หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีที่นำมาใช้เพื่อการศึกษา

2.1 การใช้น้ำของพืช (Consumptive Use)

ในการวิเคราะห์ทางชีววิทยาเกี่ยวกับการดำรงชีวิตของพืช ทำให้ทราบว่าขบวนการหลักที่เกี่ยวข้องในการดำรงชีวิตของพืชอันหนึ่งคือ การสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) การสังเคราะห์แสงเป็นขบวนการสร้างอาหารของพืชจากน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศเป็นกลูโคส (Glucose) และออกซิเจน ดังสมการ

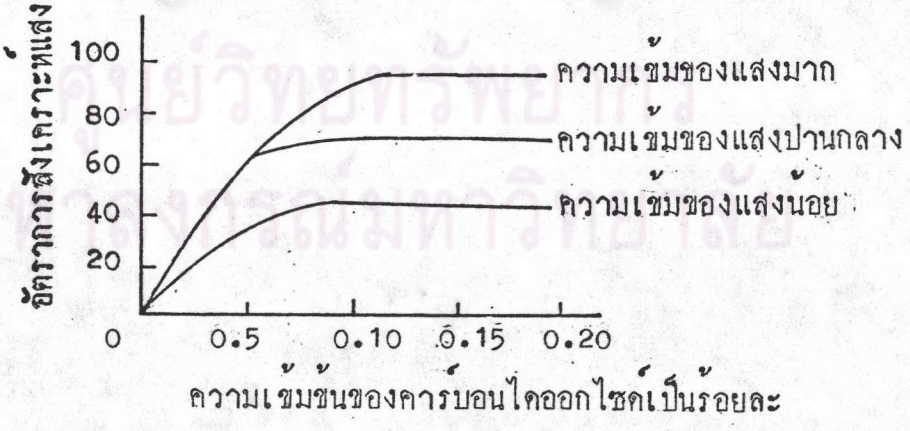
$$6H_2O + 6CO_2 \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{แสงแดด}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

ปริมาณน้ำที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสงนี้เป็นส่วนหนึ่งของปริมาณน้ำที่พืชดูดขึ้นมาจากพื้นดินโดยรากขน (Root Hair) โดยอาศัยขบวนการออสโมซีส (Osmosis) ปริมาณน้ำที่พืชดูดจากดินนี้ นอกจากใช้ในการสังเคราะห์แสงแล้ว พืชยังใช้เป็นตัวละลายธาตุอาหารให้อยู่ในรูปสารละลายเพื่อลำเลียงไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช ทำให้เซลของพืชเปล่งปลั่ง (Turgidity) และต้นพืชคงรูปอยู่ได้

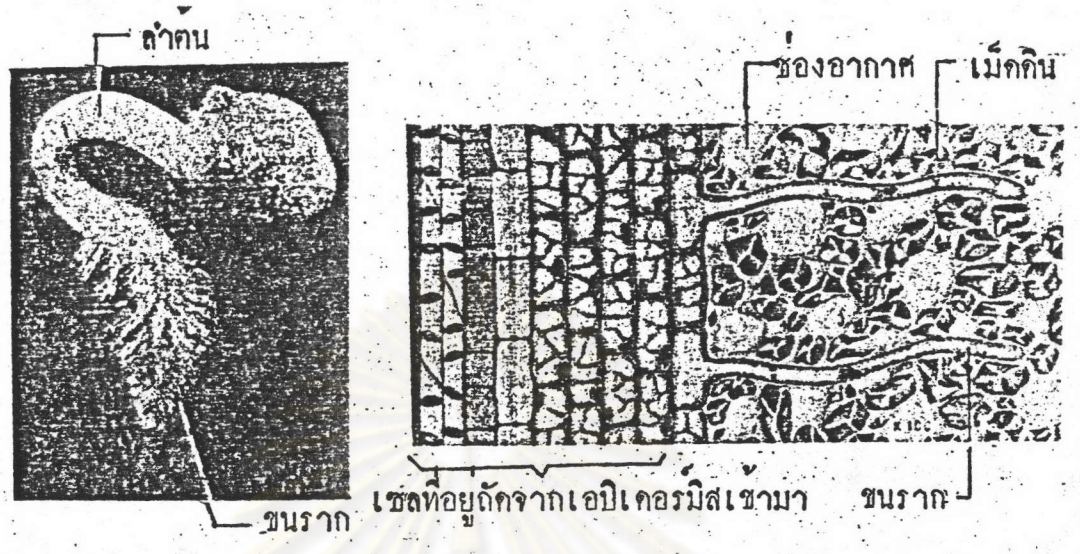
จากเหตุผลที่พืชต้องใช้น้ำดังกล่าว ในทางเกษตรและชลประทาน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบปริมาณการใช้น้ำของพืช เพื่อนำมาเป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืชให้เพียงพอกับความต้องการของมันในการออกแบบระบบชลประทานจัดสรรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

ในการศึกษาหาการใช้น้ำของพืช เป็นการลำบากที่จะวัดปริมาณน้ำที่พืชดูดจากดินได้ และการศึกษาต่อมาพบว่าปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ข้างต้นนั้น คิดเป็นเพียงประมาณ 2% ของปริมาณน้ำที่พืชดูดจากดินได้ และที่เหลือ 98% จะสูญเสียออกจากต้นพืชในรูปของไอน้ำตามบริเวณใบของพืชเป็นส่วนใหญ่โดยขบวนการที่เรียกว่า การคายน้ำ (Transpiration) (Wilfred, et. al., 1965)

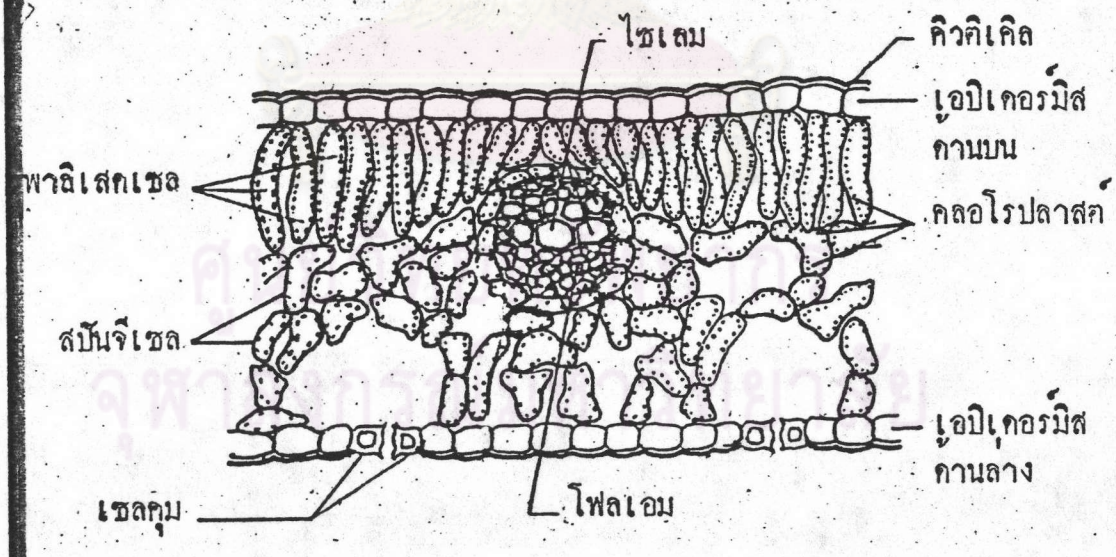
รูปที่ 2–1 แผนภาพโดยย่อของการสังเคราะห์แสง
(กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2519)



รูปที่ 2–2 ความสัมพันธ์ของอัตราการสังเคราะห์แสงกับความเข้ม
ของแสงและคาร์บอนไดออกไซด์
(กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2519)



รูปที่ 2–3 เซลขนรากที่อยู่ในดิน (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2519)



รูปที่ 2–4 โครงสร้างภายในของใบตัดตามขวาง

(กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2519)

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

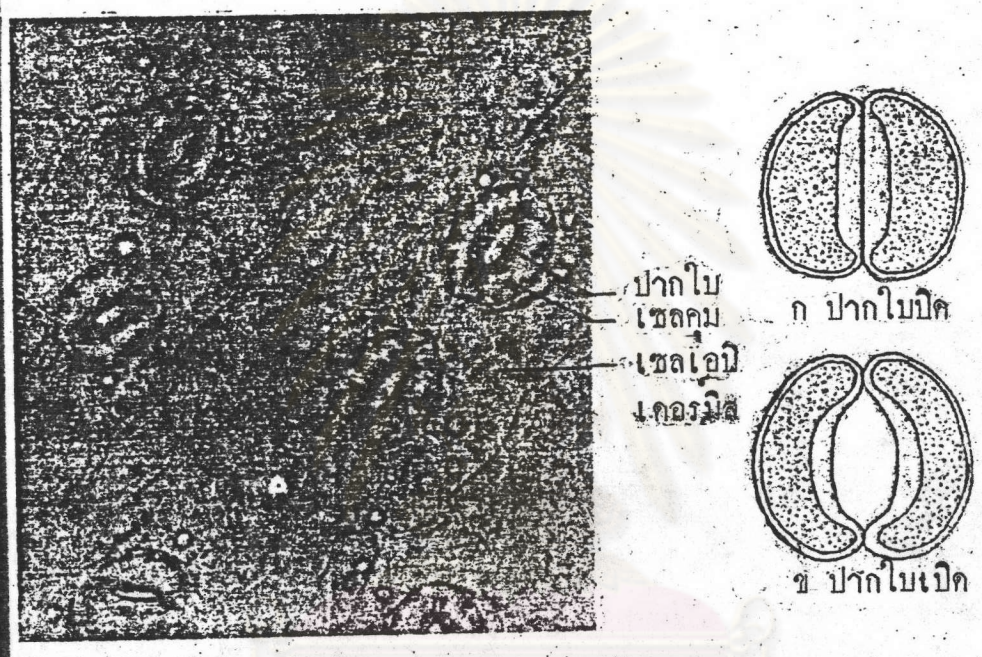
ขบวนการคายน้ำ เป็นขบวนการที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติของพืช เพื่อรักษาสมดุลของน้ำในต้นพืชและเพิ่มประสิทธิภาพการดูดน้ำของรากตามทฤษฎี Transpiration Pull การคายน้ำเกิดขึ้นส่วนใหญ่ที่บริเวณใบของต้นพืชตรงส่วนที่เรียกว่า ปากใบ (Stoma) เมื่อปากใบเปิด การคายน้ำก็เกิดขึ้น และเมื่อปากใบปิดก็ไม่มีการคายน้ำ เซลคุม (Guard Cell) เป็นเซลที่มีหน้าที่ควบคุมการเปิดปิดของปากใบ เมื่อการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้น น้ำตาลที่เกิดขึ้น ทำให้เซลคุมมีความเข้มข้นสูง น้ำจึงแพร่เข้าสู่เซลคุมทำให้เซลคุมเต่ง ปากใบจึงเปิด ทำให้การคายน้ำเกิดขึ้น ดังนั้น จะเห็นว่าการคายน้ำจะเกิดขึ้นเมื่อมีการสังเคราะห์แสงก็คือในเวลาที่มีแสงนั่นเอง นอกจากที่บริเวณปากใบ ต้นพืชสามารถคายน้ำได้อีกเล็กน้อยตามรอยแตกของลำต้นหรือกิ่ง (Lenticel) และในเวลากลางคืน พืชสามารถคายน้ำในรูปหยดน้ำ (Guttation) ทางรูเปิดเล็ก ๆ ตามเส้นปลายใบได้อีกด้วย

เนื่องจากขบวนการคายน้ำเป็นขบวนการโดยธรรมชาติที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้น ถ้าการให้น้ำแก่พืชไม่เพียงพอกับการคายน้ำของพืชแล้ว พืชก็จะมีแต่การสูญเสียน้ำ โดยไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ซึ่งส่งผลให้พืชเหี่ยวเฉาและหยุดการเจริญเติบโต และตายในที่สุด ดังนั้น การใช้น้ำของพืชจึงคิดปริมาณการคายน้ำของพืชรวมไว้ด้วยเสมอเพื่อทำให้ต้นพืชสามารถดำรงชีวิตอยู่ต่อไปได้

องค์ประกอบที่มีผลต่อการคายน้ำของพืชมีหลายประการ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ การเคลื่อนที่ของอากาศ อุณหภูมิ ความเข้มแสง สภาพของดิน สภาพของพืช ซึ่งต้องนำมาพิจารณาร่วมกัน

ในการวิเคราะห์การใช้น้ำของพืช นอกจากการสูญเสียน้ำที่ให้ไปโดยขบวนการคายน้ำแล้ว ยังมีการสูญเสียอื่น ๆ อีก แม้ว่าจะไม่เกิดจากต้นพืช แต่ก็เป็นขบวนการที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติควบคู่กันไป ซึ่งมีปริมาณสูงเพียงพอที่ทำให้การใช้น้ำของพืชต้องเผื่อการสูญเสียนี้ด้วย อันได้แก่ การระเหย (Evaporation) การไหลนองบนพื้น (Run off) และการซึมเกินเขตรากพืช (Deep Percolation)

ในการออกแบบระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพสามารถควบคุมการสูญเสียจาก



รูปที่ 2–5 ภาพถ่ายผิวใบแสดงปากใบ (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2519)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การไหลนองบนพื้นและการซึมเกินเขตรากพืชให้มีค่าลดน้อยลงได้ แต่ปริมาณที่ไม่สามารถควบคุมได้ คือ การระเหยนั่นเอง

2.1.2 การระเหย (Evaporation)

การระเหยเป็นขบวนการทางธรรมชาติอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ การระเหยในทางชลประทานหมายความรวมถึง การระเหยจากผิวดิน ผิวน้ำ รวมทั้งจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบ องค์ประกอบที่มีผลต่อการระเหยคือ ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ ความดันไอน้ำ อุณหภูมิ ลมและแสงอาทิตย์ การระเหยในแปลงเพาะปลูกยังขึ้นอยู่กับวิธีการให้น้ำแก่พืช ชนิดของดิน เมื่อผิวดินชื้นการระเหยบนผิวดินจะสูง และจะมีค่าลดลงเมื่อดินแห้งขึ้น

2.1.3 สมการการใช้น้ำของพืช

จากหลักเกณฑ์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นทำให้พอสรุปการใช้น้ำของพืช ได้ดังสมการ **การใช้น้ำของพืช = น้ำที่พืชดูดไปใช้ + น้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหย การไหลนองบนพื้น และการซึมเกินเขตรากพืช**

ตามที่กล่าวมาแล้ว เป็นการยากลำบากที่จะวัดปริมาณน้ำที่พืชดูดไปใช้ได้ แต่ปริมาณน้ำนี้จะสูญเสียไปโดยขบวนการคายน้ำถึง 98% จึงน่าจะเป็นค่าที่ใช้แทนกันได้ สำหรับน้ำที่สูญเสียอันได้แก่การระเหย การไหลนองบนพื้นดิน และการซึมเกินเขตรากพืช หากเป็นการออกแบบที่ประหยัดแล้ว จะสามารถลดการสูญเสียของ 2 ประการหลังไปได้อย่างมากจนถึงอาจตัดทิ้งได้ ดังนั้น สมการการใช้น้ำของพืชจึงถูกดัดแปลงเพื่อใช้ประโยชน์ได้ในทางปฏิบัติกลายเป็น

การใช้น้ำของพืช = การคายน้ำ + การระเหย หรือ

$$U_c = ET$$

เมื่อ U_c = การใช้น้ำของพืช (Consumptive Use)

ET = การคายน้ำ + การระเหย (Evapotranspiration)

หน่วยที่ใช้วัดนิยมเป็น ความสูงของน้ำในหน่วยมิลลิเมตรหรือนิ้วต่อเวลาเป็นวัน ซึ่งทำให้ประเมินได้ว่าใน 1 วันควรจะให้น้ำแก่พืชกี่มิลลิเมตรหรือนิ้วได้

012757

2.1.4 วิธีวัดการใช้น้ำของพืช

มีหลายวิธีในการหาการใช้น้ำของพืช แต่พอจะจำแนกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ วิธีหาโดยตรงและวิธีหาโดยอ้อม

วิธีหาโดยตรงสามารถทำได้ 3 ลักษณะ คือ

2.1.4.1 วัดจากถังการใช้น้ำของพืช (Lysimeter)

2.1.4.2 ศึกษาจากความชื้นในดิน

2.1.4.3 ศึกษาจากแปลงทดลอง

สำหรับวิธีวัดโดยอ้อมสามารถทำได้ 2 ลักษณะ คือ

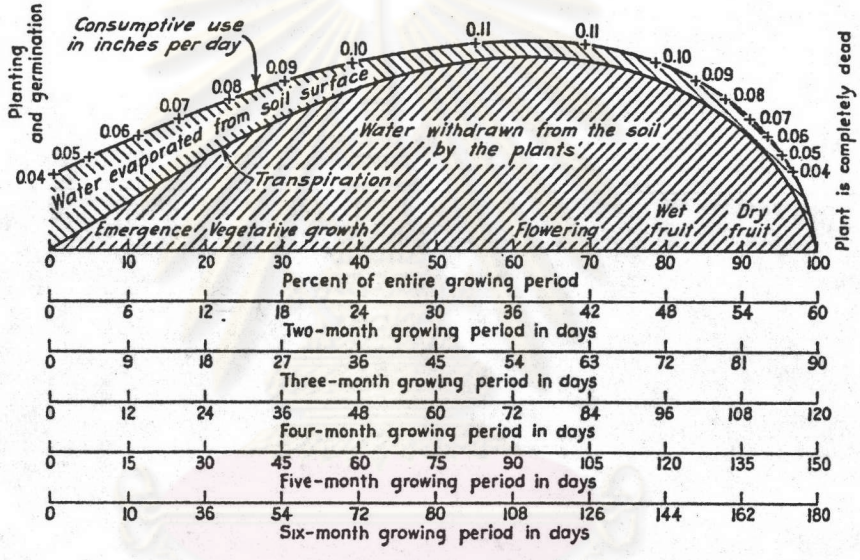
2.1.4.4 คำนวณจากสภาพภูมิอากาศ ได้ในรูปความสัมพันธ์ $ET = K_s K_c ET_p$ เมื่อ K_s และ K_c เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่มีการคำนวณไว้แล้ว ส่วนค่าของ ET_p ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ ตามวิธีการคำนวณของหลายท่าน เช่น Thornthwaite, Blaney-Criddle, Makkik, Jensen-Haise, Penman และ Christiansen ฯลฯ เป็นต้น

2.1.4.5 คำนวณจากถาดวัดการระเหย สามารถคำนวณได้ 2 วิธีคือ $ET = K_s K_c K E_p$ หรือ $ET = K_p E_p$ เมื่อ K_c, K_s, K และ K_p เป็นสัมประสิทธิ์ที่มีการคำนวณไว้แล้ว และ E_p คือการระเหยจากถาดวัดการระเหย U.S. Weather Bureau Class A หรือ Class-A Pan

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้การศึกษาจากความชื้นในดินในการหาการใช้น้ำของพืช ซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปความสัมพันธ์ทั่วไป คือ

$$ET = \frac{\sum_{i=1}^{n} (\theta_1 - \theta_2)_i \Delta S_i + R_e + W_a - W_d}{\Delta t} \qquad (2-1)$$

เมื่อ ET คือ การใช้น้ำของพืชเฉลี่ยในช่วงเวลาจากการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกกับครั้งหลัง, n เป็นจำนวนชั้นดินในเขตรากที่แบ่งไว้เพื่อเก็บตัวอย่างดิน, $(\theta_1 - \theta_2)_i$ เป็นผลต่างความชื้นของดินระหว่างการวัดครั้งแรกกับการวัดครั้งหลังที่ชั้นดิน i ในหน่วยความลึกของน้ำต่อความลึกของชั้นดิน, ΔS_i เป็นความหนาของชั้นดินที่แบ่งไว้, R_e เป็นจำนวนฝนที่ซึมเข้าไปในดิน,



รูปที่ 2–6 อัตราการใช้น้ำของพืชที่ได้จากการศึกษาในต่างประเทศ

(Israelsen, O.W. and Hansen, V.E., 1962)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

W_a เป็นความชื้นที่เติมในดินระหว่างการเก็บตัวอย่างครั้งแรกกับครั้งหลัง, W_d เป็นจำนวนความชื้นที่ซึมเลยเขตรากพืชออกไปและ Δt เป็นช่วงเวลาระหว่างการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกกับครั้งหลัง

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้พืชต้นหอมที่มีความลึกของรากประมาณ 30 ถึง 50 เซนติเมตร เพื่อกำจัดความยุ่งยากในการหาค่าตัวแปรบางตัว จึงแบ่งชั้นดินเป็นเพียง 1 ชั้นและควบคุมขอบเขตไม่ให้มีการซึมเกินเขตรากพืชเกิดขึ้น ทำให้ W_d มีค่าน้อยมากจนตัดทิ้งได้ ทำให้ได้ความสัมพันธ์ในรูป (2–1) ดัดแปลงออกมาเป็น

$$ET = \frac{(\theta_1 - \theta_2)S + R_e + W_a}{\Delta t} \qquad (2–2)$$

เมื่อ S คือ ความหนาของชั้นดินที่กำหนด และการคำนวณโดยความสัมพันธ์นี้ ถ้าผิดพลาดจะมีแนวโน้มได้ค่ามากกว่าความเป็นจริงเสมอ เพราะหักเทอม W_d ดังนั้น จึงไม่ควรมีผลกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร และค่าที่ได้จะทำให้เผื่อการสูญเสียของน้ำที่ซึมเกินเขตรากพืชเอาไว้แล้วด้วย หน่วยของการใช้น้ำของพืชมักคิดเป็นความสูงของน้ำต่อช่วงเวลา อาจเป็นวันหรือตลอดอายุของพืชก็ได้

องค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืชก็จะขึ้นกับองค์ประกอบที่มีผลต่อการระเหยและการคายน้ำนั่นเอง อันได้แก่ สภาพภูมิอากาศรอบ ๆ ต้นพืช เช่น พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ ความเร็วลม เป็นต้น ชนิดและอายุของพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน และพืชชนิดเดียวกัน การใช้น้ำจะน้อยเมื่อเริ่มปลูกและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมากที่สุด เมื่อถึงวัยขยายพันธุ์ ซึ่งพืชโตเต็มที่ จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง ความชื้นในดิน เนื้อดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ให้พืชได้ ความเข้มข้นของแร่ธาตุในดิน และองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น วิธีการให้น้ำแก่พืช ปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้ง ฤดูการเพาะปลูก การไถ การคลุมดิน เป็นต้น

2.2 การให้น้ำแก่พืช

จากความรู้เรื่องการใช้น้ำของพืชดังกล่าว ทำให้เกิดเป็นหลักเกณฑ์อย่างแน่นอนขั้นแรกว่าเราต้องทำการให้น้ำแก่พืชให้เพียงพอกับการใช้น้ำของมัน และดินเป็นตัวกลางที่รับน้ำที่ให้ไปสู่ต้นพืช ดังนั้น การศึกษาถึงดินในแง่ความชื้น การอุ้มน้ำ ตลอดจนวิธีการให้น้ำ เวลาในการให้น้ำ จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อทำให้การให้น้ำแก่พืชมีประโยชน์สูงสุด

ปัญหา 2 ข้อแรกหลังจากการให้น้ำแก่พืชลงสู่ดินแล้วก็คือ ดินนั้นสามารถอุ้มปริมาณน้ำนั้นไว้ได้หรือไม่ ได้เท่าไหร่ เพียงพอกับการใช้น้ำของพืชไหม และข้อสอง ปริมาณน้ำนั้นรากพืชสามารถดูดไปใช้ได้หรือไม่ ได้เท่าไหร่ ปัญหา 2 ข้อนี้สามารถตอบได้จากการศึกษาถึงเรื่องน้ำในดินหรือความชื้นในดิน

2.2.1 <u>ความชื้นในดิน</u>

การศึกษาเรื่องดินขั้นแรกได้แบ่งดินออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นของแข็ง คือ อินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุ ของเหลวคือ น้ำและสารละลายในดิน และก๊าซคือ ช่องว่างในดิน

ปริมาณน้ำในดินหรือเรียกว่า ความชื้นในดิน (Moisture Content หรือ Water Content) คือ สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาถึงเป็นสิ่งแรก ในการศึกษาหาค่าความชื้นในดิน มีวิธีแสดงค่าความชื้นในดินเป็นตัวเลขได้ 3 วิธีคือ

2.2.1.1 ความชื้นในดินโดยน้ำหนัก คือ อัตราส่วนของน้ำหนักน้ำในดินต่อน้ำหนักดินก้อนนั้นที่ทำให้แห้งแล้ว แสดงได้โดยความสัมพันธ์

$$P_w = \frac{W_w}{W_s} x\ 100 \qquad (2\text{–}3)$$

เมื่อ P_w = ความชื้นในดินโดยน้ำหนัก (%)

W_w = น้ำหนักน้ำในดินตัวอย่าง (กรัม)

W_s = น้ำหนักดินตัวอย่างที่ทำให้แห้งด้วยการอบในเตาอบ (กรัม)

2.2.1.2 ความชื้นในดินโดยปริมาตร คือ อัตราส่วนของปริมาตรของน้ำในดินต่อปริมาตรของดินทั้งก้อน แสดงได้โดยความสัมพันธ์

$$P_v = \frac{V_w}{V} x\ 100 \qquad (2\text{–}4)$$

เมื่อ P_v = ความชื้นในดินโดยปริมาตร (%)

V_w = ปริมาตรของน้ำในดินตัวอย่าง (ลบ.ซม.)

V = ปริมาตรของก้อนดินตัวอย่าง (ลบ.ซม.)

2.2.1.3 ความชื้นในดินในรูปความสูงของน้ำต่อความลึกของแท่งดินที่พื้นที่หน้าตัดเท่ากัน แสดงได้โดย

$$h = \frac{P_v}{100} = \frac{P_w A_s}{100} \qquad (2-5)$$

เมื่อ h = ความสูงของน้ำต่อ 1 หน่วยความลึกของดินที่หน่วยเดียวกัน

A_s = ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน $= \frac{W_s}{V\gamma_w}$

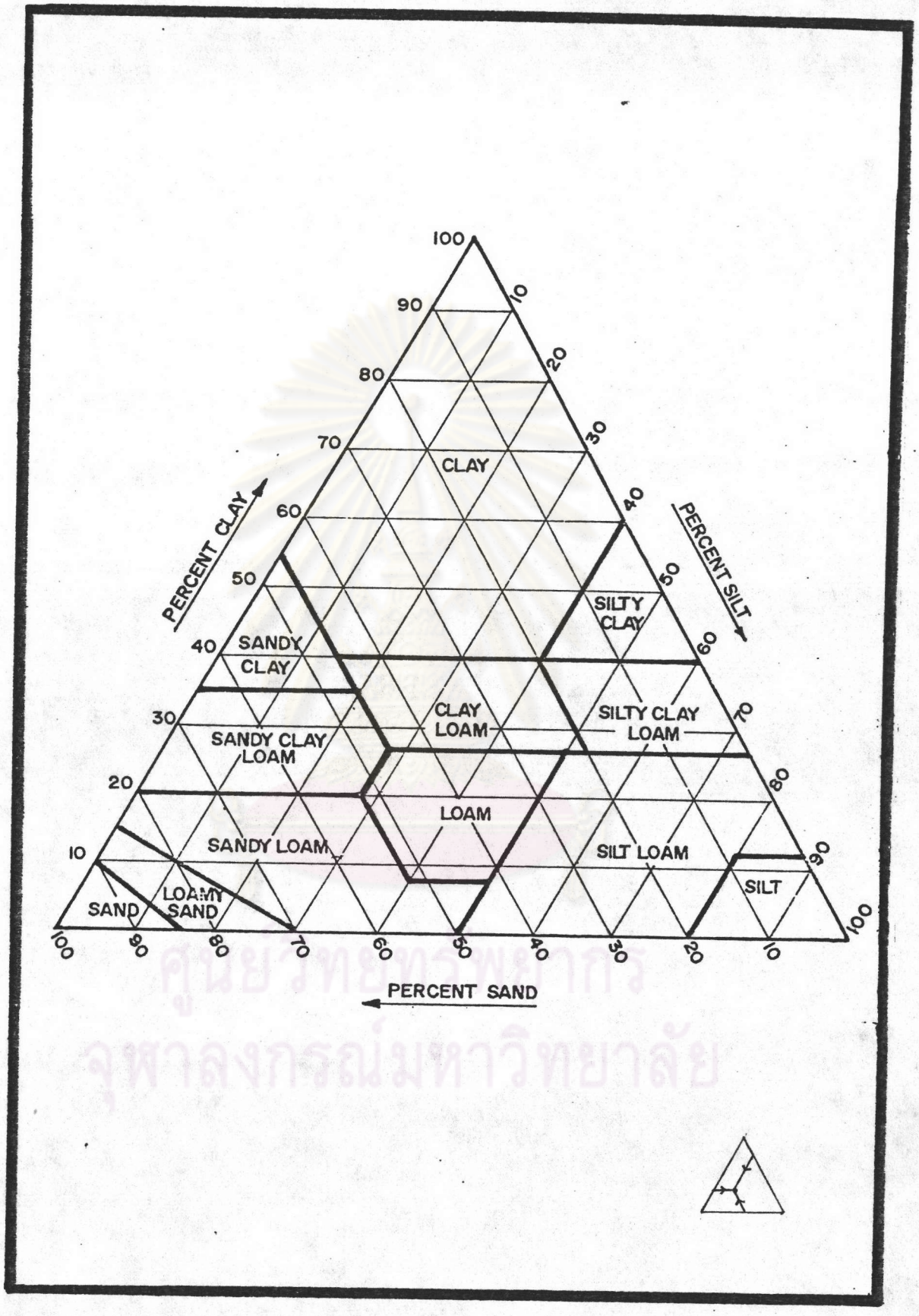
γ_w = หน่วยน้ำหนักของน้ำที่หน่วยสอดคล้องกัน

2.2.2 Field Capacity และ Wilting Point

เมื่อให้น้ำแก่ดิน น้ำส่วนหนึ่งจะซึมลงในดินด้วยอัตราหนึ่งเรียกว่า อัตราการซึมลงสู่ดิน (Infiltration Rate) โมเลกุลของน้ำในดินนี้จะถูกแรงกระทำ 2 แรงคือ แรงดูดซับ (Capillary Force) อันประกอบด้วย แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับน้ำ (Cohesion) กับระหว่างดินกับน้ำ (Adhesion) และแรงที่สองคือ แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitational Force) แรงดูดซับจะแปรผกผันกับปริมาณความชื้นในดิน ในขณะที่แรงโน้มถ่วงของโลกแปรผันตามปริมาณความชื้นในดิน

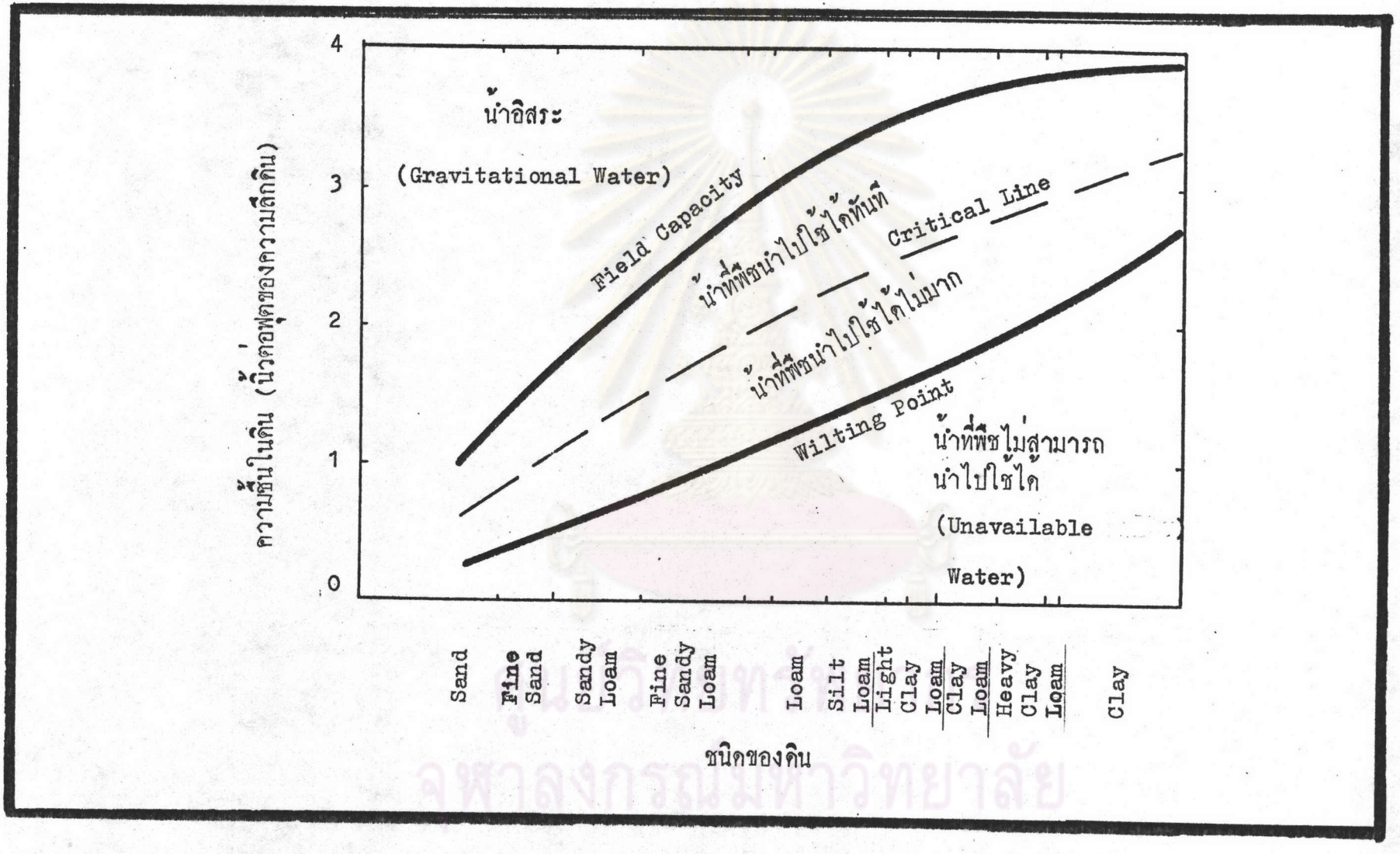
ถ้าแรงโน้มถ่วงของโลกมีค่ามากกว่าแรงดูดซับ จะทำให้น้ำในดินระบายออกจากก้อนดินลงสู่ที่ต่ำ เราเรียกน้ำส่วนนี้ว่า น้ำอิสระ (Free Water หรือ Gravitational Water) น้ำอิสระจะระบายออกจากก้อนดินค่อนข้างรวดเร็วทำให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่มากนัก จนถึงจุด ๆ หนึ่งที่แรงดูดซับมีค่าเท่ากับแรงโน้มถ่วงของโลก ก็จะไม่มีน้ำอิสระอีก ดังนั้น ปริมาณน้ำที่เหลือในดินจึงถูกดินอุ้มไว้ได้ ความชื้นในดินที่จุดนี้ เรียกว่า Field Capacity

น้ำในดินส่วนนี้จะถูกรากพืชดูดนำไปใช้ประโยชน์ด้วยแรงค่าหนึ่งซึ่งต้องมากกว่าแรงดูดซับอย่างแน่นอน แรงนี้ก็คือแรงดันออสโมติก (Osmotic Pressure) อันเกิดจากขบวนการออสโมซีสของขนรากพืชนั่นเอง ปริมาณน้ำที่ถูกดูดไปทำให้ความชื้นในดินค่อย ๆ ลดลง ทำให้แรงดูดซับมีค่ามากขึ้น ซึ่งส่งผลให้พืชต้องเพิ่มแรงดันออสโมติกในการดูดน้ำเพิ่มขึ้นด้วย จนในที่สุดเมื่อแรงดันออสโมติกไม่สามารถเอาชนะแรงดูดซับได้ ที่จุดนี้พืชจะไม่สามารถดูดน้ำจากดินได้อีกต่อไป ซึ่งจะทำให้พืชเหี่ยวเฉาและตายในที่สุด ความชื้นในดินที่จุดนี้เรียกว่า Wilting Point



รูปที่ 2–7 การจำแนกชนิดของดินตามส่วนผสมของทราย ตะกอนทราย และดินเหนียว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-8 ลักษณะการอุ้มน้ำของดินชนิดต่าง ๆ

2.2.3 หลักการให้น้ำแก่พืช

จากการศึกษาความชื้นในดินที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า ความชื้นในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก็คือความชื้นในช่วงระหว่าง Wilting Point ถึง Field Capacity ซึ่งเราเรียกช่วงความชื้นนี้ว่า ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture) โดยถือว่าความชื้นที่ Wilting Point คิดเป็น 0% Available Moisture และความชื้นที่ Field Capacity คิดเป็น 100% Available Moisture กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชต้องเพียงพอกับการใช้น้ำของพืชและต้องทำให้ความชื้นของดินอยู่ในช่วง Available Moisture นั่นเอง

ความสัมพันธ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนระหว่างค่า Available Moisture กับค่า Moisture Content ใช้ความสัมพันธ์

$$P_x = \frac{xP_{fc} + (1 - x)P_{wp}}{100} \qquad (2\text{–}6)$$

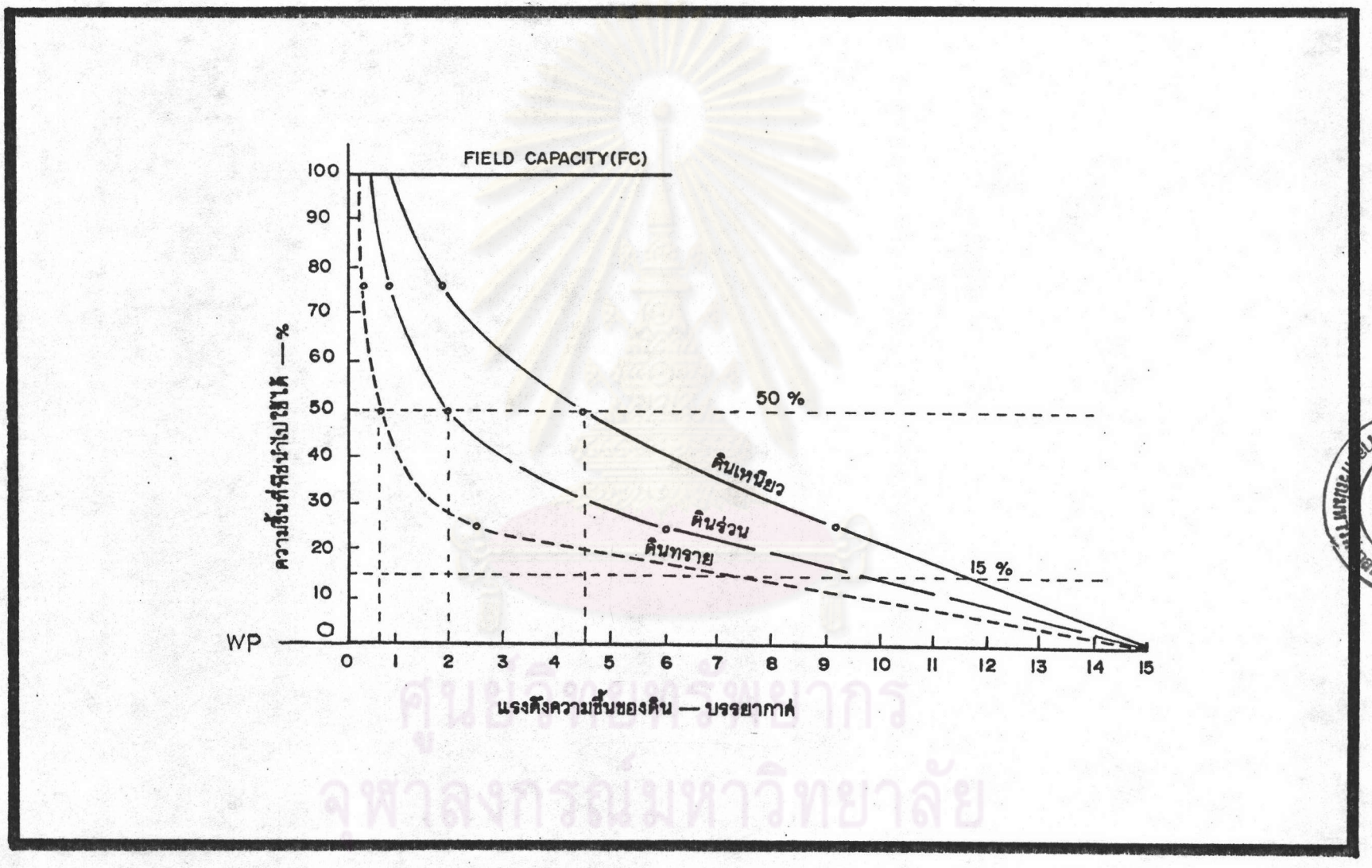
เมื่อ P_x = ความชื้นในดินที่ X% Available Moisture

P_{fc} = ความชื้นในดินที่ Field Capacity

P_{wp} = ความชื้นในดินที่ Wilting Point

จากการศึกษาต่อมาพบว่า เมื่อความชื้นในดินลดลงใกล้ Wilting Point แรงดึงความชื้นที่รากพืชจะต้องใช้ในการดูดน้ำจากดินจะมีค่าสูงมาก สามารถทำให้กระทบกระเทือนต่อผลผลิตของพืชได้ ความชื้นในดินที่เมื่อลดต่ำกว่าจุดนี้แล้วจะเริ่มกระทบกระเทือนต่อผลผลิตของพืช เราเรียกความชื้นที่จุดนี้ว่า จุดวิกฤต (Critical Point) หรือถ้าเรียกในเทอมของ Available Moisture ก็คือ ความชื้นปรากฏที่ยอมให้ลดลงได้ (Allowable Soil Moisture Deficiency หรือ Allowable Depletion) ซึ่งโดยทั่วไปคิดเป็นประมาณ 15 ถึง 20% Available Moisture หรือ Allowable Depletion = 15 ถึง 20% ดังนั้น การให้น้ำแก่พืชจึงมักเริ่มให้เมื่อความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤตและให้ต่อไปจนความชื้นในดินขึ้นถึงระดับ Field Capacity จึงหยุดให้น้ำ

ในทางปฏิบัติ ปริมาณน้ำที่ให้นี้ต้องเผื่อการสูญเสียในด้านอื่น ๆ อีก เช่น ปริมาณที่ต้องนำไปใช้ในการละลายเกลือ เพื่อแก้ปัญหาเกลือในดินเข้มข้นเกินไป หรือปริมาณน้ำที่ต้องเผื่อการซึมเกินเขตรากพืช (Deep Percolation) ในกรณีที่ต้องปลูกพืชแบบน้ำท่วมขัง เช่น ข้าว



รูปที่ 2–9 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นของดินกับความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หรือการสูญเสียในระบบชลประทานอื่น ๆ อีก เมื่อคิดรวมการสูญเสียเหล่านี้ สามารถทำให้แสดงปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้แก่พืชได้ตามความสัมพันธ์

$$W_g = \frac{W_{ad} + W_l + P + R - R_e}{E_s} \qquad (2-7)$$

เมื่อ W_g = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้แก่พืช (Gross Water Application)

W_{ad} = ปริมาณน้ำที่ให้แก่ดินจนถึงความชื้นที่ Field Capacity

W_l = ปริมาณน้ำที่เผื่อไว้สำหรับการชะล้างเกลือ (Leaching Requirment)

P = ปริมาณน้ำที่เผื่อไว้สำหรับการรั่วซึม (Deep Percolation)

R = ปริมาณน้ำที่เผื่อไว้สำหรับการไหลออกนอกแปลงเพาะปลูก (Run off)

R_e = ฝนใช้การ (Effective Rainfall)

E_s = ประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำ

ปัญหาขั้นต่อไปคือ น้ำที่ให้แก่ดินนี้ พืชจะดูดไปใช้เป็นเวลานานเท่าไร ความชื้นจึงลดลงเหลือที่จุดวิกฤต ซึ่งก็ต้องให้น้ำใหม่อีกครั้งหนึ่ง ปัญหานี้สามารถตอบได้โดยการคำนวณค่า ความถี่ในการให้น้ำ (Irrigation Frequency หรือ Irrigation Interval) คือ ช่วงเวลาที่ต้องให้น้ำแต่ละครั้งของแปลงใดแปลงหนึ่ง ซึ่งคำนวณได้จาก

$$IF = \frac{FC - AV}{ET_{max}} \qquad (2-8)$$

เมื่อ IF = ความถี่ในการให้น้ำ

FC = ความชื้นของดินที่ Field Capacityในรูปความสูงของน้ำต่อความลึกของดินในเขตรากพืช

AV = ความชื้นของดินที่จุดที่เริ่มให้น้ำในรูปความสูงของน้ำต่อความลึกของดินในเขตรากพืช ถ้ารดน้ำครั้งเดียวเสร็จ ค่า AV = ความชื้นที่จุดวิกฤต

ET_{max} = การใช้น้ำของพืชสูงสุด

ค่า IF นี้นิยมวัดในหน่วยวัน โดยกำหนดว่า 1 วัน เท่ากับ 24 ชั่วโมง

ในกรณีที่มีแปลงเพาะปลูกหลายแปลง ไม่สามารถรดน้ำให้ครบทุกแปลงในครั้งเดียวได้ ก็ต้องรดน้ำให้ครบทุกแปลงก่อนที่จะมาเริ่มรดแปลงแรกใหม่ให้ได้ ถ้าไม่เช่นนั้นก็จะกลับมารดแปลงแรกตามค่า IF ไม่ทัน นั่นคือ ต้องมีค่าเวลาในการรดน้ำครบทุกแปลง น้อยกว่าค่าความถี่ในการให้น้ำ ค่าเวลาในการดน้ำให้ครบทุกแปลง เรียกว่า รอบเวรในการให้น้ำ (Irrigation Period หรือ Irrigation Rotation) สามารถคำนวณได้จาก

$$IP = \frac{AV - CP}{ET_{max}} \qquad (2-9)$$

เมื่อ IP = รอบเวรในการให้น้ำ

AV = ความชื้นของดินที่จุดที่เริ่มให้น้ำในรูปความสูงของน้ำต่อความลึกของดินในเขตรากพืช

CP = ความชื้นของดินที่จุดวิกฤตในรูปความสูงของน้ำต่อความลึกของดินในเขตรากพืช

ET_{max} = การใช้น้ำของพืชสูงสุด

2.2.4 <u>วิธีการให้น้ำแก่พืช</u> (Method of Irrigation)

จากหลักเกณฑ์ในการให้น้ำแก่พืชที่ผ่านมาทำให้กำหนดวิธีการให้น้ำแก่พืชได้หลายลักษณะ การจะเลือกใช้วิธีหนึ่งวิธีใดขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะพื้นที่เพาะปลูก พืชที่ปลูก การลงทุนตลอดจนแหล่งน้ำที่ต้องจัดมาให้แก่พืช วิธีการให้น้ำนั้นมักเรียกตามลักษณะอาการที่ให้น้ำแก่พืช ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 แบบใหญ่ ๆ คือ

2.2.4.1 ระบบชลประทานแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation)

2.2.4.2 ระบบชลประทานทางผิวดิน (Surface Irrigation)

2.2.4.3 ระบบชลประทานใต้ผิวดิน (Subsurface Irrigation)

2.2.4.4 ระบบชลประทานแบบน้ำหยด (Drip or Trickle Irrigation)

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยในการให้น้ำแก่พืช เนื่องจากระบบอื่นได้มีการศึกษามาบ้างแล้วพอสมควร หลักเกณฑ์ของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย มีดังนี้

2.3 ระบบชลประทานแบบฉีดฝอย

ระบบชลประทานแบบฉีดฝอย เป็นการให้น้ำแก่พืชเหนือผิวดินแบบหนึ่ง โดยการส่งน้ำผ่านท่อภายใต้แรงดันที่เหมาะสมผ่านต่อไปยังรูฉีด (Nozzle) เพื่อฉีดน้ำดังกล่าวให้เป็นฝอยไปในอากาศ แล้วตกลงสู่พื้นที่เพาะปลูกโดยมีลักษณะคล้ายฝนตก โดยมีการแผ่กระจายของเม็ดน้ำเป็นไปโดยสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ (Coverage Area) และมีอัตราการให้น้ำ (Precipitation rate) น้อยกว่าอัตราการซึมของน้ำ (Infiltration Rate) เพื่อขจัดการไหลนองของน้ำบนผิวดิน (Run Off) นอกจากนั้น ยังสามารถควบคุมการสูญเสียน้ำที่ซึมเกินเขตรากพืชได้ จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Application Efficiency) ค่อนข้างสูง

2.3.1 สภาพแวดล้อมที่ควรใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอย

โดยทั่วไประบบชลประทานแบบฉีดฝอย สามารถใช้ได้กับพืชและดินทุกชนิด แต่เนื่องจากการลงทุนที่ค่อนข้างสูงในระยะแรก จึงทำให้มีหลักเกณฑ์การพิจารณาสภาพที่เหมาะสมที่จะใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพอสมควร ดังนี้

2.3.1.1 โครงสร้างของดิน (Soil Structure)

1) ดินที่โปร่งมากเกินไปจะทำให้มีอัตราการซึมของน้ำสูง ทำให้ไม่เหมาะกับระบบชลประทานแบบน้ำท่วม หรือแบบร่อง เพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากเกินไป

2) ดินที่มีดินชั้นบน (Top soil) บางเกินไป ซึ่งเป็นชั้นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์เป็นประโยชน์ต่อพืชมาก ดังนั้น การใช้ระบบชลประทานแบบอื่น ซึ่งจะต้องทำการปรับระดับ (Leveling) พื้นที่เพาะปลูกเสียก่อนจะทำให้สูญเสียดินในชั้นนี้ไปเป็นอันมาก เทียบกับการใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ซึ่งไม่จำเป็นต้องอาศัยการปรับระดับมากแต่อย่างใด

2.3.1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

1) พื้นที่ที่มีความลาดชันมาก (Steep Slope) ทำให้เกิดการกัดเซาะของน้ำ (erosion) เป็นอย่างมากหากใช้ระบบชลประทานแบบผิวดิน (Surface Irrigation)

2) พื้นที่ที่มีลักษณะขรุขระเป็นคลื่น (Undulation Land) ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองสูงในการปรับระดับสำหรับระบบชลประทานบนผิวดิน (Surface Irrigation)

2.3.1.3 องค์ประกอบอื่น

1) อัตราการส่งน้ำจากโครงการชลประทานหรือแหล่งน้ำอื่น (Water Source) มีจำกัด ทำให้การใช้ระบบชลประทานบนผิวดิน เช่น แบบน้ำท่วม หรือแบบร่อง ไม่สามารถมีน้ำเพียงพอที่จะใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพได้

2) ในพื้นที่ที่แรงงานไม่มีความรู้ ความชำนาญในเรื่องการชลประทาน ระบบชลประทานแบบอื่น ต้องการแรงงานที่มีความรู้ ความชำนาญสูงมากกว่าระบบชลประทานแบบฉีดฝอย

3) ในพื้นที่ที่แรงงานหายากหรือมีราคาสูง ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยถาวร (Permanent System) จะประหยัดแรงงานกว่าระบบชลประทานแบบอื่น นอกจากนั้น ยังสามารถนำเอาระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Control System) มาช่วยในการประหยัดแรงงานได้อีกทางหนึ่งด้วย

4) พื้นที่ที่ต้องการให้เกิดผลผลิตโดยเร็ว ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยสามารถออกแบบและติดตั้งได้รวดเร็วกว่าแบบชลประทานแบบอื่น ๆ เป็นอันมาก

2.3.2 <u>ข้อดี ข้อเสียของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย</u>

2.3.2.1 <u>ข้อดี</u> ของระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพอสรุปได้ดังนี้

1) การใช้พื้นที่

ก) การปรับระดับพื้นที่ไม่มีความจำเป็น เพราะหลักการของชลประทานแบบฉีดฝอย คือการให้น้ำเข้าไปในลักษณะคล้ายฝนตกสม่ำเสมอตลอดพื้นที่ เพราะฉะนั้น ไม่ว่าพื้นที่สูงต่ำอย่างไรก็จะได้น้ำเท่ากันหมด และจะไม่เกิดการไหลของน้ำจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ เพราะถูกควบคุมด้วยอัตราการให้น้ำไว้แล้ว ดังนั้น จึงทำให้ประหยัดทั้งเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายกว่าระบบชลประทานบนผิวดิน ซึ่งต้องทำการปรับระดับพื้นที่เสียก่อนเสมอ

ข) ใช้ประโยชน์จากพื้นที่เพาะปลูกได้อย่างเต็มที่ ทั้งนี้ เพราะปราศจากคูคลองที่อาจต้องทำคันดิน ซึ่งจะทำให้เกิดการกีดขวางต่อการปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลทางเกษตรได้ นอกจากนั้น ยังขจัดปัญหาเรื่องการดูแลรักษาคูและคันต่าง ๆ รวมทั้ง ยังช่วยเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกมากขึ้นด้วย

2) การใช้น้ำ

ก) ใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะสามารถควบคุมการให้น้ำได้แน่นอน จากการตั้งเวลาในการรดน้ำ การปรับความดันและการเปิดปิดวาล์ว ทำให้สามารถให้น้ำครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อยครั้งซึ่งเหมาะสำหรับพืชที่มีรากตื้น เช่น พืชเริ่มงอก หรือพวกผักต่าง ๆ ได้ นอกจากนั้น ยังสามารถลดการสูญเสียของน้ำจากการไหลนอง หรือการซึมเกินเขตรากพืชได้ โดยการออกแบบที่เหมาะสม

ข) สามารถประยุกต์การใช้น้ำได้ เช่น ในกรณีที่ต้องสูบน้ำจากคลองส่งน้ำ หรือบ่อบาดาลอยู่แล้ว ก็สามารถนำน้ำนี้มาใช้ในระบบชลประทานแบบฉีดฝอยได้โดยไม่ต้องเพิ่มความดันมากนัก และยังสามารถต่อแยกไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นได้อีก เช่น ใช้เลี้ยงสัตว์ งานประปา หรือใช้ในการดับเพลิงยามฉุกเฉินก็ได้ นอกจากนั้น ในกรณีที่สามารถส่งน้ำสู่พื้นที่เพาะปลูกโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลกได้ ก็จะทำให้เหมาะสมกับระบบนี้มากยิ่งขึ้น เพราะจะสามารถลดค่าใช้จ่ายจากการสูบน้ำไปได้มาก

3) ข้อดีด้านอื่น ๆ

ก) สามารถให้ปุ๋ยหรือสารเคมีแก่พืชในขณะให้น้ำขณะใดก็ได้ และใช้แรงงานน้อยมาก

ข) ไม่ต้องการแรงงานที่มีความชำนาญสูง เพราะระบบนี้เป็นระบบที่ออกแบบมาอย่างสมบูรณ์ แรงงานเพียงแต่มีหน้าที่เปิดปิดสวิทช์เครื่องสูบน้ำ และคอยควบคุมเวลาให้ดี พร้อมทั้งดูแลรักษาขนย้ายอุปกรณ์อย่างง่าย ๆ

ค) สามารถให้ผลผลิตได้รวดเร็ว เพราะสิ้นเปลืองเวลาในการเตรียมการน้อยกว่าระบบอื่น

ง) ในประเทศที่มีอากาศหนาวจัด ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยสามารถใช้ป้องกันความเสียหายของพืชจากการแข็งตัวของน้ำเกาะตามต้นพืชได้ โดยการให้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงพอเหมาะและละลายน้ำแข็งได้

จ) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นได้ เช่น ให้น้ำแก่ดินเพื่อประโยชน์

ในการบดอัดดิน, ให้ความเย็นแก่อาคาร หรือใช้เป็นระบบกำจัดฝุ่นละอองก็ได้

2.3.2.2 <u>ข้อเสีย</u> ของระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพอสรุปได้ดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายสูง ตั้งแต่การลงทุนครั้งแรก สำหรับระบบโดยทั่วไป (ยกเว้นระบบชลประทานฉีดฝอยแบบท่อเจาะรู ซึ่งลงทุนถูกกว่า) นอกจากนั้น จะต้องเสียค่าเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าในการทำงานของเครื่องสูบน้ำในการให้น้ำทุกครั้ง (ยกเว้น ชนิดที่อาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก) และยังมีอุปกรณ์ซึ่งต้องบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำอีกด้วย

2) ขาดการยืดหยุ่น เพราะระบบนี้ถูกออกแบบสำหรับสภาพการสภาพหนึ่ง ซึ่งค่อนข้างรัดกุม ยากต่อการปรับแก้ไขยามฉุกเฉินหรือกับอีกสถานการณ์อื่น ๆ

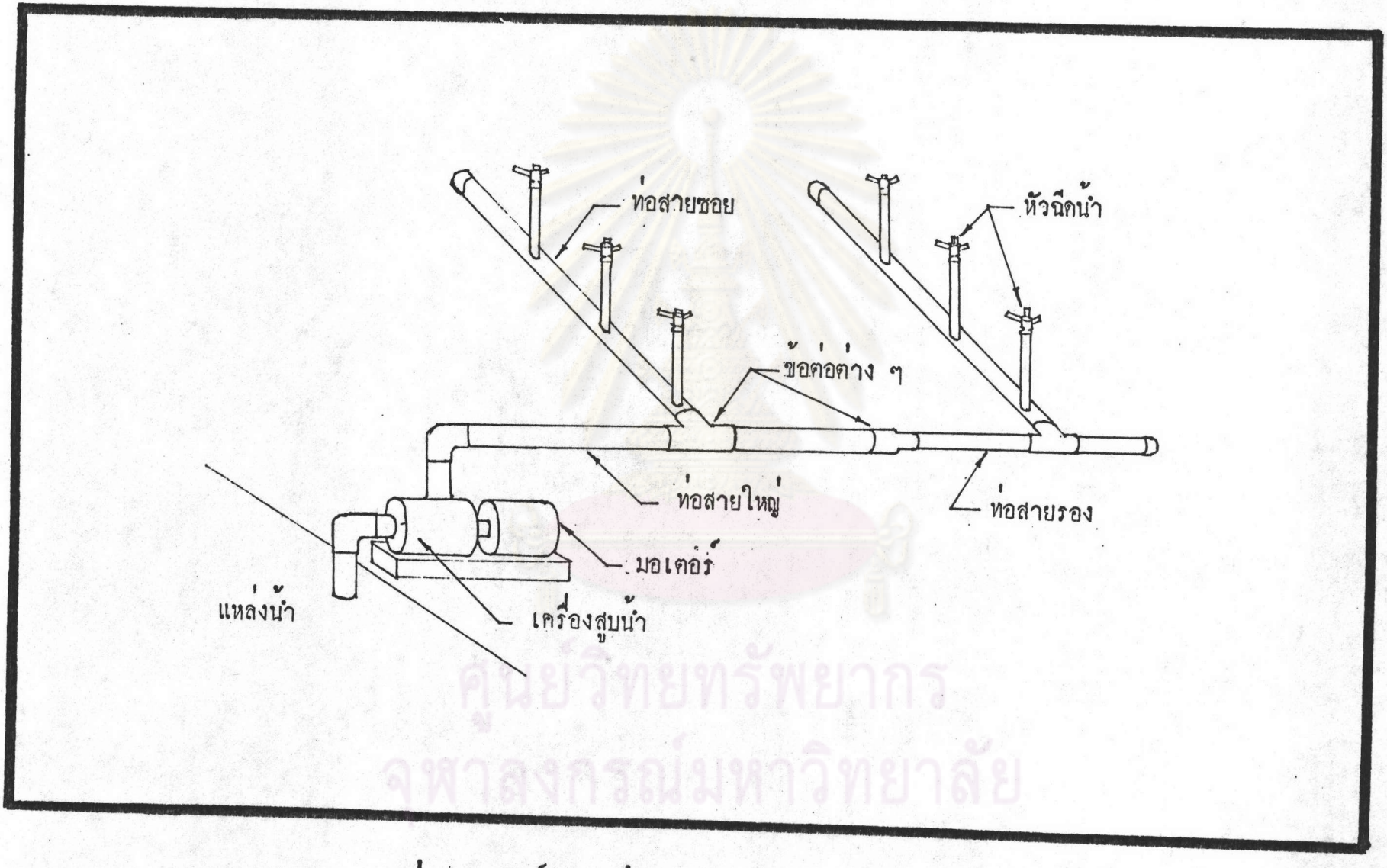
3) ประสิทธิภาพการให้น้ำจะลดลงหากได้รับผลกระทบจากลม ซึ่งจะทำให้รูปแบบการกระจายของน้ำไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะต้องมีการออกแบบปรับแก้เป็นพิเศษ นอกจากนั้น อาจเกิดการสูญเสียของน้ำได้มากจากการค้างตามต้นไม้ (Interception) และการระเหย (Evaporation)

4) ผลเสียหลังการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอก็คือ น้ำบางส่วนจะไปตกในบริเวณไม่มีต้นพืช อาจทำให้เกิดการเจริญงอกงามของวัชชพืช ทำให้ต้องกำจัดวัชชพืชมากขึ้น นอกจากนั้นน้ำที่ให้แก่พืชอาจจะล้างยาฆ่าเชื้อราหรือยาฆ่าแมลงที่ฉีดไว้ก่อนหน้าออกไปด้วย ดังนั้น จึงต้องให้ยาหลังการให้น้ำแล้วและล้างยาที่ค้างตามท่อด้วยน้ำภายหลังการให้เพียงเล็กน้อย

5) ในกรณีที่ออกแบบให้เคลื่อนย้ายระบบได้ (Portable System) จะทำให้เปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นจากการย้ายระบบ และยังมีความลำบากในขณะย้ายระบบเนื่องจากพื้นดินหลังให้น้ำจะเปียกและเป็นโคลน นอกจากนั้น การให้น้ำแบบครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อย ๆ สำหรับพื้นที่เริ่มงอกหรือพวกผักต่าง ๆ อาจทำให้การขนย้ายท่อทำได้ไม่ทันตามเวลาที่กำหนดได้

2.3.3 <u>องค์ประกอบของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย</u> (Components of Sprinkler Irrigation System)

โดยทั่วไประบบชลประทานแบบฉีดฝอยประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 2–10 องค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) แหล่งน้ำ หรือแหล่งน้ำและต้นกำลัง (Source of Supply or Source of Supply and Source of Power)

2) ท่อสายใหญ่และท่อสายรอง (Main Lines and Sub Main Lines)

3) ท่อสายซอย (Lateral Lines)

4) หัวฉีดน้ำ (Sprinkler Devices)

2.3.3.1 แหล่งน้ำ หรือแหล่งน้ำและต้นกำลัง

หมายถึง จะต้องมีแหล่งน้ำที่มีปริมาณเพียงพอที่จะให้น้ำแก่พืชด้วยระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ซึ่งปริมาณที่ต้องการนี้คำนวณได้จากคุณสมบัติการอุ้มน้ำของดิน การใช้น้ำของพืชและลักษณะการออกแบบของส่วนประกอบต่าง ๆ ในกรณีที่ระดับผิวน้ำของแหล่งน้ำอยู่สูงกว่าระดับพื้นที่เพาะปลูกเพียงพอก็สามารถชักน้ำจากแหล่งน้ำเข้าสู่ท่อนำไปใช้ได้เลย เป็นระบบที่เรียกว่า Gravity Sprinkler Irrigation System แต่ถ้าความดันไม่เพียงพอหรือระดับผิวน้ำของแหล่งน้ำอยู่ต่ำกว่าพื้นที่เพาะปลูก ก็จำเป็นต้องใช้เครื่องสูบน้ำ (Pump) เพื่อสูบน้ำเข้าท่อ ส่งให้พืชตามความดันที่ต้องการ เครื่องสูบน้ำที่นิยมใช้ในงานชลประทานแบบฉีดฝอยคือ เครื่องสูบน้ำแบบแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Pump) ทั้งนี้ เพราะให้อัตราการไหลที่ค่อนข้างคงที่ การออกแบบเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมเป็นปัญหาหนึ่งของการออกแบบชลประทานแบบฉีดฝอย ซึ่งจะต้องทำการหาค่าตัวแปรต่าง ๆ เพื่อกำหนดขนาดความสามารถของเครื่องสูบน้ำและโรงสูบน้ำให้เหมาะสมด้วย

2.3.3.2 ท่อสายใหญ่และท่อสายรอง

ทำหน้าที่ส่งน้ำจากเครื่องสูบน้ำหรือแหล่งน้ำไปสู่ท่อสายซอยในกรณีที่ระบบไม่ซับซ้อนก็อาจใช้เพียงท่อสายใหญ่อย่างเดียวก็ได้ ท่อสายใหญ่และสายรองมีได้หลายลักษณะ อาจเป็นท่ออ่อน (Flexible) ท่อโลหะที่ถอดได้เป็นท่อน ๆ หรือเป็นท่อที่ติดอยู่กับที่ ขึ้นกับงานสภาพต่าง ๆ ทำด้วยวัสดุหลายชนิด เช่น ท่อพลาสติกอ่อน ท่อพีวีซี ท่อเหล็กอาบสังกะสี ท่อเหล็กเบา ท่ออลูมิเนียม ฯลฯ เป็นต้น นอกจากตัวท่อแล้วยังอาจมีส่วนประกอบอื่น ๆ อีก เช่น วาล์วเปิดปิดน้ำ ข้อต่อ หรือข้องอโค้งต่าง ๆ ซึ่งก็มีหลายชนิดอีกมากสอดคล้องกับชนิดของท่อ

และวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบ การออกแบบท่อสายใหญ่และสายรองทำได้หลายวิธี โดยอาศัยปริมาณการไหลของน้ำ (Discharge) และสูญเสียพลังงานน้ำในท่อเป็นหลักเกณฑ์สำคัญในการเลือกขนาดของท่อที่เหมาะสม

2.3.3.3 ท่อสายซอย

เป็นท่อที่แยกมาจากท่อสายหลักหรือท่อสายรองเพื่อส่งน้ำผ่านต่อไปยังหัวฉีดน้ำ มีลักษณะหลักเกณฑ์ต่าง ๆ เช่นเดียวกับท่อสายหลัก แต่โดยทั่วไปมีขนาดเล็กกว่า ท่อสายซอยมีความสำคัญต่อการออกแบบระบบชลประทานฉีดฝอยพอสมควร เพราะการแผ่กระจายของน้ำจะสม่ำเสมอดีเพียงใด นอกจากขึ้นอยู่กับการกำหนดระยะห่างของหัวฉีดน้ำอย่างเหมาะสมแล้ว ยังขึ้นกับการกำหนดระยะห่างของท่อสายซอยอย่างเหมาะสมด้วย องค์ประกอบร่วมของท่อสายซอยนอกจากจะมีวาล์ว ข้อต่อ หรือข้อโค้งงอต่าง ๆ แล้ว ณ จุดที่ติดตั้งหัวฉีดน้ำถ้าไม่เป็นแบบท่อเจาะรู (Perforated Pipe) ก็จะต้องมีข้อต่อ 3 ทาง (Tee) เพื่อใช้สำหรับติดตั้งหัวฉีดน้ำ ซึ่งจะทำให้สามารถประกอบและถอดออกอย่างรวดเร็วด้วย บางครั้งมีความจำเป็นต้องฉีดน้ำในระดับสูงก็จะมีท่อยก (Riser) ต่อเสริมขึ้นไปก่อนแล้วติดหัวฉีดข้างบนทำการให้น้ำในระดับสูงได้

2.3.3.4 หัวฉีดน้ำ

คือ ส่วนที่ทำหน้าที่จ่ายน้ำจากท่อสายซอยสู่พืชโดยตรง โดยมีลักษณะฉีดน้ำขึ้นสู่อากาศด้วยความดันค่าหนึ่ง จากการสูญเสียพลังงานของเม็ดน้ำจะทำให้เม็ดน้ำแตกกระจายเป็นฝอยแล้วตกลงสู่พืชคล้ายเม็ดฝน ดังนั้น จะเห็นว่าต้องออกแบบควบคุมเป็นพิเศษเพราะการออกแบบที่ไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบโดยตรง

หัวฉีดน้ำมีได้หลายแบบ แบ่งออกตามลักษณะต่าง ๆ ได้หลายลักษณะ เช่น แบ่งตามแรงดันก็มีแบบแรงดันต่ำ แรงดันปานกลาง และแรงดันสูง แบ่งตามลักษณะการทำงานได้แก่ แบบนิ่งอยู่กับที่ เช่น แบบท่อเจาะรู หรือแบบใช้เพาะชำ และแบบหมุน ซึ่งก็แบ่งเป็นหมุนแบบธรรมดากับหมุนด้วยฆ้อน แต่ละแบบยังมีข้อปลีกย่อยละเอียดลงไปอีก เพื่อให้เหมาะสมกับงานชนิดต่าง ๆ อย่างแท้จริง วัสดุที่ใช้ทำหัวฉีดน้ำก็มีหลายชนิดอีกเช่นกัน ตั้งแต่พลาสติก ทองเหลือง จนถึงเหล็กสแตนเลส เหมาะกับงานชนิดต่าง ๆ เช่นกัน การออกแบบหัวฉีดน้ำจำเป็นต้องทราบคุณสมบัติของดิน ลักษณะงาน ชนิดของพืชที่ปลูก การใช้น้ำของพืช ฯลฯ จึงทำให้ออกแบบได้อย่างเหมาะสม

2.3.4 <u>ชนิดของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย</u> (Types of Sprinkler Irrigation System)

แบ่งตามลักษณะการติดตั้งได้ 4 แบบ คือ

2.3.4.1 แบบถาวร (Permanent Systems) เป็นระบบที่องค์ประกอบทุกชนิดถูกติดตั้งไว้ตายตัวไม่สามารถเคลื่อนย้ายที่ได้ ดังนั้น ท่อต่าง ๆ จึงมักฝังดินหมด หรืออาจยกสูงเหนือผิวดินเลย จะเห็นว่าระบบนี้จะสิ้นเปลืองแรงงานในการทำงานน้อยมาก แต่ค่าลงทุนก็จะสูงมากเช่นกัน ดังนั้น จึงมักใช้กับงานเล็ก ๆ เช่นเรือนเพาะชำ หรืองานที่ต้องใช้น้ำน้อย ๆ แต่บ่อย ๆ เพราะการย้ายท่อทำได้ไม่ทัน

2.3.4.2 แบบกึ่งถาวร (Semi-permanent Systems) เป็นระบบที่เคลื่อนย้ายได้เฉพาะท่อสายซอย ท่อยกและหัวฉีดน้ำเท่านั้น นอกนั้นจะเป็นโครงสร้างแบบถาวร จะประหยัดค่าลงทุนได้ดีขึ้นแต่จะต้องเปลืองแรงงานและเวลาในการขนย้ายท่อเพิ่มขึ้น

2.3.4.3 แบบกึ่งเคลื่อนย้ายได้ (Semi-portable Systems) ระบบนี้จะเคลื่อนย้ายองค์ประกอบต่าง ๆ ได้หมดยกเว้นต้นกำลัง (Source of Power) ก็คือ เครื่องสูบน้ำเท่านั้นที่เป็นการติดตั้งถาวร

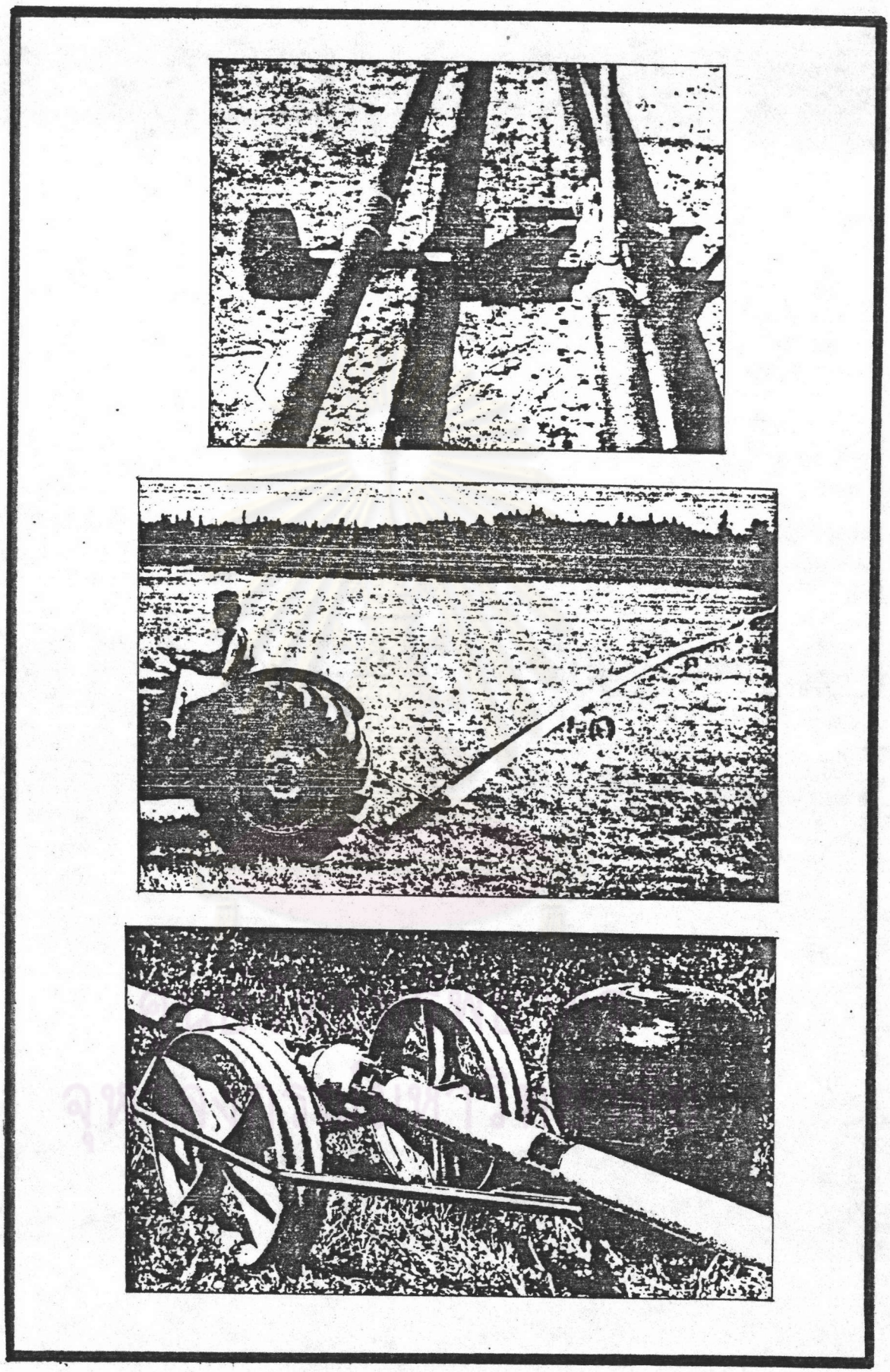
2.3.4.4 แบบเคลื่อนย้ายได้ (Portable Systems) เป็นระบบที่เคลื่อนย้ายอุปกรณ์ได้ทุกชนิด ทำให้ใช้งานได้กว้างขวางในขณะที่ลงทุนน้อยกว่ามาก เมื่อเทียบกับแบบถาวร แต่จะสิ้นเปลืองเวลาและแรงงานในการขนย้ายระบบบ้าง โดยทั่วไปใช้กับระบบใหญ่ ๆ ที่มีแหล่งน้ำกว้างขวางที่มีค่าลงทุนสูงมาก มีแรงงานมากพอสมควรและต้นพืชสามารถทิ้งช่วงเวลาในการให้น้ำได้นานพอสมควร

2.3.5 <u>กฎเกณฑ์การออกแบบระบบชลประทานแบบฉีดฝอย</u>

ในการออกแบบระบบชลประทานแบบฉีดฝอย จำเป็นต้องมีกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ โดยสรุปดังนี้คือ

2.3.5.1 สภาพแวดล้อมก่อนการออกแบบ

1) สภาพภูมิประเทศ (Topography) เพื่อทราบข้อมูลว่าแปลงเพาะปลูก



รูปที่ 2–11 การเคลื่อนย้ายท่อแบบต่าง ๆ ในระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ที่ย้ายที่ได้ (Pillsbury, A.F., 1975)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตั้งอยู่ที่ใด การคมนาคมเป็นอย่างไร แหล่งวัสดุอยู่ใกล้ไกลเพียงใด มีอู่ซ่อมอุปกรณ์ที่ไหน และรูปร่างบริเวณเพาะปลูกพืช คือควรมีแผนที่ภูมิประเทศไม่เล็กกว่าอัตราส่วน 1:2,500 และมีเส้นชั้นความสูงแสดงทุก ๆ 1 เมตร

2) สภาพแหล่งน้ำ (Water Source) เพื่อทราบว่าเป็นน้ำประเภทใด ประปา คลอง บึง น้ำบาดาล หรือต้องใช้คลองส่งน้ำหรือท่อส่งน้ำจากแหล่งอื่น หรือไม่ผ่านที่ดินผู้อื่นไหม และมีปริมาณน้ำที่จะใช้งานได้สูงสุดเท่าไร

3) สภาพภูมิอากาศ (Climate) ศึกษาถึงปริมาณฝนในช่วงเวลาต่าง ๆ ความเร็วลม ทิศทางลมในช่วงการเพาะปลูก อุณหภูมิตลอดจนความชื้นสัมพัทธ์

4) สภาพดินเพาะปลูก (Soil) ต้องศึกษาเกี่ยวกับสภาพเนื้อดิน สภาพการกัดเซาะ (Erosion) ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ (Infiltration Rate) ความสามารถในการเก็บน้ำของดิน (Soil Moisture Holding Capacity) ตลอดจนระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) ในฤดูต่าง ๆ ด้วย ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางอุทกวิทยา การทดสอบในห้องปฏิบัติการ และในสนามเข้าช่วยอย่างมาก

5) สภาพของพืช (Crop) เป็นตัวแปรที่สำคัญมากที่สุดตัวหนึ่ง ต้องศึกษาถึงพืชชนิดใดที่ตลาดต้องการ มีรายได้สูง ควรปลูกพืชชนิดนั้นในช่วงเวลาใด มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมอื่น ๆ หรือไม่ เมื่อได้ชนิดของพืชที่ทำการปลูกก็จะทำการหารายละเอียดของพืชชนิดนั้นเกี่ยวกับ ความลึกของเขตรากพืช (Root Zone Depth) ความต้องการการใช้น้ำของพืช (Consumptive Use) อายุการปลูกพืชตลอดจนค่า Soil Moisture Deficiency (SMD) ที่เหมาะสมของพืชชนิดนั้น ๆ และนำไปพิจารณาร่วมกับสภาพดินเพาะปลูก เพื่อกำหนดช่วงการให้น้ำ (Irrigation Interval) และเวลาในการให้น้ำ (Irrigation Period) ที่เหมาะสมด้วย

6) สภาพของคนในพื้นที่ (Human) ต้องศึกษาถึงความเป็นอยู่ของคนในพื้นที่นั้น ๆ การประกอบอาชีพ ความขยันในการทำงาน แรงงานหายากเพียงใด ค่าแรงงานสูงหรือไม่ เพื่อนำมาวางแผนเกี่ยวกับการจัดการแรงงานต่อไป

2.3.5.2 หัวฉีดน้ำ (Sprinkler)

เมื่อได้ทราบสภาพแวดล้อมทั่วไปดีแล้ว ขั้นต่อไปคือ การออกแบบหัวฉีดน้ำ ซึ่งจำเป็นจะต้องทราบตัวแปรสำคัญในเรื่องนี้ดังต่อไปนี้

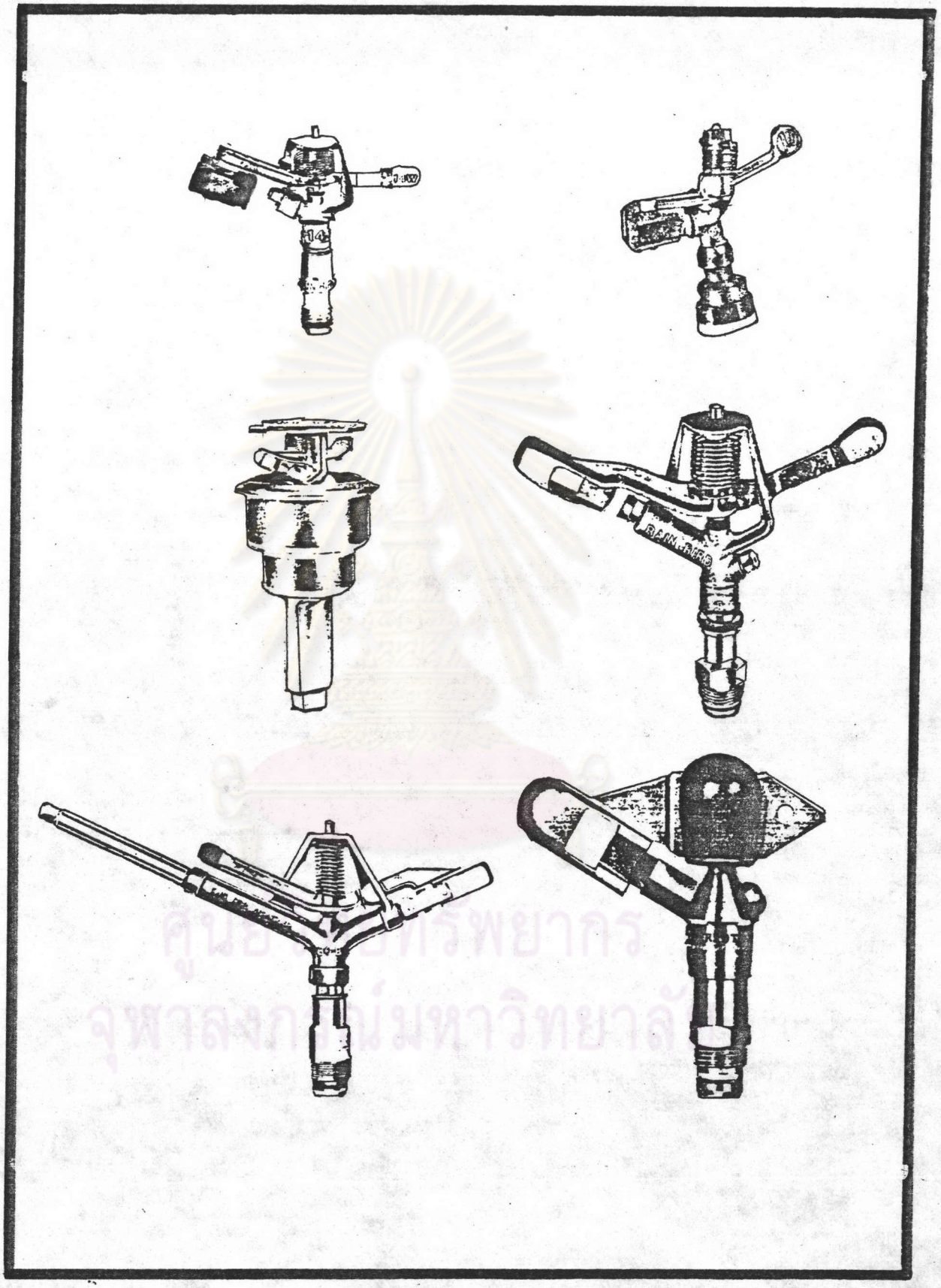
1) รูปแบบของน้ำจากหัวฉีดน้ำ (Sprinkler Pattern) คือ รูปตัด (Cross Section) ที่ตัดผ่านจุดที่ตั้งของหัวฉีดน้ำ เพื่อแสดงความลึกของน้ำที่จุดต่าง ๆ ที่ฉีดจากหัวฉีดน้ำหัวเดียว ในกรณีที่ไม่มีผลกระทบจากลมแนวตัดแนวไหนก็ตามจะให้รูปแบบของน้ำใกล้เคียงกัน แต่ในบริเวณที่ผลกระทบจากลม (โดยทั่วไปถือว่าความเร็วลมตั้งแต่ 2 ไมล์ต่อชั่วโมงขึ้นไป) จะทำให้รูปแบบต่างกัน เมื่อแนวตัดเปลี่ยนไปจึงมักแสดงรูปแบบ 2 แนวตัด คือ แนวตัดที่ขนานกับทิศทางลม และแนวตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางลม

รูปแบบของน้ำจะเป็นตัวกำหนดระยะระหว่างหัวฉีดน้ำที่จะใช้งาน โดยการนำรูปแบบดังกล่าวมาซ้อนกันที่ระยะห่างของหัวฉีดน้ำต่าง ๆ ระยะห่างของหัวฉีดใดที่ให้ความลึกรวมของน้ำที่ระยะต่าง ๆ ค่อนข้างสม่ำเสมอดีพอที่สุด ก็จะเป็นระยะที่นำไปใช้งาน

2) ขนาดของรูฉีด (Nozzle Size) โดยทั่วไปรูฉีดมักเป็นวงกลม ดังนั้นขนาดของรูฉีดจึงมักแสดงด้วยค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของรูฉีดนั้น โดยอาจจะเป็นหัวฉีดชนิดรูฉีด 1 รู เช่น 3.2 มิลลิเมตร หรือชนิด 2 รู เช่น 3.2 x 2.5 มิลลิเมตร ก็ได้ สำหรับหัวฉีดน้ำแบบหนึ่งบริษัทผู้ผลิตมักผลิตให้มีรูฉีดหลายขนาด ซึ่งแต่ละขนาดจะมีรายละเอียดคุณสมบัติการใช้งานอื่นได้กำหนดไว้เพื่อให้ผู้ซื้อเลือกแบบที่เหมาะสมกับงานที่ออกแบบมากที่สุด หน่วยที่นิยมใช้คือ มิลลิเมตรหรือนิ้ว

3) ความดันในการใช้งาน (Operating Sprinkler Pressure) คือ ความดันของน้ำที่ออกจากหัวฉีดน้ำหนึ่ง ๆ ซึ่งจะแสดงไว้โดยบริษัทผู้ผลิต หรือศึกษาหาค่าจากในห้องปฏิบัติการก็ได้ หน่วยที่นิยมใช้คือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือเป็นความสูงของน้ำในหน่วยเมตร หรือบรรยากาศ

4) ปริมาณน้ำจากหัวฉีดน้ำ (Sprinkler Discharge) คือ ปริมาตรของน้ำที่ถูกฉีดออกจากหัวฉีดน้ำหัวหนึ่งต่อ 1 หน่วยเวลาที่รูฉีดขนาดหนึ่ง และความดันค่าหนึ่ง ในกรณีที่หัวฉีดน้ำมี 2 รูฉีด ปริมาณน้ำนี้ก็จะคิดจากปริมาณน้ำจาก 2 รูฉีดรวมกัน ปริมาณนี้มีบทบาทมาก



รูปที่ 2–12 หัวฉีดน้ำลักษณะต่าง ๆ (Pillsbury, A.F., 1975)

ในการออกแบบเครื่องสูบน้ำต่อไป หน่วยที่นิยมใช้ คือ แกลลอนต่อนาที หรือลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

5) พื้นที่เปียกน้ำ (Coverage Area) คือ บริเวณที่น้ำที่ฉีดจากหัวฉีด 1 หัว ปกคลุมถึง โดยทั่วไปถ้าเป็นหัวฉีดแบบหมุนจะได้พื้นที่เปียกน้ำเป็นวงกลม และมักแสดงด้วยค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมที่เปียกน้ำนั้น แต่ถ้าเป็นหัวฉีดแบบอยู่กับที่ พื้นที่เปียกน้ำจะขึ้นอยู่กับลักษณะของหัวฉีดแต่ละชนิด เช่น แบบท่อเจาะรูจะมีพื้นที่เปียกน้ำเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าไปตามความยาวของท่อ การออกแบบที่เหมาะสมจะทำให้ได้พื้นที่เปียกน้ำตลอดทั่วทั้งพื้นที่เพาะปลูก

6) อัตราการให้น้ำ (Precipitation Rate) คือ ค่าความลึกโดยเฉลี่ยของน้ำที่ฉีดจากหัวฉีดน้ำหนึ่ง ๆ ด้วยความดันค่าหนึ่งในช่วงเวลาหนึ่ง ค่าอัตราการให้น้ำนี้ต้องเพียงพอกับการใช้น้ำของพืช (Consumptive Use) และต้องน้อยกว่าอัตราการซึมน้ำของดิน (Infiltration Rate) เพื่อขจัดการไหลนองของน้ำบนผิวดิน (Run off) โดยทั่วไปหน่วยที่ใช้คือ นิ้วต่อชั่วโมง หรือมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

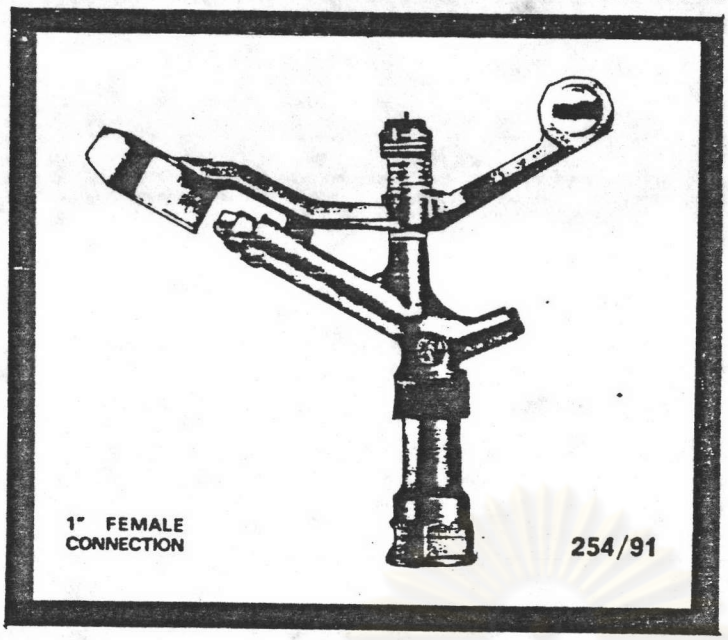
7) ระยะห่างระหว่างหัวฉีดน้ำ (Sprinkler Spacing) คือ ค่าที่จะต้องทำให้ได้เพื่อให้เกิดรูปแบบของน้ำรวม (Final Sprinkler Pattern) ที่ให้ความลึกของน้ำสม่ำเสมอที่สุดตลอดทั้งพื้นที่เพาะปลูก การหาระยะห่างระหว่างหัวฉีดน้ำที่เหมาะสมนอกจากจะใช้วิธีซ้อนกันของรูปแบบของน้ำจากหัวฉีดน้ำแล้ว อาจหาได้จากการประมาณอย่างหยาบ ๆ ออกมาเป็นเปอร์เซนต์ความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางของพื้นที่เปียกน้ำ สำหรับหัวฉีดน้ำแบบหมุนได้โดยขึ้นกับความเร็วของกระแสลมที่พัดผ่านบริเวณเพาะปลูกจากการทดสอบในข้อ ฌ) จะทำให้ชี้ได้ว่าการกำหนดระยะดังกล่าวเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากน้อยเพียงใด

8) ระยะห่างระหว่างท่อสายซอย (Lateral Spacing) จะควบคู่ไปกับระยะห่างระหว่างหัวฉีดน้ำ คือ การออกแบบระยะทั้งสองอย่างเหมาะสมจะทำให้ได้ความสม่ำเสมอในการให้น้ำได้ดีที่สุด

9) ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Uniformity of Application) เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดสิ่งหนึ่งในการให้น้ำด้วยระบบชลประทานแบบฉีดฝอย การเลือกหัวฉีดน้ำและวางระยะต่าง ๆ อย่างเหมาะสมจะทำให้มีความสม่ำเสมอในการให้น้ำสูง

โดยทั่วไปมีการคำนวณหาตัวเลขที่แสดงถึงความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

254/91, 254/96
HEAVY-DUTY GENERAL PURPOSE SPRINKLER



รูปที่ 2–13. คุณสมบัติของหัวฉีดน้ำชนิดหนึ่ง (Modern Irrigation Equipment, N.D.)

PERFORMANCE TABLES

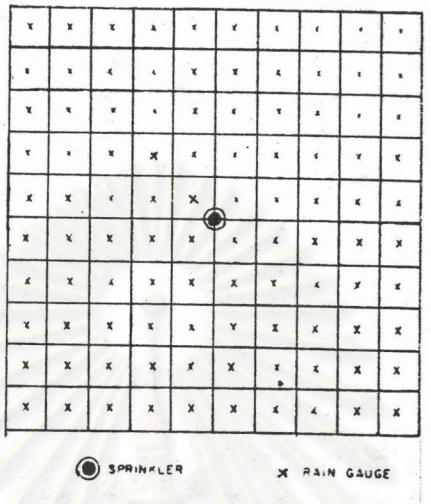
ONE NOZZLE

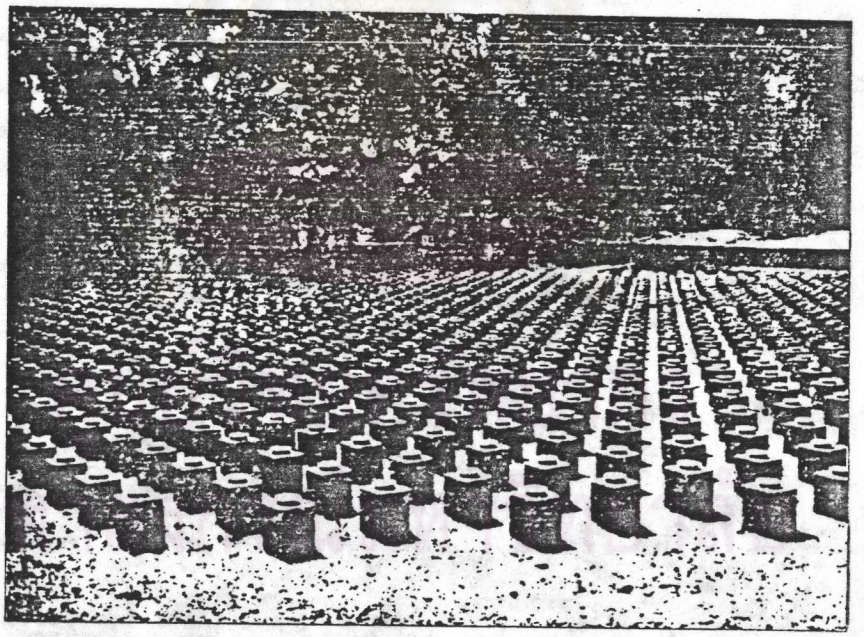
Nozzle Size in mm. CODE		Pressure in atm.	Discharge in m^3/h.	Diameter Coverage in m.	Precipitation in mm/h for Covered Area Spacing in metres						
254/91	254/96				12 x 12	12 x 18	12 x 24	18 x 18	18 x 24	24 x 24	24 x 30
4.8	4.8	3.5	1.62	35	11.2	7.5	5.7	5.0	3.7	2.8	
		4.0	1.72	36	11.9	7.9	6.0	5.3	4.0	2.9	
		4.5	1.81	38	12.5	8.3	6.3	5.6	4.2	3.1	
		5.0	1.91	39	13.2	8.8	6.7	5.9	4.4	3.3	
		5.5	2.00	40	13.8	9.2	7.0	6.2	4.6	3.4	
		6.0	2.08	41	14.4	9.6	7.2	6.4	4.8	3.6	
5.0	5.0	3.5	1.78	36	12.3	8.2	6.3	5.5	4.1	3.0	
		4.0	1.90	37	13.1	8.7	6.7	5.9	4.4	3.2	
		4.5	1.99	38	13.7	9.2	7.0	6.1	4.6	3.4	
		5.0	2.09	4	14.4	9.5	7.3	6.5	4.8	3.6	
		5.5	2.18	41	15.0	10.0	7.6	6.8	5.0	3.7	
		6.0	2.27	42	15.7	10.4	8.0	7.0	5.2	3.9	
5.5	5.5	3.5	2.12	38	14.6	9.8	7.4	6.6	4.9	3.6	
		4.0	2.27	39	15.7	10.4	8.0	7.0	5.2	3.9	3.2
		4.5	2.39	41	16.5	11.0	8.4	7.4	5.5	4.1	3.4
		5.0	2.51	42	17.3	11.5	8.8	7.8	5.8	4.3	3.5
		5.5	2.62	43	18.1	12.1	9.2	8.1	6.0	4.5	3.7
		6.0	2.73	44	18.8	12.6	9.6	8.5	6.3	4.6	3.8
6.0	6.0	3.5	2.51	39	17.3	11.5	8.8	7.8	5.8	4.3	3.5
		4.0	2.67	41	18.4	12.3	9.4	8.3	6.1	4.5	3.7
		4.5	2.84	43	19.6	13.1	9.9	8.8	6.5	4.8	4.0
		5.0	2.98	45	20.6	13.8	10.4	9.2	6.9	5.1	4.2
		5.5	3.10	46	21.4	14.3	10.9	9.6	7.1	5.3	4.4
		6.0	3.23	47	22.3	14.9	11.3	10.0	7.4	5.5	4.5
6.3	6.3	3.5	2 70	39	18.6	12.4	9.5	8.4	6.2	4.6	3.8
		4.0	2.89	41	20.0	13.3	10.1	9.0	6.7	4.9	4.1
		4.5	3.06	43	21.1	14.1	10.7	9.5	7.0	5.2	4.3
		5.0	3.21	45	22.1	14.8	11.2	10.0	7.4	5.5	4.5
		5.5	3.34	46	23.0	15.4	11.7	10.4	7.7	5.7	4.7
		6.0	3.49	47	24.1	16.1	12.2	10.8	8.0	6.0	4.9
7.0	7.0	3.5	3.31	41	22.8	15.2	11.6	10.3	7.6	5.6	4.6
		4.0	3.53	43	24.4	16.2	12.4	10.9	8.1	6.0	4.9
		4.5	3.72	45	25.7	17.1	13.0	11.5	8.6	6.3	5.2
		5.0	3.91	47	27.0	18.0	14.6	12.1	9.0	6.7	5.5
		5.5	4.10	49	28.3	18.9	15.3	12.7	9.4	7.0	5.7
		6.0	4.26	51	29.4	19.6	15.9	13.2	9.8	7.2	6.0
7.5	7.5	3.5	3.80	40	26.2	17.5	14.1	11.8	8.7	6.5	5.3
		4.0	4.07	43	28.1	18.7	15.1	12.6	9.4	6.9	5.7
		4.5	4.29	46	29.6	19.7	16.0	13.3	9.9	7.3	6.0
		5.0	4.53	48	31.3	20.8	16.9	14.0	10.4	7.7	6.3
		5.5	4.72	50	32.6	21.7	17.6	14.6	10.9	8.0	6.6
		6.0	4.86	51	33.5	22.4	18.1	15.1	11.2	8.3	6.8
8.5	8.5	3.5	4.88	42	33.7	22.4	16.9	15.1	11.2	8.3	6.8
		4.0	5.21	44	36.0	24.0	18.1	16.2	12.0	8.9	7.3
		4.5	5.50	47	38.0	25.3	19.1	17.1	12.7	9.4	7.7
		5.0	5.81	49	40.1	26.7	20.2	18.0	13.4	9.9	8.1
		5.5	6.05	51	41.7	27.8	21.0	18.8	13.9	10.3	8.5
		6.0	6.31	52	43.5	29.0	21.9	19.6	14.5	10.7	8.8

Shaded area not recommended for ideal irrigation.

TWO NOZZLES

Nozzle Size in mm. CODE		Pressure in atm.	Discharge in m^3/h.	Diameter Coverage in m.	Precipitation in mm/h for Covered Area Spacing in metres					
254/91	254/96				12 x 12	12 x 18	12 x 24	18 x 18	18 x 24	24 x 24
4.8 x 2.5	4.8 x 2.5	3.5	2.01	35	13.9	9.2	7.0	6.2	4.6	
		4.0	2.11	36	14.6	9.7	7.4	6.5	4.9	
		4.5	2.23	38	15.4	10.3	7.8	6.9	5.1	
		5.0	2.34	39	16.1	10.8	8.2	7.3	5.4	
		5.5	2.43	40	16.8	11.2	8.5	7.5	5.6	
		6.0	2.55	41	17.6	11.8	8.9	7.9	5.9	
5.0 x 3.2	5.0 x 3.2	3.5	2.43	36	16.8	11.2	8.5	7.5	5.6	
		4.0	2.58	37	17.8	11.9	9.0	8.0	5.9	
		4.5	2.71	39	18.7	12.5	9.5	8.4	6.2	
		5.0	2.86	40	19.7	13.2	10.0	8.9	6.6	
		5.5	2.99	41	20.6	13.8	10.5	9.3	6.9	
		6.0	3.11	42	21.5	14.3	10.9	9.6	7.2	
5.5 x 3.2	5.5 x 3.2	3.5	2.66	38	18.4	12.2	9.3	8.2	6.1	4.5
		4.0	2.85	39	19.7	13.1	10.0	8.8	6.6	4.8
		4.5	3.02	41	20.8	13.9	10.6	9.4	6.9	5.1
		5.0	3.19	42	22.0	14.7	11.2	9.9	7.3	5.4
		5.5	3.39	43	23.4	15.6	11.9	10.5	7.8	5.8
		6.0	3.55	44	24.5	16.3	12.4	11.0	8.2	6.0
6.0 x 3.2	6.0 x 3.2	3.5	3.15	39	21.7	14.5	11.0	9.8	7.2	5.4
		4.0	3.36	41	23.2	15.5	11.8	10.4	7.7	5.7
		4.5	3.53	43	24.4	16.2	12.4	10.9	8.1	6.0
		5.0	3.73	45	25.7	17.2	13.1	11.6	8.6	6.3
		5.5	3.90	46	26.9	17.9	13.7	12.1	9.0	6.6
		6.0	4.07	47	28.1	18.7	14.2	12.6	9.4	6.9
6.3 x 3.2	6.3 x 3.2	3.5	3.33	39	23.1	15.0	11.7	10.3	7.7	5.7
		4.0	3.56	41	24.6	16.4	12.5	11.0	8.2	6.1
		4.5	3.77	43	26.0	17.3	13.2	11.7	8.7	6.4
		5.0	3.96	45	27.3	18.2	13.9	12.3	9.1	6.7
		5.5	4.13	46	28.5	19.0	14.5	12.8	9.5	7.0
		6.0	4.31	47	29.7	19.8	15.1	13.4	9.9	7.3
7.0 x 4.2	7.0 x 4.2	3.5	4.25	41	29.3	19.6	14.9	13.2	9.8	7.2
		4.0	4.56	43	31.5	21.0	16.0	14.1	10.5	7.8
		4.5	4.80	45	33.1	22.1	16.8	14.8	11.0	8.2
		5.0	5.05	47	34.8	23.2	17.7	15.7	11.6	8.6
		5.5	5.27	49	36.4	24.2	18.4	16.3	12.1	9.0
		6.0	5.50	51	38.0	25.3	19.3	17.1	12.7	9.4
7.5 x 4.2	7.5 x 4.2	3.5	4.76	40	32.8	21.9	16.7	14.8	10.9	8.1
		4.0	5.09	43	35.1	23.4	17.8	15.8	11.7	8.7
		4.5	5.35	46	36.9	24.6	18.7	16.6	12.3	9.1
		5.0	5.67	48	39.1	26.1	19.8	17.6	13.0	9.6
		5.5	5.91	50	40.8	27.2	20.7	18.3	13.6	10.1
		6.0	6.15	51	42.4	28.3	21.5	19.1	14.1	10.7
8.5 x 4.2	8.5 x 4.2	3.5	5.76	42	39.7	26.5	20.2	17.9	13.2	9.8
		4.0	6.18	44	42.6	28.4	21.6	19.2	14.2	10.5
		4.5	6.45	47	44.5	29.7	22.6	20.0	14.8	11.0
		5.0	6.82	49	47.1	31.4	23.9	21.1	15.7	11.6
		5.5	7.11	51	49.1	32.7	24.9	22.0	16.4	12.1
		6.0	7.44	52	51.3	34.2	26.0	23.1	17.1	12.6





รูปที่ 2–14 การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอของการให้น้ำ

(Pillsbury, A.F., 1975)

ออกมาในรูปของเปอร์เซนต์ของสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Percentage of Uniformity Coefficient) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$C_u = 100 \left[1 - \frac{M.D.}{\bar{X}} \right] \qquad (2\text{–}10)$$

เมื่อ C_u = สัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอ (Uniformity Coefficient) ของการให้น้ำเป็นเปอร์เซนต์

$M.D.$ = ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย (Mean Deviation) ของข้อมูลความลึกของน้ำที่ฉีดจากหัวฉีดน้ำ ซึ่งวัดได้โดยการนำกระป๋องวัดน้ำฝน (Rain Gauge) ไปตั้งไว้ที่จุดต่าง ๆ ให้ทั่วบริเวณที่หัวฉีดน้ำฉีดไปถึง วัดในช่วงเวลาหนึ่ง

$$= \frac{\sum_{i=1}^{N} \left| X_i - \bar{X} \right|}{N}$$

X_i = ความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุดที่ตั้งกระป๋องวัดน้ำ

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของความลึกของน้ำที่วัดได้ทั้งหมด = $\sum_{i=1}^{N} X_i / N$

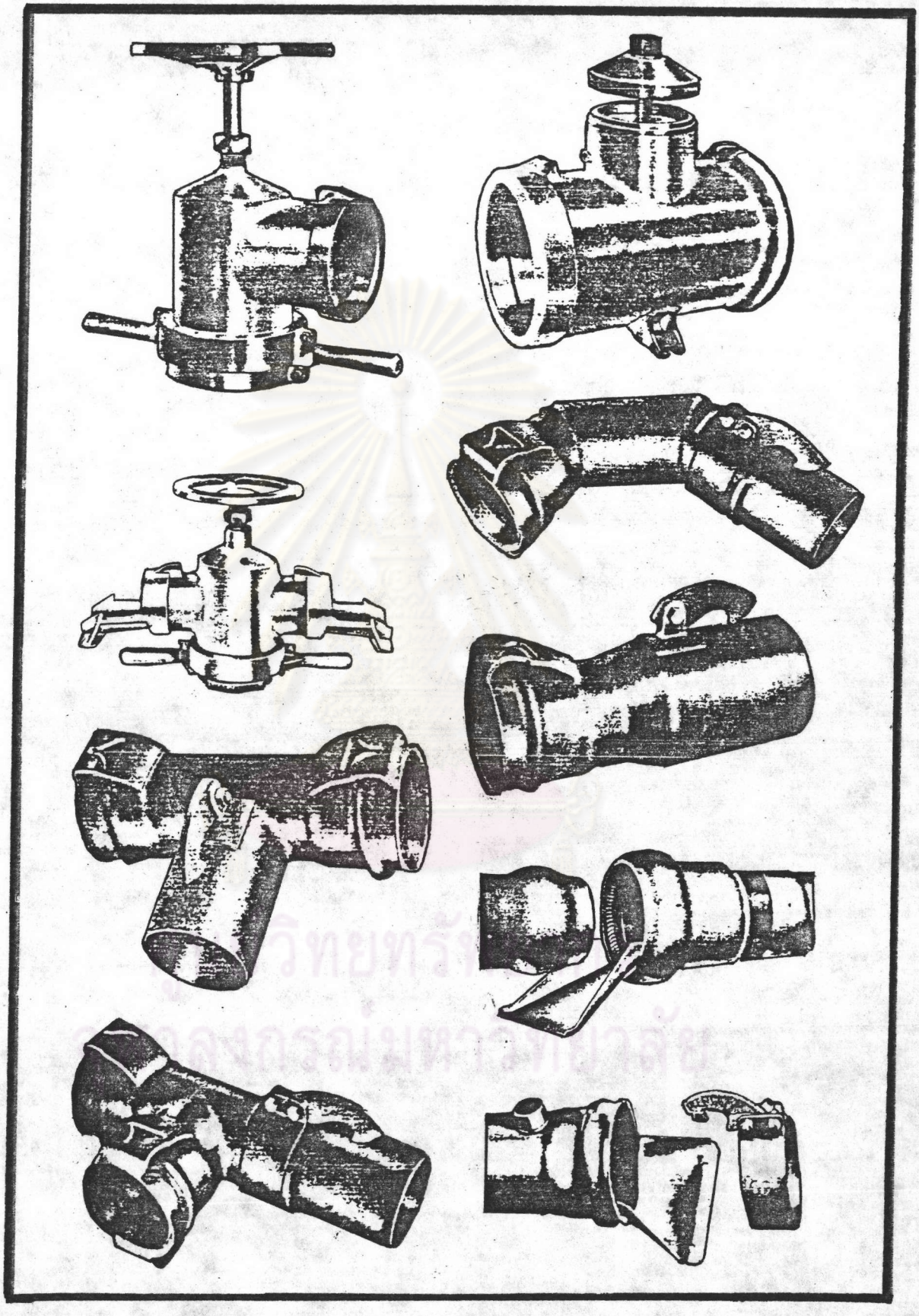
N = จำนวนจุดหรือจำนวนกระป๋องที่ตั้งวัดน้ำทั้งหมด

การหาค่า C_u นี้ นิยมหาจากแปลงเพาะปลูกจริง ๆ เพื่อให้ได้สภาพแวดล้อมใกล้เคียงความจริงที่สุด โดยอาจใช้กับหัวฉีดน้ำทุกหัวตลอดท่อสายซอยสายหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า การทดสอบกับท่อสายซอยเดี่ยว (Single Lateral Test) หรืออาจทดสอบตลอดท่อสายซอย 2 สาย ซึ่งเรียกว่าการทดสอบกับท่อสายซอยคู่ (Double Lateral Test) โดยที่การเลือกตำแหน่งที่ตั้งของกระป๋องวัดน้ำฝนนิยมกำหนดตำแหน่งให้มีระยะต่อและระยะเคียงเท่ากัน ตั้งให้เต็มพื้นที่เปียกน้ำ

ค่า C_u ที่คำนวณได้สำหรับระบบชลประทานฉีดฝอย ถ้ามีค่าตั้งแต่ 85 เปอร์เซนต์ขึ้นไป ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ผลดี (ปฏิภาณ อมาตยกุล, ม.ป.ป.)

2.3.5.3 ท่อและองค์ประกอบของท่อ

เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบเช่นกัน มีหลักเกณฑ์ทั่วไปดังนี้



รูปที่ 2–15 ข้อต่อชนิดต่าง ๆ ในงานชลประทานแบบฉีดฝอย

(Pillsbury, A.F., 1975 and Richey, C.B., 1961)

1) การวางแนวท่อสายใหญ่และสายรอง

ก) ควรวางแนวท่อให้สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดต้นทุนและการสูญเสียแรงดันของน้ำในท่อ

ข) ควรวางแนวท่อในแนวและทิศทางที่สะดวกต่อการติดตั้ง ขนย้าย และหมุนเวียนท่อสายซอย และสามารถทำงานต่อเนื่องกันได้ โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

ค) ควรวางท่อในแนวสันหรือระดับสูงสุดของพื้นที่ เพื่อให้ท่อสายซอยมีลักษณะลาดลงทุก ๆ สาย ทำให้กำหนดขนาดท่อได้เล็กลง

ง) ไม่ควรกำหนดขนาดท่อให้ขนาดเดียวกันโดยตลอด แต่ควรลดขนาดท่อเป็นระยะ ๆ ตามจุดที่ปริมาณน้ำลดลง

2) การวางแนวท่อสายซอย

ก) ควรวางท่อในแนวระดับหรือลักษณะลาดลง นอกจากกรณีจำเป็น แต่ก็พยายามให้ผลต่างระดับระหว่างหัวฉีดน้ำตัวแรกและตัวสุดท้ายน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

ข) ไม่ควรวางท่อให้ขนานกับทิศทางลมประจำฤดูในการเพาะปลูก เพราะจะทำให้ระยะระหว่างท่อสายซอยสั้นเกินไป ทำให้ไม่ประหยัด

ค) พยายามจัดแปลงเพาะปลูกให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือสี่เหลี่ยมด้านขนาน เพื่อทำให้สะดวกและประหยัดในการออกแบบท่อสายซอย

ง) ควรกำหนดขนาดท่อสายซอยให้เท่ากันโดยตลอด และถ้าจำเป็นจริง ๆ ไม่ควรมีเกิน 2 ขนาด เพื่อสะดวกในการติดตั้ง ขนย้าย เก็บรักษา และจัดหาอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วย

3) ชลศาสตร์ที่ใช้ในการออกแบบท่อ

ก) ทฤษฎีที่ใช้

ทฤษฎีที่ 1 การไหลของน้ำในท่อชนิดเดียวกันที่มีขนาดเท่ากันโดยตลอด ค่าการสูญเสียของน้ำ (Head Loss) จะแปรตามปริมาณการไหลของน้ำและความยาวของท่อ

มีผู้เสนอวิธีคำนวณหาค่าการสูญเสียของน้ำนี้มากมาย แต่ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยนิยมใช้สูตรของ Scobey ซึ่งแสดงได้เป็น

$$H_f = K_s \frac{V^{1.9}}{D^{1.1}} \qquad (2-11)$$

เมื่อ H_f = ค่าการสูญเสียแรงดันของน้ำ (ฟุตต่อ 100 ฟุต)

K_s = สัมประสิทธิ์ความหยาบของผิวท่อ

V = ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำในท่อ (ฟุตต่อวินาที)

D = ความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ (ฟุต)

สูตรของ Scobey สามารถคำนวณง่ายขึ้น โดยการใช้ตารางซึ่งสร้างขึ้นเพื่อช่วยในการคำนวณ โดยต้องการข้อมูลชนิดของท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ อัตราการไหล และความยาวท่อก็ทำให้สามารถหาค่าการสูญเสียแรงดันของน้ำในท่อสายหลักและท่อสายซอยได้

ทฤษฎีที่ 2 ค่าการสูญเสียแรงดันของน้ำที่ไหลในท่อใด ๆ ย่อมมากกว่าค่าการสูญเสียแรงดันของน้ำในท่อขนาดเดียวกัน ที่มีปริมาณน้ำผ่านปากท่อเท่ากัน แต่ได้จ่ายน้ำออกจากท่อเป็นระยะ ๆ ตามแนวท่อนั้น

จากทฤษฎีหมายความว่า ค่าสูญเสียแรงดันน้ำในท่อสายซอย ซึ่งมีการจ่ายน้ำออกเป็นระยะ ๆ ตามแนวท่อจะมีค่าน้อยกว่าค่าที่คำนวณได้ตามปกติจากสูตรของ Scobey และสามารถหาค่าได้โดยคูณค่าการสูญเสียแรงดันน้ำที่คำนวณได้โดยสูตรปกติองค์ประกอบตัวคูณ (Multiplying Factor) F ซึ่งสามารถคำนวณค่าได้จาก

$$F = \frac{1}{M+1} + \frac{1}{2N} + \frac{(M-1)^{1/2}}{6N^2} \qquad (2-12)$$

เมื่อ F = ตัวประกอบการคูณ (Multiplying Factor)

M = ค่าคงที่ = 1.90 สำหรับสูตรของ Scobey

N = จำนวนหัวฉีดน้ำในท่อสายซอยที่คำนวณ

จากสูตรหาค่า F ทำให้สามารถนำไปสร้างเป็นตารางของค่า F ซึ่งจะช่วยทำให้ประหยัดเวลาในการหาค่า F มากขึ้น

ตารางที่ 2–1 แสดงค่าสูญเสียแรงดันของน้ำ (ฟุตต่อ 100 ฟุต) ในท่อสายซอยอลูมิเนียม ยาว 30 ฟุต ชนิดเคลื่อนย้ายได้พร้อม Minor Losses คำนวณจากสูตรของ

Scobey $H_f = K_s \frac{V^{1.9}}{D^{1.1}}$

อัตราการไหล		2 ตารางนิ้ว	3 ตารางนิ้ว	4 ตารางนิ้ว	5 ตารางนิ้ว	6 ตารางนิ้ว
แกลลอน/นาที	$ม^3$/ชม.	K_s= 0.34	K_s= 0.33	K_s= 0.32	K_s= 0.32	K_s= 0.32
40	9.08	4.49	0.565	0.130		
50	11.35	6.85	.858	.198		
60	13.63	9.67	1.21	.280		
70	15.90	12.9	1.63	.376	0.122	
80	18.20	16.7	2.10	.484	.157	
90	20.45	20.8	2.63	.605	.196	
100	22.70	25.4	3.20	.73	.240	0.099
120	27.25		4.54	1.04	.339	.140
140	31.80		6.09	1.40	.454	.188
160	36.38		7.85	1.80	.590	.242
180	40.90		9.82	2.26	.733	.302
200	45.40		12.0	2.76	.896	.370
220	50.00		14.4	3.30	1.07	.443
240	54.50		16.9	3.90	1.26	.522
260	59.10		19.7	4.54	1.47	.608
280	63.70		22.8	5.22	1.70	.700
300	68.20		25.9	5.96	1.93	.798
320	72.75		29.3	6.74	2.18	.904
340	77.20		32.8	7.56	2.45	1.02
360	81.80		36.6	8.40	2.74	1.13
380	86.40		40.6	9.36	3.03	1.26
400	90.80		44.7	10.3	3.34	1.38
420	95.40			11.3	3.66	1.51
440	100.00			12.3	4.00	1.66
460	104.00			13.4	4.35	1.80
480	109.00			14.6	4.72	1.95
500	113.50			15.8	5.10	2.12
550	125.00			18.9	6.12	2.52
600	136.30			22.2	7.22	2.98
650	147.70			25.9	8.40	3.46
700	159.00			29.8	9.68	3.99
750	170.30			33.8	11.0	4.54
800	181.80				12.5	5.15
850	193.00				14.0	5.78
900	204.50				15.6	6.44
950	216.00				17.3	7.14
1000	227.00				19.0	7.86

หมายเหตุ สำหรับท่อยาว 20 ฟุต เพิ่มค่าในตารางอีก 7%

สำหรับท่อยาว 40 ฟุต ลดค่าในตารางลง 3%

ตารางที่ 2 – 2 ตารางแสดงค่าองค์ประกอบตัวคูณ (Multiplying Factor) F

ใช้ในการหาค่าสูญเสียแรงดันของน้ำจากสูตรของ Scobey

จำนวนหัวฉีดน้ำในท่อสายซอย 1 สาย	ค่าของ F	จำนวนหัวฉีดน้ำในท่อสายซอย 1 สาย	ค่าของ F
1	1.000	16	0.377
2	0.634	17	0.375
3	0.528	18	0.373
4	0.480	19	0.372
5	0.451	20	0.370
6	0.433	21	0.369
7	0.419	22	0.368
8	0.410	23	0.367
9	0.402	24	0.366
10	0.396	25	0.365
11	0.392	26	0.364
12	0.388	27	0.364
13	0.384	28	0.363
14	0.381	29	0.363
15	0.379	30	0.362

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทฤษฎีที่ 3 การต่อท่อสั้น ๆ เข้าด้วยกันย่อมให้ค่าการสูญเสียแรงดันของน้ำมากกว่าท่อช่วงยาวที่ต่อเข้าด้วยกัน

ทฤษฎีนี้ก็คือการสูญเสีย (Minor Losses) นั่นเอง เป็นการสูญเสียที่เกิดจากการต่อท่อ แยกท่อ เลี้ยวท่อ หรือเพิ่มลดขนาดท่อ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$H_f = K\frac{V^2}{2g} \qquad (2\text{–}13)$$

เมื่อ H_f = ค่าการสูญเสียแรงดันของน้ำ (เมตรหรือฟุต)

K = ค่าสัมประสิทธิ์เนื่องจากการต่อ แยก เลี้ยว เพิ่ม ลดขนาดท่อต่าง ๆ

V = ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำในท่อตรงจุดที่พิจารณา (เมตรต่อวินาทีหรือฟุตต่อวินาที)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดโลก (= 9.81 เมตรต่อวินาที^{2} = 32.17 ฟุตต่อวินาที^{2})

ค่า K สามารถหาได้จากตารางที่มีกำหนดไว้ทั่วไป หรืออาจหาค่า H_f จากคู่มือที่ผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบแนบมาขณะจำหน่าย และสำหรับตารางที่ช่วยในการคำนวณค่าการสูญเสียแรงดันของน้ำตามสูตรของ Scobey นั้น ตัวเลขต่าง ๆ ได้คิดการสูญเสียรอง (Minor Losses) นี้รวมไปด้วยแล้ว

ข) การออกแบบท่อสายซอย

จากทฤษฎีทั้งสาม การสมมติขนาดของท่อจะทำให้สามารถคำนวณหาการสูญเสียแรงดันของน้ำในท่อสายซอยได้ ค่าที่ได้จะต้องไม่เกินค่าการสูญเสียแรงดันที่ยอมได้ ซึ่งคิดเป็น 20 เปอร์เซนต์ของความดันของหัวฉีดน้ำตัวแรกของท่อรวมกับผลต่างระดับต้นท่อและระดับปลายท่อ ขนาดท่อที่ให้การสูญเสียแรงดันน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมได้ก็จะเป็นขนาดที่นำไปใช้งาน

ค) การออกแบบท่อสายใหญ่และสายรอง

เป็นการออกแบบที่มีความสำคัญมาก เพราะการออกแบบที่ผิดพลาดจะทำให้

สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายต่าง ๆ อย่างมาก ตั้งแต่ค่าลงทุนจนถึงค่าดำเนินงาน ดังนั้น จึงมีวิธีการที่ยุ่งยากซับซ้อนพอสมควร วิธีที่นิยมใช้กันปัจจุบัน ซึ่งใช้หลักทางเศรษฐศาสตร์และสถิติประยุกต์อยู่ด้วยมีอยู่ 3 วิธีคือ

(1) The Most Economical Pipesize Selection

(2) Trial and Error for the Most Economical Pipesize Selection

(3) Shortcut Trial and Error Solution for the Most Economical Pipesize Selection

วิธีทั้งสามนอกจากคำนวณการสูญเสียแรงดันของน้ำในท่อปกติแล้ว ยังมีการคำนึงถึงผลในการลงทุนถูกที่สุดด้วย ซึ่งแต่ละวิธีการต่าง ๆ กัน แต่วิธีแรกจัดว่าเป็นวิธีที่ถูกต้องที่สุด ในขณะที่วิธีที่สามเป็นวิธีที่สั้นที่สุด แต่ก็ให้ผลลัพธ์ที่ยอมรับได้เช่นกัน

4) องค์ประกอบอื่น ๆ

เช่นข้อต่อต่าง ๆ วาล์วต่าง ๆ มีหลักที่ต้องคำนึงถึงบางดังนี้

ก) ต้องระวังการเกิดฆ้อนน้ำ (Water Hammer) ซึ่งเกิดจากการปิดวาล์วโดยทันที คลื่นสะท้อนกับของน้ำในท่อจะกระแทกไปที่วาล์ว และผนังท่ออาจทำให้เกิดการเสียหายได้ นั่นคือ จะต้องออกแบบอุปกรณ์ของท่อให้ทนต่อแรงดันของฆ้อนน้ำให้ได้ หรืออาจมีวิธีที่จะช่วยลดค่าความดันน้ำจากฆ้อนน้ำได้โดยอาจใช้การปิดวาล์วอย่างช้า ๆ หรือวาล์วระบายความดันอัตโนมัติ (Automatic Relief Valve) Air Chambers หรือ Surge Tanks ก็ได้

Donald และ Rabbit (n.d.) ได้เสนอวิธีประมาณค่าความดันน้ำที่เกิดจากฆ้อนน้ำ ว่ามีค่าเท่ากับ 55 ปอนด์ต่อตารางนิ้วต่อความเร็วของน้ำในท่อ 1 ฟุตต่อวินาที ซึ่งทำให้สามารถประมาณค่าได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัยด้วย

ข) ต้องป้องกันน้ำไหลกลับอันจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องสูบน้ำ จะเกิดขึ้นในกรณีที่เครื่องสูบน้ำอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้ง Check Valve

ที่ต้นทางส่งท่อ หรือใช้ By Pass กับ Gate Valve ติดตั้งแทนก็ได้

ค) ควรมีการไล่ฟองอากาศออกจากท่อ เพราะฟองอากาศจะทำให้พื้นที่หน้าตัดของท่อลดน้อยลง โดยการติดตั้ง Air relief valve ณ จุดสูงสุดของท่อทุก ๆ จุด หรืออาจใช้ Stand Pipe แทนก็ได้

ง) ควรมีการระบายน้ำที่ค้างท่อทุกครั้งที่ให้น้ำเสร็จ เพื่อลดน้ำหนักท่อในการขนย้าย และเพื่อป้องกันการผุกร่อนของท่อโดยติดตั้ง Automatic Drain Valve เพื่อให้ระบายน้ำได้สะดวก

2.3.5.4 เครื่องสูบน้ำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าเครื่องสูบน้ำใช้ในกรณีที่ความดันของน้ำที่ต้องการในการฉีดน้ำไม่เพียงพอ หลักเกณฑ์ในการออกแบบเครื่องสูบน้ำที่ควรพิจารณาคือ

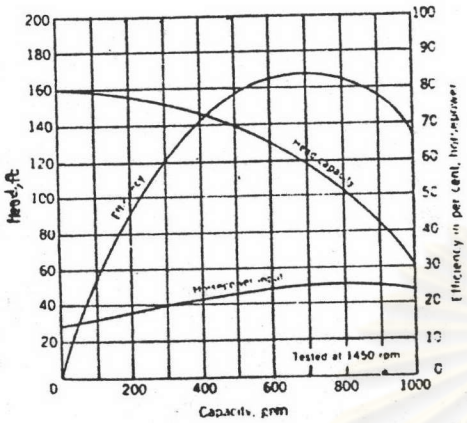
1) การกำหนดที่ตั้งเครื่องสูบน้ำ มีหลักเกณฑ์ คือ

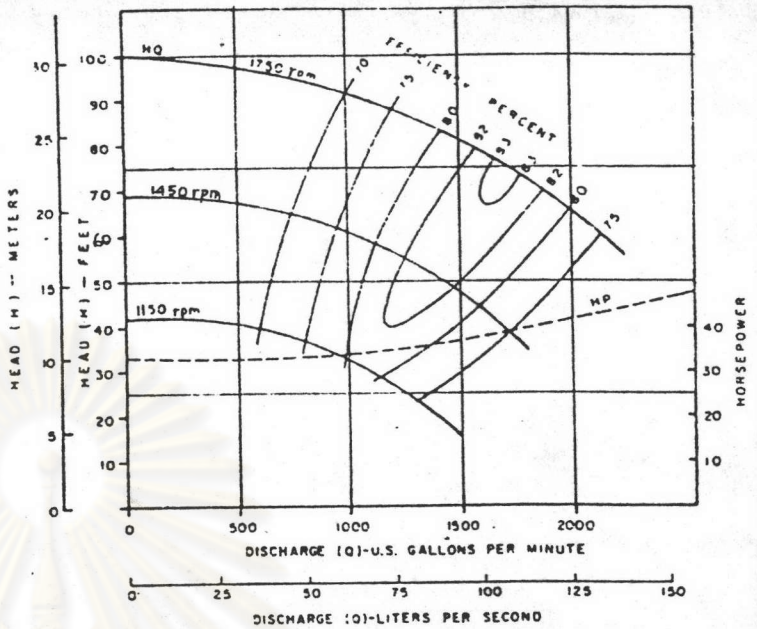
ก) ถ้าแหล่งน้ำอยู่ห่างจากพื้นที่เพาะปลูกจำเป็นต้องขุดร่องชักน้ำเข้ามาสู่พื้นที่เพาะปลูก ควรกำหนดเครื่องสูบน้ำให้ชิดขอบหรือมุมของพื้นที่เพาะปลูก และควรทำบ่อพัก (Sump) เพื่อป้องกันไม่ให้ร่องน้ำไปกีดขวางพื้นที่เพาะปลูกส่วนอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาในการทำงานและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

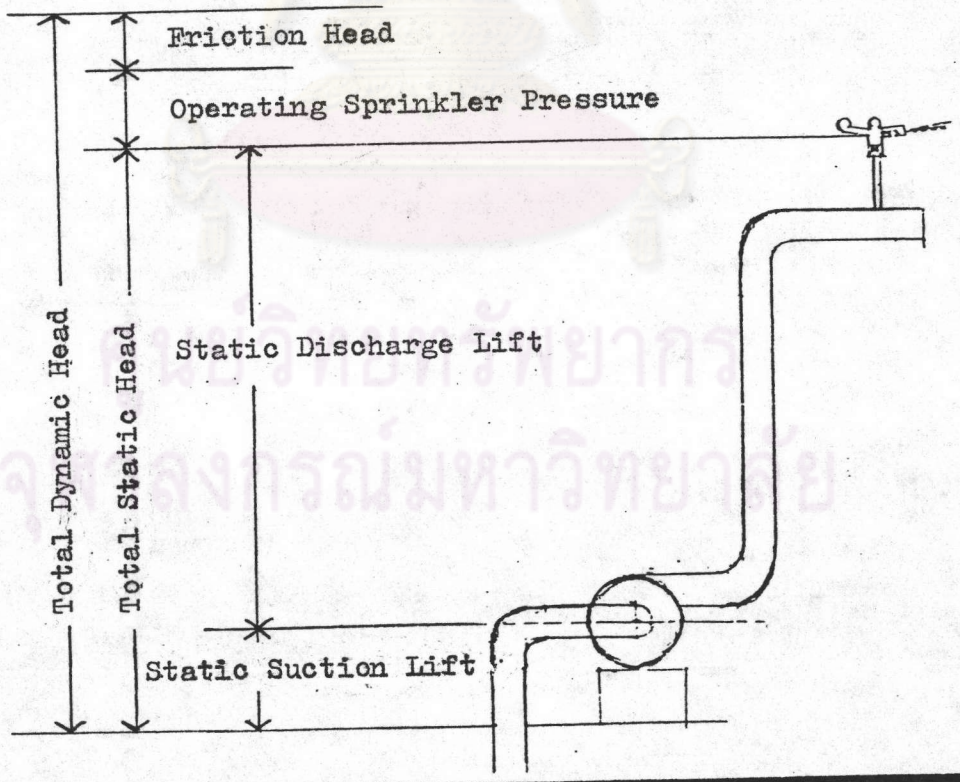
ข) ถ้าแหล่งน้ำเป็นน้ำบาดาลและพื้นที่เพาะปลูกมีขนาดใหญ่ ควรตั้งเครื่องสูบน้ำไว้กลางพื้นที่เพาะปลูก เพื่อประโยชน์และความสะดวกในการวางแนวท่อสายใหญ่และท่อสายซอย แต่ถ้าพื้นที่เพาะปลูกมีขนาดเล็ก ควรตั้งเครื่องสูบน้ำไว้ริมพื้นที่เพื่อเหตุผลเดียวกัน

2) การเลือกเครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำแบบแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Pump) เป็นเครื่องสูบน้ำที่นิยมถูกเลือกใช้ในระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ทั้งนี้ เพราะให้อัตราการไหลที่ค่อนข้างสม่ำเสมอและสามารถแปรผันความดันในการส่งน้ำได้สะดวก เครื่องสูบน้ำชนิดนี้มีหลายแบบ และแบ่งได้หลายลักษณะตามทิศทางของเพลา ลักษณะของใบพัด จำนวนชุดของใบพัด ทิศทางการไหลของน้ำหรือความสามารถในการยกน้ำ ซึ่งเหมาะสมกับงานในแบบต่าง ๆ







รูปที่ 2-16 องค์ประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบเครื่องสูบน้ำ และภาพบนเป็นตัวอย่าง Characteristic Curve ของเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal Pump) ชนิดหนึ่ง

ซึ่งต้องอาศัยหลักเกณฑ์ในการเลือกพอสมควร องค์ประกอบที่สำคัญที่จะนำไปพิจารณาในการเลือกเครื่องสูบน้ำ ได้แก่

ก) ปริมาณน้ำที่ต้องสูบ (Discharge) คือ ปริมาณน้ำที่ต้องสูบเพื่อส่งเข้าท่อและนำไปสู่พืชโดยหัวฉีดน้ำ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับผลรวมของปริมาณน้ำที่ออกจากหัวฉีดน้ำแต่ละหัวในระบบท่อที่ออกแบบไว้นั่นเอง

ข) ความดันของน้ำที่ต้องการ คือ ความดันของน้ำที่เครื่องสูบจะต้องส่งไปยังหัวฉีดน้ำเพื่อให้เพียงพอกับความดันที่ต้องการในการใช้งานของหัวฉีดน้ำ (Operating Sprinkler Pressure) ทุก ๆ หัวฉีดน้ำ ค่าความดันนี้จะต้องเผื่อไว้สำหรับการสูญเสียความดันอันเนื่องมาจากแรงเสียดทานของน้ำในท่อทั้งสายใหญ่สายรองและสายซอย รวมทั้งจากข้อต่ออื่น ๆ ด้วย โดยทั่วไปนิยมแสดงในรูปของแท่งความสูงของน้ำเป็นเมตรหรือฟุต ค่าความดันของน้ำที่ต้องสูบสามารถแบ่งออกได้เป็น

(1) Total Static Head คือ ความสูงของน้ำที่ต้องสูบในส่วนที่มีค่าคงที่ ได้แก่ผลรวมของ Static Suction Lift คือ ความสูงของน้ำจากผิวน้ำของแหล่งน้ำถึงระดับศูนย์กลางของเครื่องสูบน้ำ หรือ Static Suction Head คือความสูงของน้ำจากระดับศูนย์กลางของเครื่องสูบน้ำถึงระดับของแหล่งน้ำ (ในกรณีที่ระดับศูนย์กลางเครื่องสูบน้ำอยู่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำของแหล่งน้ำ ซึ่งเราถือว่าค่านี้มีค่าเป็นลบ) กับ Static Discharge Head คือ ความสูงของน้ำจากระดับศูนย์กลางของเครื่องสูบน้ำถึงระดับศูนย์กลางที่ปลายสุดของท่อส่งน้ำก่อนที่น้ำจะสัมผัสกับอากาศ

(2) Friction Head คือ ค่าความสูงของน้ำที่สูญเสียไปเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างน้ำและท่อต่าง ๆ รวมทั้งการสูญเสียอันเนื่องจากข้อต่อต่าง ๆ ด้วย ค่านี้มีค่าไม่คงที่ขึ้นกับความยาวท่อ ขนาด ชนิดของท่อและข้อต่อต่าง ๆ

(3) Operating Sprinkler Pressure คือ ความดันของน้ำที่ต้องการสำหรับหัวฉีดน้ำ ซึ่งจะแสดงเป็นความสูงของน้ำได้อีกรูปหนึ่ง

ดังนั้น ค่าความดันของน้ำที่ต้องการสูบ ก็คือผลรวมของ Total Static Head Friction และ Operating Sprinkler Pressure ซึ่งเรารวมเรียกว่า

Total Dynamic Head (TDH) นั่นเอง

เมื่อทราบค่าปริมาณน้ำที่จะต้องสูบ และระดับน้ำที่จะต้องยกแล้ว ก็จะสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปเลือกเครื่องสูบน้ำได้ โดยใช้ Characteristic Curve ของเครื่องสูบน้ำแต่ละชนิดเป็นหลักเกณฑ์ช่วยพิจารณา

ค) Characteristic Curve คือ เส้นโค้งที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำที่เครื่องสูบน้ำได้ (Pump Discharge)กับค่า Total Dynamic Head หรือค่าประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (Pump Efficiency) หรือค่ากำลังงานที่ต้องใช้ (Brake Horsepower) ที่ความเร็วการทำงานของเครื่องสูบน้ำ (Pump Speed) ของเครื่องสูบน้ำชนิดหนึ่ง ๆ ซึ่งจะต้องมีกำหนดไว้ทุกเครื่อง

จากค่าปริมาณน้ำที่จะต้องสูบ ระดับน้ำที่จะต้องยก และ Characteristic Curve ทำให้เราสามารถเลือกเครื่องสูบน้ำได้ ซึ่งจะมีค่าความเร็วรอบในการทำงานที่พอเหมาะและประสิทธิภาพที่ต้องการ และสามารถประเมินถึงค่าใช้จ่ายที่จะต้องใช้ในการทำงานได้ต่อไป

ง) Water Horsepower (WHP) คือ กำลังงานที่เครื่องสูบน้ำจะทำได้ โดยทั่วไปเมื่อใช้กับน้ำสามารถคำนวณได้จาก

$$WHP = \frac{QH}{c} \qquad (2\text{–}14)$$

เมื่อ WHP = Water Horsepower (กำลังม้า)

Q = ปริมาณน้ำที่ต้องสูบ

H = ระดับน้ำที่ต้องยก

c = ค่าคงที่ที่สอดคล้องตามหน่วยของ Q และ H เช่น
= 270 เมื่อ Q ในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
และ H ในหน่วยเมตร เป็นต้น

จ) Brake Horsepower (BHP) คือ กำลังงานที่ต้องใส่ให้เครื่องสูบน้ำ เพื่อที่จะให้ชนะแรงเสียดทานของเครื่อง และสามารถทำงานได้ตาม Water Horsepower ที่ต้องการ ซึ่งก็คือกำลังของเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ที่จะใช้ฉุดเครื่องสูบน้ำนั่นเอง

ฉ) ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (Pump Efficiency) คือค่าที่แสดงคุณสมบัติความสามารถในการถ่ายทอดพลังงาน จากพลังงานที่ให้ไปสู่พลังงานที่ได้ เครื่องสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง คือ เครื่องสูบน้ำที่สามารถถ่ายทอดพลังงานที่ให้ไปสู่พลังงานที่ได้สูง คือ มีการสูญเสียพลังงานน้อย ดังนั้น ย่อมทำงานได้ดีกว่าเครื่องสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า เมื่อให้พลังงานเท่ากัน หรือในงานที่เท่ากัน เครื่องสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าจะใช้พลังงานน้อยกว่าเครื่องสูบน้ำที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่านั่นเอง ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำสามารถแสดงได้เป็น

$$E_p = \frac{WHP}{BHP} \qquad (2-15)$$

เมื่อ E_p = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (Pump Efficiency)

WHP = Water Horsepower

BHP = Brake Horsepower

ช) ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องสูบน้ำ (Power Cost) เป็นสิ่งจำเป็นต้องทราบ เพราะจะต้องเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่ายตลอดไป และเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นอาจทำให้มากกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนเสียอีก ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องสูบน้ำใน 1 ปี สามารถคำนวณได้จาก

$$Cost = \frac{O \times R}{E_p} \qquad (2-16)$$

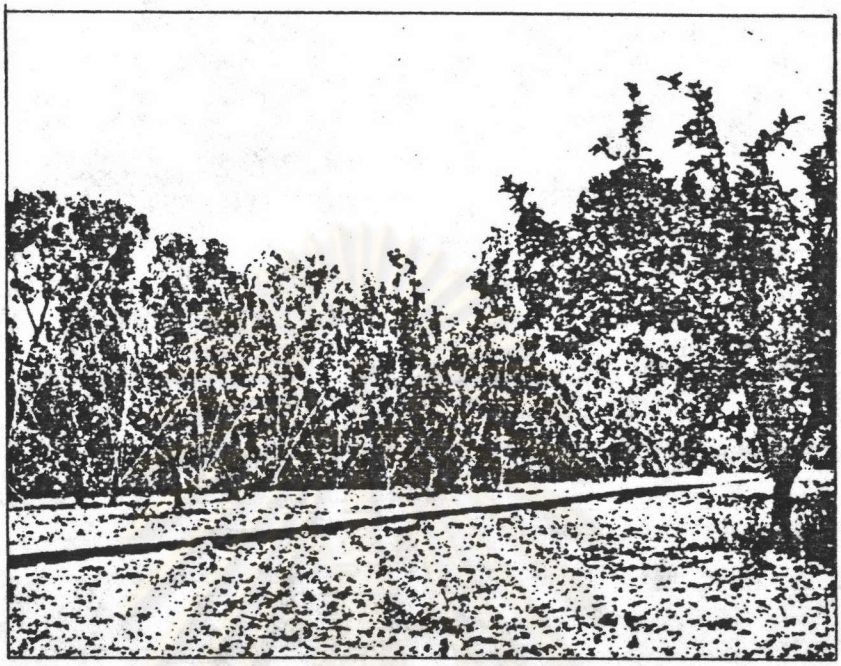
เมื่อ Cost = ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องสูบน้ำใน 1 ปี (บาท/WHP - ปี)

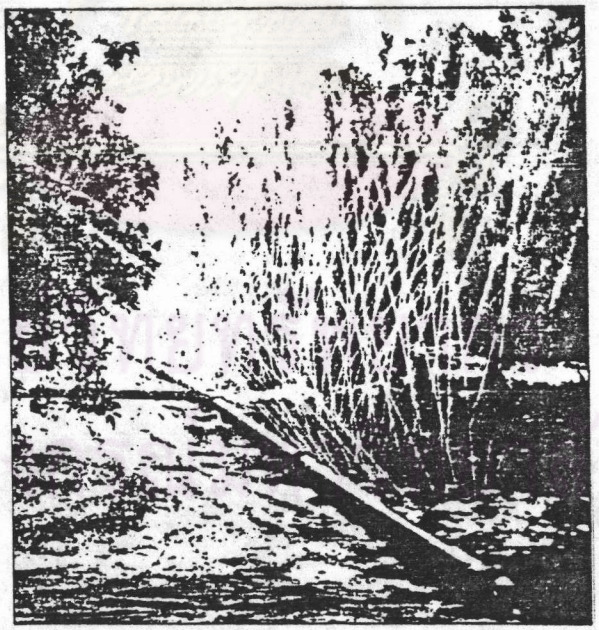
O = เวลาในการทำงานใน 1 ปี (ชั่วโมง/ปี)

R = อัตราค่าใช้จ่าย (บาท/BHP - ชั่วโมง)

E_p = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

นอกจากองค์ประกอบที่สำคัญดังกล่าวมาแล้ว จะต้องทราบขั้นตอนลักษณะการใช้งาน และเทคนิคในการเลือกซื้อยี่ห้อเครื่องสูบน้ำ ซึ่งประสบการณ์และคู่มือประจำเครื่องจะเป็นตัวช่วยในการพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง





รูปที่ 2–17 ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยแบบท่อเจาะรูในต่างประเทศ

(Pillsbury, A.F., 1975)

2.4 ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยชนิดท่อเจาะรู

คือ ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยที่มีหัวฉีดน้ำมีลักษณะเป็นรูเจาะเล็ก ๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน $\frac{3}{64}$ นิ้ว เจาะลงบนผนังท่อสายซอยเป็นรูปแบบตามที่ออกแบบไว้ เพื่อให้มีความสม่ำเสมอในการให้น้ำมากที่สุด ความดันในการใช้งานค่อนข้างต่ำในช่วง 0.25 ถึง 2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (4 ถึง 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ให้พื้นที่เปียกน้ำเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้างประมาณ 6 ถึง 15 เมตร (20 ถึง 50 ฟุต) ยาวไปตลอดแนวท่อสายซอยที่เจาะรู มีอัตราการให้น้ำขึ้นอยู่กับระยะระหว่างรูเจาะ แต่โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 1.5 ถึง 5.0 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (0.62 ถึง 2 นิ้วต่อชั่วโมง) เป็นระบบที่มีการลงทุนต่ำ เพราะไม่ต้องอาศัยหัวฉีดน้ำโดยเฉพาะ เหมาะสำหรับระบบชลประทานในพื้นที่เล็ก ๆ และปลูกเป็นแถว เช่น สวนผลไม้ต่าง ๆ เพราะเป็นระบบที่ให้พื้นที่เปียกน้ำแคบแต่ยาว เนื่องจากต้องการแรงดันค่อนข้างต่ำ ดังนั้น จึงอาจอาศัยต้นกำลังจากระบบประปาในพื้นที่นั้น หรืออาศัยแรงโน้มถ่วงก็ได้ ซึ่งจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก สิ่งที่เป็นข้อเสียของระบบนี้ก็คือ เนื่องจากหัวฉีดน้ำเป็นรูเจาะ ดังนั้น จึงต้องการความละเอียดและความชำนาญในการเจาะรู และออกแบบรูเจาะที่เหมาะสม รูปแบบของน้ำที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะถูกเปลี่ยนรูปได้ง่ายจากการกำบังของพืชที่เพาะปลูก ดังนั้น จึงอาจอาศัยการยกระดับท่อสายซอยให้สูงขึ้นหากจำเป็น การใช้ความดันที่ค่อนข้างต่ำจะทำให้รูปแบบของน้ำถูกกระทบกระเทือนได้ง่ายจากผลของลม และจะทำให้ไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีระดับแตกต่างกันอย่างมาก เพราะจะทำให้การให้น้ำไม่สม่ำเสมอ ปัญหาอัตราการให้น้ำที่ค่อนข้างสูงทำให้เหมาะกับดินที่มีอัตราการซึมสูง เช่น ดินทราย และปัญหาการอุดตันของรูฉีดก็จะเกิดขึ้นบ่อย ถ้าน้ำไม่สะอาดพอหรือขาดการล้างท่ออย่างสม่ำเสมอ

โดยสรุประบบชลประทานแบบฉีดฝอยชนิดท่อเจาะรู หากสามารถกำจัดปัญหาหรือข้อเสียเล็ก ๆ น้อย ๆ ดังกล่าวได้ ก็จะเป็นระบบที่ประหยัดขึ้นอย่างมาก และง่ายในการทำงานและบำรุงรักษาเหมาะกับระบบเกษตรกรรมในประเทศที่ยังขาดผู้มีความรู้ความชำนาญทางวิชาการเทคโนโลยี และต้นทุนในการประกอบการ ปัญหาของระบบชลประทานแบบฉีดฝอยชนิดท่อเจาะรูจึงอยู่ที่การออกแบบรูเจาะที่จะให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำที่ดีที่สุด ซึ่งมีหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

2.4.1 กฎเกณฑ์การออกแบบเพื่อหารูเจาะที่เหมาะสม

2.4.1.1 ปริมาณน้ำจากรูเจาะ

จำเป็นต้องทราบเพื่อนำไปออกแบบเครื่องสูบน้ำ ตามทฤษฎีของทอริเชลลี ปริมาณน้ำที่ออกจากรูเจาะ 1 รู สามารถคำนวณได้จาก

$$Q = C_d A_o \sqrt{2gh} \qquad (2-17)$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ออกจากรูเจาะ 1 รู

A_o = พื้นที่หน้าตัดของรูเจาะ

h = ความสูงของแท่งน้ำในแนวดิ่งที่ระดับปากรูเจาะ $= \frac{P}{\gamma}$

P = ความดันของของเหลว (ในที่นี้ คือ น้ำ) คือ ความดันการใช้งานนั่นเอง

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

g = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก 9.81 เมตร/วินาที^{2}

C_d = ค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราการไหล

ทั้งนี้ หน่วยที่ใช้ต้องเป็นหน่วยที่สอดคล้องกัน และค่าสัมประสิทธิ์ C_d เป็นค่าคงที่ไร้หน่วย จากการทดลองของ ดร.วิบูลย์ และนายสมเกียรติ (2527) เสนอค่า C_d ทุกขนาดรูเจาะในท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.25, 6.0 และ 8.4 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 0.67, 0.74 และ 0.79 ตามลำดับ

2.4.1.2 ระยะทางไกลและความสูงของสายน้ำจากรูฉีด

จำเป็นต้องทราบเพื่อสามารถกำหนดบริเวณพื้นที่เปียกน้ำและประมาณความสูงของต้นพืชที่ปลูก เพื่อตัดสินว่าต้องมีการยกระดับท่อสายซอยหรือไม่ จากกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน และการเคลื่อนแบบโปรเจคไตล์ของสายน้ำ สามารถคำนวณได้ว่า

$$x_a = k_x v_o^2 \sin 2\theta \qquad (2-18)$$

$$z_a = k_z v_o^2 \cos^2 \theta \qquad (2-19)$$

เมื่อ x_a = ระยะทางไกลที่สุดของสายน้ำตามแนวราบ (เมตร)

z_a = ความสูงที่สุดของสายน้ำตามแนวดิ่ง (เมตร)

θ = มุมที่จุดศูนย์กลางท่อที่รูเจาะทำกับแนวดิ่ง

v_o = ความเร็วสายน้ำที่รูเจาะ (เมตร/วินาที) = $\sqrt{2\ gH}$

H = ความสูงของแท่งน้ำในแนวดิ่งที่ระดับปากรูเจาะ (เมตร)

$= \frac{P}{100\gamma}$

P = ความดันในการใช้งาน (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

k_x = ค่าคงที่ $= \frac{C_x C_d^2}{g}$ (วินาที^{2}/เมตร)

k_z = ค่าคงที่ $= \frac{C_z C_d^2}{2g}$ (วินาที^{2}/เมตร)

C_x = ค่าสัมประสิทธิ์ความไกล

C_z = ค่าสัมประสิทธิ์ความสูง

g = ค่าความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

= 9.81 เมตร/วินาที^{2}

จากการทดลองของ ดร.วิบูลย์ และนายสมเกียรติ (2527) ได้เสนอค่า k_x และ k_z สำหรับท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ที่ความดัน 0.314, 0.666 และ 1.081 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และที่รูเจาะ 3 ขนาด คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง $1/16$ $1/32$ และ $3/64$ นิ้ว ซึ่งให้ค่า k_x ในช่วง 0.019 ถึง 0.086 วินาที^{2}/เมตร และค่า k_z ในช่วง 0.014 ถึง 0.044 วินาที^{2}/เมตร

จากการทดลองออกแบบรูเจาะที่ขนาดมุม และความดันค่าต่าง ๆ จะทำให้สามารถคำนวณพื้นที่เปียกน้ำทั่ว ๆ ไป และเลือกเครื่องสูบน้ำที่เหมาะสมได้ และการทดสอบในสนามเพื่อหาสัมประสิทธิ์ของความสม่ำเสมอและอัตราการให้น้ำจะทำให้ชี้ได้ว่ารูปแบบรูเจาะที่ออกแบบไว้นั้นเหมาะสมในการใช้งานเพียงใด

2.5 ระบบให้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลงและยาปราบโรคพืชร่วมกับระบบชลประทานแบบฉีดฝอย

(Application of Fertilizer and Insecticides)

การให้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงรวมทั้งการแก้ไขสภาพของดิน (Soil Amendments) สามารถกระทำได้อย่างรวดเร็ว ประหยัด ง่ายดาย และสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่ โดยใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอย โดยเพียงเพิ่มอุปกรณ์เพียงบางส่วน เช่น ถังผสมปุ๋ย ท่อ วาล์ว

ก็สามารถใช้งานได้ การควบคุมปริมาณปุ๋ยก็สามารถทำได้อย่างแน่นอน โดยการควบคุมเวลาในการให้และสัดส่วนการผสมในถังผสมปุ๋ย การให้ปุ๋ยสามารถทำได้พร้อมกับการให้น้ำแก่พืชตามปกติ ดังนั้น จึงทำให้ประหยัดแรงงานได้เพิ่มขึ้น และให้ความสม่ำเสมอกระจายอย่างทั่วถึง นอกจากนั้นการให้ปุ๋ยในลักษณะนี้จะอยู่ในรูปสารละลาย ซึ่งจะทำให้พืชสามารถนำไปใช้ได้รวดเร็ว เมื่อตกถึงพื้นดิน และการล้างด้วยน้ำเปล่าในตอนท้ายจะทำให้มีการสูญเสียน้อยมาก

ในกรณีของยาฆ่าแมลงสามารถให้ในลักษณะเดียวกันเพียงแต่จะต้องระวังอันตรายจากการที่ยาฆ่าแมลงปลิวในอากาศสู่บริเวณใกล้เคียงไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ สัตว์เลี้ยง หรือแหล่งน้ำใช้งาน ดังนั้น ในทางปฏิบัติจริง ๆ จึงนิยมใช้ในการให้ปุ๋ยมากกว่ายาฆ่าแมลง และบางท้องที่อาจถึงกับห้ามใช้ยาฆ่าแมลงในกรณีที่อยู่ใกล้เคียงชุมชน และมีความเร็วลมสูง ข้อเสียที่จะต้องระวังร่วมกัน คือ การกัดกร่อนของสารละลายปุ๋ย หรือยาฆ่าแมลงที่มีต่อระบบชลประทานฉีดฝอย อาจทำให้ต้องมีการพิจารณาสัดส่วนการผสมให้เจือจางพอสมควร การเลือกวัสดุที่ใช้ทำระบบ เช่น เครื่องสูบน้ำ ท่อหัวฉีดน้ำต่าง ๆ การเลือกชนิดของสารที่ไม่ทำอันตรายต่อต้นพืช รวมทั้งการชะล้างสารละลายต่าง ๆ ด้วยน้ำเปล่าหลังเสร็จสิ้นการให้ปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลงแล้วทุกครั้ง

โดยทั่วไปวิธีการให้ปุ๋ย หรือยาฆ่าแมลงสามารถกระทำได้อย่างง่าย ๆ ได้ 2 วิธี คือ การส่งผ่านสารละลายเข้าทางท่อดูดของเครื่องสูบน้ำ และการส่งผ่านสารละลายเข้าทางท่อส่งของเครื่องสูบน้ำ ในวิธีแรกสารละลายจะผ่านตัวเครื่องสูบน้ำ ซึ่งถ้าไม่ออกแบบเครื่องสูบน้ำให้ทนต่อการกัดกร่อนของสารละลายแล้ว อาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่เครื่องสูบน้ำได้ สำหรับวิธีหลัง นอกจากจะมีถังผสมปุ๋ยแล้ว จะต้องเพิ่มเครื่องสูบน้ำความดันสูงเล็ก ๆ มาใช้สูบสารละลาย เพื่อฉีดเข้าไปผสมกับน้ำในท่อส่งต่อไป ซึ่งทั้งสองวิธีต้องเลือกอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่คงทนต่อการกัดกร่อนของสารละลายที่ใช้ ต้องผสมสารละลายในลักษณะเจือจาง ต้องทราบปริมาณที่ต้องใช้ (น้ำหนักต่อพื้นที่เพาะปลูก) ให้ชัดเจนและใช้เวลาในการให้ที่สั้นที่สุด

ขั้นตอนการให้ปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลงแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนกว้าง ๆ คือ ขั้นแรกเป็นการให้น้ำแก่พืชตามปกติ เพื่อให้ต้นพืชและดินมีความเปียกชื้นพอสมควรทำให้สารละลายซึมลงสู่ดินดีขึ้น และเพื่อให้ระบบทุกอย่างเริ่มทำงานเข้าที่ ขั้นที่สอง คือ การให้ปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลง ซึ่งจะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นกับอัตราการให้น้ำของหัวฉีดน้ำ แต่ควรใช้เวลาให้สั้นที่สุดเพื่อให้เกิดการกัดกร่อนของระบบน้อยที่สุด และป้องกันการเกิดน้ำไหลนอง ซึ่งทำให้สูญเสียสารละลาย

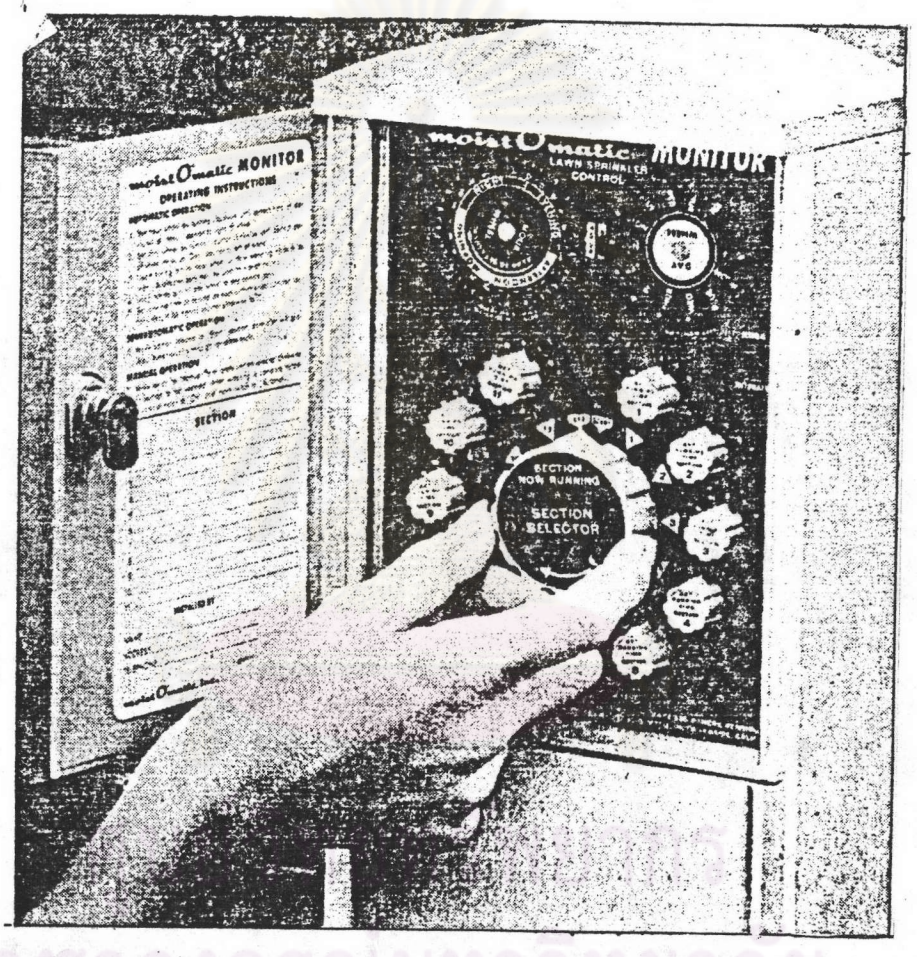
มากขึ้น และขั้นสุดท้าย คือ การชะล้างสารละลายออกจากระบบด้วยการฉีดน้ำเปล่าเป็นระยะเวลาพอสมควร ซึ่งนอกจากจะเป็นการบำรุงรักษาระบบชลประทานแบบฉีดฝอยแล้ว ยังช่วยชะล้างสารละลายปุ๋ยที่ตกค้างตามใบไม้ของต้นพืช อันจะเป็นการลดการสูญเสียได้อีกทางหนึ่งด้วย

2.6 ระบบควบคุมระบบชลประทานแบบฉีดฝอย

ระบบควบคุมในที่นี้ หมายถึง ระบบที่นำมาใช้รวมกับระบบชลประทานแบบฉีดฝอย เพื่อช่วยในการควบคุมการทำงานของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ให้ทำงานอย่างเป็นปกติ และมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลให้ประหยัดเวลาและแรงงานของเกษตรกรในการควบคุมระบบ โดยเฉพาะในที่ที่แรงงานมีราคาสูง นอกจากนั้น ยังช่วยให้เกษตรกรมีเวลาในการบำรุงรักษาในการพัฒนาส่วนอื่น ๆ ของระบบ หรือมีเวลาพักผ่อนส่วนตัวมากขึ้น และสำหรับเกษตรกรที่มีความรู้น้อย ระบบควบคุมจะเป็นตัวช่วยแบ่งเบาภาระหน้าที่ในการตัดสินใจต่าง ๆ ในการควบคุมระบบชลประทานแบบฉีดฝอยได้อย่างมาก เพียงแต่เรียนรู้วิธีในการใช้เครื่องมือเท่านั้นเอง

ข้อจำกัดของระบบควบคุมเป็นที่ทราบกันดี คือ ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการลงทุนมากขึ้น จะมากหรือน้อยขึ้นกับสภาพแต่ละท้องถิ่น และชนิดของการควบคุม แต่ในสภาพอัตราดอกเบี้ยต่ำก็น่าที่จะนำมาพิจารณาใช้เป็นอย่างมาก นอกจากนั้น จะต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความชำนาญสูงในการติดตั้ง ปรับแก้ระบบควบคุมให้ทำงานได้อย่างประสิทธิภาพ ซึ่งนับเป็นจุดที่สำคัญที่สุดจุดหนึ่ง

จากข้อได้เปรียบและข้อจำกัดต่าง ๆ ทำให้มีแนวโน้มว่า ข้อหนึ่ง ระบบควบคุมจะเหมาะกับระบบชลประทานแบบฉีดฝอย แบบถาวรมากกว่าแบบย้ายที่ได้ ทั้งนี้ เพราะจะสามารถติดตั้ง ปรับแก้ระบบควบคุมการทำงานได้ง่ายกว่า การติดตั้งระบบควบคุมกับระบบที่ย้ายที่ได้จะต้องใช้ความรู้ และความชำนาญสูงมากทั้งผู้ออกแบบและผู้ใช้งาน โดยเฉพาะในระบบที่ซับซ้อน บางครั้งไม่เหมาะสมที่จะนำระบบควบคุมมาใช้งานเลย ข้อสอง ระบบควบคุมเหมาะกับพื้นที่เพาะปลูกขนาดเล็ก เพราะระบบแบบถาวรจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการลงทุนอย่างมากกับพื้นที่ขนาดใหญ่ และการออกแบบระบบควบคุมกับพื้นที่ขนาดใหญ่ก็ทำได้ยุ่งยากมากกว่าด้วย ดังนั้น ระบบควบคุมจึงนิยมใช้มากกับการให้น้ำสนามหญ้า สนามกอล์ฟ ซึ่งเป็นระบบชลประทานแบบฉีดฝอยที่ค่อนข้างอยู่ในบริเวณที่เจริญ มีทุนในการประกอบสูง มีพื้นที่ไม่มากเหมาะกับระบบแบบถาวร และส่วนใหญ่เป็นการให้น้ำในเวลากลางคืน ซึ่งไม่ต้องการ



รูปที่ 2–18 ตัวอย่างระบบควบคุม ซึ่งใช้กับระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ชนิดถาวร (Pillsbury, A.F., 1975)

ใช้แรงงานมนุษย์อยู่แล้ว และการทดลองใช้งานกับระบบชลประทานแบบฉีดฝอยชนิดอื่น ก็กำลังดำเนินการอยู่

ชนิดของการควบคุมสามารถแบ่งได้หลายลักษณะ ที่ใช้เป็นส่วนใหญ่ได้แก่

1) ชุดเครื่องมือให้น้ำ (Springkler Set) ซึ่งจะสามารถทำการให้น้ำตลอดทั่วทั้งพื้นที่โดยอัตโนมัติ

2) การควบคุมการเปิด – ปิดเครื่องสูบน้ำโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำและความดันในการใช้ที่เหมาะสมสม่ำเสมอโดยตลอด

3) การควบคุมเวลาโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะสามารถตั้งเวลาในการทำงานของระบบได้

4) เครื่องมือตรวจสภาพความชื้นในดิน (Moisture-sensing Device) ซึ่งจะทำการให้น้ำแก่ระบบโดยอัตโนมัติ เมื่อความชื้นในดินต่ำกว่าระดับที่ตั้งไว้ และจะหยุดให้เมื่อดินมีความชื้นพอเหมาะ

5) เครื่องมือที่เปิด – ปิดระบบทำงานเป็นอันดับต่อเนื่องกันไป ตามช่วงเวลาที่ตั้งไว้ และระบบจะปิดเมื่อทำการรดน้ำครบทุกอันดับแล้ว

ในทางปฏิบัติอาจใช้การควบคุมในหลาย ๆ ลักษณะร่วมกัน เครื่องมือที่ใช้อาจมีทั้งอาศัยไฟฟ้า เครื่องจักรกล อีเลคทรอนิคส์ หรือแม้แต่เครื่องคอมพิวเตอร์ ก็ได้

ในการวิจัยครั้งนี้ จะใช้ผลงานวิจัยของนายชำรงค์ แจงเชื้อ (2528) ซึ่งได้นำเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มาใช้งานในลักษณะที่มีการควบคุมการปิด – เปิดเครื่องสูบน้ำโดยอัตโนมัติร่วมกับการควบคุมเวลาโดยอัตโนมัติ และใช้สภาพความชื้นของดินเป็นเกณฑ์ในการกำหนดเวลาโดยอัตโนมัติ นำมาใช้ร่วมกันโดยแบ่งการควบคุมเป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะแรกจะสร้างวงจรสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเมื่อถึงเวลาที่จะตรวจสอบความชื้นในดิน ซึ่งได้ตั้งไว้โดยเกษตรกร วงจรสัญญาณนาฬิกาจะส่งสัญญาให้กับไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อที่ไมโครคอมพิวเตอร์จะได้ทำการสั่งให้ภาครับ (Input) รับสัญญาณจากวงจรตรวจสภาพความชื้นของดิน แล้วทำการประมวลผลเพื่อสั่งให้ภาคส่ง (Output) ไปทำการขับรีเลย์ (Relay) เพื่อที่จะนำ Contact ของรีเลย์ไปควบคุมวาล์ว เพื่อเปิดน้ำเข้าสู่ระบบชลประทานแบบฉีดฝอย และเมื่อให้น้ำจนดิน

มีความชื้นเหมาะสมแล้ว ไมโครคอมพิวเตอร์ก็จะส่งสัญญาณภาคส่งให้ทำการหยุดขับรีเลย์ เพื่อปิดวาล์วเป็นการเสร็จสิ้นการให้น้ำครบวงจร ทั้งนี้ การเปิด – ปิดวาล์วโดยรีเลย์จะต้องสอดคล้องกับการเปิด – ปิดของเครื่องสูบน้ำโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะมีการตั้งอุปกรณ์เพื่อทำงานดังกล่าวไว้ด้วย การวิจัยครั้งนี้เป็นการใช้ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซึ่งมีอยู่แล้วสามารถใช้งานได้ แต่ยังไม่ได้ทดสอบกับพืชในแปลงเพาะปลูกจริง

ในลักษณะที่สองของการวิจัยจะใช้วงจรสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเมื่อถึงเวลาให้น้ำที่ตั้งไว้ วงจรสัญญาณนาฬิกาจะส่งสัญญาณให้กับไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อที่จะทำการประมวลผลแล้วสั่งให้ภาคส่งทำการขับรีเลย์เพื่อเปิดวาล์วให้น้ำ และจะให้น้ำตามช่วงเวลาที่เกษตรกรตั้งไว้ตามเกณฑ์ที่ควรให้แก่พืช เมื่อครบเวลาตามกำหนด ไมโครคอมพิวเตอร์ก็จะส่งสัญญาณให้หยุดขับรีเลย์ต่อไป และต้องสอดคล้องกับการเปิด – ปิดเครื่องสูบน้ำโดยอัตโนมัติเช่นกัน ทั้งนี้ ในการวิจัยทั้ง 2 ลักษณะจะกำหนดให้มีการให้น้ำวันละ 2 ครั้ง ควบคุมวาล์วได้ถึง 8 ตัวในเวลาเดียวกัน และจะเป็นเช่นนี้ทุก ๆ วันจนกว่าจะมีคำสั่งเปลี่ยนแปลงโดยผู้ป้อนโปรแกรม

การเปิด – ปิดเครื่องสูบน้ำโดยอัตโนมัติจะใช้หลักความดันของน้ำเป็นกฎเกณฑ์ กล่าวคือ เมื่อมีการเปิดวาล์วส่งน้ำเข้าสู่ระบบชลประทานแบบฉีดฝอย น้ำที่ไหลออกจะทำให้ความดันในถังความดันตกลง เมื่อความดันตกลงสวิทช์อัตโนมัติจะเริ่มทำงานให้เครื่องสูบน้ำเข้าระบบต่อไป การให้น้ำจะเป็นไปในลักษณะเช่นนี้เรื่อย ๆ จนเมื่อถึงเวลาปิดวาล์ว ความดันน้ำในถังความดันก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงขีดที่กำหนดไว้ สวิทช์อัตโนมัติก็จะตัดไฟทำให้เครื่องสูบน้ำหยุดทำงานเป็นการเสร็จสิ้นการให้น้ำในที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย