บทที่ 4

การศึกษาจากแปลงเพาะปลูกพืช

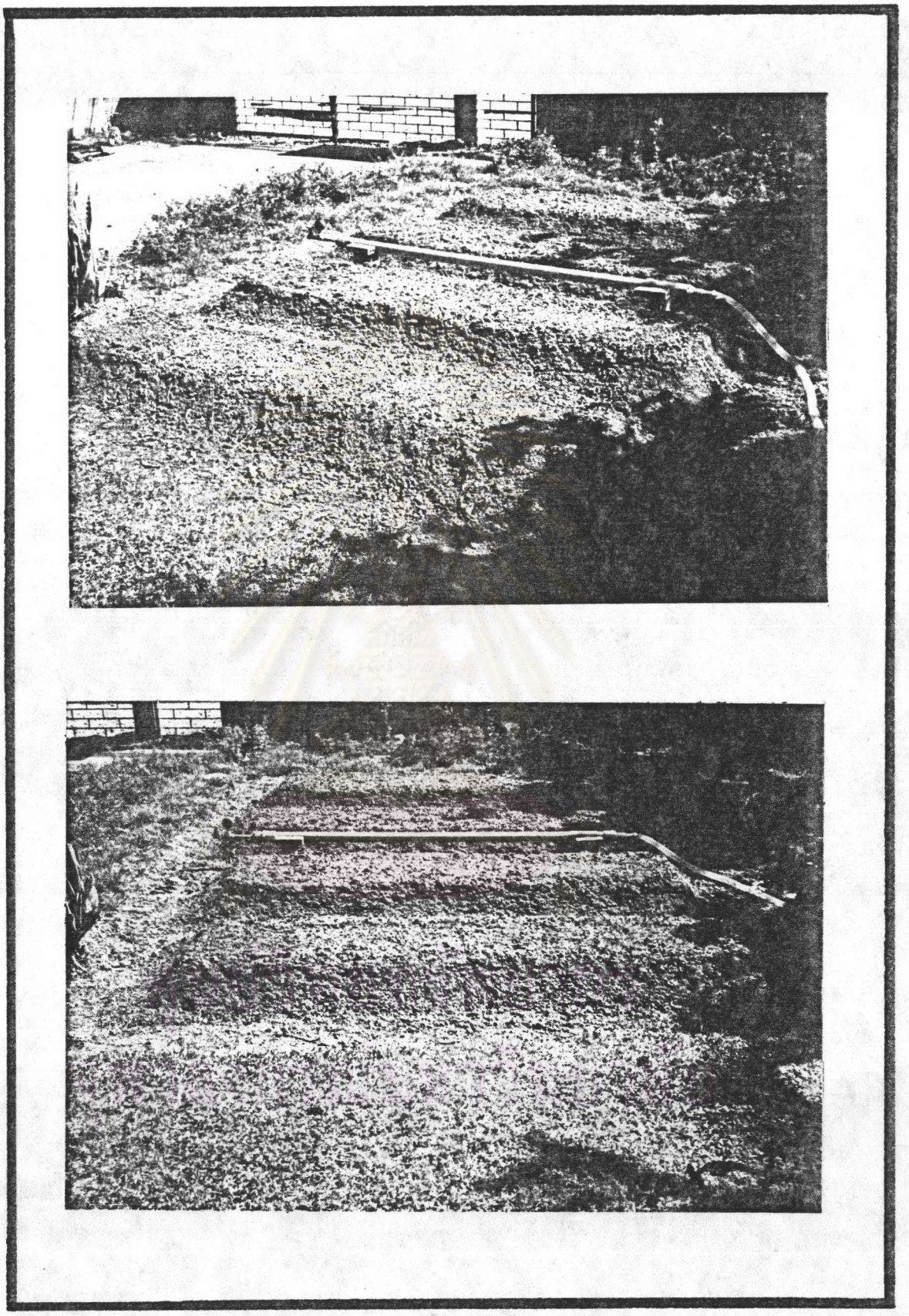
การศึกษานี้ทำขึ้นเพื่อทดสอบการใช้งานของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย ระบบให้ปุ๋ยและระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 ว่าสามารถนำมาใช้ในงานเพาะปลูกจริงได้ผลดีเพียงใดหรือไม่ อย่างไร ซึ่งจะนำผลเหล่านี้มาวิเคราะห์ หาข้อสรุป ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

4.1 สภาพของแปลงเพาะปลูก

การศึกษานี้ทำการทดลองที่ บ้านเลขที่ 214 หมู่ 3 ถนนรามอินทรา บางเขน กรุงเทพมหานคร ทำการทดลองโดยยกเป็นแปลงเพาะปลูกขึ้น 4 แปลง วางในแนวทิศเหนือ–ใต้ เพื่อให้ขนานกับทิศทางลมที่พัดในช่วงการทดลอง คือในเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม (จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาในภาคผนวก ก) การจัดวางแปลงในลักษณะนี้ ทำให้ต้องวางท่อเจาะรูในแนวทิศเหนือ–ใต้ไปด้วย ซึ่งจะส่งผลให้การกระจายของเม็ดน้ำทั้ง 2 ด้านของท่อเจาะรูมีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน

ขนาดของแปลงเพาะปลูกแต่ละแปลงมีความกว้างประมาณ 0.6 เมตร ยาวประมาณ 2 เมตร และสูงประมาณ 0.3 เมตร แต่ละแปลงอยู่ห่างกันประมาณ 0.3 เมตร ทำให้คิดเป็นพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 10 ตารางเมตร จากข้อมูลของท่อเจาะรูในตารางที่ 3–8 จึงใช้ท่อเจาะรูเพียง 1 ท่อ วางในแนวช่องว่างระหว่างแปลงตรงกลาง โดยยกระดับสูงจากพื้นดินประมาณ 20 เซนติเมตร ทำให้สภาพของแปลงออกมาเป็นดังรูปที่ 4–1

นอกจากนั้น ยังทำแปลงควบคุมขนาดเดียวกันเพิ่มขึ้นอีก 2 แปลง ในบริเวณใกล้เคียงกัน (ห่างกันไม่เกิน 10 เมตร) เพื่อทำการทดลองเปรียบเทียบโดยใช้การให้น้ำที่ควบคุมโดยคน ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบผลที่ได้จากทั้ง 2 แปลงในแง่ต่าง ๆ กันอีกด้วย



รูปที่ 4–1 สภาพแปลงเพาะปลูกที่ใช้ในการทดลอง

4.2 สภาพดินที่ใช้เพาะปลูก

4.2.1 การเตรียมดิน

ดินที่ใช้เป็นดินที่ผสมอินทรีย์วัตถุเรียบร้อยแล้ว ใช้ชื่อทางตลาดว่า ดินลำดวน ลักษณะทั่วไปเป็นดินร่วนปนดินเหนียวเล็กน้อย มีเศษเปลือกถั่ว ขี้เลื่อย แกลบและปุ๋ยคอกผสมอยู่โดยทั่วไป สามารถนำไปใช้เพาะปลูกได้ทันที อย่างไรก็ตาม ในการทดลองนี้ได้นำดินมาผึ่งแดด เพื่อฆ่าเชื้อโรคเป็นเวลา 2 สัปดาห์ก่อนเตรียมแปลง พร้อมทั้งหาคุณสมบัติต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบระบบชลประทานในครั้งนี้ ซึ่งมีดังนี้คือ

4.2.2 ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity)

สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์

$$A_s = \frac{W_s}{V\gamma_w} \qquad (4-1)$$

เมื่อ A_s = ความถ่วงจำเพาะปรากฏ

W_s = น้ำหนักดินตัวอย่างแห้ง (กรัม)

V = ปริมาตรของดินตัวอย่างแห่งนั้น (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

γ_w = หน่วยน้ำหนักของน้ำ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ค่า A_s มีบทบาทในการคำนวณหาความชื้นในดิน ในรูปของความสูงของน้ำต่อความลึกของแห่งดิน ตามความสัมพันธ์ 2-5 ซึ่งจะทำให้การคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องเติมลงในดินเพื่อให้ดินมีความชื้นที่ต้องการได้ ซึ่งจะส่งผลให้นำไปออกแบบเวลาในการให้น้ำได้ด้วย (ดังหัวข้อ 3.3.4.3)

จากการทดลองเก็บตัวอย่างดินจากแปลงทั้ง 6 แปลง คือแปลงทดลอง 4 แปลงและแปลงควบคุม 2 แปลง รวมทั้งสิ้น 18 ตัวอย่าง โดยใช้ทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร คิดเป็นปริมาตร 14.14 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินเต็มทรงกระบอกนั้น นำไปอบให้แห้ง ชั่งน้ำหนักดินนั้น แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณผลตามความสัมพันธ์ 4-1 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4-1 ดังนี้

ผลของค่าเฉลี่ยของ A_s คือ 0.43 จะเป็นค่าซึ่งนำไปใช้ในการออกแบบระบบชลประทานในการศึกษาครั้งนี้ต่อไป

ตารางที่ 4-1 การหาค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินที่ใช้ในการทดลองปลูกพืช

ตัวอย่างดินที่	(1) ปริมาตรของดินตัวอย่าง (ลบ.ซม.)	คอนเทนเนอร์ เบอร์	(2) น้ำหนักคอนเทนเนอร์ (กรัม)	(3) น้ำหนักคอนเทนเนอร์ + น้ำหนักดินตัวอย่างแห้ง (กรัม)	(4) น้ำหนักดินตัวอย่างแห้ง =(3)-(2) (กรัม)	(5) ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินตัวอย่าง = $\frac{(4)}{(1)}$	หมายเหตุ
C1.1	14.14	1634	10.40	16.60	6.20	0.44	
C1.2		V1	11.10	17.55	6.45	0.46	
C1.3		X57	12.20	17.60	5.40	0.38	
C2.1	14.14	X65	11.50	18.20	6.70	0.47	
C2.2		E11	11.10	17.05	5.95	0.42	
C2.3		2006	10.90	17.15	6.25	0.44	
1.1	14.14	X12	12.00	18.65	6.65	0.47	
1.2		X42	11.85	18.95	7.10	0.50	
1.3		V8	10.90	16.80	5.90	0.42	
2.1	14.14	X21	12.15	17.50	5.35	0.38	
2.2		X115	11.50	18.90	7.40	0.52	
2.3		X95	11.75	17.20	5.45	0.39	
3.1	14.14	2008	11.25	18.20	6.95	0.49	
3.2		E4	10.65	16.85	6.20	0.44	
3.3		2014	11.00	16.65	5.65	0.40	
4.1	14.14	X46	11.60	17.65	6.05	0.43	
4.2		1871	11.05	15.70	4.65	0.33	
4.3		X20	11.75	18.45	6.70	0.47	

4.2.3 อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration Rate)

เป็นค่าที่ต้องคำนึงถึงเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอัตราการให้น้ำ (Precipitation Rate) ของหัวฉีดน้ำ ซึ่งตามหลักการถือว่าค่าอัตราการให้น้ำของหัวฉีดน้ำ จะต้องน้อยกว่าค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน เพื่อขจัดปัญหาน้ำไหลลงบนผิวดินนั่นเอง

มีหลายวิธีในการหาอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน ในการศึกษานี้ ใช้วิธีทดลองการซึมผ่านแบบถังก้นเปิด (Ring Infiltration) โดยใช้ทรงกระบอกกลวงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8 เซนติเมตร ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร กดลงในดินที่จะทำการทดลองลึกประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้น เติมน้ำลงในทรงกระบอก บันทึกระยะทางที่น้ำซึมลงไปที่เวลาต่าง ๆ นำข้อมูลที่ได้แสดงในตารางที่ 4–2 แล้วใช้วิธีการทางสถิติวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ทำให้ได้ผลดังตารางที่ 4–3

ตารางที่ 4–2 ข้อมูลการวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน โดยวิธีแบบถังก้นเปิด

(1) เวลา (t) ($\frac{1}{2}$ นาที)	(2) ระดับน้ำที่ซึมที่อ่านได้ในแต่ละช่วง (เซนติเมตร)	(3) ระดับน้ำที่ซึมได้สะสม = Cu.(2) (เซนติเมตร)	หมายเหตุ
0	0	0	1. ความชื้นของดินที่ทดลองประมาณ 10%
1	2.7	2.7	2. Cu. = Cumulative
2	1.1	3.8	
3	0.7	4.5	
4	0.8	5.3	
5	0.8	6.1	
6	0.6	6.7	
7	0.6	7.3	
8	0.9	8.2	
9	0.6	8.8	
10	0.7	9.5	

ตารางที่ 4–3 ผลการวิเคราะห์ค่าอัตราการซึมผ่านผิวดินโดยอาศัยข้อมูลจากตารางที่ 4–2

(1) เวลา (t) ($\frac{1}{2}$ นาที)	(2) ระดับน้ำที่ซึมได้สะสม (D) (ซม)	(3) x = log(1)	(4) y = log (2)	(5) xy = (3) x (4)	หมายเหตุ
0	0	–	–	–	1. ค่าในช่อง (1) ได้จากค่าในช่องที่ (1) ของตารางที่ 4–2
1	2.7	0	0.431	0	
2	3.8	0.301	0.580	0.174	
3	4.5	0.477	0.653	0.312	
4	5.3	0.602	0.724	0.436	2. ค่าในช่องที่ (2) ได้จากค่าในช่องที่ (3) ของตารางที่ 4–2
5	6.1	0.699	0.785	0.549	
6	6.7	0.778	0.826	0.643	
7	7.3	0.845	0.863	0.730	
8	8.2	0.903	0.914	0.825	
9	8.8	0.954	0.944	0.901	
10	9.5	1.000	0.978	0.978	
		6.560	7.699	5.548	

จากตารางที่ 4–3 ยังได้อีกว่า $\Sigma x^2 = 5.215$ และ $\Sigma y^2 = 6.201$ จากการสมมติสมการการซึมของน้ำในดินคือ $D = At^B$ เมื่อ A, B เป็นค่าคงที่ ทำให้ได้ $\log D = \log A + B \log t$ จากตารางที่ 4–3 ให้ $\log t = x$ และ $\log D = y$ ดังนั้น ย่อมได้ $y = \log A + Bx$ หรือ $y = a + bx$ เมื่อ $a = \log A$ และ $b = B$ ใช้วิธีทางสถิติวิเคราะห์ค่าของ a และ b ได้ดังนี้

กำหนด $S_{xx} = \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N} = 5.215 - \frac{(6.560)^2}{10} = 0.911$

$S_{yy} = \Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{N} = 6.201 - \frac{(7.699)^2}{10} = 0.273$

$S_{xy} = \Sigma xy - \frac{(\Sigma x)(\Sigma y)}{N} = 5.548 - \frac{(6.560)(7.699)}{10} = 0.497$

$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} = \frac{0.497}{0.911} = 0.546$

$a = \bar{y} - b\bar{x} = \frac{\Sigma y}{N} - \frac{b\Sigma x}{N} = \frac{7.699}{10} - \frac{(0.546)(6.560)}{10} = 0.412$

$r = b\sqrt{\frac{S_{xx}}{S_{yy}}} = 0.546\sqrt{\frac{0.911}{0.273}} = 0.997$

ทั้งนี้เมื่อ N = จำนวนของข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ = 10

r = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

= 0.997 แสดงถึง มีความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y ดีมาก

จากค่าของ a และ b ทำให้หาค่าของ A และ B ได้คือ

จาก $\log A = a = 0.412$ ได้ $A = 10^{0.412} = 2.582$

$B = b = 0.546$

เพราะฉะนั้น สมการการซึมของน้ำในดินคือ $D = 2.582t^{0.546}$ (4-2)

เมื่อ D = ระดับน้ำที่ซึมได้ (เซนติเมตร)

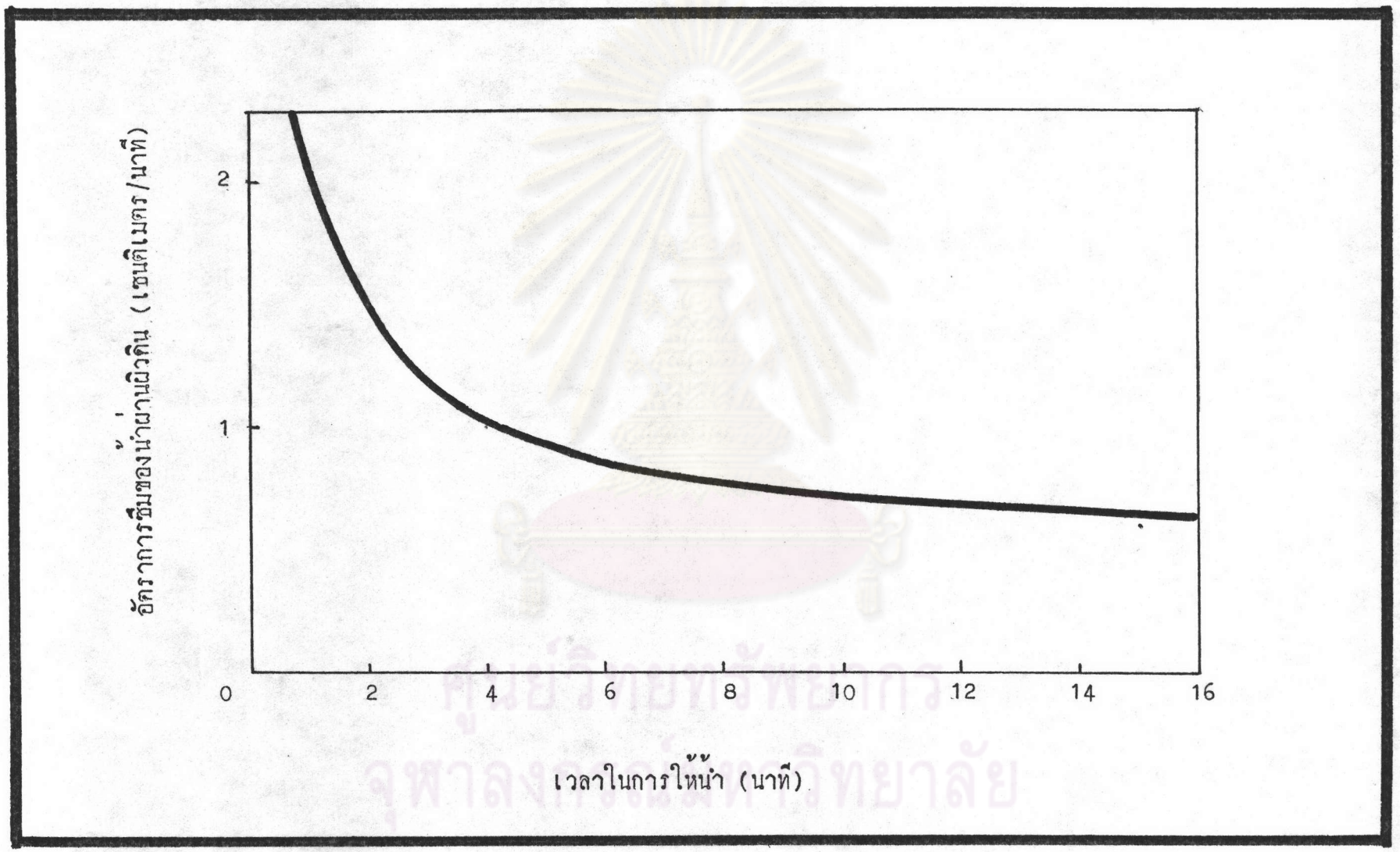
t = เวลาในการให้น้ำ ($\frac{1}{2}$ นาที)

เพื่อความสะดวกในการใช้งานแปลง t ให้มีหน่วยเป็นนาที คือ

$D = 2.582\ (2t)^{0.546}$

$D = 3.770t^{0.546}$ (4-3)

เมื่อ t = เวลาในการให้น้ำ (นาที)



รูปที่ 4–2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินกับเวลาที่ให้น้ำ

แต่ค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน $(I) = \frac{d}{dt}(D)$

นั่นคือ $$I = \frac{d}{dt}(3.770t^{0.546})$$

$$I = 2.058t^{-0.454} \qquad (4-4)$$

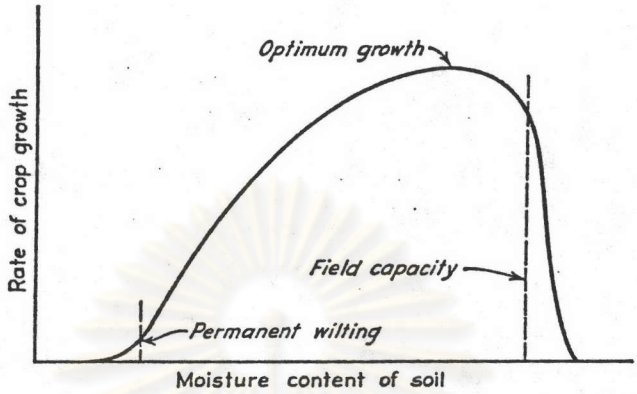
เมื่อ I = อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน (เซนติเมตร/นาที)

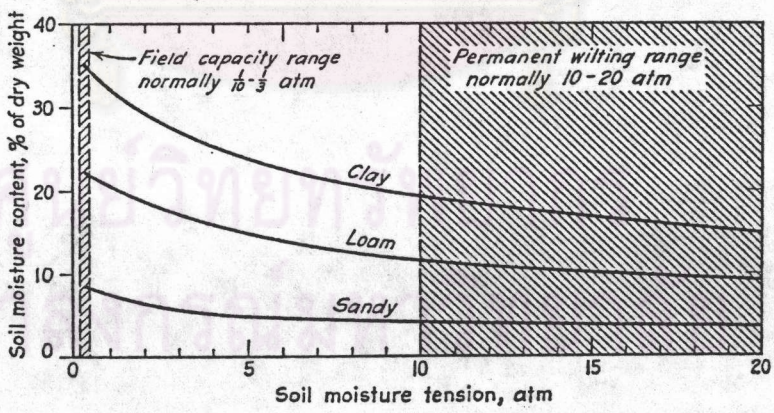
t = เวลาในการให้น้ำ (นาที)

จากความสัมพันธ์ที่ 4–4 ทำให้ได้ว่า ค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่เท่ากับอัตราการให้น้ำของหัวฉีดน้ำซึ่งเท่ากับ 4.7 มิลลิเมตร/นาที จะใช้เวลา 25.8 นาทีหรือคิดเป็น 26 นาที ดังนั้น จะเห็นว่า ค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินจะไม่มีผลกระทบต่ออัตราการให้น้ำของหัวฉีดน้ำเลย เพราะโปรแกรมการให้น้ำโดยหัวฉีดน้ำที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์นั้น ตั้งเวลาสูงสุดเพียง 15 นาที (จากตารางที่ 3–12) ซึ่งเพียงพอสำหรับการให้น้ำจาก Wilting Point ถึงจุด Field Capacity อยู่แล้ว ซึ่งเวลา 15 นาทีนี้ยังอยู่ในช่วงที่อัตราการให้น้ำแก่ดินมีค่าน้อยกว่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน ดังนั้น กรณีการเกิดน้ำไหลนองบนผิวดิน จึงแทบไม่มีโอกาสเกิดขึ้นเลย แต่อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้เริ่มทำการทดลองที่ความชื้นของดิน 10% ซึ่งจัดว่าเป็นดินที่ค่อนข้างแห้ง ดังนั้น ค่าอัตราการซึมที่ได้นี้อาจจะให้ค่าที่สูงกว่าในสภาพปกติที่ดินมีความชื้นสูงกว่านี้ได้ นั่นคือ ในทางปฏิบัติอาจต้องมีการสังเกตการไหลนองของน้ำบนผิวดินด้วย หากมีการไหลนองเกิดขึ้น ก็อาจหยุดทำการให้น้ำสักระยะหนึ่ง แล้วให้ต่อจนครบตามปริมาณหรือเวลาที่ต้องการได้ การให้น้ำครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อย ๆ จะสามารถแก้ปัญหานี้ได้ คือ การกำหนด Irrigation Interval ให้สั้นลง หรือการเพิ่ม Critical Point หรือการ Calibrate Curve ของอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินก็ล้วนเป็นแนวทางในการแก้ปัญหานี้ได้ทั้งสิ้น

4.2.4 Field Capacity และ Wilting Point

เป็นคุณสมบัติของดินที่สำคัญที่สุดตัวหนึ่งในการออกแบบระบบชลประทาน ความชื้นของดินที่จุด Field Capacity หรือต่ำกว่านี้เล็กน้อยเป็นความชื้นที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุด (100% Available Moisture) (ดังรูปที่ 4–3) ดังนั้นในระบบชลประทานในอุดมคติจึงมีความต้องการที่จะรักษาความชื้นในดินให้อยู่ที่จุดนี้อยู่ตลอดเวลาแต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำให้เกิดสภาพเช่นนั้นได้เพราะไม่สามารถให้น้ำได้ตลอดเวลารวมทั้งปริมาณที่ได้รับการจัดสรร





รูปที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของพืชกับค่าความชื้นในดิน

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

ไม่เพียงพอ ดังนั้น จึงมีการกำหนดค่า Allowable Depletion คือ ความชื้นที่ยอมให้ลดลงได้ค่าหนึ่ง (ซึ่งนิยมใช้ 40 – 50% Available Moisture เป็นค่าในการออกแบบโดยทั่วไป (ดร.วิบูลย์ บุญยโรกุล, 2526)) จนถึงการให้น้ำอีกครั้งหนึ่ง จึงทำให้ความชื้นในดินขึ้นถึง Field Capacity ได้อีก

ในการหา Field Capacity ของดินโดยทั่วไปหาจากเครื่องวัดแรงดึงความชื้นในดิน (Tensiometer) ซึ่งพบว่า ค่าแรงดึงความชื้นของดินที่ Field Capacity โดยทั่วไปมีค่าประมาณ $\frac{1}{10}$ ถึง $\frac{1}{3}$ บรรยากาศ (Israelsen, O.W. and Hansen, V.E. 1962) แต่ในทางปฏิบัติ Field Capacity สามารถหาได้จากค่าความชื้นในดิน หลังจากที่มีการให้น้ำอย่างเต็มที่หรือหลังฝนตกหนักประมาณ 2–3 วันได้ (Israelsen, O.W. and Hansen, V.E., 1962) ซึ่งได้นำวิธีนี้ไปใช้ในการหาค่า Field Capacity ในการทดลองนี้ด้วย

ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการให้น้ำอย่างเต็มที่กับดินตัวอย่างที่มีการระบายน้ำได้ดี ทิ้งไว้เป็นเวลา 2 วัน จึงนำดินตัวอย่างนั้นไปหาความชื้น ได้ผลของความชื้นคือ Field Capacity ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบต่าง ๆ รายละเอียดของการทดลองดังตารางที่ 4–4

สำหรับค่า Wilting Point โดยทั่วไปถือว่าค่าแรงดึงความชื้นจากดินตั้งแต่ 10 บรรยากาศขึ้นไปถือว่าเป็น Wilting Point (Israelsen, O.W. and Hansen, V.E., 1962) แต่ในทางปฏิบัติ เราไม่สามารถจะปล่อยให้ความชื้นในดินถึงจุดนี้ได้ แม้แต่จะใกล้เคียงก็ตาม เพราะจะทำให้ผลผลิตของพืชที่เพาะปลูกตกลงทันที จึงมักยอมให้ความชื้นในดินลดลงได้ไม่เกินค่า Allowable Depletion ดังกล่าวมาแล้วเท่านั้น

ดังนั้น ในการศึกษานี้ จึงไม่มีการทดลองหาค่า Wilting Point โดยตรง แต่จะใช้จากค่าที่แนะนำโดย Israelsen, O.W. and Hansen, V.E. (1962) คือกำหนดค่า Wilting Point เท่ากับ 10% โดยน้ำหนัก และใช้ค่า Allowable Depletion เท่ากับ 40% Available Moisture ซึ่งแปลงเป็นปริมาณความชื้นในดินตามความสัมพันธ์ที่ 2–6 ได้คือ 40% โดยน้ำหนัก ซึ่งถือเป็นค่าความชื้นที่จุดวิกฤต (Critical Point) นั่นเอง

จากค่า Field Capacity, Wilting Point และ Critical Point ที่กำหนดไว้ แม้ว่าจะมีค่าค่อนข้างสูงแต่จะเป็นผลดีต่อทั้งพืชและการให้น้ำแก่พืชกล่าวคือ พืชที่ใช้เป็นพืชสวนครัว ซึ่งมีรากตื้น ต้องรักษาผิวดินให้มีความชุ่มชื้นค่อนข้างสูงอยู่ตลอดเวลาอยู่แล้ว

ตารางที่ 4-4 การหาค่า Field Capacity ของดินที่ใช้ในการทดลองปลูกพืช

คอนเทนเนอร์		น้ำหนักดิน ตัวอย่างเปียก + น้ำหนัก คอนเทนเนอร์ (กรัม)	น้ำหนักดิน ตัวอย่างแห้ง + น้ำหนัก คอนเทนเนอร์ (กรัม)	น้ำหนักดิน ตัวอย่างแห้ง = (3)-(1) (กรัม)	น้ำหนักน้ำใน ดินตัวอย่าง = (2)-(3) (กรัม)	ความชื้นใน ดินที่ Field Capacity = $\frac{(5)}{(4)}$ x 100 (%)	หมายเหตุ
เบอร์	(1) น้ำหนัก (กรัม)						
V3	11.10	19.57	15.97	4.87	3.60	74	ทำการทดสอบหลังจากที่ให้น้ำแก่ดิน
X92	10.60	23.75	19.02	8.42	4.73	56	ตัวอย่างเป็นเวลา 2 วัน
2009	10.60	21.23	17.63	7.03	3.60	51	

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยของช่องที่ (6) คือ 60% จะเป็นค่าที่นำไปใช้งาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้น จะทำให้การให้น้ำต้องมีความถี่สูงขึ้น คือมี Irrigation Interval สั้นลง ทำให้เวลาในการให้น้ำสั้นลงด้วย ซึ่งก็จะเป็นตัวกำหนดให้ค่าอัตราการให้น้ำของหัวฉีดน้ำน้อยกว่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินได้อีกทางหนึ่งด้วย เช่นกัน

4.2.5 <u>คุณสมบัติอื่น ๆ</u>

สำหรับระบบชลประทานที่มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือสำหรับพืชเพาะปลูกที่ละเอียดอ่อนบางชนิด อาจมีความจำเป็นต้องหาคุณสมบัติอื่น ๆ ของดินเพิ่มขึ้น คุณสมบัติเหล่านี้ ได้แก่ การจำแนกประเภทของดินเพาะปลูกอย่างละเอียดขึ้น โดยอาจใช้วิธี Sieve Analysis ซึ่งนำไปสู่การหาค่าพารามิเตอร์ที่ผ่านมา โดยใช้เครื่องมือที่ละเอียดขึ้น การหาค่าความถ่วงจำเพาะที่แท้จริงของดิน เพื่อนำไปคำนวณค่าช่องว่างระหว่างเม็ดดิน (Pore Space) อันได้แก่ ค่าความพรุน (Porosity) หรือค่าสัดส่วนช่องว่าง (Void Ratio) การพิจารณาระดับน้ำใต้ดิน สำหรับพืชที่มีรากลึกหรือระดับน้ำใต้ดินอยู่ไม่ลึกนัก ค่าการยอมให้น้ำซึมผ่านได้ของดิน (Permeability) รวมทั้งสภาพทางเคมีของดินเช่น ความเค็มของเกลือในดิน ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือแร่ธาตุต่าง ๆ ในดิน การหาค่าตัวแปรเหล่านี้ บางตัวต้องอาศัยเครื่องมือที่ละเอียดอ่อน เวลา ความรู้และประสบการณ์ทางการเกษตรและเคมีเข้าช่วยพอสมควร สำหรับระบบชลประทานขนาดเล็ก กับพืชที่เพาะปลูกได้ง่าย ช่วงชีวิตสั้น และมีความทนทานสูง ทำให้อิทธิพลของค่าตัวแปรเหล่านี้ลดลงไปได้มาก ซึ่งส่งผลให้การหาค่าตัวแปรเหล่านี้ในการศึกษานี้ทำอย่างไม่ละเอียดนัก

แต่อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้ ได้ทำการหาค่าความหนาแน่นของดิน ซึ่งได้เท่ากับ 1.1 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้แทนค่าความถ่วงจำเพาะที่แท้จริงของดิน นำไปสู่การคำนวณค่าความพรุนของดิน (Porosity, n) ตามความสัมพันธ์ $n = 100\left[1 - \frac{A_s}{R_s}\right]$ เมื่อ A_s ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน และ R_s คือค่าความถ่วงจำเพาะที่แท้จริงของดิน ได้ค่า $n = 61\%$ ซึ่งจัดเป็นค่าที่ค่อนข้างสูง (ค่าปกติของดินร่วนปนดินเหนียวคือ 47 – 51% (วิบูลย์ บุญยโรกุล, 2526) แสดงถึงดินมีความร่วนมาก นอกจากนั้น ค่าอื่น ๆ ไม่ได้มีการพิจารณาถึง เนื่องจากเหตุผลดังได้กล่าวมาแล้ว

4.2.6 <u>สรุปสภาพดินที่ใช้เพาะปลูก</u>

จากการศึกษาทดลองเกี่ยวกับสภาพดินที่ใช้เพาะปลูกในการศึกษานี้ ทำให้

สามารถสรุปผลรวมกันได้ดังตารางที่ 4–5

ตารางที่ 4–5 สรุปสภาพดินที่ใช้เพาะปลูก

อันดับที่	รายการ	ค่าที่ได้
1	การเตรียมดิน	ศึกษาจากหัวข้อ 4.2.1
2	ความถ่วงจำเพาะปรากฏ	0.43
3	อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน (I)	$I = 2.058 - 0.454$ (จากการความสัมพันธ์ที่ 4–4)
4	Field Capacity	60% โดยน้ำหนัก
5	Wilting Point	10% โดยน้ำหนัก
6	Allowable Depletion	40% Available Moisture
7	ความหนาแน่นของดินเปียก	1.1 กรัม/ลบ.ซม.
8	ความพรุนของดิน	61%

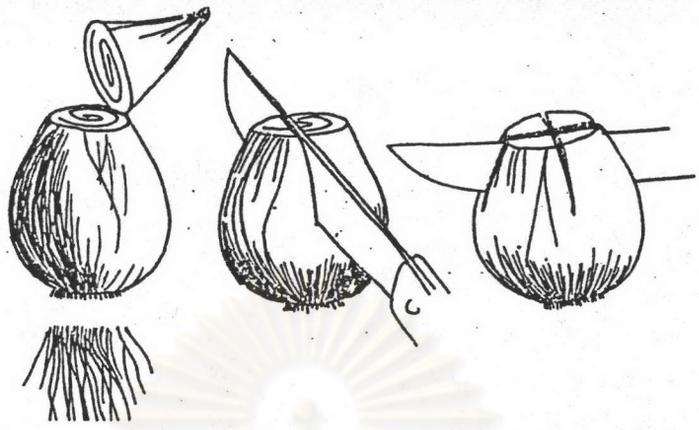
4.3 สภาพพืชที่ใช้เพาะปลูก

4.3.1 ชนิดและพันธุ์

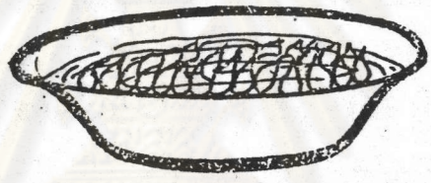
พืชที่ใช้ในการศึกษานี้คือ หอมแดง ซึ่งเป็นพืชสวนครัวที่มีประโยชน์สูง ใช้บริโภคได้ทั้งหัวและใบ โดยเฉพาะหัวหอมยังส่งเป็นสินค้าออกไปต่างประเทศได้อีกด้วย หอมที่ใช้นิยมใช้หอมร่วงทำพันธุ์

4.3.2 การปลูก

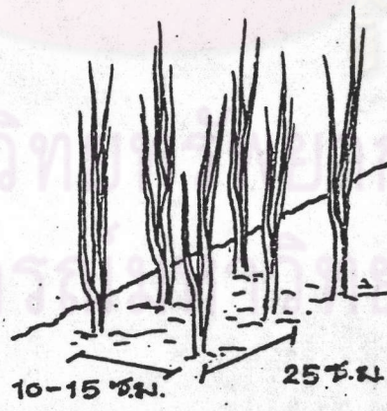
4.3.2.1 ฤดูปลูก หอมแดงเป็นพืชที่ชอบอากาศเย็นและชื้น โดยเฉพาะช่วงที่กำลังเจริญเติบโต โดยทั่วไปนิยมปลูกหอมแดงในช่วงฤดูหนาวตั้งแต่เดือนตุลาคม เป็นต้นไป จะปลูกในนาข้าวหลังเก็บเกี่ยวหรือจะยกเป็นร่องเหมือนการปลูกผักโดยทั่วไปก็ได้



ก) เตรียมหัวหอม



ข) แช่หอมแดง 1 คืน



ค) การปลูก

รูปที่ 4–4 การปลูกหอมแดง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2523)

4.3.2.2 <u>การเตรียมพันธุ์และวิธีปลูก</u> นิยมใช้หอมร่วงทำพันธุ์ โดยนำพันธุ์หัวหอมที่จะปลูกมาแยกเป็นหัว ๆ แล้วตัดรากและปลายออก โดยตัดปลายหัวหอมแดงออก 1 ใน 3 ส่วน แล้วผ่าเป็นรูปกากบาทอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งพบว่าจะทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด นำหัวหอมที่เตรียมไว้ แช่น้ำเป็นเวลา 1 คืน แล้วจึงนำไปปลูกลงบนแปลงเพาะปลูกที่เตรียมไว้เป็นแถว ๆ โดยให้ระยะระหว่างแถวประมาณ 25 เซนติเมตร และระยะระหว่างต้น 10 – 15 เซนติเมตร การปลูกแยกเป็นหัว ๆ นี้ นอกจากจะทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกแบบรวมหัว ยังทำให้ประหยัดพันธุ์หัวหอมแดงไปได้อีกด้วย แม้ว่าจะเสียเวลาเพิ่มขึ้นในการแยกเป็นหัว ๆ ก็ตาม โดยทั่วไป การปลูกโดยวิธีนี้จะใช้พันธุ์หอมแดงประมาณ 60 กิโลกรัมต่อไร่

4.3.2.3 <u>การดูแลรักษา</u>

1) การให้น้ำ หอมแดงเป็นพืชสวนครัวที่ต้องการความชุ่มชื้นของดินอยู่ค่อนข้างสม่ำเสมอ ดังนั้น จึงต้องใช้การให้น้ำแบบบ่อย ๆ แต่สั้น ๆ สอดคล้องกับสภาพของดินเพาะปลูกและอัตราการให้น้ำของมัน จนหัวเริ่มแก่ ซึ่งจะมีลักษณะคือ ปลายใบเริ่มจะเหลืองและหัวโตขึ้น การให้น้ำก็จะลดลงเพื่อให้หัวแก่เร็วยิ่งขึ้น

2) การกำจัดวัชพืช จะต้องทำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้วัชพืชแย่งน้ำและแสงแดดจากต้นหอมแดง ซึ่งทำให้ผลผลิตต่ำและเจริญเติบโตช้า อย่าถอนวัชพืชเมื่อต้นหอมโตแล้ว เพราะจะทำให้รากหอมได้รับความกระทบกระเทือน ทำให้ผลผลิตต่ำลงได้

3) การให้ปุ๋ย สำหรับปุ๋ยคอกใส่ก่อนปลูกประมาณ 2 สัปดาห์โดยผสมกับดินเพาะปลูกในอัตรา 2–4 ตันต่อไร่ ส่วนปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยเม็ด ถ้าเป็นดินเหนียวใช้สูตรที่มีธาตุฟอสฟอรัสสูง เช่น สูตร 5–10–5 ถ้าเป็นดินทราย ใช้สูตร 5–10–10 หรือ 10–10–10 ก็ได้

4.3.2.4 <u>ศัตรูและการป้องกันกำจัด</u> มี 2 ประเภทคือ แมลงและโรคพืช

1) แมลง ที่มักก่อให้เกิดความเสียหายต่อหอมแดงได้แก่

ก) หนอนหลอด จะเข้าไปกัดกินใบ ในเวลากลางวันจะหลบเข้าไปอยู่ในหลอดหรือในใบหอม ลักษณะอาการสังเกตได้ที่ปลายใบ จะมีรอยถูกกัด วิธีแก้คือ จับหนอนมาทำลายเสียหรือใช้ยาไบรูซิล กูซาไธออน ฉีดพ่นทุกระยะ 7 วัน

ข) เพลี้ยไฟ จะดูดกินน้ำเลี้ยงตามใบและโคนต้นอมแดง แก้ไขโดยใช้ยา

มาลาไธออน พาราไธออน หรือดีลดริน ฉีดพ่นทำลาย

2) โรคพืช โรคที่หอมแดงเป็นกันมาก ได้แก่

ก) โรคใบจุดสีม่วง จะมีอาการคือ จะเกิดเป็นจุดสีขาวหรือสีเทาตรงกลางจุดมีสีชมพูปรากฏขึ้นตามใบ ต่อมาจุดจะขยายกว้างออกเป็นแผลใหญ่รูปไข่สีเนื้อหรือน้ำตาลอ่อน เนื้อเยื่อรอบ ๆ แผลมีสีเหลือง ขนาดของแผลไม่แน่นอน ด้านที่มีแผลบนใบหลายใบจะทรุดโทรมหรือใบแห้งตาย ทำให้หอมไม่ลงหัวหรือถ้ากำลังลงหัวก็จะไม่โตและเก็บไว้ไม่ได้ทนทาน มีข้อสังเกตว่าถ้ามีการปรับปรุงดินดีและมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ หอมจะไม่ค่อยเป็นโรคนี้ โรคนี้มักจะเกิดในระยะที่หอมโตแล้วหรือปลายฤดูปลูก แต่ถ้าโรคระบาดตั้งแต่ต้นฤดูปลูกก็จะไม่ได้ผลผลิตเลย ดังนั้น เมื่อสังเกตเห็นหอมแดงเริ่มมีอาการดังกล่าว ให้แก้ไขโดยฉีดพ่นด้วยไดเทน ซีเนบ มาเนบ และน้ำยาจุนสี

ข) โรคใบเน่าหรือแอนแทรกโนส มีอาการคือ ที่ใบจะมีแผลเป็นจุดช้ำสีเขียวหม่นและขยายวงกว้างอย่างรวดเร็ว เป็นแผลใหญ่รูปไข่และบุ๋มลึกลงไปจากระดับผิวเดิมเล็กน้อย เมื่อแผลแห้งจะมีสปอร์ของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคนี้เป็นตุ่มเล็ก ๆ สีดำเรียงเป็นวงกลมซ้อนกันหลายชั้น กว้างออกไปตามขนาดของแผล ใบที่มีแผลใหญ่มากหรือมีหลายแผลจะเน่าและใบจะหักพับตรงรอยแผลนั้น วิธีแก้ไขคือใช้ยาป้องกันหรือกำจัดเชื้อราทุกชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงต่อโรคนี้ ยกเว้นกำมะถันผงและบอโดมิกเจอร์

ค) โรคหัวและรากเน่า โรคนี้มีอาการคือ หอมเริ่มมีใบแก่เหลืองเหี่ยวแห้งไป ที่เปลือกหัวหอมจะมีเส้นใยราสีขาวขึ้นฟูอยู่บนแผล และตามรากซึ่งเน่าเป็นสีน้ำตาล ในดินก็มีเส้นใยของราเจริญแทรกอยู่ตามโคนต้นและจะมีเม็ดสีน้ำตาลหรือสีดำขึ้นปะปนกับเส้นใย หัวหอมจะนิ่มเน่าและส่งกลิ่นเหม็นเล็กน้อย ถ้าหัวหอมแสดงอาการของโรคนี้ต้องตัดทิ้งให้หมด ป้องกันและกำจัดโดยให้ขุดหัวหอมและดินที่เกิดโรคไปเผาไฟเพื่อป้องกันมิให้โรคระบาดแพร่ทั่วไร่ และถ้าหากจะปลูกหอมซ้ำในพื้นที่เดิมที่โรคนี้เคยระบาด ควรใช้ปูนขาวปรับปรุงดินเสียก่อน แต่ถ้าหากการใช้ปูนขาวยังไม่อาจขจัดโรคนี้ให้หมดไปได้ ควรแก้ไขโดยวิธีหาพืชอื่นมาปลูกหมุนเวียนสลับอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 5 ปี จัดว่าเป็นโรคร้ายแรงสำหรับการปลูกหอมมาก

ง) โรคราดำ พบในหัวหอมที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว และมาเก็บรักษาไว้ในที่ ๆ มีอากาศชื้น อาการโดยที่บริเวณกาบใบจะมีราสีดำเป็นกลุ่มใหญ่ เนื้อเยื่อที่มีราขึ้นจะเปื่อยเน่า

ทำให้กาบใบเน่าไปทีละชั้น เชื้อรามักจะเข้าไปทางแผลที่เกิดจากการตัดใบออก โดยเฉพาะตัดใบที่ยังแห้งไม่สนิทออกจากหัว หัวหอมที่มีการเน่าจะมีมไม่แข็ง การป้องกันกำจัดโดย การเก็บหอมควรจะรอให้โคนใบแห้งเสียก่อน ไม่ควรเก็บก่อนที่หอมแก่ เพื่อป้องกันไม่ให้โรคเกิดระบาดในระหว่างการเก็บรักษาและจำหน่าย ควรฉีดยาไซเนบ มาเนบ ที่หัวหอม โดยเฉพาะที่รอยตัด แล้วผึ่งให้แห้งจึงเก็บ และถ้าจะเก็บหอมไว้เป็นเวลานาน ๆ ก็ควรเก็บในที่มีอากาศเย็น ไม่กองสุมกันจนเกิดความร้อนจะทำให้หอมเน่าได้

4.3.2.5 <u>การเก็บเกี่ยว</u>

มีการบริโภคหอมแดง 2 ลักษณะคือ บริโภคใบและบริโภคหัว มีระยะเวลาไม่แน่นอนในการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้ ขึ้นกับสภาพดิน น้ำ การบำรุงรักษา และศัตรูพืชต่าง ๆ รวมทั้งความต้องการของตลาดในขณะนั้นด้วย โดยปกติในสภาพทั่วไป หอมแดงที่บริโภคใบมีอายุเก็บเกี่ยวไม่เกิน 30 วัน ถ้าบริโภคหัวจะมีอายุเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 48 – 100 วัน ซึ่งขึ้นกับดินฟ้าอากาศของแต่ละท้องที่อีกเช่นกัน ลักษณะหัวหอมแดงที่พร้อมจะเก็บเกี่ยว สังเกตได้คือ ขนาดของหัวจะโตและกางแผ่ออกจากกอ เปลือกนอกมีสีเข้ม ใบเหลือง การเก็บทำโดยถอนต้นขึ้นมาตรง ๆ แล้วนำไปผึ่งไว้ในร่มรอการจำหน่ายหรือบริโภคต่อไป

ถ้าจะเก็บไว้ทำพันธุ์ต่อไป ต้องเลือกพันธุ์จากต้นที่สมบูรณ์และแก่จัดคือ ให้ใบแห้งจนหมด แล้วเก็บหัวนำมาผึ่งไว้ในร่ม และคอยเก็บหัวที่เน่าออกทิ้งอยู่เสมอ

4.3.3 <u>อัตราการใช้น้ำของพืชที่ใช้เพาะปลูก</u>

เป็นค่าที่จะต้องทราบเพื่อสามารถทำการให้น้ำแก่พืชอย่างเหมาะสม สำหรับต้นหอมแดงที่ใช้เป็นพืชที่เพาะปลูก มีผู้เสนอค่าความลึกของราก 0.3 ถึง 0.5 เมตร และมีการใช้น้ำตลอดฤดูการเพาะปลูก 350 ถึง 550 มิลลิเมตร สำหรับในการทดลองครั้งนี้ จะทำการทดลองเพื่อหาอัตราการใช้น้ำของหอมแดงนี้อีกครั้ง รวมทั้งคุณสมบัติที่จำเป็นอื่น ๆ ที่เหมาะสมสำหรับระบบชลประทานสภาพนี้โดยเฉพาะด้วย

การหาอัตราการใช้น้ำของหอมแดงในการทดลองนี้ จะใช้วิธีหาจากความชื้นในดินโดยตรง ซึ่งสามารถคำนวณค่าการใช้น้ำได้จากความสัมพันธ์ที่ 2–2 ดังนี้คือ

รูปที่ 4–5 กระถางดินเผาก้นปิดที่ใช้ในการทดลองหาค่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$ET = \frac{(\theta_1 - \theta_2)S + R_e + W_a}{\Delta t} \qquad (4-3)$$

เมื่อ ET = การใช้น้ำของหอมแดงเฉลี่ย ในช่วงเวลาเก็บดินตัวอย่างครั้งแรกและครั้งหลัง (มิลลิเมตร/วัน)

θ_1 = ความชื้นในดินของการเก็บดินตัวอย่างครั้งแรกในหน่วยความสูงของน้ำต่อความลึกของชั้นดินที่ใช้ทดลอง

θ_2 = ความชื้นในดินของการเก็บดินตัวอย่างครั้งหลังในหน่วยความสูงของน้ำต่อความลึกของดิน

S = ความลึกของชั้นดินที่ใช้ทดลอง (มิลลิเมตร)

R_e = ปริมาณฝนใช้การที่ตกลงบนแปลงเพาะปลูก ในระหว่างการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกและครั้งหลัง (มิลลิเมตร)

W_a = ปริมาณน้ำที่ให้เพิ่มในดินในระหว่างการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกและครั้งหลัง (มิลลิเมตร)

Δt = ช่วงเวลาระหว่างการเก็บดินตัวอย่างครั้งแรกและครั้งหลัง (วัน)

การทดลองนี้ทำโดยปลูกพืชลงในกระถางดินเผาก้นปิดที่มีปากกระถางเป็นรูปวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 32 เซนติเมตร มีความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร จึงใช้ค่า S = 300 มิลลิเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับความลึกของเขตรากพืชที่มีผู้เสนอไว้พอดี มีการคำนึงถึงปริมาณฝนที่ตกลงสู่แปลงเพาะปลูกด้วย นอกจากนั้น การปลูกพืชในกระถางก้นปิดยังทำให้สามารถกำจัดการไหลซึมของน้ำที่เกินเขตรากพืชได้ รวมทั้งการให้น้ำครั้งละน้อย ๆ ก็จะช่วยขจัดปัญหาน้ำไหลนองบนผิวดินไปได้ รวมความแล้วการทดลองนี้จะให้ค่า ET ที่น่าเชื่อถือได้พอสมควร การทดลองเริ่มในเดือนกรกฎาคม 2528 ใช้เวลาในการทดลอง 50 วัน ทำการเก็บข้อมูล คำนวณค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งคำนวณผลและแสดงค่าต่าง ๆ ในตารางที่ 4-6, 4-7 4-8 และ 4-9 ดังต่อไปนี้

จากผลของการทดลอง ทำให้ได้ค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของพืชที่ใช้เพาะปลูกคือ ต้นหอม เท่ากับ 5 มิลลิเมตร/วัน ซึ่งเป็นค่าที่จะนำไปใช้ในการให้น้ำในระบบชลประทานแบบฉีดฝอย พร้อมระบบควบคุมต่อไป อย่างไรก็ดี จะสังเกตเห็นว่า ค่านี้มิได้มีค่าคงที่ตลอดเวลา

ตารางที่ 4–6 การหาค่าความชื้นในดินจากการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกในการหาค่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอม

กระถางที่	คอนเทนเนอร์		(2) น้ำหนักดินตัวอย่างเปียก + น้ำหนักคอนเทนเนอร์	(3) น้ำหนักดินตัวอย่างแห้ง + น้ำหนักคอนเทนเนอร์	(4) น้ำหนักดินตัวอย่างแห้ง = (3)-(1)	(5) น้ำหนักน้ำในดินตัวอย่าง = (2)-(3)	(6) ความชื้นในดินโดยน้ำหนัก (P_w) $=\frac{(5)}{(4)} \times 100$	(7) $\theta_1 S$	หมายเหตุ
	เบอร์	(1) น้ำหนัก							
		(กรัม)	(กรัม)	(กรัม)	(กรัม)	(กรัม)	(%)	(มม)	
1	Y8	8.89	13.62	13.28	4.39	0.34	8	9.9	1. $\theta_1 S$ = ความชื้นในดินในรูปความสูงของน้ำต่อความลึกของดิน 300 มม คำนวณได้จากความสัมพันธ์ 3–14 โดยใช้ค่า P_w ในช่อง (6) ค่า A_s = 0.43 และค่า d = 300 มม
2	X78	10.69	16.29	15.50	4.81	0.79	16.4	21.2	
3	X102	12.40	19.10	18.62	6.22	0.48	7.7	9.9	
4	X115	11.58	17.55	17.07	5.49	0.48	8.7	11.3	
5	Y9	8.78	13.80	13.41	4.63	0.39	8.4	10.9	
6	S27	8.82	15.41	15.00	6.18	0.41	6.6	8.6	2. การเก็บตัวอย่างนี้ทำเมื่อวันที่ 29 กค.2528 พร้อมกันทั้ง 6 กระถาง

ตารางที่ 4–7 การหาค่าความชื้นในดินจากการเก็บตัวอย่างดินครั้งหลังในการหาค่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอม

กระถางที่	คอนเทนเนอร์ เบอร์	คอนเทนเนอร์ (1) น้ำหนัก (กรัม)	(2) น้ำหนักดินตัวอย่างเปียก + น้ำหนักคอนเทนเนอร์ (กรัม)	(3) น้ำหนักดินตัวอย่างแห้ง น้ำหนักคอนเทนเนอร์ (กรัม)	(4) น้ำหนักดินตัวอย่างแห้ง + =(3) – (1) (กรัม)	(5) น้ำหนักน้ำในดินตัวอย่าง = (2) – (3) (กรัม)	(6) ความชื้นในดินโดยน้ำหนัก (P_w) $= \frac{(5)}{(4)} \times 100$ (%)	(7) $\theta_2 S$ (มม)	หมายเหตุ
1	D4	8.97	22.30	18.06	9.09	4.24	46.6	60.1	เก็บตัวอย่างวันที่ 13 สค.2528
2	D4	8.97	60.30	35.81	26.84	24.49	91.2	117.7	เก็บตัวอย่างวันที่ 19 สค.2528
3	D4	9.10	24.10	19.37	10.27	4.73	46.1	59.4	เก็บตัวอย่างวันที่ 26 สค.2528
4	D4	9.10	24.95	19.52	10.42	5.43	52.1	67.2	เก็บตัวอย่างวันที่ 2 กย.2528
5	D4	9.07	26.69	23.25	14.18	3.44	24.2	31.3	เก็บตัวอย่างวันที่ 10 กย.2528
6	D4	9.10	57.47	29.90	20.8	27.57	132.5	171.0	เก็บตัวอย่างวันที่ 17 กย.2528

หมายเหตุ การคำนวณค่าในช่อง (7) ทำเช่นเดียวกับการคำนวณในช่อง (7) ของตารางที่ 4–6

ตารางที่ 4–8 ปริมาณน้ำที่ให้เพิ่มแก่ดิน (W_a) และปริมาณฝนที่ตกลงบนกระถางเพาะปลูก (R_e) ในการหาค่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอม

กระถางที่	(1) ปริมาณน้ำที่ให้เพิ่มแก่ดิน (ลบ.ซม.)	(2) เส้นผ่าศูนย์กลางของกระถาง (ซม)	(3) พื้นที่รับน้ำของกระถาง $\frac{\pi}{4} \times (2)^2$ (ตร.ซม.)	(4) ความสูงของน้ำที่ให้เพิ่มแก่ดิน (W_a) $\frac{(1)}{(3)} \times 10$ (มม)	(5) ปริมาณฝนที่ตกลงบนกระถางเพาะปลูก (R_e) (มม)	(6) $W_a + R_e$ = (4) + (5) (มม)	หมายเหตุ
1	5,400	31.8	794.2	68.0	35	103	ปริมาณ W_a และ R_e วัดในช่วงระหว่างการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกและครั้งหลัง
2	8,400	31.2	764.5	109.9	66	175.9	
3	8,400	31.2	764.5	109.9	99	208.9	
4	9,600	31.9	799.2	120.1	104	224.1	
5	9,000	31.9	799.2	112.6	128	240.6	
6	9,600	31.4	774.4	124.0	185	309	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4–9 ผลการคำนวณค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของต้นหอมจากข้อมูลในตารางที่ 4–6, 4–7 และ 4–8

กระถางที่	(1) ค่า $(\theta_1 - \theta_2)S$ จากตารางที่ 4–6 และ 4–7 (มิลลิเมตร)	(2) ค่า $W_a + R_e$ จากช่องที่ (6) ของตารางที่ 4–8 (มิลลิเมตร)	(3) ช่วงเวลาของการเก็บดินตัวอย่างครั้งแรกและครั้งหลัง (Δt) (วัน)	(4) อัตราการใช้น้ำของต้นหอม (ET) $\frac{(1) + (2)}{(3)}$ (มิลลิเมตร/วัน)	หมายเหตุ
1	– 50.2	103	15	3.52	1. ค่าในช่องที่ (1) ได้จากค่าในช่องที่ (7) ของตารางที่ 4–6 ลบด้วยค่าในช่องที่ (7) ของตารางที่ 4–7
2	– 96.5	175.9	21	3.78	
3	– 49.4	208.9	28	5.70	
4	– 56.2	224.1	35	4.8	2. ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้น้ำของต้นหอมที่จะนำไปใช้คือ 5 มิลลิเมตร/วัน ดังนั้น ถ้าอายุปลูกพืช 50 วัน ปริมาณน้ำที่ต้องให้คือ 250 มิลลิเมตร
5	– 20.3	240.6	43	5.12	
6	– 162.0	309	50	2.94	

กล่าวคือ จะมีค่าน้อยในช่วงแรกของการเจริญเติบโต และจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนสูงที่สุดเมื่อมีการเจริญเติบโตเต็มที่ คือ มีอายุได้ประมาณ 30 วันหลังจากเริ่มปลูก ซึ่งระยะนี้ต้นหอมจะมีการเจริญเติบโตทางใบอย่างเต็มที่ หลังจากนั้นอัตราการใช้น้ำของต้นหอมจะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการเจริญเติบโตทางใบก็ลดลงด้วย ซึ่งในระยะนี้ต้นหอมจะเริ่มมีการเจริญเติบโตทางหัวแทน คือ หัวจะแก่และใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่ใบจะเหี่ยวลง ๆ จนในที่สุดก็จะเหลือแต่หัวไว้บริโภคหรือทำพันธุ์ต่อไป ซึ่งช่วงนี้อัตราการใช้น้ำของต้นหอมจะลดต่ำมาก แทบไม่ต้องการน้ำเลย

ดังนั้น การให้น้ำในแปลงเพาะปลูกในทางปฏิบัติจริง ๆ จึงมักเริ่มให้น้ำแต่น้อยในระยะแรกของการเจริญเติบโต และให้เพิ่มขึ้นสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของมันจนถึงขีดเจริญเติบโตสูงสุด หลังจากนั้น จึงลดการให้น้ำลงจนในที่สุดจึงหยุดการให้เมื่อเสร็จสิ้นฤดูเพาะปลูก การให้น้ำตามหลักเกณฑ์นี้อาจกระทำได้อีกทางหนึ่ง คือ การเพิ่มหรือลดความถี่ในการให้น้ำลงได้ โดยการคำนวณค่า Irrigation Interval โดยใช้ค่า ET ในแต่ละช่วงแทนค่าในการคำนวณดังจะได้ใช้ในการทดลองต่อไป

4.3.4 <u>คุณสมบัติอื่น ๆ</u>

นอกจากค่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอมที่ได้จากการทดลองครั้งนี้แล้ว ยังได้คุณสมบัติอื่น ๆ พร้อม ๆ กันตามมา ได้แก่ ค่าความลึกของเขตรากพืชประมาณ 30 เซนติเมตร ปริมาณน้ำเฉลี่ยในต้นหอม 1 ต้นที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 3.51 กรัม อายุของต้นหอมที่บริโภคใบประมาณ 30 วัน ในการทดลองนี้ไม่ได้ศึกษาถึงช่วงอายุที่เหมาะสมสำหรับบริโภคหัว แต่โดยทั่วไปแล้วใช้เวลาประมาณ 48 – 100 วัน

4.3.5 <u>สรุปสภาพพืชที่ใช้เพาะปลูก</u>

จากการศึกษาทดลองเกี่ยวกับสภาพพืชที่ใช้เพาะปลูกที่ผ่านมา ทำให้สามารถสรุปผลรวมกันได้ดังตารางที่ 4–10

4.4 <u>การทดลองปลูกพืชทดสอบอัตราการใช้น้ำของพืช</u>

ค่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอมที่ได้จากหัวข้อ 4.3.3 เป็นค่าที่ได้จากการปลูกพืชในกระถางก้นปิด ซึ่งอยู่ในเงื่อนไขที่ทำให้ขจัดตัวแปร ปัญหาต่าง ๆ ในแปลงเพาะปลูกจริง ๆ

ไปได้เป็นอย่างมาก แต่ในสภาพแปลงเพาะปลูกจริง ปริมาณน้ำที่ให้แก่ต้นหอมนี้อาจมีค่ามากกว่า 5 มิลลิเมตร/วัน ที่คำนวณได้ ทั้งนี้ เนื่องจากการสูญเสียที่อาจเกิดจากการไหลซึมเกินเขตรากพืช การไหลนองบนผิวดินหรือสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ขอบเขตการไหลซึมของน้ำในดิน เป็นต้น

ดังนั้น จึงมีการทดลองปลูกต้นหอมอีกครั้งหนึ่ง ในสภาพแปลงเพาะปลูกจริงที่ได้เตรียมไว้ โดยมีเงื่อนไขสภาพดินและสภาพพืชเช่นเดียวกับการทดลองครั้งแรกทุกประการ การทดลองนี้ทำขึ้นในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม 2529 โดยปลูกพืชลงบนแปลงเพาะปลูก 2 แปลง ทำการให้น้ำที่ควบคุมโดยคน โดยใช้บัวรดน้ำที่มีความจุ 3,950 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้น้ำสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง โดยใช้ค่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอมที่ได้จากการทดลองครั้งแรกเป็นแนวทางในการให้น้ำ และพยายามลดค่าปริมาณน้ำที่ซึมเกินเขตรากพืชและน้ำไหลนองบนผิวดินให้น้อยที่สุด ทำการเก็บข้อมูลและคำนวณผลต่าง ๆ เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับแก้การวางแผนการให้น้ำที่จะใช้ในการทดลองกับระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุมในการทดลองขั้นต่อไป การเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องและคำนวณผลต่าง ๆ ได้แสดงในตารางที่ 4–11, 4–12, 4–13 และ 4–14 ตามลำดับ

ตารางที่ 4–10 สรุปสภาพพืชที่ใช้เพาะปลูก

อันดับที่	รายการ	ค่าที่ได้
1	ชนิดและพันธุ์	ต้นหอมแดงพันธุ์หอมร่วง
2	การปลูก	ศึกษาได้จากหัวข้อ 4.3.2
3	อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยตลอดอายุการปลูก	5 มิลลิเมตร/วัน
4	ความลึกของเขตรากพืช	30 เซนติเมตร
5	อายุการเพาะปลูก	50 วัน
6	ปริมาณน้ำเฉลี่ยต่อต้นหอม 1 ต้น	3.51 กรัม

ตารางที่ 4–11 การหาค่าความชื้นในดินจากการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกในการทดสอบค่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอม

แปลงที่	คอนเทนเนอร์ เบอร์	(1) น้ำหนัก (กรัม)	(2) น้ำหนักดิน ตัวอย่างเปียก + น้ำหนักคอนเทนเนอร์ (กรัม)	(3) น้ำหนักดิน ตัวอย่างแห้ง + น้ำหนักคอนเทนเนอร์ (กรัม)	(4) น้ำหนักดิน ตัวอย่างแห้ง = (3) – (1) (กรัม)	(5) น้ำหนักน้ำในดินตัวอย่าง = (2) – (3) (กรัม)	(6) ความชื้นในดิน โดยน้ำหนัก (P_w) = $\frac{(5)}{(4)}$ x 100 (%)	(7) $\theta_1 s$ (มม)	หมายเหตุ
1	D4	8.97	24.01	17.12	8.15	6.89	84.5	109.0	เริ่มเก็บตัวอย่าง
2	Y8	8.89	25.79	17.99	9.10	7.80	85.7	110.6	เมื่อ 10 กุมภาพันธ์ 2529 พร้อมกันทั้ง 2 แปลง

หมายเหตุ การคำนวณค่าในช่องที่ (7) ทำเช่นเดียวกับการคำนวณค่าในช่องที่ (7) ของตารางที่ 4–6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4–12 การหาค่าความชื้นในดินจากการเก็บตัวอย่างดินครั้งหลังในการทดสอบค่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอม

แปลงที่	คอนเทนเนอร์ เบอร์	คอนเทนเนอร์ (1) น้ำหนัก (กรัม)	(2) น้ำหนักดินตัวอย่างเปียก + น้ำหนักคอนเทนเนอร์ (กรัม)	(3) น้ำหนักดินตัวอย่างแห้ง + น้ำหนักคอนเทนเนอร์ (กรัม)	(4) น้ำหนักดินตัวอย่างแห้ง = (3) – (1) (กรัม)	(5) น้ำหนักน้ำในดินตัวอย่าง = (2) – (3) (กรัม)	(6) ความชื้นในดินโดยน้ำหนัก (P_w) $= \frac{(5)}{(4)} \times 100$ (%)	(7) $\theta_2 S$ (มม)	หมายเหตุ เก็บตัวอย่างเมื่อวันที่
1	S18	8.89	44.64	27.10	18.21	17.54	96.3	124.3	17 กุมภาพันธ์ 2529
1	D5	8.90	25.22	16.81	7.91	8.41	106.3	137.1	24 กุมภาพันธ์ 2529
1	D4	8.97	27.72	17.76	8.79	9.96	113.3	146.2	3 มีนาคม 2529
1	M29	9.00	31.37	19.43	10.43	11.94	114.5	147.7	11 มีนาคม 2529
2	S6	8.90	25.72	16.70	7.80	9.02	115.6	149.2	11 มีนาคม 2529
2	Y8	8.89	26.17	16.52	7.63	9.65	126.5	163.2	18 มีนาคม 2529
2	X32	11.81	32.56	20.42	8.61	12.14	141.0	181.9	25 มีนาคม 2529

หมายเหตุ การคำนวณค่าในช่องที่ (7) ทำเช่นเดียวกับการคำนวณค่าในช่องที่ (7) ของตารางที่ 4–6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4–13 ผลการคำนวณการทดสอบค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของต้นหอมตั้งแต่เริ่มปลูก

แปลงที่	(1) ค่า $(\theta_1 - \theta_2)s$ จากตารางที่ 4–11 และ 4–12 (มิลลิเมตร)	(2) ช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกและครั้งหลัง (Δt) (วัน)	(3) ปริมาณน้ำที่ให้เพิ่มแก่แปลงเพาะปลูกในช่วงเวลา Δt $(W_a + R_e)$ = (2) x 7,900 (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	(4) ความสูงของน้ำที่ให้แก่แปลงเพาะปลูกในช่วงเวลา Δt =(3) x 10/12,000 (มิลลิเมตร)	(5) อัตราการใช้น้ำของต้นหอมจากแปลงเพาะปลูก (ET) $= \frac{(1) + (4)}{(2)}$ (มิลลิเมตร/วัน)	หมายเหตุ คิดจากวันที่
1	– 15.3	7	55,300	46.1	4.4	10 กพ. ถึง 17 กพ. 29
1	– 28.1	14	110,600	92.2	4.6	10 กพ. ถึง 24 กพ. 29
1	– 37.2	21	165,900	138.3	4.8	10 กพ. ถึง 3 มีค. 29
1	– 38.7	29	229,100	190.9	5.2	10 กพ. ถึง 11 มีค. 29
2	– 52.6	36	284,400	237.0	5.1	10 กพ. ถึง 18 มีค. 29
2	– 71.3	43	339,700	283.1	4.9	10 กพ. ถึง 25 มีค. 29

หมายเหตุ 1. ค่าที่ได้ในช่องที่ (1) ได้จากค่าในช่องที่ (7) ของตารางที่ 4–11 และตารางที่ 4–12

2. ปริมาณน้ำที่เพิ่มให้แก่แปลงเพาะปลูก (W_a) ให้วันละ 7,900 ลูกบาศก์เซนติเมตรเท่ากันทั้ง 2 แปลง

3. พื้นที่รับน้ำของแปลงเพาะปลูกแต่ละแปลงเท่ากับ 200 x 60 = 12,000 ตารางเซนติเมตร

4. ปริมาณฝนที่ตกลงบนแปลงเพาะปลูก (R_e) = 0 คือไม่มีฝนตกหรือตกน้อยมากจนวัดปริมาณไม่ได้

ตารางที่ 4–14 ผลการคำนวณการทดสอบค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของต้นหอมในแต่ละช่วง

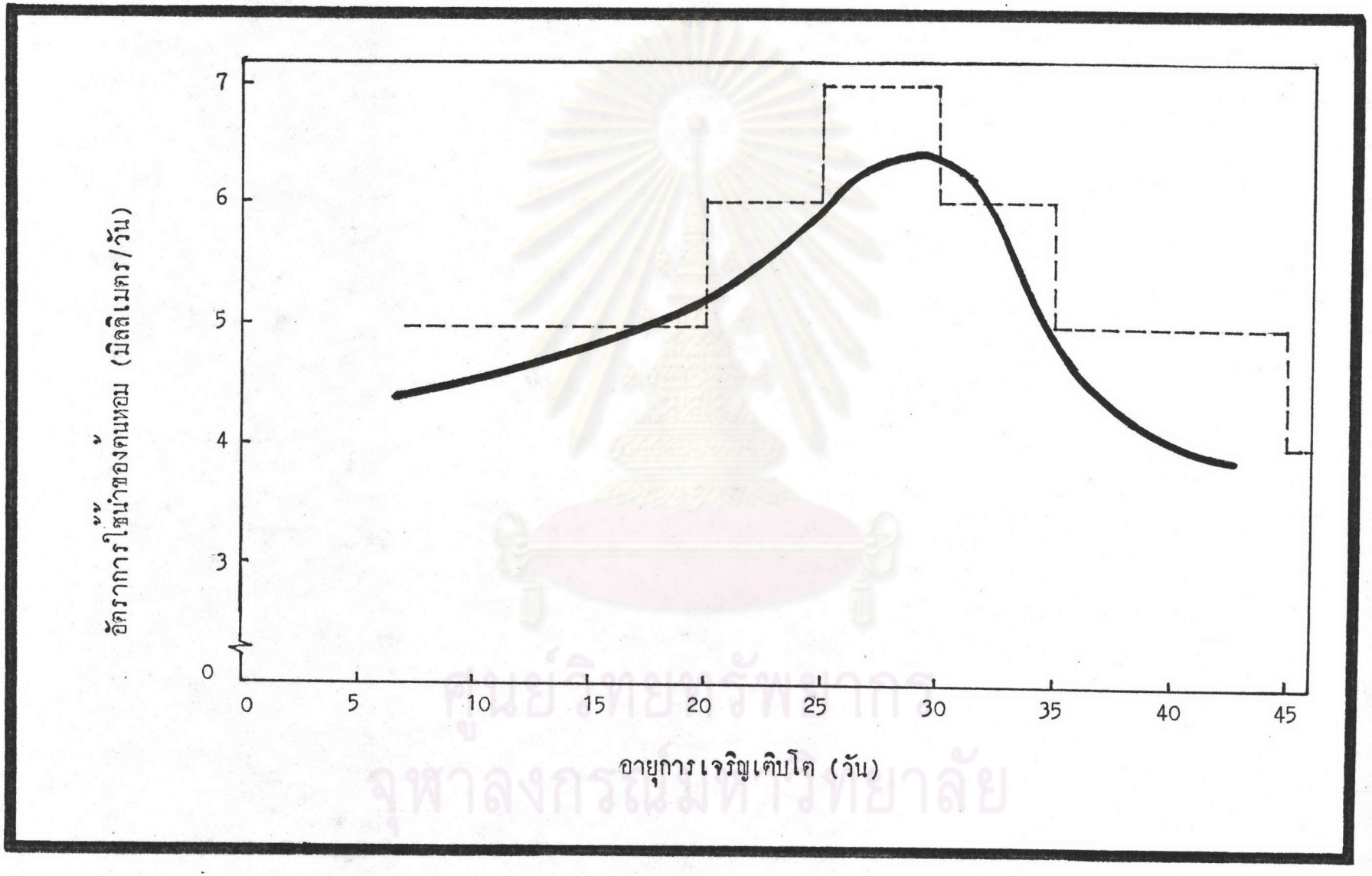
แปลงที่	(1) ค่า $(\theta_1 - \theta_2)S$ จากตารางที่ 4–11 และ 4–12 (มิลลิเมตร)	(2) ช่วงเวลาของการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกและครั้งหลัง (Δt) (วัน)	(3) ปริมาณน้ำที่ให้เพิ่มแก่แปลงเพาะปลูกในช่วงเวลา Δt $(W_a + R_e)$ = (2) x 7,900 (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	(4) ความสูงของน้ำที่ให้เพิ่มแก่แปลงเพาะปลูกในช่วงเวลา Δt = (3)x10/12,000 (มิลลิเมตร)	(5) อัตราการใช้น้ำของต้นหอมในแต่ละช่วง (ET) = $\frac{(1) + (4)}{(2)}$ (มิลลิเมตร/วัน)	หมายเหตุ คิดจากวันที่
1	– 15.3	7	55,300	46.1	4.4	10 กพ. ถึง 17 กพ. 29
1	– 12.8	7	55,300	46.1	4.8	17 กพ. ถึง 24 กพ. 29
1	– 9.1	7	55,300	46.1	5.3	24 กพ. ถึง 3 มีค. 29
1	– 1.5	8	63,200	52.7	6.4	3 มีค. ถึง 11 มีค. 29
2	– 14.0	7	55,300	46.1	4.6	11 มีค. ถึง 18 มีค. 29
2	– 18.7	7	55,300	46.1	3.9	18 มีค. ถึง 25 มีค. 29

หมายเหตุ 1. ค่าที่ได้ในช่องที่ (1) ได้จากค่าในช่องที่ (7) ของตารางที่ 4–11 และตารางที่ 4–12

2. ปริมาณน้ำที่เพิ่มให้แก่แปลงเพาะปลูก (W_a) ให้วันละ 7,900 ลูกบาศก์เซนติเมตรเท่ากันทั้ง 2 แปลง

3. พื้นที่รับน้ำของแปลงเพาะปลูกแต่ละแปลงเท่ากับ 200 x 60 = 12,000 ตารางเซนติเมตร

4. ปริมาณฝนที่ตกลงบนแปลงเพาะปลูก (R_e) = 0 คือ ไม่มีฝนตกหรือตกน้อยมากจนวัดปริมาณไม่ได้



รูปที่ 4–6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้น้ำของต้นหอมในแปลงเพาะปลูกกับอายุการเจริญเติบโต

จากผลการทดลองปลูกพืชเพื่อทดสอบอัตราการใช้น้ำในแปลงเพาะปลูกดังกล่าว ทำให้สามารถแสดงค่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอมในแปลงเพาะปลูกในรูปของกราฟได้ดังรูปที่ 4–6 พร้อมทั้งปริมาณการใช้น้ำของต้นหอมตลอดอายุการเพาะปลูกเทียบกับปริมาณน้ำที่ให้ได้ดังตารางที่ 4–15

ตารางที่ 4–15 ค่าปริมาณการใช้น้ำของต้นหอมตลอดอายุการเพาะปลูกเทียบกับปริมาณน้ำที่ให้

(1) อายุการเจริญเติบโต (วัน)	(2) ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต (Δt) (วัน)	(3) อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยในแต่ละช่วง (ET) (มม/วัน)	(4) ปริมาณน้ำที่ใช้ในแต่ละช่วง = (2)x(3) (มม)	(5) ปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละช่วง (มม)	หมายเหตุ
7	7	4.4	30.8	46.1	อัตราการให้น้ำ
14	7	4.8	33.6	46.1	เฉลี่ยตลอดอายุ
21	7	5.3	37.1	46.1	การเพาะปลูกของ
29	8	6.4	51.2	52.7	ต้นหอมเท่ากับ
36	7	4.6	32.2	46.1	6.6 มม/วัน
43	7	3.9	27.3	46.1	
			212.2	283.2	

หมายเหตุ 1. ค่าที่ได้จากช่องที่ (1) (2) (3) และ (5) ได้จากตาราง 4–13 และ 4–14

2. ปริมาณน้ำที่หายไปคือ 71 มิลลิเมตร คือ ปริมาณที่ตกค้างอยู่ในดินหรือสูญเสียไปโดยการซึมเกินเขตรากพืชหรือไหลนองบนผิวดินหรือการสูญเสียอื่น ๆ

4.5 การหาอัตราให้น้ำแก่พืชโดยใช้วิธีการให้น้ำแบบขั้นบันได

จากรูปที่ 4–6 จะเห็นว่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอมมีค่าไม่คงที่ขึ้นกับอายุการเติบโตของมัน ดังนั้น ในทางหลักการการให้น้ำแก่ต้นหอมควรจะสอดคล้องกับค่าการใช้น้ำนี้ด้วย แต่ในทางปฏิบัติ เราไม่สามารถให้น้ำแปรผันไปตามอัตราการใช้น้ำของมันตลอดเวลาได้ เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องอุปกรณ์ให้น้ำ เวลาในการให้น้ำและอื่น ๆ ฯลฯ ดังนั้น เราจึงแก้ไขโดยดัดแปลงกราฟดังกล่าวให้ง่ายขึ้นโดยมีลักษณะออกมาคล้ายเป็นขั้นบันได ตามเส้นประในรูป 4–6 ซึ่งเรียกว่า การให้น้ำแบบขั้นบันได หรือสรุปเป็นตารางได้ดังตารางที่ 4–16 ดังนี้

ตารางที่ 4–16 อัตราการให้น้ำแก่ต้นหอมโดยวิธีให้น้ำแบบขั้นบันได

(1) อายุการเจริญเติบโตของต้นหอม (วัน)	(2) อัตราการให้น้ำแก่ต้นหอม (มม/วัน)	(3) ปริมาณน้ำที่ให้แก่ต้นหอม = (1)x(2) (มม)	หมายเหตุ
0 – 20	5	100	1. ค่าที่ได้จากช่องที่ (1) และ (2) ได้จากการดัดแปลงเส้นกราฟในรูปที่ 4–2
21 – 25	6	30	
26 – 30	7	35	
31 – 35	6	30	* คิดอายุการเพาะปลูกถึง 50 วัน
36 – 45	5	50	
46 ขึ้นไป	4	20*	
		265	

ซึ่งค่าที่ได้ในตารางที่ 4–16 นี้จะนำไปใช้เป็นหลักในการให้น้ำแก่ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุมในการทดลองต่อไป

4.6 การทดลองปลูกพืชโดยใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุม

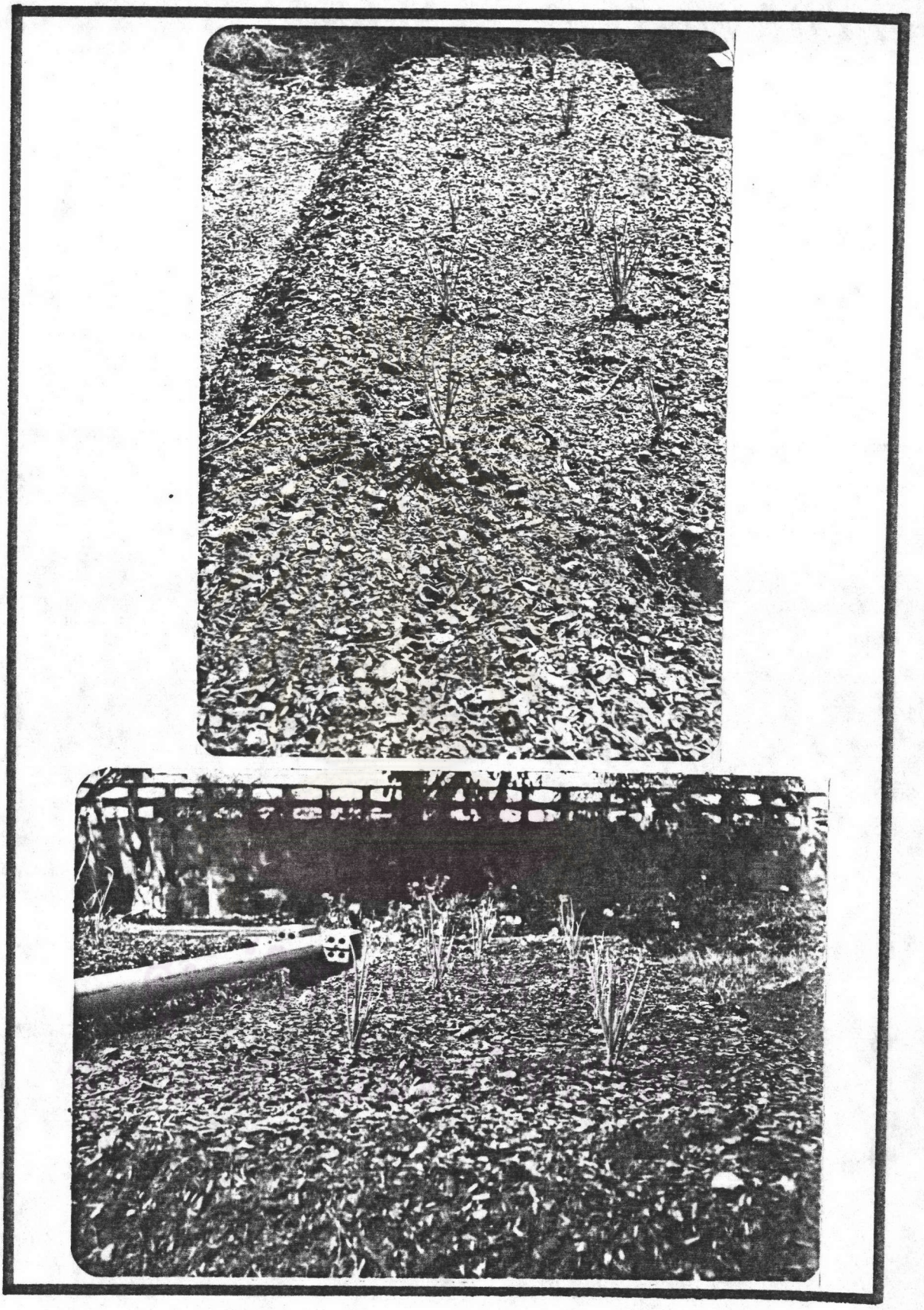
จากการทดลองหาค่าอัตราการใช้น้ำของต้นหอม พร้อมทั้งการทดสอบค่าอัตราการใช้น้ำในแปลงเพาะปลูกจริง ในหัวข้อที่ผ่านมา จนทำให้สามารถออกแบบกำหนดอัตราการให้น้ำแก่หัวหอมในช่วงอายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 4–16 ทำให้สามารถนำค่าที่ได้จากตารางนี้มาออกแบบการให้น้ำในระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุมต่อไปได้ ดังนั้น การทดลองปลูกพืชโดยใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุมและระบบให้ปุ๋ย ซึ่งได้ออกแบบไว้ในบทที่ 3 จึงเริ่มทำการทดลองขึ้นเมื่อวันที่ 26 มกราคม 2530 โดยกำหนดอายุการเพาะปลูก 50 วัน โดยทำการเพาะปลูกพืชบนแปลงปลูกพืช 4 แปลงที่เตรียมไว้ ซึ่งมีข้อมูลสภาพดินและสภาพพืชที่ได้ศึกษาไว้ก่อนหน้านี้เรียบร้อยแล้ว ทำการเก็บตัวอย่างดิน บันทึกความชื้นที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการเพาะปลูก เพื่อทำการหาอัตราการใช้น้ำอีกครั้งหนึ่ง พร้อมทั้งทำการทดลองปลูกพืชที่ควบคุมการให้น้ำโดยคนเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ในแง่ต่าง ๆ อีกด้วย มีการให้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลงและยาปราบโรคพืช รวมทั้งการบำรุงรักษาอื่น ๆ ตามโอกาสอันสมควร ข้อมูลต่าง ๆ และผลที่ได้เหล่านี้จะแสดงผลในรูปตารางในตอนต่อไปร่วมกับการให้น้ำที่ควบคุมโดยคน

สำหรับการออกแบบการให้น้ำโดยระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุมนั้น จะใช้ข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4–16 เป็นแนวทางในการออกแบบซึ่งทำได้ดังนี้

4.6.1 การให้น้ำโดยไม่ใช้ Probe ตรวจสอบความชื้นในดิน

คือการให้น้ำตามเวลาที่ได้ตั้งเอาไว้โดยผู้ควบคุมนั่นเอง ซึ่งเวลานี้จะต้องคำนวณมาก่อนจากข้อมูลความชื้นในดิน อัตราการใช้น้ำของต้นพืช และอัตราการให้น้ำของหัวฉีดน้ำ ฯลฯ เป็นต้น

จากข้อมูลที่มีอยู่จะเห็นว่าค่าอัตราการให้น้ำแก่ต้นหอม ซึ่งมีค่าเป็น 4 ถึง 6 มิลลิเมตรต่อวันนั้นไม่เป็นค่าที่สอดคล้องกับอัตราการให้น้ำของหัวฉีดน้ำคือ 4.7 มิลลิเมตรต่อนาทีเลย กล่าวคือ ใน 1 วัน ถ้าให้น้ำ 1 นาที จะได้ค่าน้อยกว่าความต้องการ แต่ถ้าให้ 2 นาที ก็จะได้ค่ามากเกินความต้องการ ทั้งนี้ เพราะระบบควบคุมสามารถควบคุมเวลาอย่างละเอียดได้เป็นนาทีเท่านั้น ดังนั้น จะเห็นว่าการให้น้ำใน 1 วัน จะไม่สมดุล แต่อาจจะสมดุลได้ในเวลามากกว่า 1 วัน ซึ่งต้องอาศัยค่าคุณสมบัติการอุ้มน้ำของดิน มาคำนวณค่า



รูปที่ 4–7 การทดลองปลูกพืชโดยใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุม

Irrigation Interval เข้าช่วย ซึ่งวิธีการนี้ จะได้มีการศึกษาทดลองโดยการให้น้ำที่ควบคุมโดยคนในการทดลองต่อไปอยู่แล้ว ดังนั้น ในทางปฏิบัติการให้น้ำโดยไม่ใช้ Probe นี้สามารถใช้งานได้ แต่จะไม่มีการศึกษารายละเอียดกันในการทดลองนี้มากนัก

อย่างไรก็ตาม หากจะมีการให้น้ำโดยไม่ใช้ Probe แล้ว ก็สามารถออกแบบเวลาในการให้น้ำได้ดังนี้คือ

จากตารางที่ 3–12 และความสัมพันธ์ที่ 2–8 คือ

$$\text{Irrigation Interval (I.I.)} = \frac{FC - AV}{ET} \qquad (4\text{–}6)$$

ในที่นี้ต้องการใช้ค่า I.I. ที่สั้นที่สุด เพื่อให้ดินชุ่มชื้นสูงอยู่ตลอดเวลา ทำให้ลดเวลาให้น้ำได้น้อยลง ซึ่งทำให้ค่าอัตราการให้น้ำต่ำกว่าอัตราการซึมของน้ำลงสู่ดินได้ จึงใช้ค่า FC = 60% = 77.4 มิลลิเมตร/ความลึกของดิน 30 เซนติเมตร ใช้ค่า AV = 50% = 64.5 มิลลิเมตร/ความลึกของดิน 30 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าค่า Critical Point เล็กน้อย ดังนั้น แทนค่าในความสัมพันธ์ (4–4) ได้

$$I.I. = \frac{77.4 - 64.5}{ET} = \frac{12.9}{ET} \qquad (4\text{–}7)$$

สำหรับค่า ET พิจารณาตามอายุของการเจริญเติบโตของต้นหอม โดยใช้ค่าที่คัดแปลงแล้วในช่องที่ (2) ของตารางที่ 4–16 นำข้อมูลต่าง ๆ มาคำนวณร่วมกันในตารางที่ 4–17 พร้อมแสดงผลการออกแบบเวลาในการให้น้ำในตารางเดียวกัน

4.6.2 การให้น้ำโดยใช้ Probe ตรวจสอบความชื้นในดิน

การให้น้ำโดยวิธีนี้ระบบควบคุมจะทำการออกแบบเวลาในการให้น้ำเองตามโปรแกรมที่ป้อนเก็บไว้ที่หน่วยความจำถาวรของระบบโดยสอดคล้องกับความชื้นในดินที่ทำการให้น้ำขณะนั้น ดังนั้น จึงเห็นว่าความถูกต้องแม่นยำของการให้น้ำโดยวิธีนี้ก็ขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการตรวจความชื้นในดินของ Probe รวมทั้งข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการป้อนโปรแกรมการให้น้ำนั่นเอง

ในการทดลองนี้ การตรวจสภาพความชื้นของดินโดย Probe ก็ดี หรือค่าของ

ตารางที่ 4–17 การออกแบบเวลาในการให้น้ำแก่ต้นหอมของระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุมโดยไม่ใช้ Probe

(1) อายุการเจริญเติบโตของต้นหอม (วัน)	(2) อัตราการใช้น้ำของต้นหอมคัดแปลง (ET) (มิลลิเมตร/วัน)	(3) ค่า Irrigation Interval (I.I.) $= \frac{12.9}{(2)}$ (วัน)	(4) ปริมาณน้ำที่ให้แก่ต้นหอม =(2) x (3) (มิลลิเมตร)	(5) เวลาในการให้น้ำโดยหัวฉีดน้ำ =(4)/4.7 (นาที)	(6) ผลการออกแบบ
0 – 20	5	2	10	3	ให้น้ำเป็นเวลา 3 นาที/2 วัน
21 – 25	6	2	12	3	ให้น้ำเป็นเวลา 3 นาที/2 วัน
26 – 30	7	1	7	2	ให้น้ำเป็นเวลา 2 นาที/วัน
31 – 35	6	2	12	3	ให้น้ำเป็นเวลา 3 นาที/2 วัน
36 – 45	5	2	10	3	ให้น้ำเป็นเวลา 3 นาที/2 วัน
46 – 50	4	3	12	3	ให้น้ำเป็นเวลา 3 นาที/3 วัน

หมายเหตุ 1. ค่าในช่องที่ (1) และ (2) ได้จากค่าในช่องที่ (1) และ (2) ของตารางที่ 4–16 ตามลำดับ

2. ค่าในช่องที่ (3) ใช้เป็นจำนวนเต็มโดยตัดจุดทศนิยมทิ้งเสมอ โดยกำหนดว่า 1 วันเท่ากับ 24 ชั่วโมง

3. ค่าในช่องที่ (5) ใช้เป็นจำนวนเต็มโดยปัดจุดทศนิยมขึ้นเสมอ

ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการป้อนโปรแกรมก็ดี ได้ถูกทำการทดลองคำนวณและทดสอบก่อนการใช้งานอย่างละเอียดเป็นเวลานานพอสมควร จึงเป็นที่น่าเชื่อถือได้ว่า การให้น้ำที่ควบคุมด้วย Probe นี้ น่าจะใช้งานได้ผลดีพอสมควร

ดังนั้น การทดลองด้วยวิธีนี้ ผู้ทดลองจึงเพียงแต่ปักปลาย Probe ลงในแปลงเพาะปลูก แล้วป้อนข้อมูลเวลาที่จะทำการให้น้ำซึ่งในการทดลองนี้ทำการให้น้ำวันละ 1 ครั้ง ในเวลา 8.00 น. จากนั้นจึงเก็บข้อมูลเวลาที่ระบบให้น้ำในแต่ละวัน ตั้งแต่เริ่มทดลองจนเสร็จสิ้นการทดลอง โดยทำการบำรุงรักษาสภาพแปลงตามโอกาสอันสมควร นำข้อมูลเวลาในการให้น้ำมาวิเคราะห์คำนวณผลการให้น้ำโดยวิธีนี้ต่อไป ข้อมูลเวลาในการให้น้ำและผลของการคำนวณแสดงในตารางที่ 4–18

4.7 การทดลองปลูกพืชเปรียบเทียบโดยการให้น้ำที่ควบคุมโดยคน

เพื่อให้การทดลองในหัวข้อ 4.6 สามารถสรุปวิเคราะห์ผลได้อย่างชัดเจนถูกต้องยิ่งขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการทดลองปลูกพืชโดยการให้น้ำที่ควบคุมโดยคนเกิดขึ้น ทั้งนี้ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการปลูกพืชทั้ง 2 แบบ ในแง่ต่าง ๆ เพื่อหาข้อสรุปอีกครั้งหนึ่งในตอนต่อไป

ในการทดลองนี้ เริ่มทำการทดลองพร้อม ๆ กับการทดลองในหัวข้อ 4.6 โดยมีเงื่อนไข ค่าของตัวแปร พารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับการทดลองในหัวข้อ 4.6 ทุกประการ ต่างกันที่วิธีการให้น้ำซึ่งควบคุมโดยคนแทนระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เท่านั้น การทดลองนี้ปลูกพืชต้นหอมลงบนแปลงเพาะปลูกอีก 2 แปลง ซึ่งเตรียมไว้ใกล้เคียงกันโดยใช้บัวรดน้ำขนาดความจุสูงสุด 3,950 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นอุปกรณ์ในการให้น้ำ โดยพยายามให้น้ำให้สม่ำเสมอตลอดทั่วทั้งแปลงเพาะปลูก ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 60 x 200 = 12,000 ตารางเซนติเมตร ให้ได้มากที่สุด การออกแบบเวลาในการให้น้ำสามารถทำได้โดยวิธีการต่อไปนี้

จากข้อมูลความจุของบัวรดน้ำ 3,950 ลูกบาศก์เซนติเมตร และพื้นที่เพาะปลูกขนาด 12,000 ตารางเซนติเมตร ทำให้ได้ว่า ในการให้น้ำด้วยบัว 1 เที่ยวอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่เพาะปลูก 1 แปลง จะคิดเป็นความสูงของน้ำ = $\frac{3,950 \times 10}{12,000}$ = 3.3 มิลลิเมตร

จากเงื่อนไขเช่นเดียวกับหัวข้อ 4.6.1 ทำให้อ้างความสัมพันธ์ (4–5) อีกครั้งคือ

ตารางที่ 4–18 ข้อมูลการให้น้ำโดยใช้ Probe ของระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุมพร้อมผลการคำนวณอื่น ๆ

วันเดือนปีที่ทำการทดลอง		(2) อายุการเจริญเติบโตของต้นหอม	(3) เวลาที่ให้น้ำในแต่ละวัน (t)	(4) รวมเวลาที่ให้น้ำในแต่ละช่วง = Σ(3)	(5) ปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละช่วง =4.7x (4)	(6) ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต	(7) อัตราการให้น้ำเฉลี่ยแก่ต้นหอม =(5)/(6)
ปี เดือน	วันที่	(วัน)	(นาที)	(นาที)	(มม)	(วัน)	(มม/วัน)
30 มค.	26	1	3				
	27	2	3				
	28	3	0				
	29	4	3				
	30	5	0				
	31	6	0				
กพ.	1	7	3				
	2	8	0				
	3	9	0				
	4	10	3				
	5	11	0	24	112.8	20	5.64
	6	12	0				
	7	13	3				
	8	14	0				
	9	15	0				
	10	16	3				
	11	17	0				
	12	18	3				
	13	19	0				
	14	20	0				
	15	21	3				
	16	22	0				
	17	23	3	6	28.2	5	5.64
	18	24	0				
	19	25	0				
	20	26	3				
	21	27	0				
	22	28	3	9	42.3	5	8.46
	23	29	0				
	24	30	3				
	25	31	0				
	26	32	3				
	27	33	0	6	28.2	5	5.64
	28	34	3				
มีค.	1	35	0				
	2	36	0				
	3	37	3				
	4	38	0				
	5	39	0				
	6	40	3	12	56.4	10	5.64
	7	41	0				
	8	42	0				
	9	43	3				
	10	44	0				
	11	45	3				
	12	46	0				
	13	47	0				
	14	48	0	3	14.1	5	2.82
	15	49	3				
	16	50	0				
				60	282	50	5.64

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$I.I. = \frac{12.9}{ET}$$

สำหรับค่า ET ก็ใช้หลักเกณฑ์เช่นเดียวกันกับหัวข้อ 4.6.1 ทำการออกแบบเวลาในการให้น้ำได้ผลดังในตารางที่ 4–19

จากการออกแบบเวลาที่ให้น้ำโดยคนที่ได้จากช่องที่ (6) ของตารางที่ 4–19 ทำให้สามารถนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติ รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ดังแสดงในตารางที่ 4–20

4.8 ผลการทดลองเปรียบเทียบการปลูกพืชโดยใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุมกับการให้น้ำที่ควบคุมโดยคน

จากการทดลองปลูกพืชบนแปลงเพาะปลูกโดยอาศัยการให้น้ำ 2 วิธีคือ การชลประทานแบบฉีดฝอยที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์กับการให้น้ำธรรมดาที่ควบคุมโดยคน ทำให้ได้ข้อมูลและผลการทดลองต่าง ๆ พอที่จะแสดงเปรียบเทียบได้ในแง่ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.8.1 ความชื้นในดินก่อนการทดลอง

เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำในดินของแปลงเพาะปลูกทั้ง 2 แบบ ก่อนการทดลองว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ผลของการคำนวณแสดงในตารางที่ 4–21

4.8.2 ความชื้นในดินหลังการทดลอง

เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำในดินของแปลงเพาะปลูกหลังจากที่มีการให้น้ำที่แตกต่างกันแล้ว มีผลทำให้ปริมาณน้ำในดินนี้ มีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ผล : การคำนวณแสดงในตารางที่ 4–22

4.8.3 ปริมาณน้ำที่ให้แก่แปลงเพาะปลูก

เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณน้ำที่ให้แก่แปลงเพาะปลูกโดยการให้น้ำที่แตกต่างกัน 2 วิธีนั้น มีปริมาณแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ผลของการคำนวณแสดงในตารางที่ 4–23

4.8.4 อัตราการใช้น้ำของต้นหอม

เป็นค่าที่ใช้เปรียบเทียบว่า ในการให้น้ำ 2 วิธีที่ต่างกันนั้น ส่งผลให้ต้นหอมมีการใช้น้ำที่ต่างกันหรือไม่อย่างไร ผลของการคำนวณแสดงในตารางที่ 4–23

4.8.5 ปริมาณน้ำในต้นหอม

เป็นค่าที่ใช้เปรียบเทียบว่าในการให้น้ำ 2 วิธีที่ต่างกันนั้น ส่งผลให้ต้นหอมมีผลผลิตที่แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ผลของการคำนวณแสดงในตารางที่ 4–24

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4–19 การออกแบบเวลาในการให้น้ำแก่ต้นหอมโดยการให้น้ำที่ควบคุมโดยคน

(1) อายุการเจริญเติบโตของต้นหอม (วัน)	(2) อัตราการใช้น้ำของต้นหอมคัดแปลง (ET) (มิลลิเมตร/วัน)	(3) ค่า Irrigation Interval (I.I.) = $\frac{12.9}{(2)}$ (วัน)	(4) ปริมาณน้ำที่ให้แก่ต้นหอม = (2) x (3) (มิลลิเมตร)	(5) จำนวนเที่ยวที่ต้องให้น้ำด้วยบัว = (4)/3.3 (เที่ยว/แปลง)	(6) ผลการออกแบบ
0 – 20	5	2	10	3	ให้น้ำ 3 เที่ยว/แปลง/2 วัน
21 – 25	6	2	12	4	ให้น้ำ 4 เที่ยว/แปลง/2 วัน
26 – 30	7	1	7	2	ให้น้ำ 2 เที่ยว/แปลง/วัน
31 – 35	6	2	12	4	ให้น้ำ 4 เที่ยว/แปลง/2 วัน
36 – 45	5	2	10	3	ให้น้ำ 3 เที่ยว/แปลง/2 วัน
46 – 50	4	3	12	4	ให้น้ำ 4 เที่ยว/แปลง/3 วัน

หมายเหตุ 1. ค่าในช่องที่ (1) และ (2) ได้จากค่าในช่องที่ (1) และ (2) ของตารางที่ 4–16 ตามลำดับ

2. ค่าในช่องที่ (3) ใช้เป็นจำนวนเต็มโดยตัดจุดทศนิยมทิ้งเสมอ โดยกำหนดว่า 1 วัน เท่ากับ 24 ชั่วโมง

3. ค่าในช่องที่ (5) ใช้เป็นจำนวนเต็มโดยถ้า 0.2 ตัดทิ้ง ถ้า 0.2 ปัดขึ้น

ตารางที่ 4–20 การให้น้ำแก่ต้นหอม 1 แปลงที่ควบคุมโดยคนในทางปฏิบัติ พร้อมผลคำนวณอื่น ๆ

วันเดือนปีที่ทำการทดลอง		(2) อายุการเจริญเติบโตของต้นหอม	(3) จำนวนเที่ยวที่ให้น้ำ	(4) รวมจำนวนเที่ยวที่ให้น้ำในแต่ละช่วง = Σ(3)	(5) ปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละช่วง =(4) x 3.3	(6) ช่วงเวลาของการเจริญเติบโต	(7) อัตราการให้น้ำเฉลี่ยแก่ต้นหอม =(5)/(6)
ปี เดือน	วันที่	(วัน)	(เที่ยว)	(เที่ยว)	(มม)	(วัน)	(มม/วัน)
30 มค.	26	1	3				
	27	2					
	28	3	3				
	29	4					
	30	5	3				
	31	6					
กพ.	1	7	3				
	2	8					
	3	9	3				
	4	10		30	99	20	4.95
	5	11	3				
	6	12					
	7	13	3				
	8	14					
	9	15	3				
	10	16					
	11	17	3				
	12	18					
	13	19	3				
	14	20					
	15	21	4				
	16	22					
	17	23	4	10	33	5	6.6
	18	24					
	19	25	2				
	20	26	2				
	21	27	2				
	22	28	2	10	33	5	6.6
	23	29	2				
	24	30	2				
	25	31	4				
	26	32					
	27	33	4	10	33	5	6.6
	28	34					
มีค.	1	35	2				
	2	36	3				
	3	37					
	4	38	3				
	5	39					
	6	40	3	15	49.5	10	5.0
	7	41					
	8	42	3				
	9	43					
	10	44	3				
	11	45					
	12	46					
	13	47	4				
	14	48		7	23.1	5	4.6
	15	49	3				
	16	50					
				72	271	50	5.4

ตารางที่ 4-21 การหาความชื้นในดินเปรียบเทียบก่อนการทดลอง

แปลงที่	คอนเทนเนอร์ เบอร์	(1) น้ำหนักคอนเทนเนอร์ (กรัม)	(2) น้ำหนักดินตัวอย่างเปียก + น้ำหนักคอนเทนเนอร์ (กรัม)	(3) น้ำหนักดินตัวอย่างแห้ง + น้ำหนักคอนเทนเนอร์ (กรัม)	(4) น้ำหนักดินตัวอย่างแห้ง =(3) − (1) (กรัม)	(5) น้ำหนักน้ำในดินตัวอย่าง =(2) − (3) (กรัม)	(6) ความชื้นในดินโดยน้ำหนัก (P_w) $=\frac{(5)}{(4)} \times 100$ (%)	(7) $\theta_1 s = \frac{P_w A_s d}{100}$ (มม)	หมายเหตุ
C1	X90	10.95	23.32	18.80	7.85	4.52	57.6	74.3	แปลง C1 และC2 เป็นแปลงทดลองที่ให้น้ำที่ควบคุมโดยคน
C2	V4	10.95	27.78	21.80	10.85	5.98	55.1	71.1	
1	X6	11.90	32.20	25.00	13.10	7.20	55	71.0	แปลง 1, 2, 3 และ 4 เป็นแปลงทดลองที่ให้น้ำด้วยระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุม
2	V3	11.10	29.32	22.50	11.40	6.82	59.8	77.1	
3	A34	8.80	30.19	23.06	14.26	7.13	50	64.5	
4	X65	11.50	32.63	25.22	13.72	7.41	54	69.7	

หมายเหตุ 1. ค่า $\theta_1 s$ คือค่าความชื้นในดินในรูปความสูงของน้ำต่อความลึกของดิน 300 มิลลิเมตร คำนวณได้จากความสัมพันธ์ 3-14 โดยใช้ค่า P_w ในช่องที่ (6) ค่า A_s = 0.43 และค่า d = 300 มิลลิเมตร

2. การเก็บตัวอย่างดินนี้ทำเมื่อวันที่ 26 มกราคม 2530 พร้อมกันทั้ง 6 แปลง

ตารางที่ 4–22 การหาความชื้นในดินเปรียบเทียบหลังการทดลอง

แปลงที่	คอนเทนเนอร์ เบอร์	คอนเทนเนอร์ (1) น้ำหนัก (กรัม)	(2) น้ำหนักดิน ตัวอย่างเปียก + น้ำหนัก คอนเทนเนอร์ (กรัม)	(3) น้ำหนักดิน ตัวอย่างแห้ง + น้ำหนัก คอนเทนเนอร์ (กรัม)	(4) น้ำหนักดิน ตัวอย่างแห้ง = (3) – (1) (กรัม)	(5) น้ำหนัก น้ำในดิน ตัวอย่าง = (2) – (3) (กรัม)	(6) ความชื้นในดิน โดยน้ำหนัก (P_w) $= \frac{(5)}{(4)} \times 100$ (%)	(7) $\theta_2 S$ (มม)	หมายเหตุ
C1	V5	10.35	21.60	17.70	7.35	3.90	53.1	68.4	แปลง C1 และ C2 เป็นแปลง
C2	2008	11.25	29.34	23.00	11.75	6.34	54	69.6	ทดลองที่ให้น้ำที่ควบคุมโดยคน
1	X32	11.70	24.02	19.60	7.90	4.42	56	72.2	แปลง 1, 2, 3 และ 4
2	V2	11.30	25.34	19.90	8.60	5.44	63.3	81.6	เป็นแปลงทดลองที่ให้น้ำด้วย
3	X85	10.50	28.10	19.30	8.8	4.93	56	72.3	ระบบชลประทานแบบฉีดฝอย
4	E7	10.70	25.15	20.20	9.5	4.95	52.1	67.2	พร้อมระบบควบคุม

หมายเหตุ 1. ค่าในช่องที่ (7) คำนวณเช่นเดียวกับค่าในช่องที่ (7) ของตารางที่ 4–21

2. การเก็บตัวอย่างนี้ทำเมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2530 พร้อมกันทั้ง 6 แปลง

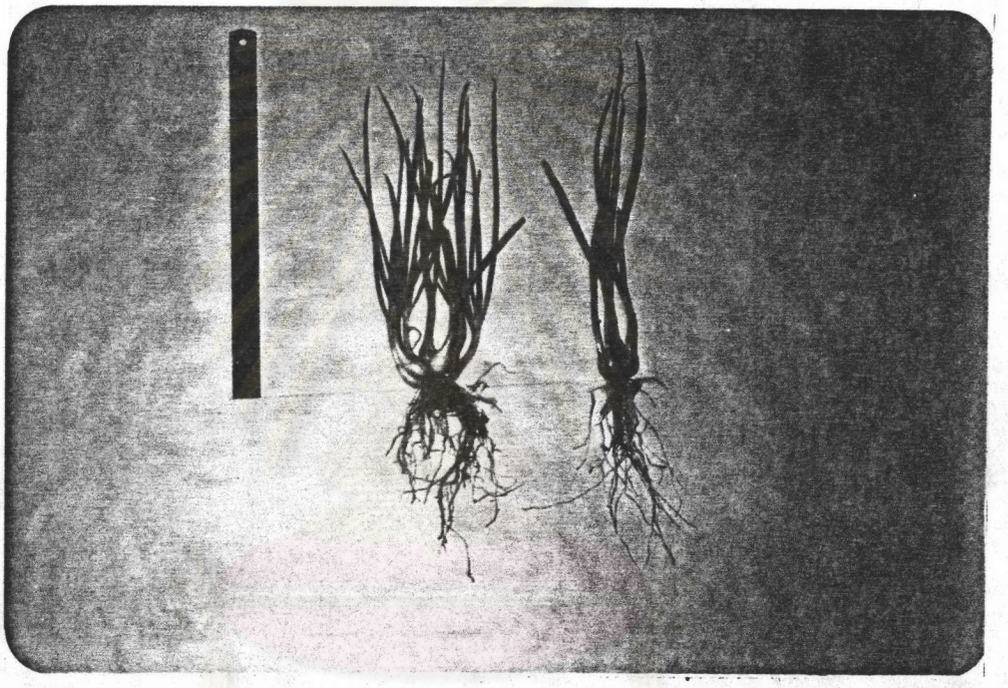
ตารางที่ 4–23 การเปรียบเทียบอัตราการให้น้ำแก่แปลงเพาะปลูกและอัตราการใช้น้ำของต้นหอม

แปลงที่	(1) ค่า $(\theta_1 - \theta_2)s$ จากตารางที่ 4–21 และ 4–22 (มม)	(2) ช่วงเวลาของการเก็บดินตัวอย่างครั้งแรกและครั้งหลัง (Δt) (วัน)	(3) ปริมาณน้ำที่ให้เพิ่มแก่แปลงเพาะปลูกในช่วงเวลา Δt ($W_a + R_e$) (มม)	(4) ปริมาณน้ำที่ต้นหอมใช้ตลอดฤดูเพาะปลูก =(1) + (3) (มม)	(5) อัตราการให้น้ำเฉลี่ยแก่ต้นหอม =(3)/(2) (มม/วัน)	(6) อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของต้นหอม =(4)/(2) (มม/วัน)	หมายเหตุ
C1	5.9	50	271	277	5.4	5.5	แปลง C1 และ C2 เป็นแปลงทดลองที่ให้น้ำที่ควบคุมโดยคน
C2	1.5	50	271	273	5.4	5.5	
1	– 1.2	50	282	281	5.6	5.6	แปลง 1, 2, 3 และ 4 เป็นแปลงทดลองที่ให้น้ำด้วยระบบชลประทานแบบฉีดฝอยพร้อมระบบควบคุม
2	– 4.5	50	282	278	5.6	5.6	
3	– 7.8	50	282	274	5.6	5.5	
4	2.5	50	282	285	5.6	5.7	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4–24 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำในต้นหอม (เมื่อมีอายุ 50 วัน)

ลักษณะการให้น้ำ	คอนเทนเนอร์		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	เบอร์	(1) น้ำหนัก (กรัม)	น้ำหนักของคอนเทนเนอร์ + น้ำหนักต้นหอมสด (กรัม)	น้ำหนักของคอนเทนเนอร์ + น้ำหนักต้นหอมแห้ง (กรัม)	น้ำหนักน้ำในต้นหอม = (2) – (3) (กรัม)	จำนวนต้นหอม (ต้น)	ปริมาณน้ำในต้นหอม = (4)/(5) (กรัม/ต้น)
ควบคุมโดยคน	D5	8.80	27.20	11.9	15.30		
	A78	8.95	14.95	10.0	4.95		
	Y9	8.75	9.53	8.85	0.68		
					20.93	17	1.23
ควบคุมโดยระบบคอมพิวเตอร์	A116	9.10	12.47	9.75	2.72		
	S2	8.90	16.40	9.95	6.45		
	D32	8.60	19.18	10.30	8.88		
	S18	8.80	13.23	9.70	3.53		
					21.58	20	1.08



รูปที่ 4–8 สภาพต้นหอมที่ปลูกโดยระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (ซ้าย)
และควบคุมโดยคน (ขวา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย