ขึ้นอยู่กับ ความชื้นในดินที่มีการดูดน้ำของพืชจากดินนั้นเป็นไปได้ตราบเท่าที่ความดัน ออสโมซิสสูงกว่าแรงยึดต้าระหว่างดินกับน้ำ พลังงานที่ใช้ในการดูดน้ำจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เริ่มจากน้ำในดินอยู่ได้อย่างอิสระ ที่จุดอิ่มตัวจนถึงจุดที่ความดันออสโมซิสเท่ากับแรงยึดตัวระหว่างดินกับน้ำดังกล่าว ซึ่งที่จุดนั้นพืชจะไม่มีน้ำมาใช้ และจะเฉาตายในที่สุด ปริมาณความชื้นในดินที่พืชนำมาใช้แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ดินทรายมีความชื้นที่นำมาใช้ได้อยู่ในราว ๐.5 มม./ชม. ของชั้นดิน ส่วนดินเหนียวปนทรายจะมีความชื้นในราว 2 มม./ชม. ของความลึก

2.3 <u>การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช</u>

2.3.1 <u>การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชจากข้อมูลภูมิอากาศ</u>

ความต้องการน้ำของพืชเป็นผลรวมของจำนวนน้ำที่พืชคายออกกับการระเหยจากพื้นดิน หรือพื้นน้ำที่อยู่รอบ ๆ ต้นพืช ปริมาณน้ำดังกล่าวจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ความชื้นในดิน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม แสงแดด และอื่น ๆ ซึ่งบางอย่างกำหนดให้เป็นค่าคงที่ได้ เช่น ดิน ความชื้นในดิน ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำของพืชจึงขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และลักษณะของภูมิอากาศ ได้มีผู้คิดค้นสูตรสำเร็จเพื่อคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชไว้หลายวิธีด้วยกัน แต่สำหรับในการวิจัยนี้จะใช้เพียง 2 วิธี คือ

(1) วิธีของ Penman เป็นการใช้หลักการร่วมระหว่างการสมดุลย์ของพลังงานและการส่งถ่ายมวล นักวิชาการของไทยในกรมชลประทาน ได้ใช้สมการของเขา หาค่าการใช้น้ำของต้นข้าว และพบว่า สูตรของเขาใช้ได้ดี ในประเทศไทย สูตรของ Penman เป็นสูตรที่ได้รวมเอาพลังงานที่ก่อให้เกิดการคายระเหย เนื่องจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และอิทธิพลของภูมิอากาศ เช่น ลม ความดันไอ เป็นต้น

$$ET_p = \frac{1}{\Delta+\gamma}(\Delta Q_n + \gamma E_a) \qquad (2\text{-}1)$$

โดย ET_p = ศักยการคายระเหยสูงสุด (มม./วัน)
(Potential evapotranspiration)

Δ = ความลาดเทของกราฟของความดันไออิ่มตัว (Saturated vapor pressure) กับอุณหภูมิที่จุดซึ่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ย

γ = Psychrometric Constant
= ๐.49 (อุณหภูมิเป็น °C และความดันเป็น มม.ของปรอท)

Q_n = รังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์ (Net solar radiation) ซึ่งแปลงเป็นความลึกของน้ำที่ระเหยไปเป็น มม./วัน

ค่ารังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์ประมาณได้จากสูตร

$$Q_n = Q_A(1-r)(0.18+0.55n/N)-\sigma T^4(0.56-0.0797\sqrt{e_d})(0.10+0.90n/N) \quad (2-2)$$

Q_A = Angot's value รังสีจากดวงอาทิตย์ที่จะได้รับบนผิวโลก เมื่อไม่มีบรรยากาศ ปกคลุมอยู่ แปลงให้เป็นความลึกของน้ำเป็น มม./วัน (gm คงที่)

r = สัมประสิทธิ์ของการสะท้อน (Reffection Coefficient) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างรังสีอาทิตย์ที่ถูกสะท้อนออกไปต่อกับรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนผิวของวัตถุนั้น

Penman ใช้ค่า r = 0.05 (ผิวน้ำ)

r = 0.01 (ดินเปียก)

N = ระยะเวลาที่มีแสงแดดนานที่สุด ที่จะเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลานั้น

n = ระยะเวลาที่ได้รับแสงอาทิตย์จริง

มีผู้หาสูตรไว้สำหรับประเทศไทย ในเทอมของ n/N ดังนี้

$$n/N = 0.745+0.095C_c-0.02C_c^2 \quad (2-3)$$

เมื่อ C_c คือ ขีดความคลื้มของเมฆซึ่งวัดตั้งแต่ 0-8

ถ้าหากไม่มีการวัดความเร็วของลมที่ระดับ 2 เมตรไว้ ก็อาจดัดแปลง ค่าที่วัดได้ ที่ระดับอื่น ๆ มาเป็นค่าที่ระดับ 2 เมตร โดยใช้สูตร

$$U_2 = U_1 \frac{\log 2}{\log h} \quad (2-4)$$

U_1 = ความเร็วของลมเป็น กม./วัน ซึ่งวัดที่ระดับเหนือพื้นดิน h เมตร

σT^4 = รังสีสะท้อนจากวัตถุที่มีผิวดำสนิท แปลงให้เป็นความลึกของน้ำ มม./วัน

$$E_a = 0.262(e_a-e_d)(1+0.0062U_2) \quad (2-5)$$

e_a = ความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศ มีหน่วยเป็นมิลลิบาร์

e_d = ความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของจุดน้ำค้างมีหน่วยเป็นมิลลิบาร์ = ความชื้นสัมพัทธ์ x e_a

U_2 = ความเร็วเฉลี่ยของลมที่ระดับเหนือจากพื้นดิน 2 เมตร มีหน่วยเป็น กิโลเมตรต่อวัน

(2) วิธีของ Makkink Makkink ได้นำเอาค่ารังสีของดวงอาทิตย์ (Solar radiation) เข้ามาใช้ สูตรนี้คิดขึ้นจากการวัด Potential evapotranspiration ของหญ้าใน Lysimeter ที่ประเทศเนเธอร์แลนด์

$$E_T = 0.61\ Q \frac{\Delta}{\Delta+\gamma} - 0.12 \qquad (2\text{-}6)$$

โดย ET_p = Potential evapotranspiration (มม./วัน)

Q = รังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งแปลงให้เป็นปริมาณน้ำระเหยไปเป็น มม./วัน ถ้าหากไม่มีการวัดไว้ อาจใช้สูตร

$$Q = Q_A\ (0.18+0.55n/N) \qquad (2\text{-}7)$$

Q_A = Angot's value (มม./วัน)

n = ระยะเวลาที่ได้รับแสงแดดจริง

N = ระยะเวลาที่มีแสงแดดนานที่สุดที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น

2.3.2 <u>การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช จากการวัดระเหย</u>

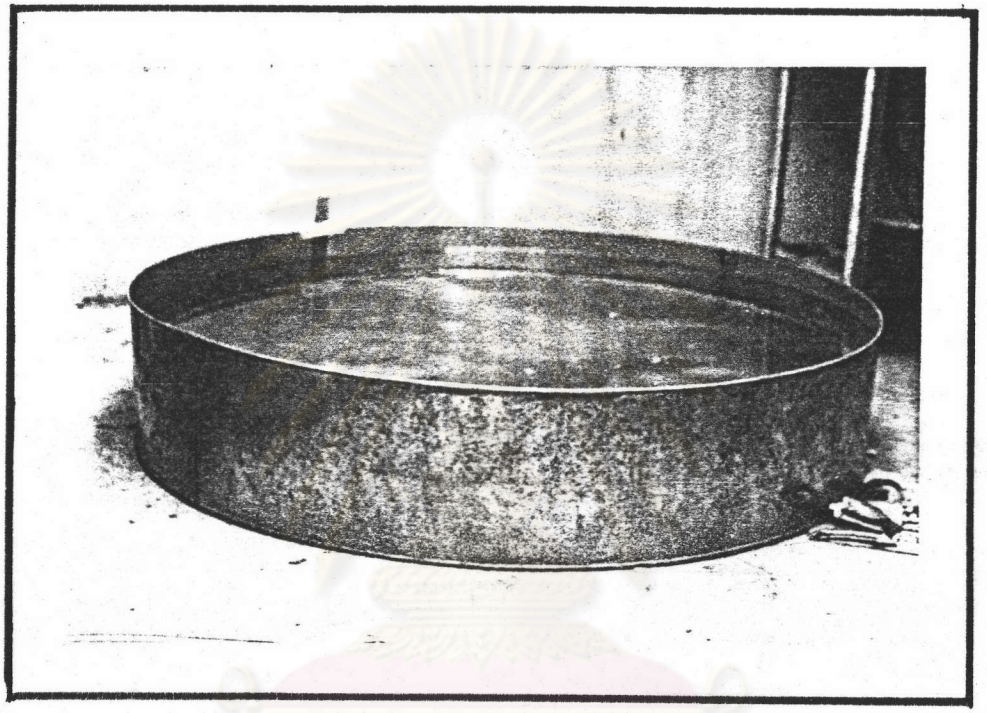
ถาดที่ใช้วัดการระเหย มีการติดตั้งอยู่สามแบบด้วยกัน คือ แบบจม แบบลอย และแบบบนผิวดิน แบบจมหรือแบบฝังในดินเป็นวิธีที่พยายามจะกำจัดผลจากขอบเขต (Boundary) เช่น การแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ไปยังด้านข้างลาด และการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างบรรยากาศกับตัวถาด แต่วิธีนี้ทำให้มีปัญหาการสังเกตุการณ์ นอกจากนี้ เศษใบไม้ หรือสิ่งอื่น ๆ ตกลงไปในถาดได้มากกว่า การติดตั้งแบบอื่นยากต่อการติดตั้ง ทำความสะอาด และซ่อมแซม ถ้ารั่วก็สังเกตุพบยาก ความสูงของพืชที่อยู่ข้างเคียง มีผลมากต่อการระเหย นอกจากนี้ก็ยังมีการถ่ายเทความร้อนในปริมาณที่วัดได้จำนวนหนึ่ง ระหว่างถาดกับดินรอบ ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ความชื้น และพืชคลุมดิน ในกรณีอย่างนี้ พบว่าปริมาณการระเหย ในถาดขนาด 2 เมตร จะผิดไป 10 เปอร์เซนต์ และ 7 เปอร์เซนต์ ในถาดขนาด 5 เมตร จะเห็นว่า มีผลมากต่อถาดขนาดเล็ก

สำหรับถาดที่ติดตั้งแบบลอย โดยนำถาดไปลอยในอ่างเก็บน้ำที่ต้องการวัดจริง ๆ จะให้ค่าใกล้เคียงกับการระเหยจริง ๆ ได้ดีกว่าแบบที่ตั้งอยู่บนพื้นดินหรือฝังลงไปในดิน แต่ก็ยังมีผลจากขอบเขตอยู่ การสังเกตุการณ์ทำได้ยาก ค่าที่ได้อาจเชื่อถือไม่ได้ถ้าเกิดคลื่นลม น้ำกระฉอกเข้าถาดหรือจากถาดกระฉอกออกไป การติดตั้งและดำเนินงาน ค่อนข้างแพง ดังนั้นในปัจจุบันจึงไม่ค่อยใช้กัน

ถาดซึ่งมีการติดตั้งบนพื้นดิน จะให้ค่าการระเหยที่มากกว่าแบบฝังลงไปในดิน ทั้งนี้ เนื่องจากได้รับความร้อนโดยตรงจากผนังข้างถาด เกิดการแลกเปลี่ยน

ความร้อน ปัญหานี้สามารถแก้ได้โดยการหุ้มฉนวนกันความร้อนรอบถาด ประโยชน์ที่เห็นได้ง่าย ๆ ก็คือ ประหยัดค่าใช้จ่าย ง่ายต่อการติดตั้ง ดำเนินการและดูแลรักษา

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ใช้แบบตั้งบนดิน คือ แบบชั้น A (Class A) ลักษณะ (ดังรูปที่ 2.3) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 122 ซม. สูง 25.4 ซม. ตัวถาดทำด้วยเหล็กเคลือบสังกะสี ไม่ทาสี ปริมาณน้ำขังภายใน 20 ซม. และจะต้องไม่ต่ำกว่า 18 ซม.



รูปที่ 2.3 ถาดที่ใช้วัดการระเหยแบบชั้น A

2.3.3 <u>การใช้น้ำของพืช กับการระเหยจากถาดวัดการระเหย</u>

การใช้น้ำของพืชรวมการระเหย มีค่าสัมพันธ์อยู่กับสภาพอากาศ ปริมาณน้ำที่กล่าวยังขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และระยะการเจริญเติบโต (Growth stages) ช่วงการเจริญเติบโตของพืชแบ่งได้ 3 ช่วง คือ

(1) ช่วงตั้งแต่ระยะงอกจนถึงเติบโตทางใบ (Vegetative Stage)

(2) ช่วงออกดอก (Flowering Stage)

(3) ช่วงออกผลตั้งแต่ผลเมล็ดสดอยู่จนถึงเมล็ดแห้ง (Fruiting Stage)

การใช้น้ำของพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะของการเจริญเติบโตดังกล่าว ขณะที่พืชยังเล็กอยู่ การใช้น้ำค่อนข้างน้อย อัตราส่วนการระเหย จากถาดวัดการ

ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์สำหรับใช้คูณการระเหยที่วัดจากถาดแบบชั้น A เพื่อให้ได้การใช้น้ำของพืช (วิบูลย์ บุญยะโรกุล, 2524)

Crop	Percentage of crop-growing season										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Alfalfa	0.55	0.60	0.70	0.80	0.90	0.95	0.95	0.95	0.90	0.80	0.65
Beans	0.20	0.30	0.40	0.65	0.85	0.90	0.90	0.80	0.60	0.35	0.20
Citrus and avocados	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.50	0.55	0.60	0.55	0.50
Corn	0.20	0.30	0.50	0.65	0.80	0.90	0.90	0.85	0.75	0.60	0.50
Cotton	0.10	0.20	0.40	0.55	0.75	0.90	0.90	0.85	0.75	0.55	0.35
Fruit, deciduous	0.20	0.30	0.50	0.65	0.70	0.75	0.70	0.60	0.50	0.40	0.20
Fruit with cover	Averages about 1.00 for periods of rapid growth of cover crop										
Grain, sorghum	0.20	0.35	0.55	0.75	0.85	0.90	0.85	0.70	0.60	0.35	0.15
Grain, Spring	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.55	0.75	0.85	0.90	0.90	0.30
Grain, Winter	0.15	0.25	0.35	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.90	0.30
Grapes	0.15	0.15	0.20	0.35	0.45	0.55	0.55	0.45	0.35	0.25	0.20
Ladino clover	Averages about 0.95 for maximum growth										
Nuts, walnuts	0.30	0.35	0.55	0.70	0.75	0.75	0.75	0.65	0.55	0.30	0.15
Nuts pecan	0.35	0.45	0.55	0.75	0.75	0.65	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Peanuts	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.60	0.65	0.65	0.60	0.45	0.30
Potatoes	0.20	0.35	0.45	0.65	0.80	0.90	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90
Rice	0.80	0.95	1.05	1.15	1.20	1.30	1.30	1.20	1.10	0.90	0.50
Sugar beets	0.25	0.45	0.60	0.70	0.80	0.85	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Sugar cane	Varies from 0.55 to 1.00 depending upon rate and stage of growth										
Vegetable, deep rooted	0.20	0.20	0.25	0.35	0.50	0.65	0.70	0.60	0.45	0.35	0.20
Vegetable, shallow rooted	0.10	0.20	0.40	0.50	0.60	0.60	0.60	0.55	0.45	0.35	0.30

016451

ระเหย กับปริมาณการใช้น้ำของพืช อยู่ระหว่าง 0.2-0.5 ประมาณการสูญเสียน้ำส่วนใหญ่เนื่องจากการระเหยจากผิวดินรอบ ๆ ต้นพืช เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่คือในช่วง Flowering Stage พืชจะใช้น้ำเพิ่มขึ้น จากอัตราส่วน 0.75-1.0 หรืออาจจะมากกว่า 1.0 เล็กน้อย และในช่วง Fruiting Stage การใช้น้ำของพืช จะลดลง กล่าวคือจะลดจากระยะที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ ประมาณ 10-20% และจะลดลงมาก เมื่อพืชอยู่ในระยะผลแห้ง

อัตราส่วนระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืช กับการระเหยจากอ่าง บางครั้งเรียกว่า Pan Coefficient ซึ่งค่าดังกล่าวขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ฤดูกาล เพาะปลูก อายุของพืช และพอจะกำหนดได้เป็นสูตรดังนี้

$$K_p = E_T/E_{Pan} \qquad (2\text{-}8)$$

K_p = Pan Coefficient

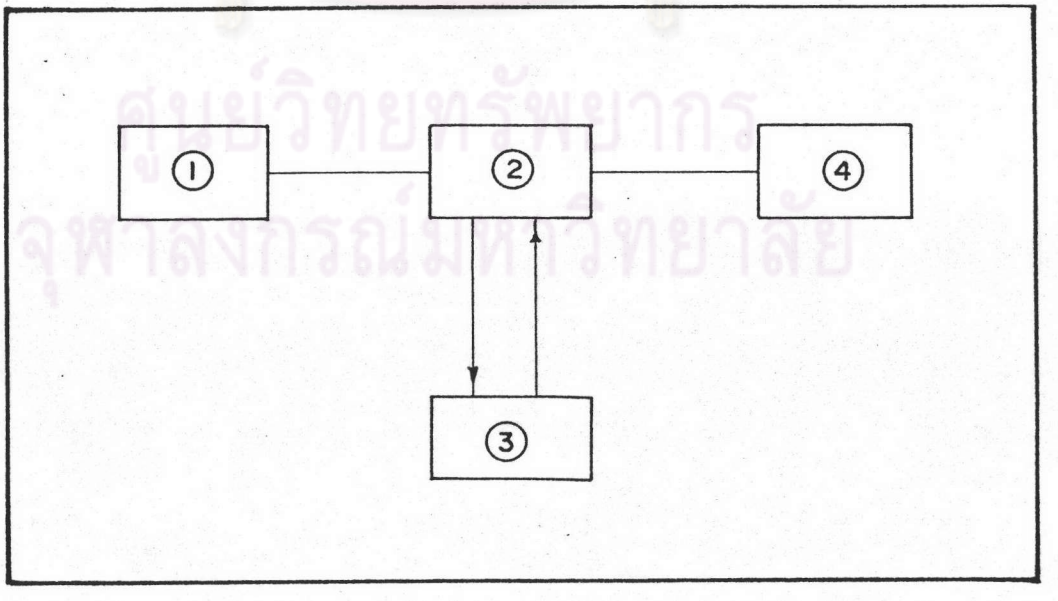
E_T = การใช้น้ำของพืช

E_{Pan} = ปริมาณการระเหยจากอ่าง

ค่า Pan coefficient สำหรับพืชบางชนิด อาจดูได้จากตารางที่ 2.1

2.4 ระบบคอมพิวเตอร์

โดยทั่วไป เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แผนผังแสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

(1) หน่วยรับข้อมูล (Input unit) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากภายนอกเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ โดยส่งข้อมูลเข้าไปสู่หน่วยประมวลผลกลาง ในที่นี้หน่วยรับข้อมูล คือ แป้นพิมพ์

(2) หน่วยประมวลผลกลาง (Central processing unit) จะควบคุมการเดินทางของข้อมูลต่าง ๆ ภายในระบบของเครื่องคอมพิวเตอร์ กล่าวคือ ข้อมูลทุกอย่างต้องผ่านหน่วยประมวลผลกลางเสมอ และยังทำงานในด้านการคำนวณ การตัดสินใจภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ

(3) หน่วยความจำ (Memory) ใช้เก็บข้อมูล และโปรแกรมการทำงานของเครื่อง

(4) หน่วยแสดงผล (Output unit) จะนำข้อมูลจากหน่วยประมวลผลกลางไปสู่ภายนอก โดยจะออกมาในรูปแบบที่ผู้ใช้เครื่องเข้าใจได้

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ รุ่น APPLE II เป็นเครื่องขนาด 8 บิท มีหน่วยความจำแบบสุ่มอ่าน (Random access memory) ขนาด 48 กิโลไบท์ หน่วยความจำแบบอ่านอย่างเดียว (Read only memory) ขนาด 12 กิโลไบท์ และหน่วยรับ/แสดงข้อมูล 4 กิโลไบท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย