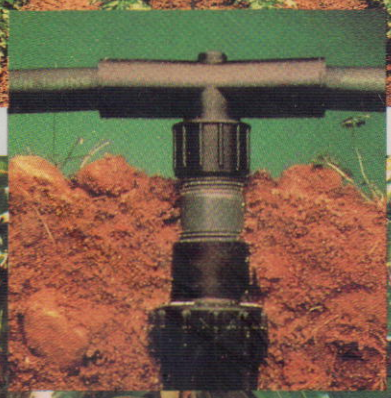
หลักการชลประทานแบบหยด
การออกแบบและการแก้ปัญหา



มนตรี ค้ำชู

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หลักการชลประทานแบบหยด การออกแบบและการแก้ปัญหา

มอบให้ ดร.วรวรรธ กลิ่นไพโรจน์
ไว้เพื่อประโยชน์ในการ
ศึกษา
29 ธ.ค. 31

รองศาสตราจารย์ มนตรี ค้ำชู

วศ.ม. (วิศวกรรมชลประทาน)

ประกาศนียบัตรการชลประทานและการเผยแพร่ (ประเทศอิสราเอล)

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

130.

สงวนลิขสิทธิ์

คำนำ

การชลประทานแบบหยดในประเทศไทย นับว่าเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการให้น้ำแก่พืช ซึ่งถ้ามีการออกแบบและดำเนินงานที่เหมาะสม จะเป็นวิธีการให้น้ำแก่พืชที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และยังสามารถผสมปุ๋ยพร้อมไปกับการให้น้ำได้เป็นอย่างดี เป็นการช่วยประหยัดปุ๋ยและสามารถเพิ่มผลผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพได้มากขึ้น เหมาะที่จะใช้กับพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง โดยเฉพาะพืชผลที่ต้องการคุณภาพที่ดี ขนาดที่แน่นอน เพื่อการส่งออกหรือจำหน่ายภายในประเทศก็ตาม แต่อย่างไรก็ดี สำหรับการให้น้ำแบบหยดนี้ ถ้ามีการออกแบบที่ไม่ถูกต้อง เช่นการเลือกชนิดของหัวปล่อยน้ำ ขนาดของท่อ และชนิดของเครื่องกรองที่ไม่เหมาะสม ก็จะเกิดผลเสียหรือเกิดความเสียหายแก่ผลผลิตได้มากเช่นกัน ฉะนั้นก่อนที่จะเลือกใช้ระบบการให้น้ำแบบหยด จึงควรได้ศึกษาจากผู้รู้ และจากตำราต่างๆ ที่มีมาตรฐานในเชิงวิชาการที่เพียงพอเสียก่อน

สำหรับหนังสือหลักการชลประทานแบบหยดเล่มนี้ เขียนขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้ประกอบการสอนส่วนหนึ่งของวิชา การออกแบบชลประทานแบบฉีดฝอยและแบบหยด สำหรับนิสิตชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน จึงมีเนื้อหาสาระทางวิชาการมากพอสมควร และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอย่างง่ายๆ จึงน่าจะมีประโยชน์แก่เกษตรกรหรือผู้สนใจทั่วๆ ไปบ้าง ไม่มากก็น้อย เพื่อใช้เสริมความรู้หรือเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้ระบบการให้น้ำแบบหยดได้ และถ้าท่านพบว่ามีส่วนใดในหนังสือเล่มนี้ยังขาดตกบกพร่อ ขอความกรุณาแจ้งให้ข้าพเจ้าทราบด้วยจะเป็นพระคุณอย่างยิ่ง เพราะหนังสือเล่มนี้ข้าพเจ้าเขียนและพิมพ์เป็นครั้งแรก คาดว่ายังมีบางส่วนที่อาจจะต้องตัดทอนหรือเพิ่มเนื้อหาเข้าไปอีก เมื่อมีโอกาสได้พิมพ์แก้ไขในคราวต่อไป

ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมชลประทานทุกท่าน ที่มีส่วนให้กำลังใจในการจัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้ โดยเฉพาะท่านคณบดี รศ. บุญสม สุวชิรัตน์ ที่ได้สนับสนุนข้าพเจ้ามาตลอดในการเผยแพร่วิชาการให้เป็นประโยชน์แก่บุคคลภายนอก ขอขอบคุณ รศ.ดร. ถวิล ครุฑกุล ที่ได้กรุณาช่วยตรวจแก้บทที่ 7 ให้อย่างดียิ่ง และขอขอบคุณ คุณปิยาพร ค้ำชู ที่ได้ช่วยพิมพ์ต้นฉบับเพื่อเป็นต้นแบบในการพิมพ์หนังสือเล่มนี้

(รศ. มนตรี ค้ำชู)
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญเรื่อง

		หน้า
คำนำ		
สารบัญ		ก
บทที่ 1	**บทนำ**	
1.1	ความหมายของการชลประทานแบบหยด	1
1.2	ประวัติและการพัฒนาการชลประทานแบบหยด	2
1.3	ข้อดีของการชลประทานแบบหยด	5
1.4	ข้อเสียและปัญหาของการชลประทานแบบหยด	7
1.5	สภาพการที่ควรพิจารณาใช้การชลประทานแบบหยด	9
1.6	ค่าลงทุนและผลผลิตที่ควรได้	10
บทที่ 2	**ระบบการชลประทานแบบหยด**	12
2.1	องค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยด	12
2.2	ชนิดของระบบชลประทานแบบหยด	18
2.3	คุณลักษณะและชนิดของหัวปล่อยน้ำ	20
บทที่ 3	**ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบ**	35
3.1	การแพร่กระจายของน้ำในดินที่ได้จากหัวปล่อยน้ำ	35
3.2	จำนวนหัวปล่อยน้ำที่ใช้ได้น้อยที่สุดต่อต้นพืช	40
3.3	ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน	41
3.4	ปริมาณน้ำชลประทานสุทธิที่ให้ได้แต่ละครั้ง	43
3.5	ปริมาณการใช้น้ำของพืชสำหรับการชลประทานแบบหยด	45
3.6	ระยะเวลาที่เปิดให้น้ำแต่ละครั้ง	52
3.7	ช่วงระยะห่างของการให้น้ำแต่ละครั้ง	58
3.8	อัตราการไหลของน้ำที่จ่ายจากหัวปล่อยน้ำต่อต้น	60
3.9	ปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งระบบ	63
3.10	การเลือกหัวปล่อยน้ำและเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ	65

3.11	ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำ	67
3.12	ค่าความดันที่ยอมให้แตกต่างกันได้ในระบบ	68
3.13	ค่าการสูญเสียความดันที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในท่อแขนง	70
บทที่ 4	**หลักชลศาสตร์เบื้องต้น**	71
4.1	คำนิยามที่ควรทราบ	71
4.2	ความสำคัญของการวิเคราะห์ทางชลศาสตร์	72
4.3	ลักษณะตามธรรมชาติของน้ำ	72
4.4	ความดันของน้ำ	72
4.5	ความดันขณะที่น้ำอยู่นิ่ง	75
4.6	ความดันขณะที่น้ำมีการไหล	75
4.7	ความเร็วการไหลของน้ำในท่อ	76
4.8	ลักษณะการไหลของน้ำผ่านหัวปล่อยน้ำ	78
4.9	การสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดของผิวท่อ	81
บทที่ 5	**การคำนวณออกแบบระบบชลประทานแบบหยด**	86
5.1	การคำนวณออกแบบท่อแขนง	86
5.2	การคำนวณออกแบบท่อประธานย่อย	110
5.3	ท่อประธานย่อยที่ต่อลดขนาด	115
5.4	การคำนวณความดันที่สูญเสียหรือลดลงในท่อประธานย่อยต่างขนาดต่อกัน	117
5.5	การออกแบบท่อประธาน	119
5.6	แสดงรูปแบบทั่วไปของการวางแนวท่อสำหรับการให้น้ำแบบหยด	125
5.7	การคำนวณหาขนาดเครื่องสูบน้ำ	127
บทที่ 6	**การแก้ปัญหาหัวปล่อยน้ำอุดตันและการป้องกัน**	144
6.1	สาเหตุของการอุดตัน	144
6.2	การป้องกันการอุดตันของหัวปล่อยน้ำ	144
6.3	การป้องกันการอุดตันโดยใช้วิธีการกรอง	138

6.4 การป้องกันการอุดตันโดยใช้สารเคมีเข้าช่วย 150

6.5 การป้องกันการอุดตันโดยการควบคุมทางจุลชีวะ 151

บทที่ 7 การผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำชลประทาน 152

7.1 ความหมายและจุดประสงค์ทั่วไป 152

7.2 ข้อดีของการผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ 152

7.3 ข้อจำกัดและข้อควรระวังของการใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ 154

7.4 ข้อพิจารณาเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งการให้ปุ๋ย 155

7.5 ปั๊มที่นิยมใช้กับระบบผสมปุ๋ยกับการให้น้ำ 157

7.6 ปุ๋ยและธาตุอาหารพืชในแง่ของการผสมปุ๋ยกับการให้น้ำ 169

7.7 การคำนวณปุ๋ยเคมีที่ใช้ 175

7.8 การควบคุมและกำหนดการให้ปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ 184

7.9 การเลือกตำแหน่งติดตั้งระบบการผสมปุ๋ยกับการให้น้ำ 185

7.10 ความสามารถในการผสมกันได้ของปุ๋ยเคมีในระบบ F.I 187

7.11 การปลูกพืชโดยให้สารอาหารอย่างต่อเนื่อง 188

บทที่ 8 การติดตั้งระบบชลประทานน้ำหยดและการดำเนินงาน 193

8.1 การติดตั้งหัวปล่อยน้ำแบบต่างๆ 193

8.2 การต่อท่อแขนงกับท่อประธานย่อย 201

8.3 การต่อวางท่อแขนง 201

8.4 การต่อวางท่อประธานย่อย 206

8.5 การต่อวางท่อประธาน 206

8.6 การดำเนินงานของระบบการชลประทานแบบหยด 206

8.7 ข้อควรระวังเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายจากน้ำกระแทกท่อ 207

หนังสือและเอกสารอ้างอิง 209

ภาคผนวก 214

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1.1	องค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยดอย่างง่ายที่ใช้ในบริเวณบ้าน	3
รูปที่ 2.1	องค์ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบชลประทานแบบหยด	13
รูปที่ 2.2	อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำตันทางของระบบชลประทานแบบหยด	15
รูปที่ 2.3	แสดงท่อแขนง ท่อประธานย่อย และท่อประธานทั้งชนิดบนผิวดินและฝังใต้ดิน	17
รูปที่ 2.4	หัวปล่อยน้ำที่ติดกับท่อแขนงแบบต่างๆ	21
รูปที่ 2.5	หัวปล่อยน้ำที่สามารถปรับปริมาณน้ำที่หัวได้	24
รูปที่ 2.6	หัวปล่อยน้ำแบบทางไหลยาวและคดเคี้ยวไปมา	25
รูปที่ 2.7	หัวปล่อยน้ำแบบน้ำไหลเข้าด้านข้างแบบน้ำวน	27
รูปที่ 2.8	หัวปล่อยน้ำแบบปรับชดเชยความดันได้เอง	29
รูปที่ 2.9	หัวปล่อยน้ำแบบท่อขนาดจิ๋ว	30
รูปที่ 2.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเฮด ความยาวขนาดท่อ และอัตราการไหลของน้ำขนาดท่อ 0.8 มม., 1.13 มม. และ 1.38 มม.	31
รูปที่ 2.11	ท่อน้ำซึมและท่อสองชั้นเจาะรูให้น้ำไหล	33
รูปที่ 3.1	ชนิดของดินสัมพันธ์กับรูปแบบของการเปียก	39
รูปที่ 3.2	แสดงว่าดินเนื้อหยาบอุ้มน้ำได้น้อยกว่าดินเนื้อละเอียด	42
รูปที่ 3.3	แสดงรูปแบบการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช	45
รูปที่ 3.4	ตัวการที่สำคัญของภูมิอากาศที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำของพืช	46
รูปที่ 3.5	ถาดวัดการระเหยมาตรฐาน "เอ"	48
รูปที่ 3.6	แสดงรูปแบบการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช	50
รูปที่ 3.9	แสดงการวางหัวปล่อยน้ำหลายจุดต่อต้น	63
รูปที่ 3.10	แสดงการกระจายความดันในระบบท่อ	69
รูปที่ 4.1	แสดงให้เห็นความดันของน้ำจากหลอดวัดระดับ	76
รูปที่ 4.2	การหาค่า x โดยวิธีกราฟบนกระดาษ log-log	79
รูปที่ 4.3	โมโนกราฟช่วยหาค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืด	84

รูปที่ 5.1	ภาพเส้นไร้มิติ สำหรับการคำนวณออกแบบท่อทั่วไป (พื้นที่ลาดลง)	103
รูปที่ 5.2	ภาพเส้นไร้มิติ สำหรับการคำนวณออกแบบท่อทั่วไป (พื้นที่ลาดขึ้น)	104
รูปที่ 5.3	ภาพเส้นสำหรับการออกแบบท่อแขนงและท่อประธานย่อย	105
รูปที่ 5.4	แสดงเส้นลาดพลังงานของท่อประธานย่อยหรือท่อแขนง	111
รูปที่ 5.5	ภาพสำหรับการออกแบบท่อประธานของระบบน้ำหยด	120
รูปที่ 6.1	ชุดเครื่องกรองด้วยตะแกรงสองชั้นและชั้นเดียว	141
รูปที่ 6.2	ชุดเครื่องกรองเป็นแหวนอัดเป็นชั้นและการล้าง	142
รูปที่ 6.3	เครื่องกรองชนิดกรวดและทรายเป็นชั้นๆ พร้อมรายละเอียดก่อสร้าง	143
รูปที่ 6.4	รูปแบบการดำเนินงานและการล้างตะกอนออก	147
รูปที่ 6.5	เครื่องกรองชนิดใช้โฟมเป็นไส้กรองและแสดงการเสียเฮดของน้ำ	148
รูปที่ 6.6	เครื่องกรองแบบไซโคลน	149
รูปที่ 7.1	แสดงหลักการทำงานของปั๊มแบบเวนจูรี่	157
รูปที่ 7.2	แสดงปั๊มแบบเวนจูรี่ชนิด 2 ตอน	159
รูปที่ 7.3	แสดงลักษณะการติดตั้งปั๊มแบบเวนจูรี่	160
รูปที่ 7.4	แสดงระบบของถังแบบไหลผ่าน	161
รูปที่ 7.5	แสดงอุปกรณ์ต้นทางจ่ายน้ำที่ติดตั้งถังผสมปุ๋ยผ่านท่อ	163
รูปที่ 7.6	แสดงถังแบบไหลผ่านด้วยถุงอัดความดัน	164
รูปที่ 7.7	อัตราการจ่ายปุ๋ยที่สัมพันธ์กับระดับน้ำแตกต่างและความยาวของท่อขนาดจิ๋วขนาดต่างๆ	168
รูปที่ 7.8	ปลูกแคนตาลูปในวัสดุเครื่องปลูกที่เป็นทรายและให้น้ำแบบหยด	188
รูปที่ 7.9	ปลูกมะเขือเทศในทรายและให้สารอาหารพืชแบบหยดด้วยท่อขนาดจิ๋ว	189
รูปที่ 7.10	แสดงผังการให้น้ำแบบหยดที่ใช้ถังสำรองสารอาหารพืช	190
รูปที่ 7.11	การปลูกมะเขือเทศในทรายด้วยระบบน้ำหยดที่ผสมสารอาหารพืชในน้ำประปาแบบไหลต่อเนื่อง	190
รูปที่ 7.12	แสดงการควบคุมระดับน้ำจากประปาและการหยดสารละลายอาหารพืชเข้มข้นเข้าผสมในถังน้ำประปา	191
รูปที่ 7.13	แสดงอัตราการจ่ายปุ๋ยที่สัมพันธ์กับระดับน้ำแตกต่างและความยาวของท่อขนาดจิ๋วขนาดต่างๆ	192

รูปที่ 8.1	การติดท่อขนาดจิ๋วตามความยาวที่ต้องการและวิธีการรูดฉนวนสายไฟ	194
รูปที่ 8.2	การเจาะเสียบท่อขนาดจิ๋วและการติดตั้งที่มีขายึดประกอบที่บังแสงแดด	197
รูปที่ 8.3	การต่อหัวปล่อยน้ำแบบต่างๆ กับท่อแขนง	199
รูปที่ 8.4	การต่อท่อแขนงสองชั้นกับท่อประธานย่อย	200
รูปที่ 8.5	การเจาะท่อประธานย่อยและยึดท่อแขนง	202
รูปที่ 8.6	การต่อท่อประธานย่อยพีวีซี.กับท่อแขนงพีอี.	203
รูปที่ 8.7	อุปกรณ์สำหรับการต่อท่อพีอีและพีวีซี	204
รูปที่ 8.8	การวางท่อแขนงโดยการขึงให้ลอยจากพื้นดิน	205

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	เปรียบเทียบค่าลงทุนครั้งแรกกับวิธีการให้น้ำแบบต่างๆ โดยประมาณ	10
ตารางที่ 1.2	ผลผลิตต่อไร่และประสิทธิภาพการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์	11
ตารางที่ 3.1	พื้นที่เปียกน้ำที่ควบคุมโดยหัวปล่อยน้ำซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำ 4 ลิตรต่อชั่วโมง	39
ตารางที่ 3.2	แสดงความสามารถในการอุ้มน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินต่างๆ	43
ตารางที่ 4.1	คุณสมบัติของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ	80
ตารางที่ 5.1	สัมประสิทธิ์ค่า F สำหรับหาค่าการสูญเสียความดันในท่อที่มีการจ่ายน้ำออกหลายทาง	89
ตารางที่ 5.2	การสูญเสียความดันย่อย	91
ตารางที่ 5.3	การสูญเสียความดันในรูปของความยาวเทียบเท่าเนื่องจากการเสียบหัวปล่อยน้ำเข้าไปในท่อ	92
ตารางที่ 5.4	หาค่า Ri จากค่า i = 1/L ต่างๆ	97
ตารางที่ 5.5	แนวทางการพิจารณาเลือกขนาดท่อแขนง	109
ตารางที่ 5.6	แนวทางการพิจารณาเลือกขนาดท่อประธาน	121
ตารางที่ 6.1	การแบ่งชั้นขนาดของอนุภาคเม็ดดิน	136
ตารางที่ 6.2	แสดงระดับความรุนแรงจากสาเหตุการอุดตันต่างๆ	137
ตารางที่ 6.3	ขนาดเบอร์ตะแกรงเทียบกับขนาดรูตะแกรง	139
ตารางที่ 6.4	แสดงขนาดเม็ดของวัสดุกรอง	145
ตารางที่ 6.5	ข้อแนะนำการใช้ปริมาณคลอรีน	151
ตารางที่ 7.1	ความสามารถละลายได้ของปุ๋ยเคมีสูตรต่างๆ	186

สารบัญตารางผนวก

		หน้า
ตารางผนวกที่ 1	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ระยะการเจริญเติบโตช่วงต่างๆ เมื่อเทียบกับ ET_p ของหญ้า	214
ตารางผนวกที่ 2	ปริมาณการใช้น้ำของพืชมาตรฐาน ET_p ของหญ้าที่สถานีต่างๆ ทั่วประเทศ คำนวณโดยวิธีของ Penman (หน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อเดือน)	215
ตารางผนวกที่ 3	ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยเบ็ดเสร็จ (Overal Pan Coefficient) สำหรับถาดวัดการระเหยแบบเอ	216
ตารางผนวกที่ 4	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชส่วนต่างๆ (K_p) ที่ใช้คูณกับค่าการระเหย (E_p) เป็นค่าอัตราการใช้น้ำของพืชต่างๆ	217
ตารางผนวกที่ 5	อัตราการระเหยที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยมาตรฐาน "60" (Class A pan) ในประเทศไทยเฉลี่ยหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อวัน (ค่าเฉลี่ยปี พ.ศ. 2494-2523)	218
ตารางผนวกที่ 6	เทียบว่าท่อขนาดต่างๆ น้ำจะไหลได้เท่าไรเมื่อมีความเร็วเท่ากัน	219
ตารางผนวกที่ 7	มาตราเปรียบเทียบ	220
ตารางผนวกที่ 8	ชื่อขนาดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อพีวีซีชั้นต่างๆ ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม	222
ตารางผนวกที่ 9	ท่อชนิด High Density Polyethylene (HDPE) ผลิตตามมาตรฐาน Din 8074, 8075 ตามมาตรฐานสากล ISO R 161	223

บทที่ 1

บทนำ

วิธีการให้น้ำแก่พืชนั้น ปกติสามารถทำกันได้หลายวิธี นับตั้งแต่การปล่อยให้น้ำไหลท่วมเป็นผืนยาว (Border) หรือแบบอ่าง (Basin) การให้น้ำแบบร่อง (Furrow) และระบบฉีดฝอย (Sprinkler) จนกระทั่งถึงระบบการให้น้ำแบบหยด สำหรับการให้น้ำในแต่ละวิธีนั้น ต่างก็มีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสภาพของการปลูกพืชแต่ละท้องที่ แหล่งน้ำ ปัญหาทางเศรษฐกิจและวิชาการ แต่อย่างไรก็ตามการให้น้ำแบบหยด สามารถนำเอาไปใช้ได้กับการปลูกพืชเกือบทุกชนิด นับตั้งแต่พืชผัก พืชสวนผลไม้ขนาดใหญ่ พืชไร่ เช่นอ้อย ข้าวโพด หน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้ได้ดีกับเนื้อดินแทบทุกประเภท ตั้งแต่เนื้อดินทรายเป็นพวกทราย จนกระทั่งเนื้อละเอียดเป็นพวกดินเหนียว และใช้ได้ในพื้นที่ทุกลักษณะ ตั้งแต่ที่ราบเรียบจนถึงพื้นที่บนไหล่เขาที่ชัน เช่นทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะที่มีการปลูกพืชเมืองหนาว ที่ปลูกตามเนินเขา ไหล่เขาหรือพื้นที่ลาดชันมากๆ ปกติไม่อาจจะให้น้ำโดยวิธีอื่นได้ นอกจากการให้น้ำแบบหยด แต่อย่างไรก็ดี การจะเลือกใช้ก็ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในหลายๆ ด้าน ดูว่าคุ้มค่าลงทุนหรือไม่ การจะพิจารณาได้นั้น จะต้องทราบรายละเอียดอีกมากมาย ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

1.1 ความหมายของการชลประทานแบบหยด

การชลประทานแบบหยด อาจจะมีผู้ให้คำอธิบายได้หลายอย่าง แต่ก็มีพื้นฐานของความหมายอันเดียวกันคือ เป็นการให้น้ำแก่พืชด้วยปริมาณน้อยๆ อย่างช้าๆ แต่ให้น้ำบ่อยๆ ครั้ง ตามความเหมาะสมของพืชและดิน และให้น้ำเฉพาะบริเวณเขตรากพืชเท่านั้น

จุดมุ่งหมายสำคัญของการให้น้ำแบบนี้คือ จะรักษาระดับความชื้นของดินบริเวณเขตรากพืชให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถดูดความชื้นไปใช้ เพื่อสร้างความเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์พอเหมาะกับความต้องการตลอดเวลา การจะรักษาระดับความชื้นให้พอเหมาะนั้น ระบบนี้จึงต้องมีการควบคุมเวลาและอัตราการให้น้ำในแต่ละจุด เพื่อที่จะไม่ทำให้ดินอิ่มน้ำหรือแห้งเกินไป อุปกรณ์สำคัญในการควบคุมและจ่ายน้ำให้แก่ต้นพืชแต่ละต้นก็คือ "หัวปล่อยน้ำ" ซึ่งจะติดอยู่บนท่อแขนงที่วางไปตามแถวต้นพืช

และท่อแขนงก็จะไปต่อกับท่อนำน้ำมายังพื้นที่ คือ ท่อแยกประธาน และท่อประธาน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ต่างๆ อีกมากมายซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป รูปที่ 1.1 รูปแบบระบบการชลประทานแบบหยดอย่างง่ายที่ใช้ในบริเวณบ้าน

นอกจากนี้ยังมีความหมายสำหรับใช้อธิบาย วิธีการให้น้ำแก่พืช โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญดังต่อไปนี้

(1) เป็นวิธีการให้น้ำด้วยอัตราที่น้อย (น้อยกว่า 15 ลิตร/ชม. ต่อหัว)

(2) เป็นวิธีการให้น้ำแต่ละครั้งใช้เวลานาน (นานมากกว่า 4 ชม. ติดต่อกัน)

(3) เป็นวิธีการให้น้ำช่วงบ่อยครั้ง (ไม่เกิน 3 วันครั้ง)

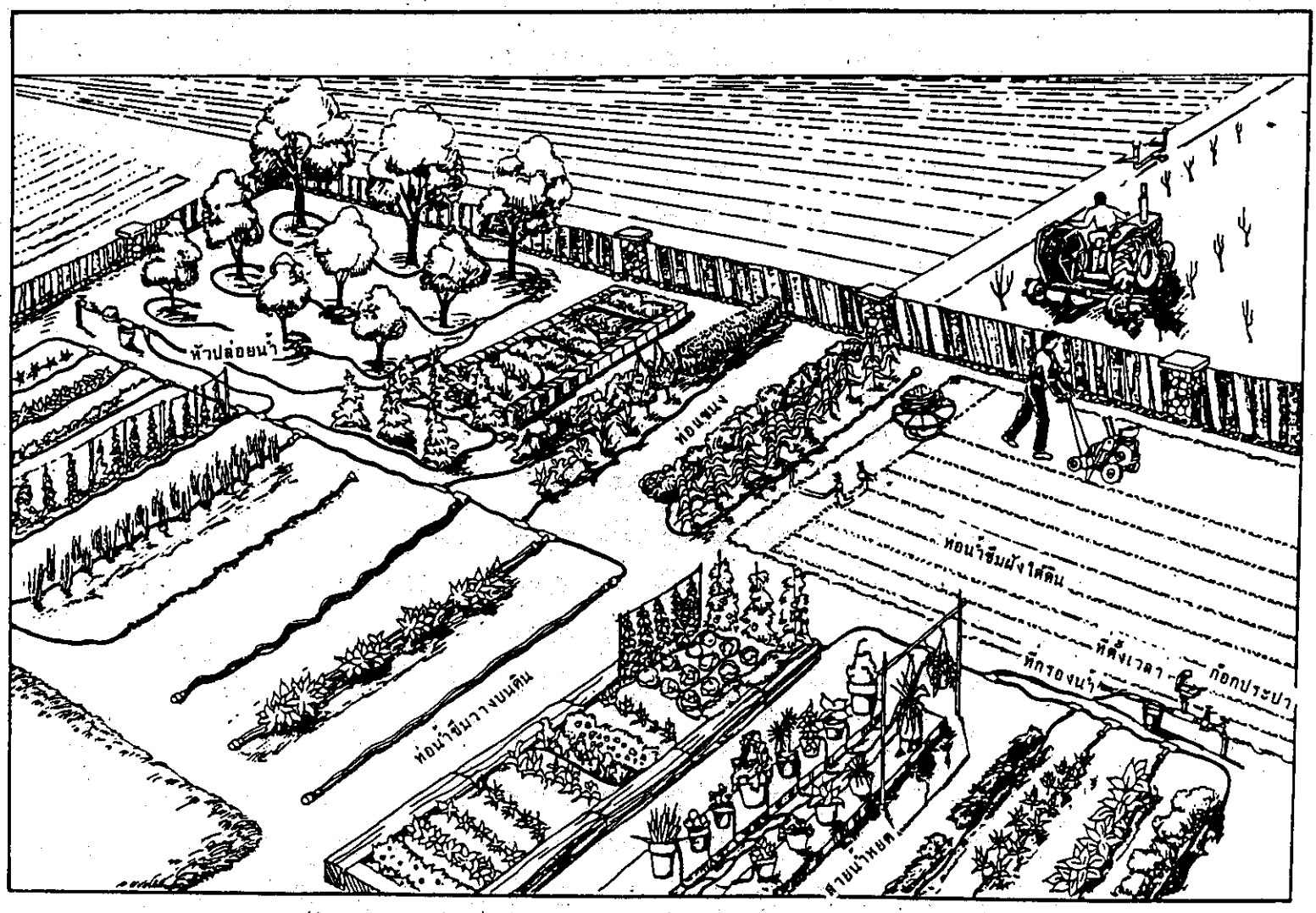
(4) เป็นวิธีการให้น้ำโดยตรงในบริเวณเขตรากพืช

(5) เป็นวิธีการให้น้ำด้วยระบบท่อที่ใช้ความดันต่ำ (ความดันที่หัวปล่อยน้ำไม่เกิน 15 ปอนด์ ต่อ ตร.นิ้ว)

ปัจจุบันการให้น้ำแก่พืชวิธีนี้กำลังเป็นที่นิยมกันมากในหลายๆ ประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ อิสราเอล นิวซีแลนด์ อิตาลี ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย เยอรมัน และฝรั่งเศส เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยกำลังมีผู้สนใจ พัฒนาการใช้กันมากขึ้นเรื่อยๆ ถึงแม้ค่าลงทุนจะยังนับว่าแพง แต่ในอนาคตอันใกล้ วิธีการให้น้ำแบบนี้น่าจะมีความจำเป็นและคุ้มค่าในการลงทุน ถ้าเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในการใช้งานมากเพียงพอ และนำไปใช้กับพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง เช่น ผลไม้ และพืชเมืองหนาว เป็นต้น โดยเฉพาะน่าจะนำไปใช้ในภาคอีสาน เพื่อจะช่วยให้อีสานมีความเขียวเร็วขึ้น เพราะวิธีนี้เหมาะกับดินที่ไม่ค่อยอุ้มน้ำ มีปัญหาดินเค็ม และแหล่งน้ำมีจำนวนจำกัดเป็นต้น

1.2 ประวัติและการพัฒนาการชลประทานแบบหยด

การชลประทานแบบหยดได้พัฒนาเริ่มแรกในรูปของการให้น้ำแบบใต้ผิวดิน การทดลองครั้งแรกเริ่มที่ประเทศเยอรมัน ในปีพ.ศ. 2403 โดยใช้ระบบการให้น้ำร่วมกับระบบการระบายน้ำแบบฝังท่อใต้ดิน ซึ่งในระยะเริ่มแรกนี้ใช้ท่อดินเผาสั้นๆ ต่อกัน และเปิดรอยต่อไว้สำหรับเป็นทางให้น้ำไหลออกมา เพื่อเป็นการยกระดับน้ำใต้ดินขึ้นมายังเขตราก การทดลองครั้งนี้ปรากฏว่าผลผลิตเพิ่มขึ้นมากและใช้ได้ผลอยู่หลายปี ต่อจากนั้นจึงมีการพัฒนาและทดลองต่อมาอีกหลายสิบปี จนในพ.ศ. 2463 การให้น้ำจึงเปลี่ยนรูปแบบมาเป็นแบบท่อเจาะรูให้น้ำไหลออกมาตามแนวท่อ และเริ่มมีการใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้นในประเทศเยอรมัน



รูปที่ 1.1 องค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยดอย่างง่ายที่ใช้ในบริเวณบ้าน

สำหรับการทดลองครั้งแรกที่ถือว่า เป็นการให้น้ำแบบหยดตามคำจำกัดความที่ให้ไว้นั้น ทำกันในประเทศสหรัฐอเมริกา ในปีพ.ศ. 2465 โดยใช้วิธีการฝังท่อจ่ายน้ำใต้ผิวดินเช่นกัน แต่ให้น้ำเฉพาะบริเวณเขตราก ไม่มีการยกระดับน้ำใต้ดิน ผลสรุปว่ามันยังแพงเกินกว่าที่จะนำไปใช้เป็นการค้าได้จริงๆ และหลังจากนั้นอีก 20 ปี ที่สหรัฐอเมริกาเช่นกัน ได้พัฒนาระบบท่อพรุนที่ทำด้วยวัสดุคล้ายๆ ผ้าใบ ซึ่งนับว่าใช้ได้ผลดีในขณะนั้น

จากปีพ.ศ. 2478 เป็นต้นมา อีกหลายๆ ประเทศเช่น รัสเซีย ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์ และอังกฤษ ก็มีการทดลองโดยเน้นหนักในด้านการพัฒนาระบบท่อพรุน ซึ่งทำจากวัสดุต่างๆ หลายชนิดด้วยกัน

การพัฒนาเข้าสู่ระบบซึ่งคล้ายกับระบบการให้น้ำแบบหยดในปัจจุบันนั้น เกิดขึ้นกับการพัฒนาท่อแบบรูพรุนที่ทำด้วยท่อพลาสติกซึ่งราคาไม่แพงนัก และการเจาะรูที่ผนังท่อทำได้ง่าย แต่ยังเกิดปัญหาสำคัญขึ้นสองประการที่ทำให้การใช้ระบบท่อพลาสติกดังกล่าวไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าที่ควร ปัญหาแรกก็คือ มีการอุดตันรูเล็กๆ ที่เจาะนั้น ทั้งๆ ที่น้ำได้ผ่านการกรองแล้วก็ตาม ปัญหาที่สองก็คือ ความไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควรของปริมาณน้ำที่ไหลออกมาตามแนวยาวของท่อ ทั้งๆ ที่ไม่มีการอุดตัน อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะมีข้อเสียสองประการดังกล่าว ผลผลิตของพืชที่ปลูกโดยวิธีนี้ก็เพิ่มขึ้นมาก และเป็นสิ่งกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาหัวปล่อยน้ำแบบต่างๆ ขึ้น ดังที่มีใช้และยังพัฒนากันในปัจจุบัน แทนที่จะเป็นแบบรูเล็กๆ หรือเจาะช่องเปิดเล็กๆ ที่ผนังท่อดังสมัยแรกนั้น ก็หันมานิยมใช้หัวปล่อยน้ำที่ผลิตขึ้นหลากหลายรูปแบบ และต่อกับท่อแขนงในลักษณะต่างๆ กันแทน

ระบบการให้น้ำแบบหยดที่ใช้กันในปัจจุบัน เป็นการให้น้ำโดยตรงที่ผิวดิน ซึ่งประเทศอังกฤษได้เริ่มค้นนำมาใช้ในปีพ.ศ. 2483 หัวปล่อยน้ำชนิดเริ่มแรก เป็นแบบท่อขนาดจิ๋ว (Microtube) พันรอบรูปทรงกระบอก เพื่อให้ได้ความยาวของท่อขนาดจิ๋วมากๆ เป็นการช่วยลดความดันของน้ำ และเพื่อทำให้ไม่เกะกะรุงรังในการใช้งาน สำหรับเส้นผ่าศูนย์กลางท่อขนาดจิ๋วดังกล่าวที่ใช้มีขนาดประมาณ 0.8-1.2 มม. ซึ่งก็นับว่าใหญ่พอที่จะช่วยลดปัญหาการอุดตันได้ ระบบนี้ในสมัยนั้นได้พัฒนาใช้กันแพร่หลายในโรงเรือนกระจก (Green house) โดยรวมเอาทั้งการให้น้ำและการให้ปุ๋ยอยู่ในระบบเดียวกัน ซึ่งปัจจุบันการให้น้ำผสมกับการให้ปุ๋ยก็กำลังเป็นที่นิยมกันมาก และด้วยสาเหตุของการพัฒนาวัสดุพลาสติกระหว่าง และหลังสงครามโลกครั้งที่สองเป็นต้นมา การให้น้ำแบบหยดก็เริ่มกลายเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและคุ้มค่าขึ้น เพราะอุปกรณ์ต่างๆ สามารถผลิตด้วยพลาสติกทั้งสิ้น

ยุคการพัฒนาระบบชลประทานแบบหยดที่นับว่าสำคัญมากที่สุด ปรากฏขึ้นในประเทศอิสราเอล ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2493 เป็นต้นมา หลังจากที่มีโรงงานสามารถผลิตท่อพลาสติกได้ราคาถูก และหัวปล่อยน้ำก็ใช้ท่อขนาดจิ๋วที่ผลิตได้มีคุณภาพดีขึ้น โดยถือว่าหัวปล่อยน้ำชนิดนี้ สามารถควบคุมปริมาณการไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นแบบแรก และจากปีพ.ศ. 2503 เป็นต้นมา ระบบการให้น้ำแบบหยดก็ได้พัฒนาเป็นวิธีการให้น้ำแบบใหม่ที่สำคัญ จนกระทั่งปัจจุบัน ก็ยังมีการพัฒนาอยู่เรื่อยๆ และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งในสวนผลไม้และพืชผักตลอดจนแปลงเพาะชำในหลายๆ ประเทศ ในปีพ.ศ. 2523 จากการสำรวจ มีพื้นที่ใช้ระบบหยดนี้ทั่วโลก ประมาณ 2 ล้าน 2 แสนไร่ และคาดว่าจะมีเนื้อที่ใช้ระบบนี้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันไม่น้อยกว่า 15 ล้านไร่ ในอเมริกา ปีพ.ศ. 2527 มีการใช้ระบบนี้ถึง 8,250,000 ไร่ และในการประชุมเรื่องเกี่ยวกับการใช้น้ำระดับโลก ที่ประเทศอาร์เจนตินา เมื่อพ.ศ 2520 ได้มีการกล่าวถึงประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ ที่ประชุมแนะนำว่า การชลประทานแบบหยดเป็นเทคโนโลยีอันหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำและเพิ่มผลผลิตจากผืนดินได้เป็นอย่างดี

สำหรับประเทศไทย การให้น้ำระบบหยดนี้เริ่มทดลองใช้กับแปลงพืช เมื่อพ.ศ. 2518 ที่โครงการหลวง ดอยอ่างขาง อ.เชียงใหม่ ส่วนการทดลองที่ใช้กับสวนผลไม้จริงๆ ทำในปีพ.ศ. 2521 ที่อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ปัจจุบันเริ่มมีผู้สนใจหันมาใช้ระบบนี้กันมากขึ้น พร้อมกับมีการพัฒนาระบบนี้อยู่เรื่อยๆ เพราะอนาคตอันใกล้นี้ ชลประทานแบบหยดจะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการขาดแคลนน้ำ ปัญหาแรงงานที่หายากและมีราคาแพง ตลอดจนการเพิ่มคุณภาพและเพิ่มผลผลิตได้เป็นอย่างดี อย่างเช่นที่สวนวังน้ำค้าง จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ระบบน้ำหยดในเนื้อที่เพาะปลูกไม่น้อยกว่า 500 ไร่ กับสวนส้ม สาลี่ แอบเปิ้ล และไม้ผลเมืองหนาวอื่นๆ เป็นต้น ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ และที่จังหวัดชุมพรก็ได้ทดลองใช้กับสวนปาล์มน้ำมันในเนื้อที่ประมาณ 1,000 ไร่ ก็ได้ผลเป็นที่น่าพอใจเช่นกัน และยังมีที่อื่นๆ อีกมากมายที่ใช้ได้ผลดี

1.3 ข้อดีของการชลประทานแบบหยด

(1) เพิ่มผลผลิต เนื่องจากการให้น้ำแบบหยด จะรักษาระดับความชื้นในดินอยู่ในเกณฑ์ที่พอเหมาะตลอดเวลา จะทำให้พืชงอกงามและได้ผลผลิตดีที่สุด ซึ่งผลผลิตจะสูงกว่าการให้น้ำแบบอื่นๆ ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะในดินทราย ดินที่มีความเค็ม หรือคุณภาพของน้ำไม่ดี การให้น้ำแบบหยดจะให้ผลผลิตมากกว่าถึงสองเท่า

(2) ประหยัดน้ำได้มาก เนื่องจากการให้น้ำแบบหยดเป็นการให้น้ำแก่รากพืชโดยตรง ฉนั้นจึงถูกจำกัดให้ซึมลงไปเฉพาะในบริเวณรากพืชเท่านั้น พื้นดินระหว่างต้นพืช หรือระหว่างแถวจะไม่เปียกน้ำ จึงไม่มีการระเหยจากผิวดิน และน้ำก็จะไม่สูญเสียไป เพราะวัชพืชเอาไปใช้

(3) ใช้แรงงานน้อย ในการดำเนินงานเนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบการให้น้ำแบบหยดนั้น ได้ติดตั้งไว้เป็นการถาวร พร้อมที่จะให้น้ำได้ทุกเมื่อ ซึ่งจะเป็นผลให้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ

(4) ไม่เป็นอุปสรรคกีดขวางการดำเนินงาน ด้านอื่นภายในพื้นที่เพาะปลูก เช่น การตัดแต่งกิ่ง การพ่นยาปราบศัตรูพืช ตลอดจนการเก็บผลผลิต การทำงานเหล่านี้สามารถกระทำได้ในขณะทำการให้น้ำ โดยเฉพาะสวนองุ่นและสวนไม้ผลเป็นต้น

(5) ควบคุมปริมาณการให้น้ำได้ดี เพราะเป็นการให้น้ำครั้งละน้อยๆ ซึ่งสามารถควบคุมเวลาการให้น้ำและปริมาณน้ำได้ใกล้เคียงกับความต้องการได้มากกว่าวิธีการให้น้ำแบบอื่นๆ

(6) ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชบางชนิดสามารถให้แก่พืชได้ โดยการละลายไปพร้อมกับน้ำที่ให้ ทำให้การให้ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

(7) ควบคุมป้องกันโรคพืชและแมลงต่างๆ ที่จะทำอันตรายแก่พืชได้ เพราะการให้น้ำแบบหยดไม่ทำให้ใบของพืชเปียก ความชื้นบริเวณใบจึงต่ำ โรคพืชย่อมเกิดได้ยาก นอกจากนั้นการพ่นยาปราบศัตรูพืชต่างๆ ก็มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากยาซึ่งติดตามใบ กิ่ง ก้าน และลำต้นของพืช จะไม่ถูกชะล้างไป

(8) ควบคุมวัชพืช เนื่องจากการให้น้ำเป็นจุดเฉพาะบริเวณโคนต้น ทำให้พื้นที่เปียกน้ำเป็นเพียงส่วนน้อยของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่บริเวณอื่นจึงไม่มีน้ำ ทำให้การเจริญเติบโตของวัชพืชย่อมเป็นไปได้ยาก

(9) ทำให้พืชงอกและเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ เพราะพืชที่ปลูกได้รับน้ำสม่ำเสมอและทั่วถึงกัน โดยเฉพาะในขณะที่กำลังงอกและยังเล็กอยู่ ทำให้เปอร์เซ็นต์การรอดตายมีมาก และอัตราการเจริญเติบโตสูง

(10) สามารถใช้ได้ดีกับดินที่มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากวิธีการให้น้ำแบบหยด เป็นการให้น้ำและธาตุอาหารพืช แก่รากพืชโดยตรง ครั้งละน้อยๆ อย่างสม่ำเสมอ ฉนั้นแม้ในดินทรายก็สามารถปลูกพืชได้โดยการให้น้ำแบบหยดนี้

(11) ลดปัญหาเรื่องการระบายน้ำ เพราะให้น้ำไม่มากเกินความต้องการของพืช จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาการระบายน้ำ

(12) ลดอันตรายที่พืชจะได้รับจากความเค็ม เนื่องจากการให้น้ำแบบหยดสามารถเพิ่มน้ำให้มากขึ้น เพื่อไล่เกลือออกไปเฉพาะบริเวณเขตรากพืช และความเข้มข้นของเกลือลดลง เนื่องจากน้ำซึมลงในดินเกือบตลอดเวลาและใบพืชไม่ไหม้ เนื่องจากไม่มีเกลือเกาะติดอยู่ตามใบพืช เหมือนเมื่อให้น้ำแบบฉีดฝอย

(13) ไม่ทำให้หน้าดินแน่นเป็นแผ่น เพราะเป็นการให้น้ำอย่างช้าๆ ปริมาณน้อยๆ ดินไม่เกิดการอิ่มตัว

(14) สามารถติดตั้งเครื่องควบคุมน้ำชนิดอัตโนมัติ ให้ทำงานตามกำหนดเวลา แบบรอบเวรได้เองทั้งระบบ

(15) ไม่มีปัญหาเรื่องลม การให้น้ำแบบอื่นๆ เมื่อมีลมแรงๆ จะทำให้การกระจายของน้ำไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะการให้น้ำแบบฉีดฝอยขนาดใหญ่

1.4 ข้อเสียและปัญหาของการชลประทานแบบหยด

ถึงแม้การให้น้ำแบบหยดจะมีข้อดีมากมายหลายอย่าง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีข้อเสียและปัญหาบางประการที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจ ในการเลือกใช้ระบบนี้เทียบกับระบบอื่นๆ พอสรุปได้ดังนี้

(1) การอุดตันที่หัวปล่อยน้ำ นับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่สุดที่ทำให้ระบบการให้น้ำแบบหยดต้องล้มเหลว ถึงแม้ว่าการกรองน้ำจะเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการลดปัญหาการอุดตัน แต่บางกรณีใช้วิธีการกรองอย่างเดียวไม่เพียงพอ จะต้องมีการใช้น้ำยาเคมีเข้าช่วย เนื่องจากการอุดตันอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ตะกอน ทราย โคลนตม พอกรองได้ แต่สำหรับการตกตะกอนของสารเคมีที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น แคลเซี่ยมและเมือกสนิมเหล็ก หรือเกิดจากการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในท่อ หรือที่หัวปล่อยน้ำ เช่น ตะไคร่ แบคทีเรีย กำมะถัน หรือเหล็ก ต้องใช้น้ำยาเคมีเข้าช่วย เป็นต้น

(2) ต้องมีการบำรุงรักษาสูง มีการตรวจสอบระบบการทำงานต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ

(3) ไม่สามารถฉีดน้ำล้างใบ หรือเพิ่มความชื้นในบรรยากาศบริเวณใบได้ดีเหมือนการให้น้ำแบบฉีดฝอย เมื่อต้องการล้างใบ

(4) อาจจำกัดความเจริญเติบโตของรากพืช ในกรณีที่ใช้ระบบการให้น้ำแบบหยดเป็นหลัก และอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีฝนตกน้อย รากพืชจะเจริญหนาแน่นเฉพาะบริเวณที่เปียกน้ำเท่านั้น ถ้าบริเวณที่เปียกน้ำเล็กเกินไป หรือเปียกเฉพาะแถบเดียว และการแผ่กระจายของรากไม่เพียงพอ เวลาลมพัดแรงๆ พืชอาจจะโยกคลอนได้ โดยเฉพาะพืชที่ปลูกในดินเหนียว น้ำซึมด้านลึกได้น้อย อาจทำให้ระบบรากพืชหยั่งลงไม่ลึกเช่นกัน ดังนั้นการออกแบบติดตั้งหัวปล่อยน้ำจึงเป็นเรื่องสำคัญมากเกี่ยวกับการกระจายความชื้น

(5) ระบบท่อที่วางบนดินอาจจะได้รับความเสียหาย จากการทำงานของคนงานปราบวัชพืช หรือจากสัตว์ต่างๆ เช่น สุนัข หนู หรือกระรอก มากัดแทะท่อเป็นต้น และมดหรือแมลงอาจเข้าไปในรูของหัวปล่อยน้ำขณะที่หยุดส่งน้ำเป็นต้น

(6) บางทีอาจจะเกิดความเสียหายจากการสะสมของเกลือ บริเวณเขตราก ถ้าพื้นที่นั้นมีเกลืออยู่มาก และให้น้ำปริมาณไม่มากพอที่จะผลักดันให้บริเวณที่มีเกลือสะสมเข้มข้นออกพ้นจากเขตราก ซึ่งความเข้มข้นของเกลือจะอยู่บริเวณขอบเปียกของน้ำที่ให้แบบหยดนั่นเอง

(7) อย่างน้อยต้องมีระบบการกรองน้ำที่เชื่อถือได้ เพราะรูของหัวปล่อยน้ำมีขนาดเล็กมาก ง่ายต่อการอุดตัน หรือแม้ว่าน้ำจะดูว่าใสสะอาดก็จำเป็นต้องมีเครื่องกรองเสมอ

(8) ระบบรากเคยชินกับการได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอ ถ้าน้ำที่เคยให้ด้วยระบบนี้เกิดขัดข้อง พืชจะอยู่ในสภาพที่แย่กว่าต้นพืชที่ไม่ได้ใช้ระบบน้ำหยด ทั้งนี้เพราะต้นพืชที่ให้น้ำด้วยวิธีอื่น จะมีระบบรากที่แตกต่างกัน และโครงสร้างของเซลที่เหนียวแน่นกว่า ฉนั้นการให้น้ำแบบหยด แม้จะประหยัดน้ำกว่าวิธีอื่นก็ตาม แต่จำเป็นต้องออกแบบให้ไว้ใจได้จริงๆ และดูแลให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา

(9) ค่าลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูง เนื่องจากระบบนี้ต้องใช้ท่อแขนง ท่อแยกประธาน และท่อประธาน เป็นจำนวนมาก และก็ต้องใช้หัวปล่อยน้ำเป็นจำนวนมากด้วย เฉพาะค่าหัวปล่อยน้ำชนิดที่พอเชื่อถือได้ คิดเป็นเงินประมาณ 25 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ของเงินลงทุนทั้งระบบ และยังต้องมีเครื่องกรองน้ำและอุปกรณ์อื่นๆ อีก ค่าลงทุนเฉลี่ยสำหรับพืชสวนตกไร่ละ 4,000-8,000 บาท และ

สำหรับพืชไร่หรือพืชผัก ตกไร่ละ 6,000-10,000 บาท ฉนั้นระบบนี้จึงเหมาะที่จะใช้กับพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง น้ำที่ใช้จัดหามาด้วยราคาแพง พื้นที่ลาดชันหรือสูงๆ ต่ำๆ เป็นคลื่น แรงงานหายากและมีราคาแพง ไม่เหมาะที่จะให้น้ำด้วยวิธีอื่น

(10) ความรู้สึกของผู้ใช้เอง ถ้าเจ้าของพื้นที่หรือผู้ดูแล มีความรู้สึกไม่ชอบที่จะใช้ระบบนี้แต่แรก หรือคิดว่าคงไม่ได้ผล ก็ไม่ควรนำมาใช้ เพราะโอกาสเสียหายจะง่ายและเร็วกว่าของผู้ที่พยายามอยากจะใช้ระบบนี้ให้ได้ผลดีจริงๆ โดยมีการดูแลเอาใจใส่อย่างทั่วถึง ปรับปรุงแก้ไขตลอดเวลา ไม่ใช่รอจนเสียหายมากๆ แล้วค่อยแก้ไข มักจะไม่ค่อยทันการ

1.5 สภาพการที่ควรพิจารณาใช้การชลประทานแบบหยด

เนื่องจากค่าลงทุนในการติดตั้งระบบการชลประทานแบบหยดนั้นสูงมาก และต้องใช้เทคนิคมากพอสมควรที่จะทำให้ระบบใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นถ้าไม่มีความจำเป็นจริงๆ ก็ควรหลีกเลี่ยงที่จะให้น้ำแบบนี้ อาจจะโดยปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวดิน หรือเลือกวิธีการให้น้ำในรูปแบบที่พอเป็นไปได้ แม้จะไม่ได้ผลเต็มที่นัก แต่อาจจะได้กำไรมากกว่า หรืออาจจะเลือกสถานที่เพาะปลูกใหม่ถ้าหากเป็นไปได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งอาจเป็นเรื่องยากที่จะหลีกเลี่ยงไปใช้วิธีการให้น้ำแบบอื่นได้ ก็จำเป็นต้องให้น้ำแบบหยดนี้ โดยเฉพาะถ้าต้องการควบคุมคุณภาพผลผลิตเพื่อการส่งออกขายต่างประเทศ จึงควรพิจารณาใช้วิธีการให้น้ำแบบหยด ในเมื่อสภาพการเป็นดังนี้

(1) พื้นผิวดินไม่สม่ำเสมอ มีระดับแตกต่างกันมาก และหน้าดิน (Top Soil) บางเกินไปจนไม่อาจปรับพื้นผิวดิน (Land levelling) ให้เหมาะสมได้

(2) โครงสร้างของดิน (Soil structure) โปร่งมากเกินไปจนไม่เหมาะที่จะส่งน้ำโดยวิธีการใช้น้ำแบบผิวดินได้ คือมีอัตราการซึมมากกว่า 80 มม./ชม.

(3) ปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้มีน้อยเกินไป ดังนั้นถ้าใช้วิธีการส่งน้ำแบบบนผิวดิน จำเป็นต้องกำหนดเวลาในการส่งน้ำให้นานหน่อยหรือต้องกำหนดความยาวของร่องให้สั้นมากขึ้น

(4) ความลาดเท (Slope) ของพื้นผิวดินชันเกินไปจนอาจเกิดการกัดพาผิวดินอย่างรุนแรงในขณะส่งน้ำเข้าในพื้นที่เพาะปลูกได้

(5) ในพื้นที่ที่แรงงานหายากหรือมีราคาสูง การใช้การควบคุมอย่างอัตโนมัติประกอบเข้ากับระบบการส่งน้ำแบบหยด จะช่วยลดความจำเป็นในการใช้แรงงานในการจัดการส่งน้ำไปได้

(6) พื้นที่ที่มีลมพัดผ่านแรงๆ บ่อยๆ คือถ้าลมมีความเร็วเกินกว่า 8 กิโลเมตร/ชม. ถ้าไม่มีการปลูกต้นไม้ใหญ่ป้องกันลม (Wind brake) การให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ ก็จะมีประสิทธิภาพต่ำไม่ควรใช้ ควรจะเลือกใช้แบบหยดแทน เป็นต้น

1.6 ค่าลงทุนและผลผลิตที่ควรได้

เรื่องค่าลงทุนครั้งแรก นับว่าเป็นเรื่องใหญ่และสำคัญมาก สำหรับระบบการให้น้ำแบบหยด ซึ่งผู้ที่คิดจะใช้ระบบการให้น้ำแบบหยดมักจะตั้งคำถามนี้เป็นอันดับแรก แต่การจะตอบคำถามทันทีว่าลงทุนไร่ละเท่าไรนั้น คงจะตอบให้ใกล้เคียงที่เดียวได้ยาก เพราะมีเงื่อนไขที่จะต้องพิจารณามากมาย เช่น จะใช้กับพืชอะไร มีระยะระหว่างต้นและระยะระห่างแถวห่างกันแค่ไหน จะใช้หัวชนิดใหน มีราคาตั้งแต่หัวละ 1 บาท จนถึงหัวละประมาณ 20 บาท ถ้าใช้หัวปล่อยน้ำราคาถูก ก็มีประสิทธิภาพต่ำหน่อย ต้องใช้แรงงานในการตรวจสอบมาก หรือบางครั้งอาจใช้ ไม่ได้ผลเลยก็มีบ่อยๆ แต่ถ้าใช้หัวปล่อยน้ำที่มีราคาแพง ก็อาจจะไม่คุ้มกับผลผลิตที่มีราคาต่ำสำหรับพืชที่ปลูก ฉะนั้นควรจะใช้หัวปล่อยน้ำชนิดใหนจึงจะเหมาะสมนั้น อาจต้องอาศัยผู้ที่มีประสบการณ์ ที่จะต้องพิจารณาถึงชนิดพืชที่ปลูก ชนิดดิน คุณภาพน้ำที่ใช้ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีเรื่องของอุปกรณ์ต่างๆ อีกมาก เช่น คุณภาพของท่อที่จะใช้ เครื่องกรองน้ำ เครื่องผสมปุ๋ย เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม อาจจะพอประเมินราคาอุปกรณ์ต่างๆ ตามรายการที่จำเป็น โดยการอาศัยข้อมูลที่จะได้ทราบในเรื่องของการออกแบบ แต่ในที่นี้จะกล่าวสรุปราคากลางๆโดยประมาณ เปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำแบบร่อง และฉีดฝอยโคนต้น สำหรับไม้ผลและสปริงเกลอร์ ดังในตารางที่ 1.1 สำหรับตารางที่ 1.2 เปรียบเทียบผลผลิตต่อไร่ และประสิทธิภาพการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบค่าลงทุนครั้งแรกกับวิธีการให้น้ำแบบต่างๆ โดยประมาณ

วิธีการให้น้ำ	ค่าลงทุนครั้งแรก บาท/ไร่
การให้น้ำแบบร่อง	1,000 - 2,000
ฉีดฝอยใต้ต้น	5,000 - 8,000
สปริงเกลอร์ใช้คนย้าย	3,000 - 4,000
สปริงเกลอร์ติดตั้งถาวร	5,000 - 7,000

วิธีการให้น้ำ	ค่าลงทุนครั้งแรก บาท/ไร่
สปริงเกลอร์ที่เคลื่อนย้ายด้วยพลังงานต่างๆ	6,000 - 8,000
การให้น้ำแบบหยดใช้กับพืชไร่	7,000 - 12,000
การให้น้ำแบบหยดใช้กับพืชสวน (4×4)	5,000 - 8,000
การให้น้ำแบบหยดใช้กับพืชสวน (10×10)	4,000 - 6,000

ตารางที่ 1.2 ผลผลิตต่อไร่และประสิทธิภาพการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์

พืช	ระบบให้น้ำแบบร่อง		ระบบให้น้ำแบบสปริงเกลอร์		ระบบให้น้ำแบบหยด	
	ผลผลิต ตัน/ไร่	กก./ม.^{3}	ผลผลิต ตัน/ไร่	กก./ม.^{3}	ผลผลิต ตัน/ไร่	กก./ม.^{3}
ข้าวโพด	1.0-1.4	0.7-1.0	1.0-1.2	0.8-1.1	1.0-1.5	1.0-1.5
อ้อย	18-25	2.5-3	20-27	4-5	25-30	6-8
ฝ้าย	0.5-0.6	0.2-0.3	0.6-0.7	0.3-0.4	0.7-0.8	0.5-0.6
มะเขือเทศ	8-10	7-8.5	7-9.5	9-10	8-11	12-14
สับปะรด	11-13	6-7	11-12	8-9	13-15	10-12
แตงโม	4-5	4-5	4-5.5	5-6.5	5-6	6-8
ส้มตรา	2.7-3.0	1.7-2.2	3.7-4.2	2.7-3	4.5-6.5	4-5
ส้มโอเล็ก	3.0-4.0	1.8-2.6	5-7	1.8-2.6	6.5-10	4-6
ส้มเขียวหวาน	2.5-3.0	1.5-2.0	2.7-4	1.6-2.4	3.5-5.0	3-5
กล้วยหอม	5-5.5	2.5-3.0	5-6	2.2-3.4	7-10	4-6
องุ่น	1.2-2.5	0.9-1.3	1.5-2.7	1.2-1.7	3-5	2-3

คำถามทบทวนท้ายบท

1) การชลประทานแบบหยดหมายถึงอะไร

2) การชลประทานแบบหยดมีข้อดีและข้อเสียอย่างไร

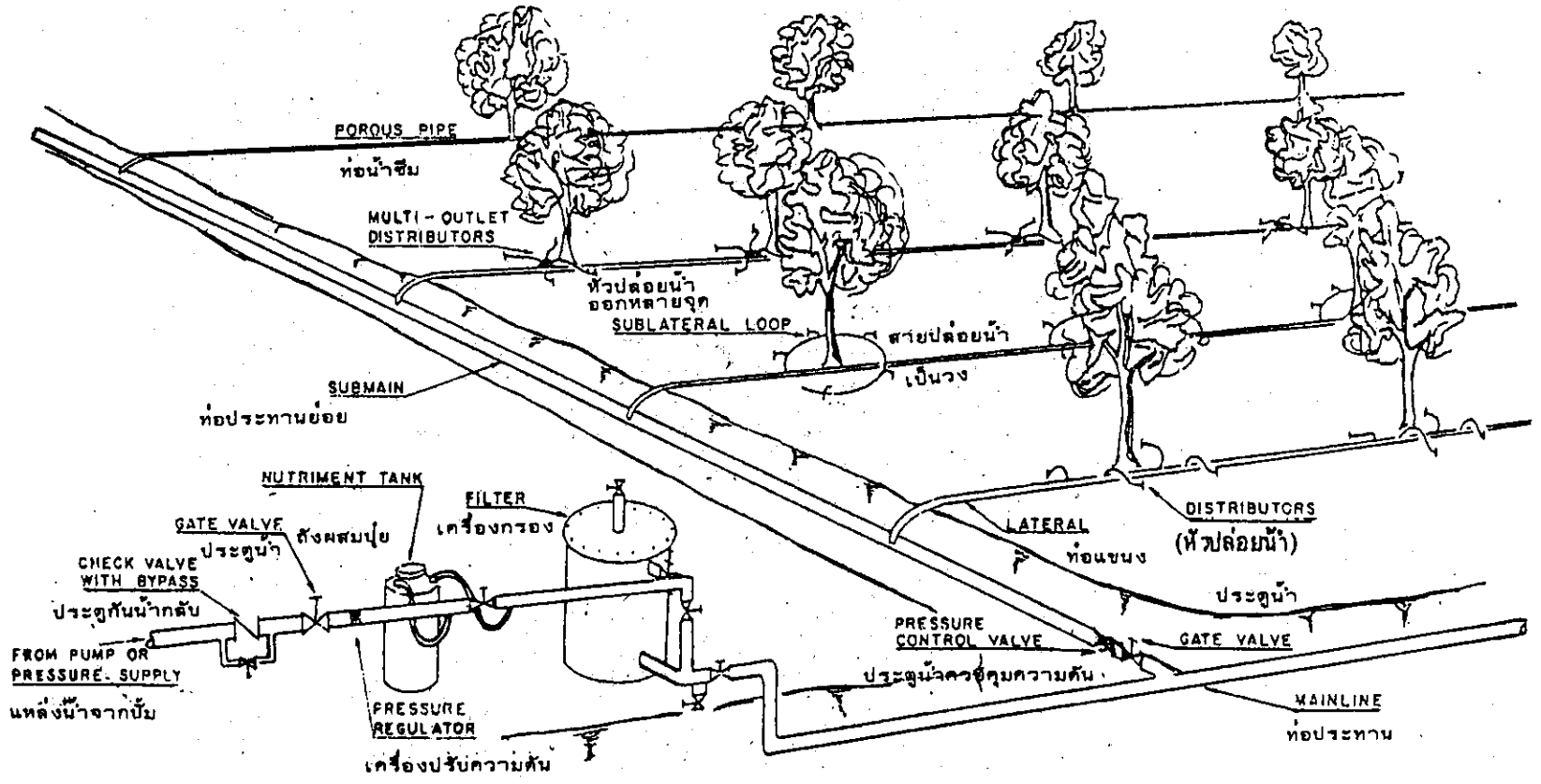
3) สภาพการเช่นไรจึงควรพิจารณาเลือกใช้การให้น้ำแบบหยด

บทที่ 2
ระบบการชลประทานแบบหยด

การชลประทานแบบหยด เป็นระบบการให้น้ำแก่พืชที่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์พิเศษหลายอย่าง เพื่อควบคุมการให้น้ำแก่พืช ให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีการให้น้ำแก่พืชแบบอื่นๆ ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นในเบื้องต้นที่จะต้องทำความเข้าใจถึงหน้าที่และความสำคัญของอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในระบบ เพื่อจะได้นำไปใช้งานให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศและพืชที่ปลูก ตลอดจนเงินลงทุนและผลผลิตที่จะได้รับ ถ้าใช้ไม่ถูกต้องตามที่ควรจะเป็น นอกจากจะเสียเงินลงทุนเพิ่มขึ้นแล้ว ยังอาจจะใช้ไม่ได้ผลเท่าที่ควรอีกด้วย

2.1 องค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยด (Drip System Components)

ระบบชลประทานแบบหยด ส่วนใหญ่จะต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างน้อยดังต่อไปนี้ หัวปล่อยน้ำ (emitter) ท่อแขนง (lateral line) ท่อประธานย่อย (sub-main) ท่อประธาน (main line) ประตูน้ำ (valves) เครื่องวัดความดัน (pressure gauge) ส่วนเครื่องปั๊มน้ำ ซึ่งบางครั้งก็อาจไม่จำเป็นต้องใช้ ถ้าแหล่งน้ำมีความดันพอเพียง เช่น ระบบที่ใช้น้ำประปา ที่มีความดันมากกว่า 10 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว หรือแหล่งน้ำจากที่สูงเกินกว่า 6 เมตร จากพื้นดิน เป็นต้น และอุปกรณ์ที่นับว่าสำคัญมากของระบบนี้ ซึ่งจะขาดมิได้ คือ เครื่องกรองน้ำ (filter) ดูรูปที่ 1.1 องค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยดอย่างง่าย ที่ใช้กันในบริเวณบ้าน ซึ่งต่อระบบจากแหล่งน้ำประปา โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องสูบน้ำ ระบบนี้ใช้ได้กับพืชเกือบทุกชนิด ตั้งแต่พืชสวนครัว ต้นไม้ประดับ ไม้ยืนต้น ตลอดจนกระทั่งสนามหญ้า และสำหรับในพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่ นอกจากมีอุปกรณ์ดังกล่าวแล้ว บางครั้งก็อาจจำเป็นต้องมีอุปกร์พิเศษเพิ่มขึ้นอีกตามความเหมาะสม โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ถือว่าเป็นเครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง (control head) อันได้แก่ เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำ (water meter) เครื่องฉีดผสมปุ๋ยหรือสารเคมี (fertilizer tank or chemical injector) เครื่องควบคุมความดัน (pressure regulator) ประตูป้องกันน้ำไหลกลับ (non-return valve) ประตูระบายอากาศ (air-release valve) ทางฉีดล้างระบายน้ำออก (outlet for flushing) และนอกจากนี้ ยังสามารถติดตั้งเป็นระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัตโนมัติได้อีกด้วย โดยติดตั้งประตูน้ำไฟฟ้า (salinoid valves) และระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (computer control unit) เป็นต้น



รูปที่ 2.1 องค์ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบชลประทานแบบหยด

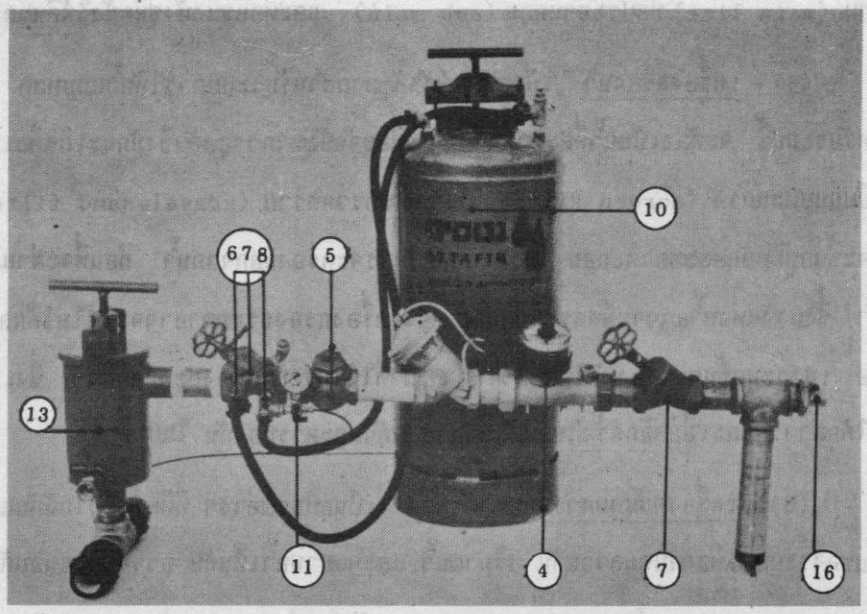
ดังรูป 2.1 แสดงองค์ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบชลประทานแบบหยด ที่ใช้กับสวนผลไม้บนพื้นที่ขนาดใหญ่ และแสดงให้เห็นถึงลักษณะหัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งแบบต่างๆ ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดต่อไปในเรื่องหัวปล่อยน้ำ และสำหรับรูปที่ 2.2 แสดงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ถือว่าเป็นเครื่องควบคุมการจ่ายน้ำตันทางฉนั้น เพื่อให้เข้าใจดีขึ้น จะขออธิบายหน้าที่ของอุปกรณ์ต่างๆ พอสังเขปดังนี้

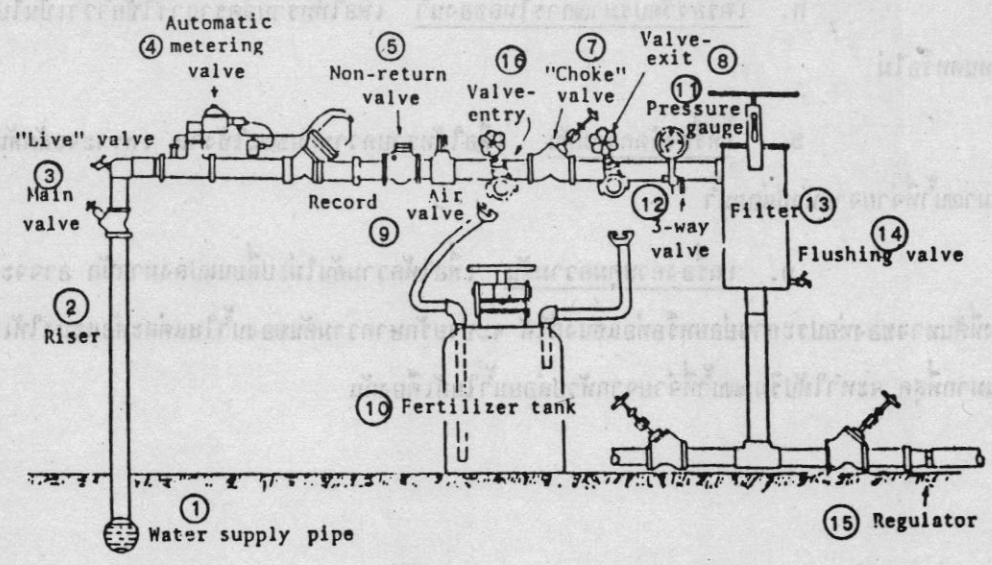
(1) <u>หัวปล่อยน้ำ</u> นับว่าเป็นสิ่งสำคัญมาก หรือหัวใจของระบบให้น้ำแบบหยดที่เดียว มีชื่อเรียกได้หลายอย่างแล้วแต่ความนิยมของแต่ละประเทศ หรือของแต่ละบริษัทผู้ผลิตจะตั้งขึ้น เช่น Trickler, Dripper, Dropper, Distributor, Outlet และ Emitter เป็นต้น ซึ่งส่วนมากจะนิยมเรียกว่า Emitter สำหรับประเทศเรา มักจะเรียกว่าหัวปล่อยน้ำ หัวจ่ายน้ำ หรือหัวน้ำหยด เป็นต้น อุปกรณ์ดังกล่าว จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุม ปริมาณการไหลของน้ำจากท่อแขนงไปสู่ดิน ปกติหัวปล่อยน้ำนี้จะติดตั้งอยู่บนท่อแขนงที่วางไว้บนผิวดิน หรือมีท่อเล็กๆ สีดำต่อแยกออกไปจากท่อแขนงอีกที โดยมากที่นิยมใช้มีอัตราการไหลประมาณ 1-10 ลิตร/ชั่วโมง และมีขนาดของรูจ่ายน้ำ 0.5-1.5 มม.

(2) <u>ท่อแขนง</u> เป็นท่อซึ่งต่อแยกจากท่อประธานย่อย หรือบางครั้งก็ต่อกับท่อประธานโดยตรง และเป็นท่อซึ่งติดตั้งหัวปล่อยน้ำ วางชิดขนานไปกับแถวของต้นพืช อาจใช้ท่อแขนง 1 แนว สำหรับพืช 1-2 แถว หรือท่อแขนง 1-2 แนว สำหรับพืช 1 แถวก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสม ท่อแขนงโดยทั่วไปทำด้วยพลาสติกประเภท พีวีซี (polyvinyl chloride, PVC) พีบี (polybytylene, PB) และ พีอี (polyethylene, PE) เป็นต้น โดยนิยมวางท่อแขนงไว้บนผิวดินมากกว่าใต้ดิน ท่อจึงควรจะต้องเป็นสีดำเพื่อป้องกันแสงอาทิตย์ ที่จะทำให้เกิดตะไคร่น้ำอุดตันหัวปล่อยน้ำ นอกจากนี้สีดำซึ่งเป็นสารถ่านดำ (carbon black) ยังช่วยทำให้อายุการใช้งานนานขึ้น เนื่องจากป้องกันแสงเหนือม่วง (Utra violet) จากดวงอาทิตย์ได้ดี สำหรับขนาดของท่อ จะถูกกำหนดโดยจำนวนต้นพืชต่อแถว และจำนวนของหัวปล่อยน้ำที่ไหลต่อต้น หรือโดยจำนวนของหัวและความยาวของท่อที่ใช้ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 6-25 มม. ที่ใช้กันมาก 12-20 มม. และความยาวของท่อไม่ควรเกิน 300 ม.

(3) <u>ท่อประธานย่อย</u> เป็นท่อที่ต่อแยกจากท่อประธาน เพื่อแบ่งการควบคุมเป็นส่วนๆ ท่อนี้ถ้าระบบไม่ใหญ่มากนัก ก็ไม่จำเป็นต้องมี คือ มีเฉพาะท่อแขนงต่อโดยตรงกับท่อประธานก็ได้ ท่อแยกประธานนี้ทำจากวัสดุเช่นเดียวกับท่อแขนง โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20-80 มม. ที่ใช้กันมากขนาด 30-50 มม. ท่อประธานย่อยวางทั้งชนิดบนดินและฝังใต้ดิน

① ท่อจากแหล่งจ่ายน้ำ
② ท่อตั้ง
③ วาวล์จ่ายน้ำของระบบ
④ วาวล์อัตโนมัติพร้อมมิเตอร์
⑤ วาวล์กันน้ำไหลกลับ
⑥ วาวล์น้ำเข้า
⑦ วาวล์ปรับความดัน
⑧ วาวล์น้ำออก
⑨ วาวล์ระบายอากาศ
⑩ ถังผสมปุ๋ย
⑪ เกจ์วัดความดัน
⑫ วาวล์สามทาง
⑬ เครื่องกรองตะแกรง
⑭ วาวล์เปิดล้าง
⑮ ตัวควบคุมความดัน
⑯ วาวล์ระบาย





รูปที่ 2.2 อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำต้นทางของระบบชลประทานแบบหยด

(4) ท่อประธาน เป็นท่อซึ่งเชื่อมโยงท่อประธานย่อย หรือท่อแขนงในแต่ละสายให้ต่อไปยังแหล่งน้ำ ท่อประธานจะทำจากวัสดุดังต่อไปนี้ พีอี (polyethylene) ชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) ท่อ พีวีซี แข็ง (rigid PVC) ท่อเหล็กอาบสังกะสี (galvaized steel) และซีเมนต์ใยหิน (asbestos cement) ซึ่งจะใช้วัสดุแบบใดก็ตาม ไม่ควรเป็นวัสดุที่เป็นสนิมและลอกเป็นสะเก็ดง่าย เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาอุดตันที่หัวปล่อยน้ำ และจากท่อประธานนี้ ท่อประธานย่อยหรือท่อแขนง อาจจะแยกออกไปด้านเดียวหรือทั้งสองด้านก็ได้ ปกติท่อประธานจะนิยมฝังใต้ผิวดิน ดังรูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นท่อประธาน (main line) ท่อประธานย่อย (sub main) และท่อแขนงทั้งชนิดฝังใต้ดินและวางบนดิน

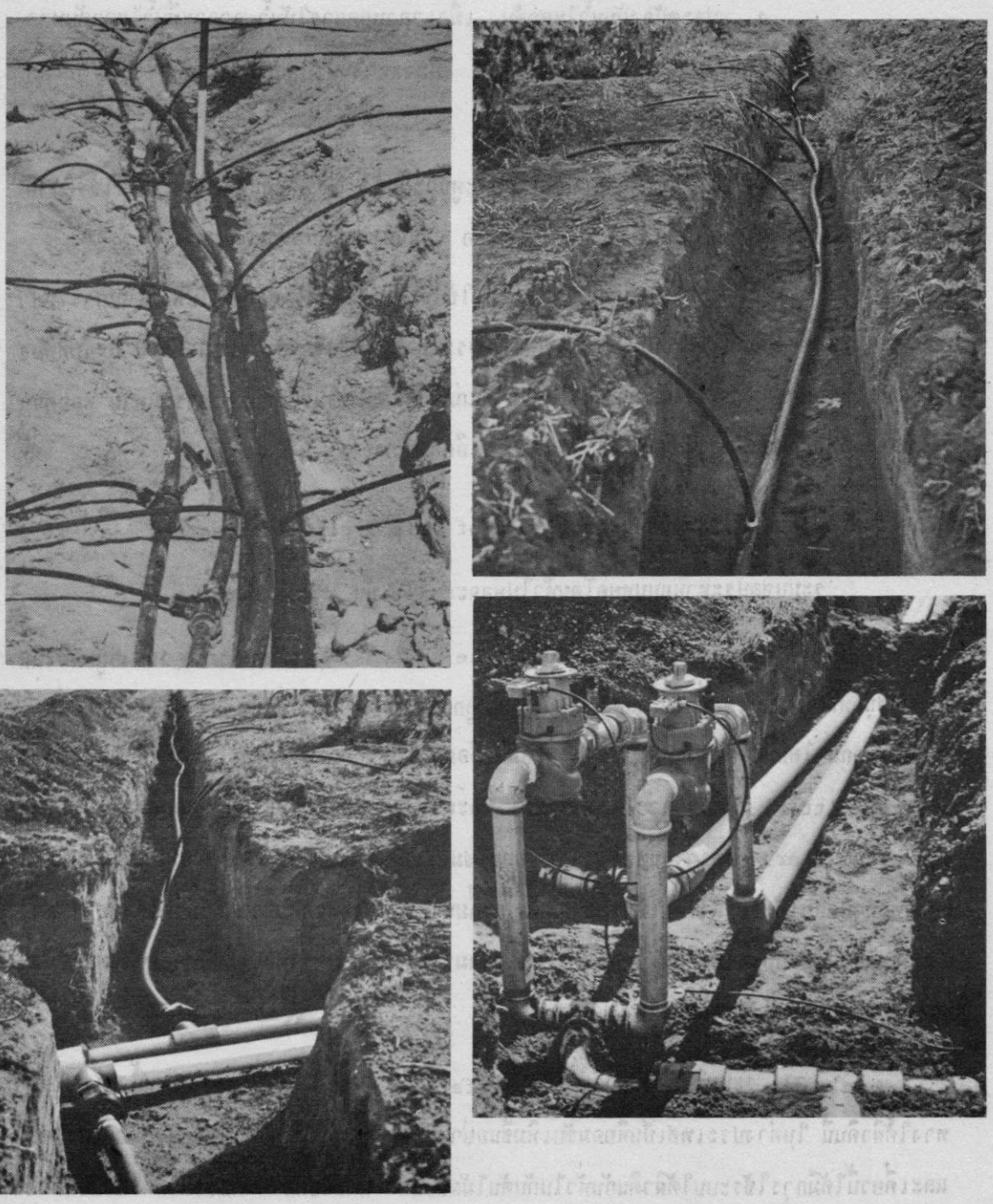
(5) เครื่องกรองน้ำ เป็นอุปกรณ์สำคัญมากสำหรับระบบการให้น้ำแบบหยด เพราะน้ำที่จะใช้สำหรับระบบนี้ จะต้องเป็นน้ำที่สะอาดจริงๆ เพื่อขจัดปัญหาการอุดตันซึ่งมักจะเกิดขึ้นเสมอ ตามปกติจะเป็นแบบตะแกรง (screen filter) และแบบกรวดทราย (gravel-sand filter) ทั้งนี้ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับลักษณะของตะกอน หรือสิ่งที่ต้องการจะกรองออกจากน้ำ ก่อนที่จะผ่านเข้าสู่ระบบการให้น้ำ ซึ่งบางแห่งน้ำอาจจะมีสารเคมีปนอยู่ ซึ่งเครื่องกรองธรรมดาอาจจะใช้ไม่ได้ผล ต้องเป็นชนิดพิเศษ เพราะทุกขั้นตอนต้องทำให้แน่ใจได้ว่า น้ำที่ใช้ในระบบนี้ต้องสะอาดจริงๆ ซึ่งเรื่องเครื่องกรองจะได้กล่าวรายละเอียดอีกครั้งในบทปัญหาการอุดตันและการป้องกัน ในบทที่ 6

(6) เครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง เป็นอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งไว้ใกล้กับแหล่งน้ำตรงจุดเริ่มต้นของระบบ เพื่อควบคุมความดัน ปริมาณน้ำ และคุณภาพน้ำเป็นต้น อาจจะประกอบด้วย

ก. เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำ เพื่อให้ทราบอัตราการใช้น้ำว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่

ข. เครื่องวัดความดัน เพื่อให้ทราบความดันขณะใช้งาน เพราะจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวปล่อยน้ำ

ค. เครื่องควบคุมความดัน เพื่อให้ความดันไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อาจจะติดตั้งที่ต้นทางของท่อประธานย่อยหรือท่อแขนงก็ได้ จะช่วยรักษาความดันของน้ำในแต่ละท่อแขนงให้เท่ากันมากที่สุด จะทำให้ปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวปล่อยน้ำใกล้เคียงกัน



รูปที่ 2.3 แสดงท่อแชนง ท่อประธายย่อย และท่อประธาน ทั้งชนิดบนผิวดินและฝังใต้ดิน

ง. ประตูป้องกันน้ำไหลกลับ เมื่อเวลาหยุดการให้น้ำ อาจจะมีน้ำไหลกลับทางไปยังเครื่องสูบน้ำ ถ้าน้ำผสมปุ๋ยก็อาจจะเกิดปัญหาได้ และจะทำให้หัวปล่อยน้ำที่วางบนผิวดิน ดูดเอาตะกอนดินเข้าไปในหัวปล่อยน้ำได้

จ. ประตูระบายอากาศ ประตูนี้จะติดตั้ง ณ ตำแหน่งที่สูงสุด เพื่อใช้ระบายอากาศที่สะสมอยู่ในระบบท่อ ซึ่งทำให้น้ำไหลไม่เต็มท่อ เป็นการสูญเสียความดัน

ฉ. เครื่องฉีดผสมปุ๋ย เพื่อใช้ประโยชน์ในการผสมปุ๋ย ไปพร้อมกับการให้น้ำ ปกติมี 2 แบบ คือ แบบที่ใช้ระบบความดันแตกต่างกับระบบที่ต้องมีเครื่องปั๊มฉีดผสมเข้าไป ปัจจัยที่ต้องพิจารณาสำหรับการผสมปุ๋ยไปพร้อมกับการให้น้ำ ได้แก่อัตราและความเข้มข้นของสารละลาย ตลอดจนการตกตะกอนของสารละลาย ซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในบทที่ 7

2.2 ชนิดของระบบชลประทานแบบหยด (Types of Drip Irrigation System)

ระบบชลประทานแบบหยดโดยทั่วไปพอจะแบ่งได้เป็น 4 แบบ ดังนี้คือ

(1) ระบบให้น้ำทางผิวดิน (Surface systems) เป็นระบบที่ท่อแขนงอยู่บนผิวดิน ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป และจะใช้กับพืชที่ปลูกระยะห่างๆ กัน แต่ก็สามารถใช้ได้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวชิดกัน โดยปกติอัตราการจ่ายน้ำสำหรับหัวปล่อยน้ำเดี่ยว หรือหัวปล่อยน้ำที่จ่ายเป็นจุด (Point source emitter) จะน้อยกว่า 8 ลิตร/ชม. และถ้าเป็นแบบหัวปล่อยน้ำที่จ่ายตลอดแนว (Line source emitter) อัตราจะน้อยกว่า 12 ลิตร/ชม./เมตร ข้อดีระบบให้น้ำแบบหยดทางผิวดิน ก็คือติดตั้งหัวปล่อยได้ง่าย สังเกตุเห็นเวลาอุดตัน เปลี่ยนแปลงแก้ไขหรือทำความสะอาดได้ง่าย รวมทั้งสามารถตรวจรูปแบบของผิวดินที่เปียกน้ำ และสามารถวัดอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำแต่ละหัวได้ และเป็นระบบที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป

(2) ระบบให้น้ำใต้ผิวดิน (subsurface systems) ระยะหลังๆ นี้ ระบบให้น้ำทางใต้ผิวดินนี้ ในต่างประเทศเป็นที่ยอมรับเพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวาง ปัญหาการอุดตันดังสมัยแรกๆลดลง และเดี๋ยวนี้ได้มีการใช้ระบบใต้ผิวดินกันทั่วไปกับต้นไม้ผลเล็กๆ และพืชผัก จากประสบการณ์ของนักวิชาการหลายท่านไปพบว่า หัวปล่อยน้ำควรจะโผล่ขึ้นมาข้างบน และมีการบำรุงรักษาเช่นเดียวกับการให้น้ำผิวดิน ข้อดีของระบบให้น้ำแบบหยดทางใต้ผิวดินก็คือไม่ต้องเก็บเวลาสิ้นสุดฤดู ป้องกันสัตว์กัดทำลายท่อ และอายุการใช้งานของท่อ จะนานกว่าแบบวางบนผิวดิน อย่างไรก็ตาม บางครั้งจะนิยมใช้ร่วมกันระหว่างใต้ผิวดิน คือฝังเฉพาะท่อแขนงและโผล่หัวปล่อยน้ำขึ้นมาบนผิวดินดังที่กล่าวมาแล้ว

ข้อสังเกตุ การให้น้ำแบบหยดชนิดใต้ผิวดินนั้น ต่างกับการให้น้ำทางใต้ดิน (sub irrigation) เพราะการให้น้ำทางใต้ดินนั้นเป็นการยกระดับน้ำใต้ดิน ส่วนแบบหยดเป็นการให้แก่รากโดยตรง

(3) ระบบให้น้ำแบบหยดที่เคลื่อนที่ได้ (Mechanical-move drip system) ระบบนี้สามารถเคลื่อนย้ายที่สำหรับการให้น้ำแบบหยดกับพืชที่ปลูกเป็นแถว (ด้วยระบบเครื่องกลไก) มี 2 แบบ แบบแรกหมุนรอบศูนย์กลาง (center pivot) และแบบที่สอง แบบเคลื่อนท่อแขนงเป็นแนวตรง ด้วยการประยุกต์พัฒนามาจากระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย(sprinkler) แต่แทนที่จะใช้หัวฉีดฝอยก็ใช้หัวปล่อยน้ำแทน ความดันที่ใช้ในระบบนี้น้อยกว่าที่ใช้กับระบบฉีดฝอยมาก และความสม่ำเสมอของน้ำที่จ่ายออกทั่วพื้นที่ก็ดีกว่า อัตราปริมาณน้ำที่จ่ายด้วยระบบการให้น้ำแบบหยดชนิดเคลื่อนที่นี้จะมากกว่าค่าอัตราการซึมของดิน โดยมีคันดินหรือแผ่นโลหะปิดกั้นในร่องคู (furrow) เป็นระยะๆ เพื่อป้องกันการกัดเซาะหรือน้ำไหลออกจากแปลง ข้อดีอย่างเห็นชัดของการให้น้ำแบบเคลื่อนที่ก็คือ ลดปัญหาการอุดตัน เพราะใช้หัวปล่อยน้ำมีรูขนาดใหญ่ และค่าท่อของระบบทั้งหมดจะน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการให้น้ำแบบหยดที่อยู่กับที่

นอกจากนี้ระบบการให้น้ำแบบหยดชนิดติดตั้งเครื่องม้วน และลากท่อแขนงที่วางบนผิวดินซึ่งอาจจะมีการลากท่อข้ามจากแถวที่หนึ่งไปยังอีกแถวหนึ่งต่อไปเรื่อยๆ ด้วยความระมัดระวัง หรืออาจจะมีการม้วนท่อแขนงเสียก่อน และก็เคลื่อนย้ายโดยใช้รถแทรกเตอร์ เพื่อจะวางท่อไปยังแถวใหม่ต่อไปเรื่อยๆ อัตราการจ่ายน้ำก็เช่นเดียวกับการให้น้ำแบบหยดชนิดทั่วไป ข้อได้เปรียบที่สำคัญของระบบเหล่านี้ก็คือ เป็นการลดค่าลงทุนในการติดตั้งครั้งแรก เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการให้น้ำแบบหยดที่อยู่กับที่ แต่มีข้อเสียคือต้องเสียเวลา และใช้แรงงานมากในการเคลื่อนย้ายท่อ ไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้กันนัก

(4) ระบบให้น้ำแบบหยดที่จ่ายน้ำเป็นจังหวะ (Pulse system) ระบบนี้มีการพิจารณานำมาใช้กับหัวปล่อยน้ำที่มีอัตราการจ่ายน้ำสูง แต่มีการให้น้ำเป็นช่วงจังหวะเวลา ซึ่งเมื่อคิดเฉลี่ยกับเวลาทั้งหมดที่ให้น้ำแล้วละก็ จะมีอัตรากใกล้เคียงกับการให้น้ำแบบหยดธรรมดาเหมือนกัน ระบบการให้น้ำเป็นจังหวะนี้ มีอนุกรมรอบเวลาของการให้น้ำตามปริมาณน้ำที่จ่าย และหยุดเป็นช่วงๆ รูปแบบของระยะช่วงเวลาการจ่ายน้ำอาจเป็น 5, 10 หรือ 15 นาทีต่อทุกๆ ชั่วโมง ด้วยอัตราปริมาณน้ำที่จะจ่ายมากกว่าแบบหยดธรรมดา 5 ถึง 10 เท่า เช่นหัวปล่อยน้ำแบบธรรมดามีอัตรา 8 ลิตร/ชม. แบบจ่ายน้ำเป็นจังหวะก็จะมีอัตรา 40-80 ลิตร/ชม. ข้อดีของระบบนี้ก็คือ ช่วยลดการอุดตันลงได้ แต่มีข้อเสียคือ ต้องมีการพัฒนาหัวปล่อยน้ำที่จ่ายน้ำเป็นจังหวะ ชนิดที่เชื่อถือได้ ราคาไม่แพง และมีระบบควบคุมอัตโนมัติ ตั้งอนุกรมของเวลาเปิดปิดเป็นจังหวะได้

2.3 คุณลักษณะและชนิดของหัวปล่อยน้ำ (Characteristic and Types of Emitter)

หัวปล่อยน้ำเป็นอุปกรณ์ที่เปรียบเสมือนหัวใจของระบบชลประทานแบบหยด ซึ่งสามารถนำไปติดตั้งกับท่อแขนงได้เป็น 3 รูปลักษณะดังต่อไปนี้

(1) หัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งบนท่อแขนง (On-line emitter) คือใช้วิธีการเจาะผนังท่อและเสียบหัวปล่อยน้ำ ติดตั้งไว้บนผนังท่อด้านบน เป็นลักษณะที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ดังรูปที่ 2.4 ก.

(2) หัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งเป็นส่วนเดียวกับท่อแขนง (in-line emitter) หรืออยู่ภายในท่อแขนง แบบนี้สะดวกในการติดตั้งและเก็บรักษา เพราะไม่มีส่วนยื่นออกมาเกะกะ นอกจากนี้ยังสามารถสั่งติดหัวมาจากโรงงานตามระยะที่ต้องการได้ และนำมาวางในพื้นที่เพาะปลูกได้เลย ดังรูปที่ 2.4 ข.

(3) หัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งต่อยื่นออกมาจากท่อแขนง (riser) แบบนี้นับว่าประหยัดและกระจายน้ำได้ดีกว่าแบบอื่นๆ ดังในรูปที่ 2.4 ค. เพราะสามารถกระจายจุดการให้น้ำ ออกไปได้กว้างโดยรอบต้นจากท่อแขนงสายเดียว

ปกติหัวปล่อยน้ำจะทำหน้าที่เป็นตัวลดความดันของน้ำจากท่อแขนง เพื่อให้อัตราการไหลที่ปล่อยออกมาน้อยตามความต้องการ ก่อนออกแบบจำเป็นต้องเลือกใช้หัวปล่อยน้ำ ให้เหมาะสมกับชนิดของพืช ดิน คุณภาพของแหล่งน้ำ ค่าลงทุน และค่าดำเนินงาน ฉนั้นก่อนอื่นจะต้องรู้ถึงคุณลักษณะพื้นฐานของหัวปล่อยน้ำและชนิดของหัวปล่อยน้ำต่างๆ ที่มีผลิตขายในท้องตลาดเสียก่อน

2.3.1 คุณลักษณะพื้นฐานของหัวปล่อยน้ำ

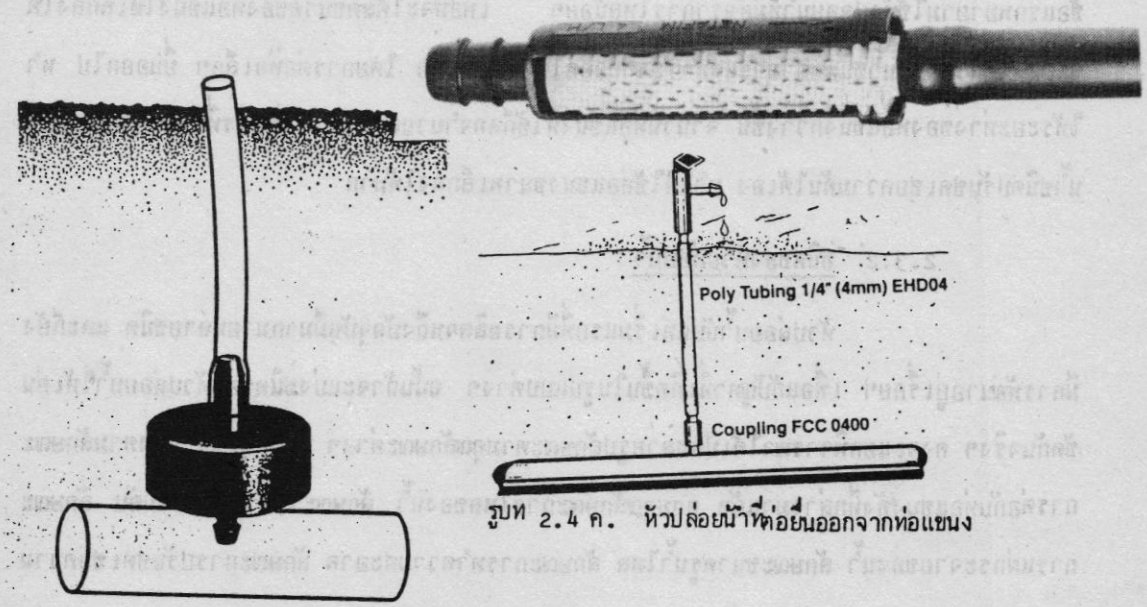
หัวปล่อยน้ำที่ดีควรต้องมีลักษณะพื้นฐานเป็นไปตามความต้องการดังต่อไปนี้

(1) มีอัตราการไหลสม่ำเสมอและคงที่ โดยทั่วไปอัตราการไหลของน้ำอยู่ระหว่าง 1-10 ลิตร/ชม. ด้วยความดันที่ใช้ประมาณ 5-10 เมตร (เป็นเฮดของน้ำ) เป็นอย่างน้อย ทำให้รูที่ให้น้ำออกมาต้องเล็ก ผู้ผลิตหัวปล่อยน้ำต้องมีความประณีต ที่จะต้องทำให้ขนาดของรูสม่ำเสมอมากที่สุด เพราะจะมีผลทำให้ปริมาณการไหลเปลี่ยนแปลงไปมาก ถ้าขนาดของรูแตกต่างกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและความแตกต่างในอัตราการไหล ก็ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะการไหลของน้ำจากหัวปล่อยน้ำ เช่น ถ้าการไหลเป็นแบบฉีดแรงหรือไหลแบบปั่นป่วน อัตราการไหลจะเปลี่ยนแปลงตามความดัน ไม่มากเหมือนการไหลแบบช้าๆ เอื่อยๆ เป็นต้น

รูปที่ 2.4 ก. หัวปล่อยน้ำที่ต่อบนท่อแขนง

รูปที่ 2.4 ข. หัวปล่อยน้ำที่ต่อเป็นส่วนของท่อแขนง



รูปที่ 2.4 ค. หัวปล่อยน้ำที่ต่อยื่นออกจากท่อแขนง

นอกจากนี้ความดันที่ลดลงเนื่องจากความเสียดทาน รวมทั้งระดับพื้นดินที่ท่อแขนงวางอยู่ก็อาจแตกต่างกัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นผลให้ปริมาณการไหลของน้ำจากหัวปล่อยน้ำแต่ละหัวเปลี่ยนแปลงไปด้วย อย่างไรก็ตาม เป็นที่ยอมรับกันว่า ในท่อแขนงปริมาณการไหลของหัวปล่อยน้ำไม่ควรแตกต่างกันเกิน 20% (ความดันแตกต่างกันประมาณไม่เกิน 40%) และสำหรับตันทางของท่อแขนงแต่ละสาย ความดันควรแตกต่างกันไม่เกิน 10% ฉะนั้น ต้องพิจารณาเลือกใช้ขนาดท่อแขนงที่เหมาะสมเพื่อให้ประหยัดที่สุด และไม่ให้เกิดความแตกต่างของอัตราการไหลจากหัวปล่อยน้ำเกินข้อกำหนด

(2) <u>มีขนาดของรูใหญ่พอที่จะลดปัญหาการอุดตัน</u> ปกติการลดความดันที่หัวปล่อยน้ำ เพื่อให้ได้อัตราการไหลที่น้อย ขนาดของรูควรจะอยู่ระหว่าง 0.3-1.0 มม. แต่รูเล็กเช่นนี้จะอุดตันง่าย แต่ถ้าทำให้ขนาดของรูใหญ่ ก็ลดความดันได้น้อย น้ำก็ออกมาก อย่างไรก็ตามจุดประสงค์ที่ต้องการคือ อัตราการไหลที่ต่ำ โดยมีความดันที่สูง และขนาดของรูให้ใหญ่ . ซึ่งดูเหมือนว่าเป็นลักษณะที่ขัดแย้งกัน แต่ปัญหานี้ก็ได้นำไปสู่แนวทางที่แตกต่างกัน ในการออกแบบผลิตลักษณะของหัวปล่อยน้ำ ที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน โดยให้บรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว

(3) <u>มีราคาไม่แพงนักและสะดวกต่อการใช้งาน</u> ระบบการให้น้ำแบบหยดโดยทั่วไป ค่าลงทุนสำหรับหัวปล่อยน้ำคิดเป็นเงินประมาณ 25 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ของเงินที่ใช้ลงทุนทั้งระบบ ฉนั้น หัวปล่อยน้ำไม่ควรจะต้องมีอุปกรณ์ข้อต่อพิเศษที่ยุ่งยาก ควรจะสามารถต่อกับท่อแขนงได้โดยตรง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยสำคัญสามอย่างที่เกี่ยวข้องกับหัวปล่อยน้ำ ที่จะทำให้ระบบนี้มีราคาลดลง ข้อแรกพยายามใช้หัวปล่อยน้ำที่มีอัตราการไหลน้อยๆ เพื่อที่จะได้ลดขนาดของท่อแขนงให้เล็กลงได้ ข้อสองใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่สามารถต่อกระจายออกได้หลายๆ จุด โดยการต่อท่อเล็กๆ ยื่นออกไป ทำให้ระยะห่างของท่อแขนงกว้างขึ้น จำนวนท่อแขนงที่ใช้ก็ลดจำนวนลง และประการที่สาม ใช้หัวปล่อยน้ำชนิดปรับชดเชยความดันได้เอง ทำให้ใช้ท่อแขนงขนาดเล็กลงได้มาก

2.3.2 <u>ชนิดของหัวปล่อยน้ำ</u>

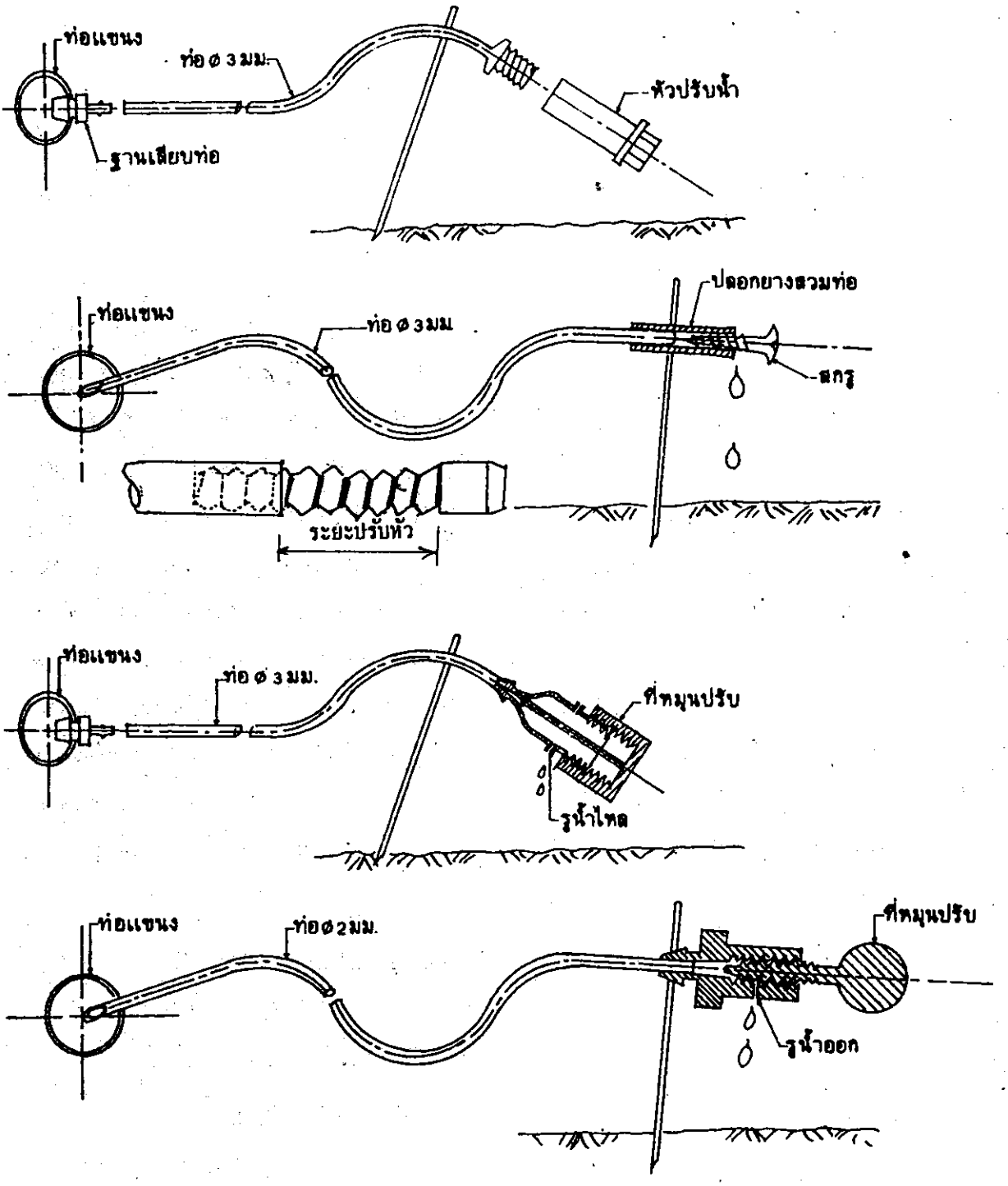
หัวปล่อยน้ำนับแต่เริ่มแรกที่มีการผลิตจนถึงปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด และก็ยังมีการพัฒนาอยู่เรื่อยๆ เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในรูปแบบต่างๆ ฉนั้นถ้าจะแบ่งชนิดของหัวปล่อยน้ำให้เด่นชัดกันจริงๆ คงจะแยกพิจารณาได้เป็นหลายรูปลักษณะตามคุณลักษณะต่างๆ ที่สำคัญเช่น แบ่งตามลักษณะการต่อกับท่อแขนงดังที่กล่าวมาแล้ว ตามคุณลักษณะการไหลของน้ำ ลักษณะวิธีการลดความดัน ลักษณะการแผ่กระจายของน้ำ ลักษณะขนาดรูน้ำไหล ลักษณะการทำความสะอาด ลักษณะการปรับชดเชยความ

ดัน และลักษณะวัสดุที่ใช้ทำหัวปล่อยน้ำเป็นต้น ซึ่งดูแล้วเป็นเรื่องที่ยุ่งยากเกินไป ฉนั้นเพื่อความสะดวกและง่ายต่อการเข้าใจ ขอแบ่งชนิดของหัวปล่อยน้ำออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ดังต่อไปนี้คือ

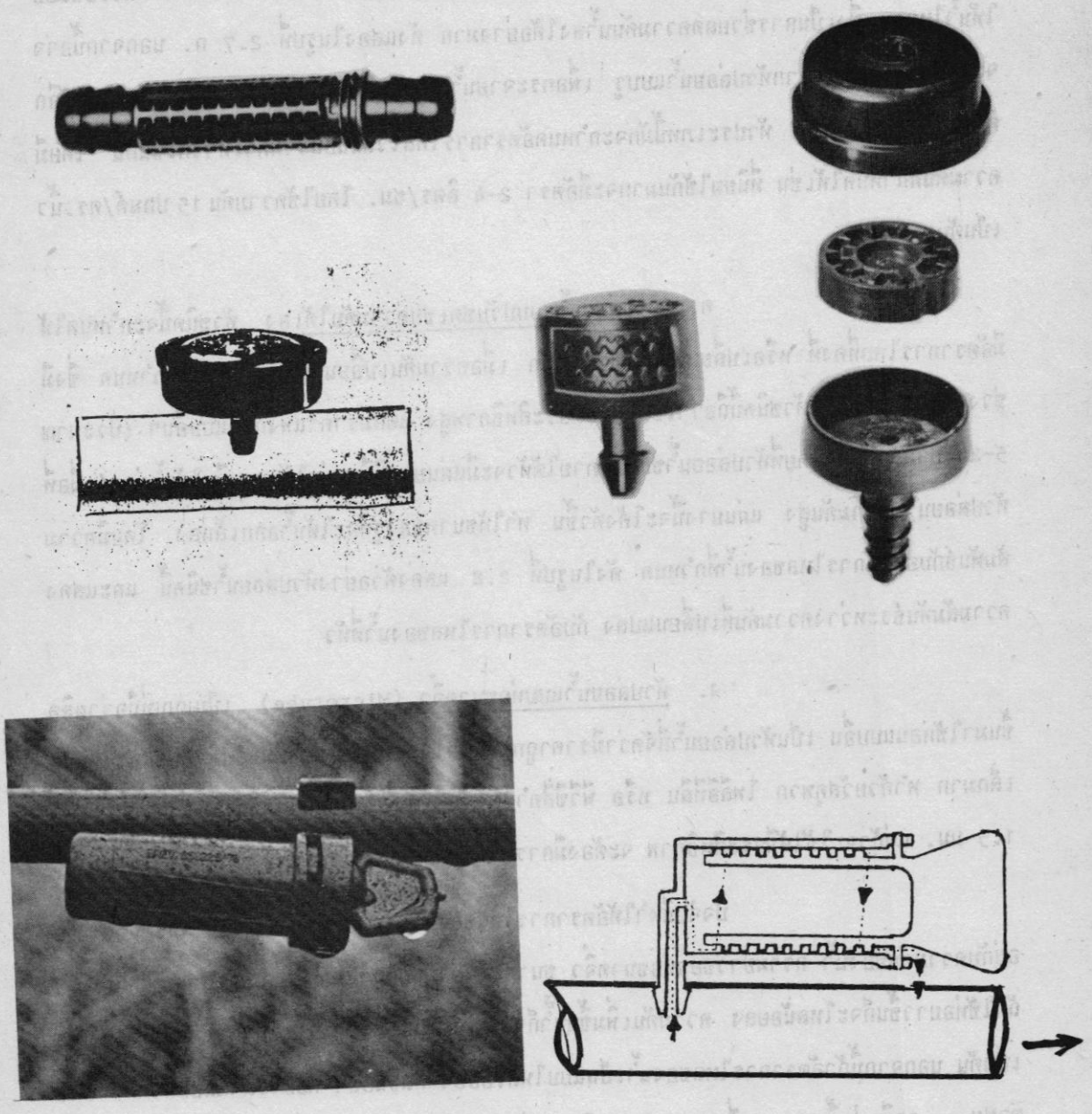
(1) ประเภทที่สามารถปรับปริมาณการไหลของน้ำได้ที่หัวโดยตรง ส่วนมากหัวประเภทนี้จะมีลักษณะการปรับด้วยการขันเกลียวเข้าออก เพื่อเปิดปิดรูปให้ใหญ่หรือเล็กตามต้องการ ถ้าต้องการให้น้ำออกน้อยหรือปิดก็ขันให้แน่นเข้า ถ้าต้องการให้น้ำไหลมากๆ ก็คลายเกลียวออกเป็นต้น หัวปล่อยน้ำประเภทนี้บางแบบก็สามารถทำขึ้นใช้เองได้ มีอยู่หลายวิธีเช่น แบบใช้ตะปูควงที่ไม่เป็นสนิมจำพวกพลาสติกหรือทองเหลือง หรืออาจจะใช้แท่งเชื่อม พีวีซี ทำเกลียวเองก็ได้ นอกจากนี้ยังอาจใช้ที่ปรับอ็อกซิเจนที่ใช้กับตู้ปลา มาใช้แทนหัวปล่อยน้ำก็ได้ หรือจะซื้อจากผู้ผลิตก็ได้ ส่วนมากราคาจะไม่ค่อยแพงนักเมื่อเทียบกับแบบอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 อัตราการไหลส่วนใหญ่สามารถปรับได้ตั้งแต่ 0 ถึง 20 ลิตรต่อชั่วโมง โดยใช้ความดันของน้ำเพียง 2-5 เมตร ก็พอที่จะดำเนินงานได้แล้ว ข้อเสียของหัวปล่อยน้ำประเภทนี้คือ ต้องใช้แรงงานและเวลาในการปรับอัตราการไหลอย่างมาก เพื่อที่จะให้แต่ละหัวมีน้ำไหลสม่ำเสมอตามอัตราที่ต้องการ เพราะการปรับแต่ละหัว ย่อมจะต้องส่งผลกระทบต่อหัวอื่น ที่ปรับอัตราการไหลได้ตามต้องการแล้ว จึงทำให้หัวประเภทนี้ไม่เหมาะสำหรับพื้นที่ ที่ค่าจ้างแรงงานสูง แต่สำหรับประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลาย รวมทั้งประเทศไทย อาจจะใช้ได้ผลดีพอสมควร เพราะหัวประเภทนี้มีราคาถูก ทำได้ง่าย ใช้งานง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เหมาะกับการปลูกพืชหลายชนิดรวมกัน เป็นพืชแซม หรือพืชที่มีขนาดแตกต่างกัน การใช้น้ำต่างกัน แต่ปลูกรวมอยู่ในแถวหรือแปลงเดียวกัน และหัวประเภทนี้ยังแก้ปัญหาการอุดตันได้ง่ายกว่าประเภทอื่น เพราะถอดออกทำความสะอาดได้โดยง่าย ปัจจุบันในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้หัวประเภทนี้ ซึ่งในต่างประเทศไม่นิยมใช้ เพราะถือว่ามีประสิทธิภาพต่ำ

(2) ประเภทไม่สามารถปรับอัตราการไหลได้ที่หัว เป็นแบบที่จะกำหนดอัตราการไหลไว้ค่อนข้างจะแน่นอนด้วยความดันที่กำหนดต่างๆ โดยอาศัยการออกแบบวิธีลดความดันที่หัวปล่อยน้ำด้วยวิธีการต่างๆ กัน ซึ่งสามารถแยกเป็น 4 ลักษณะที่แตกต่างกันคือ

ก. หัวปล่อยน้ำแบบมีทางไหลของน้ำยาวและคดเคี้ยวไปมา ความดันของน้ำจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อน้ำไหลผ่านช่องแคบๆ คดเคี้ยวด้วยระยะทางยาวๆ เพื่อให้ได้อัตราการไหลที่กำหนดเช่น 4-8 ลิตร/ชม. ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.6 มีทั้งชนิดที่ติดบนท่อแขนง หัวติดอยู่ภายในท่อแขนง และหัวยื่นออกนอกท่อแขนง



รูปที่ 2.5 หัวปล่อยน้ำที่สามารถปรับปริมาณน้ำที่หัวได้



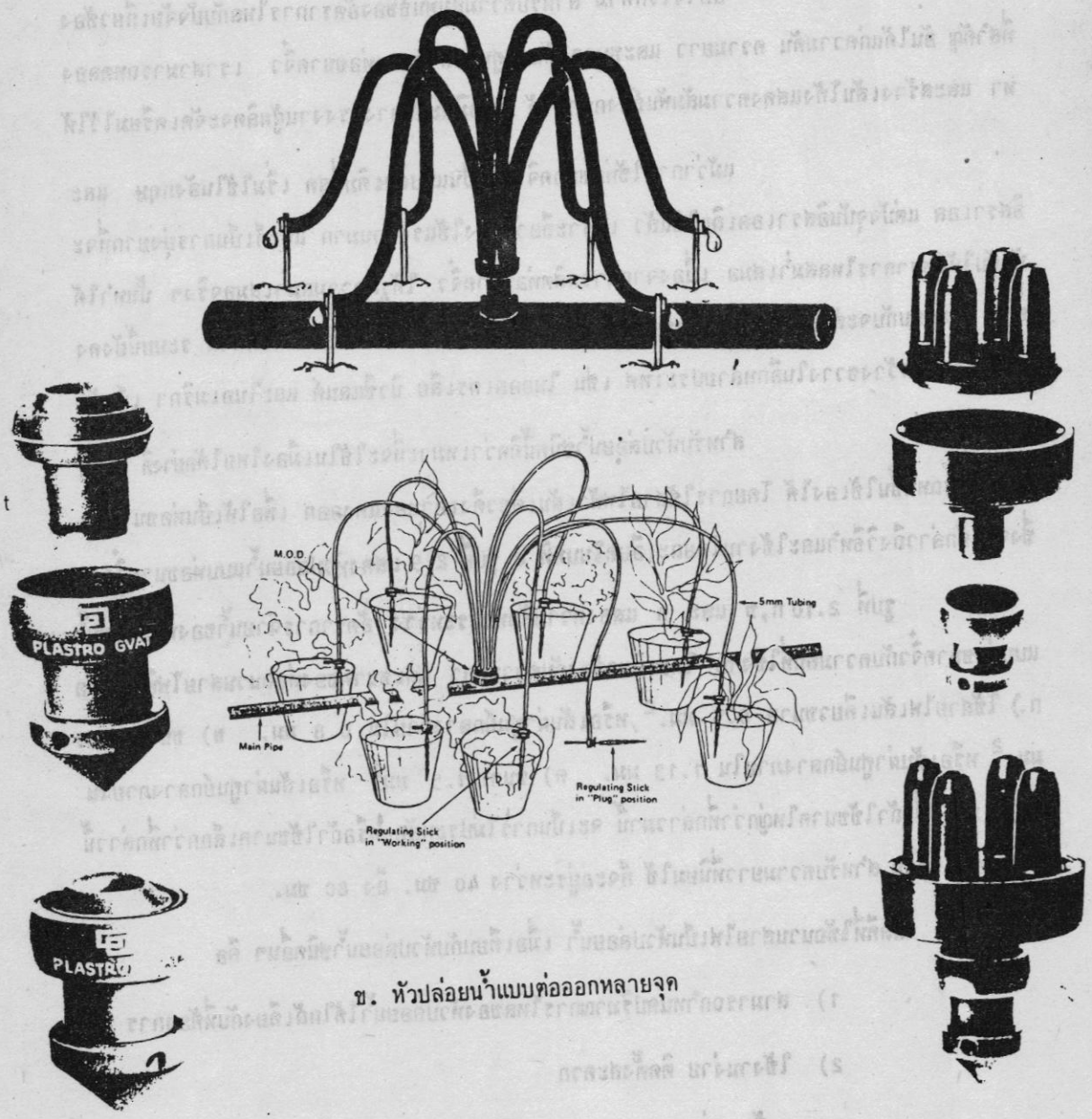
รูปที่ 2.6 หัวปล่อยน้ำแบบทางไหลยาวและคดเคี้ยวไปมา

ข. <u>หัวปล่อยน้ำแบบรูเล็กๆ</u> ให้น้ำไหลเข้าทางด้านข้าง และเป็นแบบให้น้ำไหลวน ซึ่งเป็นการช่วยลดความดันน้ำลงได้อย่างมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ก. นอกจากนี้อาจจะต่อท่อขนาดเล็ก จากหัวปล่อยน้ำแบบรู เพื่อกระจายน้ำไปหลายจุด ก็จะช่วยลดความดันลงไปได้อีก ดังในรูปที่ 2.7 ข. หัวประเภทนี้มักจะกำหนดอัตราการไหลไว้แน่นอนว่ามีค่าเท่าใดเช่นกัน โดยมีความดันที่กำหนดให้เช่น ที่นิยมใช้กันมากจะมีอัตรา 2-4 ลิตร/ชม. โดยใช้ความดัน 15 ปอนด์/ตร.นิ้ว เป็นต้น

ค. <u>หัวปล่อยน้ำแบบปรับชดเชยความดันได้เอง</u> หัวชนิดนี้จะกำหนดให้มีอัตราการไหลที่คงที่ หรือเปลี่ยนแปลงก็ไม่มากนัก เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงที่กำหนด ซึ่งมีช่วงกว้างพอสมควร หัวชนิดนี้ถือว่าเป็นแบบที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ก็มีราคาแพงกว่าแบบอื่นๆ (ประมาณ 5-20 บาทต่อหัว) โดยที่หัวปล่อยน้ำชนิดนี้ ภายในหัวจะมีแผ่นยางที่ยืดหยุ่นได้ และมีรูให้น้ำผ่าน เมื่อที่หัวปล่อยน้ำมีความดันสูง แผ่นยางนี้จะโค้งตัวขึ้น ทำให้ขนาดของรูที่จะให้น้ำออกเล็กลง โดยมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำที่กำหนด ดังในรูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างหัวปล่อยน้ำชนิดนี้ และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่เปลี่ยนแปลง กับอัตราการไหลของน้ำที่หัว

ง. <u>หัวปล่อยน้ำแบบท่อขนาดจิ๋ว</u> (Microtube) เป็นแบบที่ถือว่าผลิตขึ้นมาใช้ก่อนแบบอื่น เป็นหัวปล่อยน้ำที่จัดว่ามีราคาถูกและทำได้ง่าย คือใช้ท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กมาก ทำด้วยวัสดุพวก โพลีอีทีลีน หรือ พีวีซีสีดำ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.5 มม. ถึง 1.5 มม. แต่ถ้าจะใช้ให้มีประสิทธิภาพ จะต้องมีการคำนวณออกแบบเป็นพิเศษ

ปัจจัยที่ทำให้อัตราการไหลของน้ำจากท่อขนาดจิ๋ว จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความดันของน้ำ ความยาวของท่อขนาดจิ๋ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน และอุณหภูมิของน้ำ คือ ถ้าใช้ท่อยาวขึ้นก็จะไหลน้อยลง ความดันเพิ่มขึ้นน้ำก็จะไหลมากขึ้น เส้นผ่าศูนย์กลางเล็กน้ำก็ไหลน้อย เป็นต้น นอกจากนี้ถ้าอัตราการไหลของน้ำเป็นแบบไหลเอื่อยๆ ทีละน้อยๆ คือประมาณน้อยกว่า 6 ลิตรต่อชม. กรณีเช่นนี้ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ จะมีผลทำให้อัตราการไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงได้เช่น อัตราการไหลจะเพิ่มขึ้น 1.4% ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1°C แต่ก็ยังโชคดีที่ความคลาดเคลื่อนของอัตราการไหลที่เกิดจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง จะสอดคล้องกับความต้องการน้ำของพืช คือ ขณะที่อากาศเย็นมากๆ อัตราการไหลจะลดน้อยลง ซึ่งช่วงนั้นพืชก็ต้องการน้ำน้อย และถ้าอากาศร้อนขึ้นมาก อัตราการไหลก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งพืชก็ต้องการน้ำเพิ่มขึ้นเช่นกัน



ข. หัวปล่อยน้ำแบบต่อออกหลายจุด

รูปที่ 2.7 ก. หัวปล่อยน้ำแบบน้ำไหลเข้าด้านข้างแบบน้ำวน

อย่างไรก็ตาม สำหรับความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับปัจจัยเกี่ยวข้องที่สำคัญ อันได้แก่ความดัน ความยาว และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนาดจิ๋ว เราสามารถทดลองหา และสร้างเส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ หรือมิฉะนั้นทางโรงงานผู้ผลิตจะจัดเตรียมไว้ให้

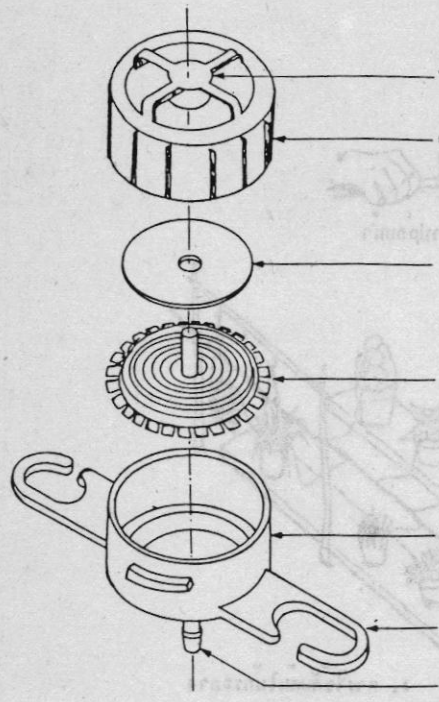
แม้ว่าการใช้ท่อขนาดจิ๋วจะเป็นแบบดั้งเดิมที่สุด เริ่มใช้ในอังกฤษ และอิสราเอล แต่ปัจจุบันอิสราเอลเลิกใช้แล้ว เพราะถือว่าต้องใช้แรงงานมาก และก็เป็นการยุ่งยากที่จะบังคับให้อัตราการไหลสม่ำเสมอ เนื่องจากการผลิตท่อขนาดจิ๋ว ให้รูมีความสม่ำเสมอจริงๆ นั้นทำได้ยาก ประกอบกับจะต้องมีการวัดระดับของพื้นที่ประกอบการคำนวณด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ระบบนี้ยังคงมีใช้กันอย่างกว้างขวางในอีกหลายประเทศ เช่น ในออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และในอเมริกา เป็นต้น

สำหรับหัวปล่อยน้ำชนิดนี้คิดว่าเหมาะที่จะใช้ในเมืองไทยได้อย่างดี เกษตรกรสามารถทำขึ้นใช้เองได้ โดยการใช้สายไฟฟ้าเส้นเดียวดึงเอาทองแดงออก เพื่อให้เป็นท่อขนาดจิ๋ว ซึ่งจะได้กล่าวถึงวิธีทำและใช้งานโดยละเอียดในบทที่ 8 รูปที่ 2.9 แสดงหัวปล่อยน้ำแบบท่อขนาดจิ๋ว

รูปที่ 2.10 ก,ข และ ค แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำแบบท่อขนาดจิ๋วกับความดันที่ใช้งาน โดยเกี่ยวข้องกับความยาว และขนาดของท่อฉนวนสายไฟที่ใช้ คือ ก.) ใช้สายไฟเส้นเดียวขนาด 0.5 มม.^{2} หรือเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.8 มม. ข) ขนาด 1.0 มม.^{2} หรือเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.13 มม. ค) ขนาด 1.5 มม.^{2} หรือเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.38 มม. ซึ่งถ้าใช้ขนาดใหญ่กว่าที่กล่าวมานี้ จะเป็นการไม่ประหยัด หรือถ้าใช้ขนาดเล็กกว่าที่กล่าวนี้ก็จะอุดตันได้ง่าย สำหรับความยาวที่นิยมใช้ ก็จะอยู่ระหว่าง 40 ซม. ถึง 80 ซม.

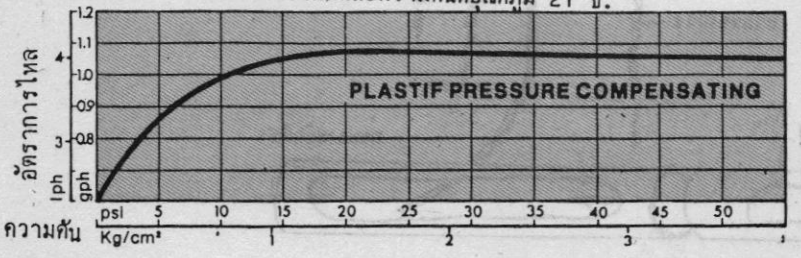
ผลดีที่ใช้ฉนวนสายไฟเป็นหัวปล่อยน้ำ เมื่อเทียบกับหัวปล่อยน้ำชนิดอื่นๆ คือ

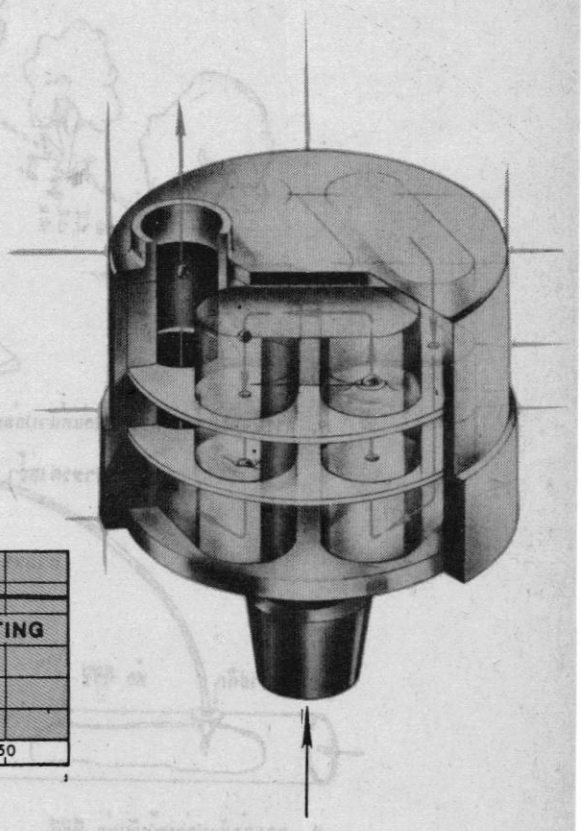
1) สามารถกำหนดปริมาณการไหลของหัวปล่อยน้ำได้ใกล้เคียงกับที่ต้องการ
2) ใช้งานง่าย ติดตั้งสะดวก
3) หาซื้อได้ทั่วไป
4) มีให้เลือกหลายขนาด
5) เกษตรกรสามารถทำและติดตั้งเองได้



หัวปล่อยน้ำแบบชดเชยความดันในตัว

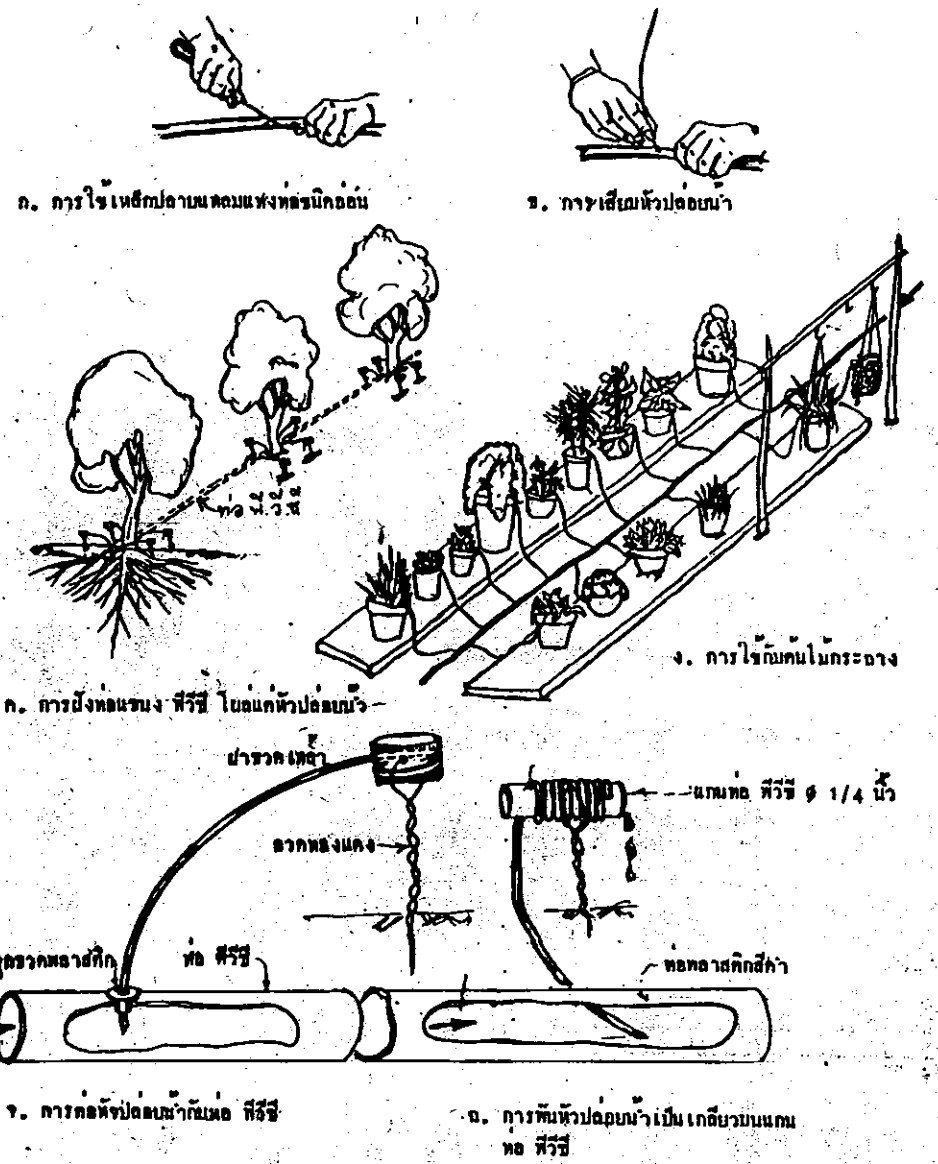
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความดันที่อุณหภูมิ 21° ซ.



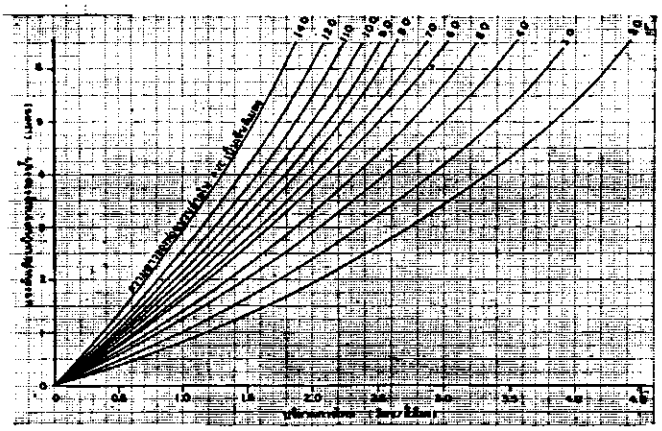


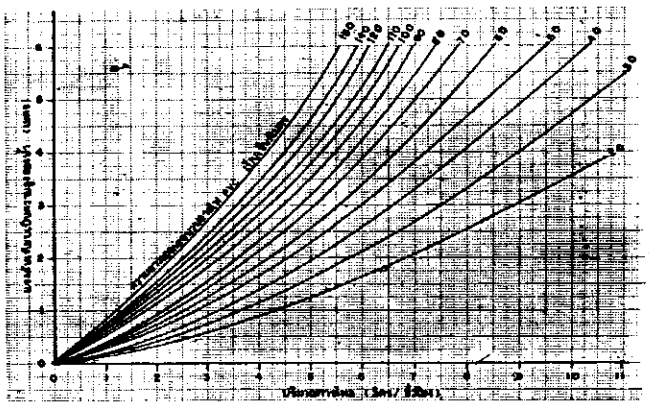
หัวปล่อยน้ำที่มีแผ่นยางที่ขยายตัวได้อยู่ภายใน

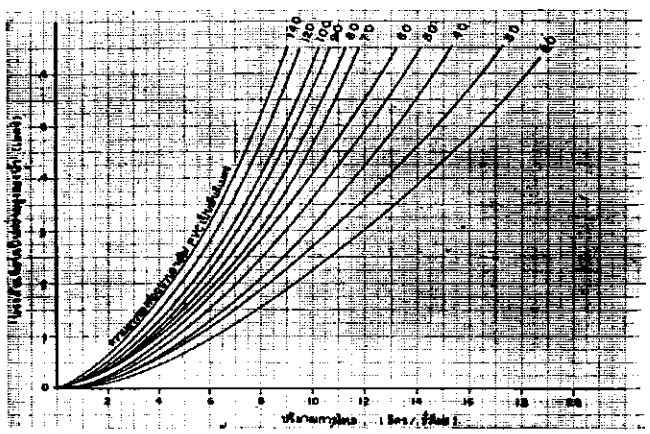
รูปที่ 2.8 หัวปล่อยน้ำชนิดปรับชดเชยความดันได้เอง



รูปที่ 2.9 หัวปล่อยน้ำแบบท่อขนาดจิ๋ว







รูปที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเฮด ความยาว ขนาดท่อ และอัตรา-การไหลของน้ำ ขนาดท่อ 0.8 มม., 1.13 มม. และ 1.38 มม.

6) สามารถนำสายไฟที่ไม่ใช้หรือเศษสายไฟมาใช้ได้

7) ราคาไม่แพงและไม่อุดตันง่าย เมื่อเทียบกับหัวชนิดอื่นๆ

8) สามารถเพิ่มจำนวนหัวได้โดยสะดวก เมื่อต้นไม้มีขนาดใหญ่ขึ้น

9) ใช้ได้กับท่อแขนงที่เป็น พี.วี.ซี. พลาสติกหรือสายยางก็ได้

10) สามารถใช้กับระบบฝังใต้ดินก็ได้

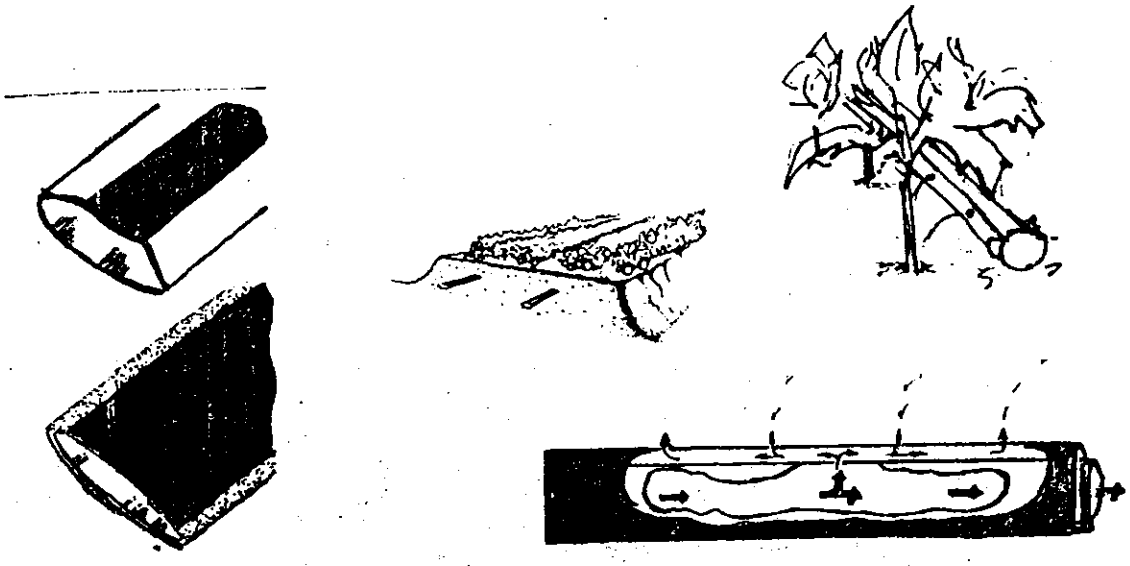
11) ไม่จำเป็นต้องเก็บเมื่อถึงฤดูฝน

12) สามารถกระจายน้ำได้มากจุด จากท่อแขนงสายเดียว

13) เป็นระบบที่ใช้แรงดันของน้ำต่ำ

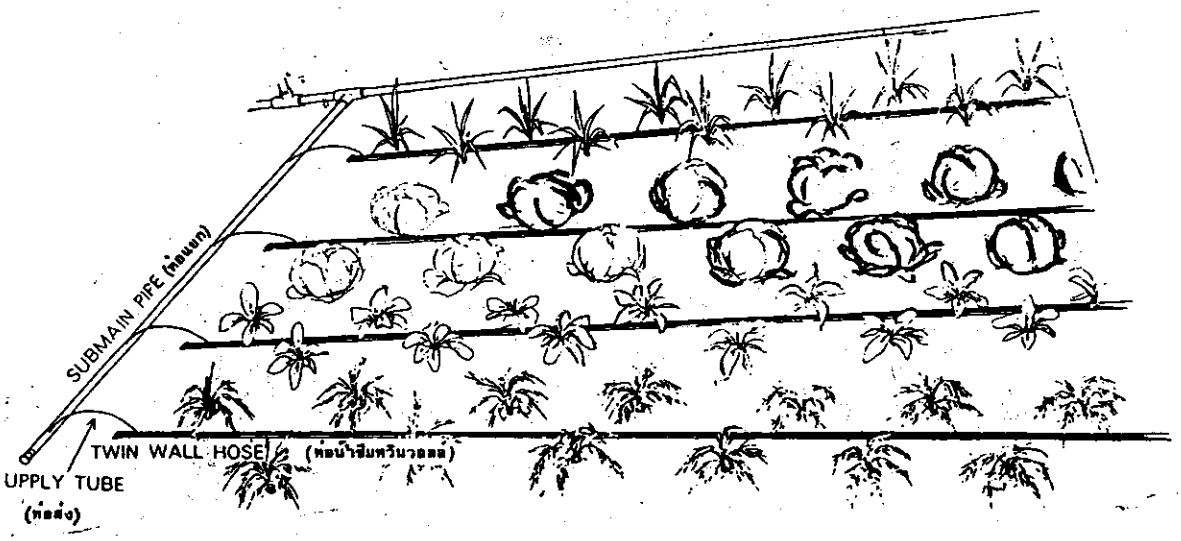
14) เมื่อไม่ต้องการใช้หัวปล่อยน้ำอันไหน ก็สามารถอุดไม่ให้น้ำไหลได้ โดยใช้เศษลวดทองแดงอุดที่ปลายหัว

3. <u>ประเภทน้ำซึมหรือไหลออกจากผนังท่อแขนง</u> ไม่ต้องมีหัวปล่อยน้ำบังคับ ความดันของน้ำจะลดลงในขณะที่น้ำซึม หรือหยดออกมาตามรูที่เจาะเล็กๆ หรือรูพรุนตามผนังซึ่งทำจากวัสดุพิเศษที่ให้น้ำซึมได้ ดังในรูปที่ 2.11 ท่อชนิดนี้ใช้ได้ทั้งวางบนผิวดินและฝังใต้ผิวดิน นิยมใช้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวชิดๆ กัน เช่นพวกผัก มะเขือเทศ และหน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น สำหรับท่อประเภทนี้ใช้แบบเจาะรูเล็กๆ มักจะมีเป็นท่อสองชั้น ดังในรูปที่ 2.11 ข. น้ำจะไหลเข้าไปในท่อหลัก คือท่อชั้นในและไหลออกมายังท่อชั้นนอก ส่วนของท่อหลักจะทำหน้าที่คล้ายเป็นท่อแขนง ซึ่งในท่อหลักนี้ น้ำจะไหลด้วยความดันสูงกว่าท่อชั้นนอก รูเล็กๆ ที่เจาะด้านในจะเป็นทางให้น้ำไหลออกจากท่อหลักไปยังท่อชั้นนอกได้ ท่อชั้นนอกจะมีจำนวนรูที่เจาะมากกว่าจำนวนรูในท่อหลักประมาณ 4 ถึง 8 เท่า ของจำนวนรูในท่อหลัก รูที่ท่อชั้นนอกจะเจาะให้มีระยะห่างตามที่เราต้องการ และน้ำไหลออกด้วยความดันที่น้อยกว่าท่อชั้นในมาก รูของท่อชั้นในจะทำหน้าที่เป็นตัวลดความดันของน้ำ ส่วนรูของท่อชั้นนอกจะเป็นตัวจ่ายน้ำให้แก่พืช ฉะนั้นก่อนจะซื้อควรเลือกระยะห่างของรูให้เหมาะสมกับพืชที่จะปลูก ข้อดีของท่อชนิดนี้ จะทำให้น้ำไหลออกมาสม่ำเสมอติดต่อกัน ถึงแม้บางรูของผนังท่อด้านในอาจจะอุดตัน ระยะห่างของรูด้านนอกที่นิยมใช้กันคือ 30, 50 ซม. และ 1.0 ม. โดยจ่ายน้ำได้ 2 ลิตร/ซม./ช่วงความยาวของท่อ 1 ม. ด้วยความดันเพียง 10 ปอนด์/ตร.นิ้ว หรือเฮดของน้ำ 6 ม. ความยาวของท่อแต่ละสายควรจะจำกัดอยู่ระหว่าง 100 ถึง 120 ม. เป็นต้น ท่อชนิดนี้ถ้าขนาด $\frac{1}{2}$" - $\frac{3}{4}$" ราคาประมาณเมตรละ 15-20 บาท



ก. แบบท่อน้ำซึมที่ผนัง

ข. แบบท่อสองชั้น



รูปที่ 2.11 ท่อน้ำซึมและท่อสองชั้นเจาะรูให้น้ำไหล

คำถามทบทวนท้ายบท

2.1 องค์ประกอบของระบบชลประทานที่สำคัญมีอะไรบ้าง เขียนรูประบบประกอบโดยสังเขป

2.2 ระบบชลประทานแบบหยดแบ่งได้เป็นกี่ชนิด อะไรบ้าง

2.3 คุณลักษณะของหัวปล่อยน้ำที่ดีมีอะไรบ้าง

2.4 หัวปล่อยน้ำพอจะแบ่งแยกได้เป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง

2.5 หัวปล่อยน้ำที่เป็นท่อขนาดจิ๋วที่ใช้ฉนวนสายไฟมีข้อดีอะไรบ้าง เมื่อเทียบกับหัวปล่อยน้ำแบบอื่นๆ

การให้น้ำแบบหยดกับต้นมะเขือเทศแปลงทดลอง ที่ ม. เกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ใช้ท่อขนาดจิ๋วพันรอบท่อ

บทที่ 3

ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการออกแบบ

การออกแบบระบบการชลประทานแบบหยดนั้น จำเป็นต้องใช้ข้อมูลประกอบหลายด้าน ทั้งด้านดิน ด้านพืช และด้านน้ำ ด้านดินจำเป็นต้องทราบลักษณะการกระจายความชื้นว่า แพร่ได้กว้างมากน้อยเพียงใด เพื่อจะได้กำหนดจำนวนหัวปล่อยน้ำที่จะใช้ต่อต้น มิฉะนั้นอาจจะทำให้ต้องใช้หัวปล่อยน้ำมากหรือน้อยเกินไป ควรจะรู้ความสามารถในการอุ้มน้ำได้ของดิน ถึงแม้จะเป็นการให้น้ำแก่รากพืชโดยตรงก็จริง แต่ก็ไม่ได้หมายความว่า ขณะที่ให้น้ำแก่พืชนั้น พืชใช้ได้ทันทั้งหมดตลอดเวลา ความจริงแล้วต้องอาศัยดินเป็นตัวเก็บความชื้นไว้ให้พืชใช้ตอนที่หยุดการให้น้ำด้วยเช่นกัน สำหรับพืชจำเป็นต้องทราบปริมาณการใช้น้ำในช่วงต่างๆ และช่วงการใช้น้ำสูงสุด และเรื่องเกี่ยวกับน้ำจำเป็นต้องทราบปริมาณน้ำที่ต้องใช้ทั้งหมด เพื่อพิจารณาว่าเรามีแหล่งน้ำพอเพียงตลอดเวลาหรือไม่ ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้นับว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต้องรู้ในเบื้องต้น เพื่อใช้ประกอบในการออกแบบ

3.1 การแพร่กระจายของน้ำในดินที่ได้จากหัวปล่อยน้ำ

ตามปกติการชลประทานแบบหยด จะให้น้ำเปียกพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดเพียงบางส่วนเท่านั้น จะมีพื้นที่เปียกมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับอัตราการไหล ระยะห่าง และจำนวนหัวปล่อยน้ำที่ใช้ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของดิน และระยะเวลาในการให้น้ำแต่ละครั้ง โดยทั่วไปพื้นที่เปียกน้ำที่สังเกตุเห็นที่ผิวดินจะเล็กกว่าที่ซึมลงไปใต้ผิวดินเล็กน้อย ตามรูปแบบการซึมทั่วๆ ไปคล้ายรูปกระเปาะ ขึ้นอยู่กับชนิดของดิน เช่น ดินเนื้อละเอียด รูปแบบการซึมจะออกทางด้านราบมากกว่าด้านลึก แต่ถ้าเป็นดินเนื้อหยาบการซึมจะลงลึกมากกว่า การขยายแพร่ออกทางด้านราบ หรือถ้าเป็นดินเนื้อปานกลาง การซึมทางด้านราบและด้านลึกจะพอๆ กัน

เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำเทียบกับพื้นที่ทั้งหมด (Pw) เป็นการบอกให้ทราบว่า มีพื้นที่ที่เปียกน้ำหรือได้รับน้ำโดยหัวปล่อยน้ำทั้งหมด เทียบเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด หรือใช้อาณาเขตต้นพืชนั้น (Ap) คือ ระยะระหว่างต้นคูณด้วยระยะระหว่างแถว หรือถ้าพิจารณาเพียงพืชต้นเดียวในขณะนั้น ก็อาจใช้อาณาเขตพื้นที่ของรากพืช (Ac) และควรใช้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่เปียกน้ำที่ระดับความลึก 15 ถึง 20 ซม. ใต้หัวปล่อยน้ำ

$$Pw = \frac{Aw}{Ap} \times 100 \quad \text{เปอร์เซ็นต์.....3.1}$$

ในเมื่อ

Pw = เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำของหัวปล่อยน้ำเทียบกับพื้นที่ทั้งหมด

Aw = พื้นที่เปียกน้ำที่ได้รับจากหัวปล่อยน้ำทั้งหมดต่อต้น ตร.เมตร

Ap = พื้นที่อาณาเขตต้นพืช (ระยะระหว่างต้น×ระยะระหว่างแถว)ตร.เมตร

หรือถ้าพิจารณาเพียงต้นเดียวขณะนั้นก็อาจใช้เฉพาะอาณาเขตพื้นที่รากพืชก็ได้ (Ac) ก็คือพื้นที่ใต้ทรงพุ่มนั่นเอง

การกำหนดค่า Pw ว่าควรจะใช้เท่าใดจึงจะเหมาะสมนั้น ยังไม่มีการกำหนดกันเป็นที่แน่นอน

อย่างไรก็ตาม สิ่งหนึ่งที่พอสรุปได้ว่า การออกแบบถ้ากำหนดให้มีค่า Pw สูงๆ น้ำก็จะเก็บอยู่ในเขตรากได้มาก รวมทั้งการใช้ปุ๋ยของพืชในดินก็จะมากกว่าด้วย ซึ่งค่า Pw ที่ยอมให้ใช้ได้น้อยที่สุดยังไม่มีการระบุอย่างแท้จริง แต่จากการทดลองในต่างประเทศ สำหรับต้นส้ม ใช้ค่า Pw = 25% ก็ยังเจริญเติบโตได้อย่างสม่ำเสมอและมีผลผลิตดีพอสมควร และมีการแนะนำว่า ค่า (Pw) ที่ใช้ออกแบบนั้นควรมีพื้นที่เปียกน้ำอย่างน้อยที่สุดหนึ่งในสาม และอย่างมากก็ครึ่งหนึ่งของพื้นที่ทั้งหมดในอาณาเขตต้นพืชก็พอเพียงแล้ว ($33\% \leq Pw \leq 50\%$) โดยเฉพาะสำหรับพืชที่ปลูกระยะห่างๆ กัน ควรใช้ค่า Pw ไม่เกิน 50% เพราะว่าข้อได้เปรียบอันหนึ่งของการชลประทานแบบหยดก็คือ มันจะช่วยรักษาพื้นที่บางส่วนระหว่างแถวของต้นพืชให้แห้ง เพื่อช่วยลดการสูญเสียน้ำที่เกิดจากการระเหย และช่วยลดการเจริญเติบโตของวัชพืช ตลอดจนเป็นการประหยัดเงินค่าลงทุน ถ้าใช้เปอร์เซ็นต์เปียกที่น้อยก็คือจำนวนหัวปล่อยน้ำที่จะใช้ต่อต้น ก็จะน้อยตามลงไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามเพื่อความปลอดภัยในการออกแบบ ขอแนะนำให้ใช้ค่าอย่างน้อย 60% คือให้พื้นที่เปียกน้ำอย่างน้อย 60% ของพื้นที่ใต้เขตพุ่มใบเมื่อพืชโตเต็มที่ เผื่อว่าหัวปล่อยน้ำบางหัวเกิดการไหลไม่สะดวก แต่ไม่ถึงกับต้นที่เดียว ซึ่งบางครั้งเราไม่สังเกตุ อาจทำให้ระบบรากใช้น้ำหรือดูดอาหารไม่พอเพียงก็ได้ ค่านี้จะใช้เป็นตัวเลขสำหรับการคำนวณพื้นที่ให้น้ำเปียก และจำนวนหัวปล่อยน้ำน้อยที่สุดที่จำเป็นต้องใช้ต่อต้น

<u>พื้นที่เปียกน้ำ</u> (Aw) พื้นที่เปียกน้ำต่อ 1 หัวปล่อยน้ำคิดตามแนวพื้นราบที่ต่ำจากผิวดินประมาณ 20 ซม. ค่านี้จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ ระยะเวลาให้น้ำ เนื้อดิน โครงสร้างของดิน และความลาดเทของพื้นที่ ปกติแล้วดินก็มีความผันแปรมาก การใช้ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับการประเมินค่า Aw นั้น ทำได้ค่อนข้างยุ่งยาก

สำหรับการกำหนดระยะขอบเปียกของดิน จากจุดที่จ่ายน้ำไปยังขอบนอกของความเปียก สามารถที่จะประมาณได้โดยการใช้ความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งเกี่ยวข้องกับเวลาการให้น้ำ และอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ ดังสมการคือ

$$X = a(Ta)^n \quad \text{.....(3-2)}$$

$$Y = b(Ta)^m \quad \text{.....(3-3)}$$

ในเมื่อ

X และ Y = ระยะในแนวราบและแนวดิ่งไปยังขอบเปียก (Wetting front) ตามลำดับ

Ta = ระยะเวลาที่ให้น้ำ ชม.

a,b,n และ m = ค่าคงที่เฉพาะที่ได้จากการทดลอง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของดินและจำนวนน้ำที่ให้

<u>วิธีการตรวจสอบการแพร่กระจายของพื้นที่เปียกน้ำในแปลง</u>

การหาค่า Aw สำหรับการออกแบบการให้น้ำแบบหยด สมการ 3-2 และ 3-3 สามารถที่จะใช้ประโยชน์เป็นแนวทาง สำหรับเป็นส่วนประกอบกับข้อมูลในสนาม การทดสอบในสนามดำเนินการโดยให้หัวปล่อยน้ำทำงานที่ตำแหน่งที่พอจะใช้เป็นตัวแทนได้สัก 2-3 แห่งในแปลง การพิจารณาและการตรวจสอบผลลัพธ์ของรูปแบบการเปียก อัตราการไหลและเวลาการให้น้ำที่ใช้ระหว่างช่วงการทดลองควรจะให้คล้ายกับค่าที่จะใช้ในการออกแบบจริงๆ

รายการอุปกรณ์เครื่องมือเท่าที่จำเป็นใช้ในการทดสอบในสนามคือ

1) ถังน้ำขนาดความจุ 100-200 ลิตร (ใช้ถังน้ำมันก็ได้) ซึ่งติดตั้งที่ควบคุมระดับน้ำเข้ามาในถัง ให้มีระดับคงที่ด้วยวาล์วลูกลอย

2) ขาตั้งถังสูงประมาณ 1.50 เมตร

3) ท่อน้ำพีอีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 14 หรือ 18 มม. ยาวประมาณ 10 เมตร หรือมากกว่า

4) ติดตั้งหัวปล่อยน้ำ ให้มีระยะห่างกันทุกๆ 2 เมตร หัวปล่อยน้ำควรจะจัดให้ที่มีอัตราการไหลมากอยู่ใกล้ถัง มีอัตราการไหลน้อยให้อยู่ไกลออกไปตามลำดับ และควรจะมีช่วงอัตราการไหลที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับอัตราการไหลที่ออกแบบ (qa)

โดยปกติมักจะใช้ท่อขนาดจิ๋ว (Microtube) เป็นหัวปล่อยน้ำ เนื่องจากสามารถจัดให้มีอัตราการไหลที่แตกต่างกันได้ตามต้องการ ด้วยการใช้ความยาวที่แตกต่างกัน

5) กระบอกตวง 100 ซีซี.

6) นาฬิกาจับเวลาที่มีเข็มวินาที

7) พั่วหรือที่เจาะดิน

จำนวนน้ำที่จะจ่ายให้นี้หาได้โดยการพิจารณาจากความลึกของเขตราก ความชื้นของดิน ขณะเริ่มทำงานทดลองจนถึงมีความชื้นที่จุดความชื้นชลประทาน (Field capacity)

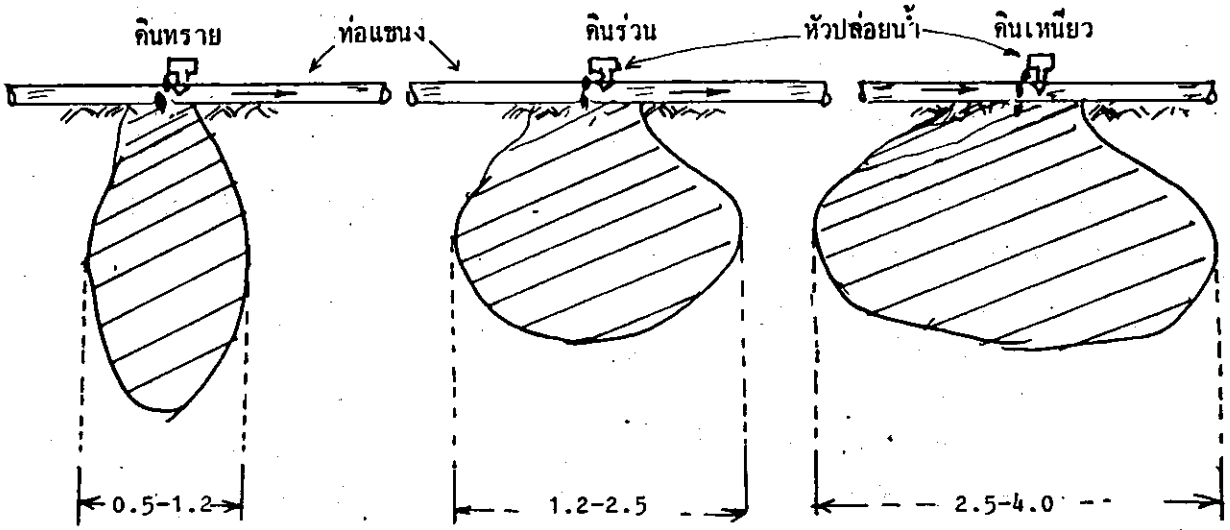
พอได้จำนวนน้ำที่จ่ายออกมาพอกับความต้องการก็ปิดหัวปล่อยน้ำนั้นเสีย การทดลองก็จะดำเนินการคล้ายๆ กันนี้ สำหรับหัวจ่ายน้ำที่จ่ายด้วยอัตราการไหลที่แตกต่างกันออกไป

หลังจากนั้นประมาณ 1 วัน ก็มาทำการตรวจวัดรูปแบบของการซึม สำหรับปริมาตรน้ำจำนวนต่างๆ ที่จ่ายให้ โดยการเจาะสำรวจดินดู หรือจะใช้เครื่องวัดความชื้น ก็จะทราบค่าต่างๆ ได้

หลักการที่น้ำแพร่กระจายไหลซึมลงในชั้นดินใต้หัวปล่อยน้ำนั้น พอจะอธิบายได้เป็นสามสภาวะคือ เขตช่วงต่อเนื่อง (Transition zone) คือส่วนที่เป็นชั้นดินตอนผิวบนของดินที่สัมผัสกับน้ำ ดินค่อนข้างจะอิ่มน้ำ มีอากาศน้อย เป็นบริเวณที่อยู่ใต้หรือใกล้หัวปล่อยน้ำ เขตเริ่มเปียก (Wetting zone) คือส่วนที่กำลังได้รับน้ำจากเขตส่งผ่าน ความชื้นในดินส่วนนี้จะอยู่ระหว่างความชื้นของดินเดิมในเขตส่งผ่าน ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีรากเกิดขึ้นอย่างหนาแน่นอยู่ในเขตนี้ ความชื้นในเขตนี้แพร่กระจายด้วยแรงดูดซับและแรงดึงดูดของโลกเป็นสำคัญ ความชื้นจะลดลงตามระยะห่างจากหัวปล่อยน้ำ และมีอากาศถ่ายเทดี และสุดท้าย เขตแนวเปียกน้ำ (Wetting front) คือแนวเขตที่ความชื้นในเขตเริ่มเปียกแผ่ไปถึง แนวเปียกน้ำนี้จะมองเห็นได้ชัด ถ้าดินเดิมนั้นแห้งมาก

การทดลองเช่นนี้ รูปแบบความชื้นที่แผ่ออกไปทั้งทางราบและทางลึกก็สามารถแสดงให้เห็นได้ ถึงแม้จะเป็นดินที่ไม่ใช่เนื้อเดียวกันตลอด หรือดินที่เป็นชั้นๆ ก็ตาม สำหรับดินเนื้อเดียวกันที่เป็นเนื้อละเอียด ขอบเปียกในแนวราบและแนวดิ่งจะเคลื่อนด้วยอัตราที่ใกล้เคียงกัน หรือแนวราบจะกว้างกว่าแนวดิ่ง เนื่องจากการแพร่กระจายความชื้นนี้เกิดจากแรงดูดซับของดินเนื้อละเอียด ช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะเล็กมาก จะเกิดแรงดึงผิวมาก ดูดน้ำให้มีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องกัน ในช่องว่างสั้นๆ ระหว่างเม็ดดินนั้น

ในดินเนื้อหยาบจะมีช่องว่างขนาดใหญ่กว่า ระยะห่างระหว่างเม็ดดินจะมาก น้ำจะซึมลงในแนวดิ่งได้ดี แต่เคลื่อนที่ไปทางด้านข้างได้น้อยกว่า เนื่องจากช่องว่างแต่ละช่องอยู่ห่างกัน แรงดูดซับส่งไปไม่ค่อยถึง จึงทำให้น้ำเคลื่อนที่ลงทางแนวดิ่งมากกว่าแนวราบ เช่น รูปที่ 3.1 แสดงชนิดของดินสัมพันธ์กับรูปแบบของการเปียกจากหัวปล่อยน้ำ



รูปที่ 3.1 ชนิดของดินสัมพันธ์กับรูปแบบของการเปียก

และตารางที่ 3.1 ซึ่งแสดงพื้นที่เปียกน้ำโดยประมาณใต้หัวปล่อยน้ำในดินชนิดต่างๆ ด้วยอัตราการให้น้ำ 4 ลิตร/ชม. ซึ่งค่าที่ให้ในตารางนี้ค่อนข้างมีช่วงกว้าง ถ้าไม่แน่ใจอาจจะเลือกใช้ค่าพื้นที่น้อยไว้ก่อน แต่ทางที่ดีที่สุดในการหาพื้นที่เปียกน้ำ ให้ทดลองจริงๆ ในพื้นที่นั้นๆ จะได้ค่าที่ใกล้เคียงความจริงมากขึ้น

ตารางที่ 3.1 พื้นที่เปียกน้ำที่ควบคุมโดยหัวปล่อยน้ำ ซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำ 4 ลิตรต่อชั่วโมง

ชนิดดิน	เส้นผ่าศูนย์กลางเปียกน้ำ (เมตร)	พื้นที่เปียกน้ำ (ตร.เมตร)
ดินทรายจัด	0.50 - 1.00	0.2 - 0.8
ดินร่วนปนทราย	1.00 - 1.40	0.8 - 1.5
ดินร่วน	1.40 - 2.30	1.5 - 4.50
ดินร่วนปนดินเหนียว	2.30 - 3.20	4.50- 8.0
ดินเหนียว	3.20 - 4.00	8.0 - 12.0

3.2 <u>จำนวนหัวปล่อยน้ำที่ใช้ได้น้อยที่สุดต่อต้นพืช</u>

สิ่งสำคัญในการพิจารณาออกแบบระบบชลประทานแบบหยดอย่างหนึ่งก็คือ สำหรับพืชที่ปลูกห่างกัน ควรกำหนดค่า Pw อย่างน้อย 60% และสำหรับพืชที่ปลูกชิดกัน ควรจะพิจารณาให้เปียกทั้งหมดในเขตราก (Pw = 100%)

การพิจารณาว่าจะใช้จำนวนกี่หัวต่อต้นนั้น จะต้องทราบค่าความสามารถในการกระจายน้ำว่า แต่ละหัวจะสามารถคุมพื้นที่เปียกน้ำได้มากที่สุดเท่าไร ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างดังได้กล่าวมาแล้ว และวิธีที่ดีที่สุดและถูกต้องที่สุด ต้องทำการทดลองจริงๆ ในพื้นที่ที่จะออกแบบในแปลงนั้นๆ แต่ถ้าไม่ได้ทดลองก็อาจจะใช้ตัวเลขที่มีผู้ทดลองไว้เป็นแนวทางได้ดังตารางที่ 3.1 และนำมาเป็นข้อมูลในการคำนวณหาจำนวนหัวปล่อยน้ำน้อยที่สุดต่อต้นพืชก็ได้ ดังสมการ

$$e = \frac{Ap \times Pw}{100 \times Aw} \qquad \text{.....(3.4)}$$

เมื่อ

e = จำนวนหัวปล่อยน้ำน้อยที่สุดต่อต้น หัว

Ap = พื้นที่อาณาเขตต้นพืช ตร.เมตร

(ถ้าพิจารณาต้นเดียวให้ใช้พื้นที่ใต้พุ่มใบ แต่ถ้าพิจารณาเต็มพื้นที่ควรใช้ระยะห่างระหว่างต้น $\times$ ระยะห่างระหว่างแถว)

Pw = เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำที่กำหนด เปอร์เซ็นต์

Aw = พื้นที่เปียกน้ำต่อหัวปล่อยน้ำ ตร.เมตรต่อหัว

<u>ตัวอย่างที่</u> 3.1

พืชที่ปลูกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของพุ่มใบสูงสุด 5 เมตร ปลูกในดินร่วน และต้องการให้น้ำเปียก 60% ของพื้นที่พุ่มใบ จะต้องใช้หัวปล่อยน้ำอย่างน้อยที่สุดกี่หัว

<u>วิธีทำ</u>

<u>จากข้อมูลที่ทราบ</u>

1. พื้นที่เขตพุ่มใบของพืช (Ap) $= \frac{\pi}{4} \times (\text{เส้นผ่าศูนย์กลางของพุ่มใบ})^2$

$= 0.785 \times 5 \times 5 = 19.6$ ตร.เมตร

2. เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำ (Pw) = 60%

3. พื้นที่เปียกน้ำต่อหัวปล่อยน้ำ (Aw)= 3 ตร.เมตร/หัว
(จากค่าเฉลี่ยตารางที่ 3.1)

คำนวณจากสมการ 3.4 แทนค่า

$$e = \frac{19.6 \times 60}{100 \times 3} = 3.9 \text{ หัว}$$

ใช้หัวปล่อยน้ำอย่างน้อย 4 หัวต่อต้น ถ้าจำนวนหัวที่คำนวณออกมาได้มีค่าไม่ลงตัว ให้คิดเป็นจำนวนเต็ม โดยถ้ามากกว่า 0.4 ให้คิดเพิ่มเป็นอีก 1 หัว อย่างไรก็ตามสำหรับจำนวนหัวปล่อยน้ำที่จำเป็นต้องใช้จริงๆ นั้น อาจจะต้องคำนวณจากปริมาณน้ำที่จะต้องให้ต้นพืชแต่ละครั้ง และอัตราของหัวปล่อยน้ำแต่ละหัวว่าจำนวนพอเพียงหรือเปล่าด้วย ซึ่งเรื่องนี้จะกล่าวถึงอีกครั้งในตอนคำนวณออกแบบระบบ เช่น ต้องการให้น้ำพืชด้วยอัตราครั้งละ 20 ลิตร/ชม. โดยหัวมีอัตราการไหล 4 ลิตร/ชม.

∴ จำนวนหัวที่จะต้องใช้ต่อต้น $= \frac{20}{4} = 5$ หัว เป็นต้น

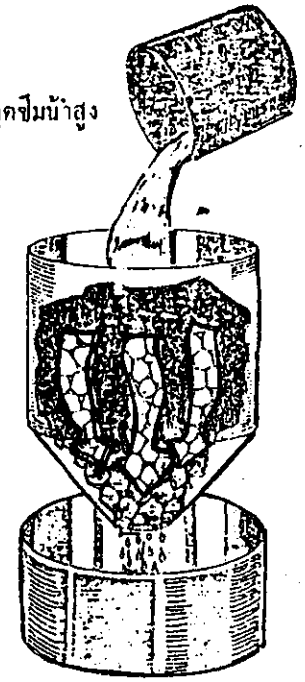
ต้องดูว่าจำนวนไหนมาก ก็เลือกใช้จำนวนนั้นคือ 5 หัวต่อต้น

3.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

ดินเปรียบเสมือนถังน้ำหรือเป็นที่เก็บน้ำโดยธรรมชาติให้แก่พืช ซึ่งรากพืชจะดูดเอาความชื้นในดินไปใช้อีกทอดหนึ่ง และในการให้น้ำเราพยายามให้น้ำไม่มากกว่าที่ความสามารถของดินในระยะรากพืชจะเก็บเอาไว้ได้ ถ้าให้มากกว่านั้นจะเป็นน้ำที่สูญเสีย ดินแต่ละชนิดก็มีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากน้อยแตกต่างกัน และนานเร็วต่างกันด้วย ที่สำคัญขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อดินและลักษณะการจัดเรียงตัวหรือเชื่อมยึดกันของเม็ดดิน เช่นระหว่างดินเหนียว ดินร่วน และดินทราย ดินเหนียวจะเก็บน้ำได้มากที่สุดและนานที่สุด ส่วนดินทรายตรงกันข้าม ดังแสดงในรูปที่ 3.2

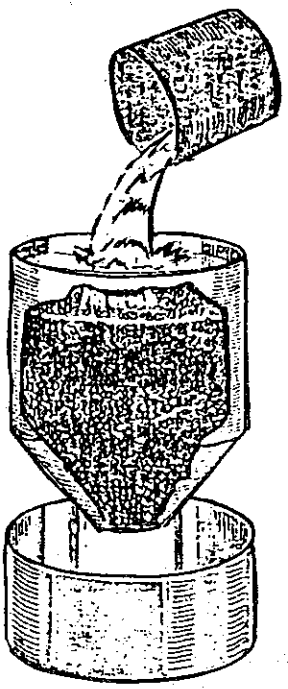
เพื่อประโยชน์ในการคำนวณหาจำนวนน้ำมากที่สุดที่จะให้ได้แต่ละครั้ง และจะให้ใช้ได้กี่วันนั้น จำเป็นต้องทราบว่าดินในแปลงมีคุณสมบัติสามารถอุ้มน้ำไว้ให้แก่พืชใช้ได้เท่าไร ซึ่งตามปกติความชื้นในดินที่พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้ จะนิยมบอกเป็นหน่วย ความลึกของน้ำที่เทียบต่อความลึกของดิน (ระยะความลึกของราก) โดยได้จากการทดลองหาในแปลงเพาะปลูก หรืออาจจะใช้ค่าโดยประมาณจากตารางที่ 3.2

ก. ดินทราย
อัตราการดูดซึมน้ำสูง



การไหลซึมอย่างรวดเร็วในดินที่มีเนื้อหยาบ

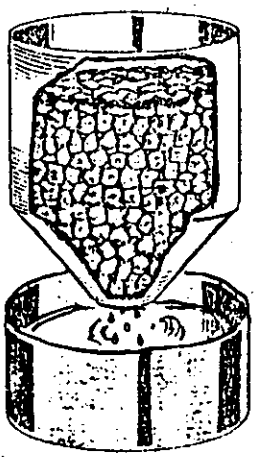
ข. ดินเหนียว
อัตราการดูดซึมน้ำต่ำ



การไหลซึมอย่างช้าในดินที่มีเนื้อละเอียด

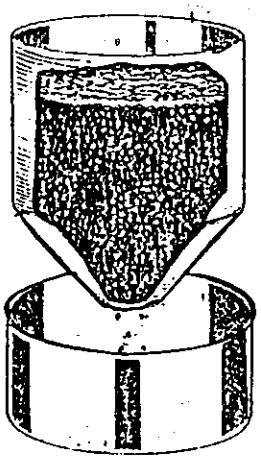
แสดงให้เห็นว่าขนาดของอนุภาคดินใหญ่กว่าอัตราการซึมของน้ำจะเร็วกว่า

ก. ดินทราย
อุ้มน้ำได้น้อย



ดินที่มีเนื้อหยาบอุ้มน้ำได้น้อย

ข. ดินเหนียว
อุ้มน้ำได้มาก



ดินที่มีเนื้อละเอียดอุ้มน้ำได้มาก

รูปที่ 3.2 แสดงว่าดินเนื้อหยาบอุ้มน้ำได้น้อยกว่าดินเนื้อละเอียด

ตารางที่ 3.2 แสดงความสามารถในการอุ้มน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินต่างๆ

	ความสามารถเก็บน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้		
	ความลึกของน้ำเป็น มม./ความลึกของดิน 1 ซม.		
ดินทรายจัด	0.5 - 1.00	เฉลี่ย	0.7
ดินร่วนปนทราย	1.0 - 1.50	เฉลี่ย	1.2
ดินร่วน	1.20 - 1.90	เฉลี่ย	1.5
ดินร่วนปนดินเหนียว	1.50 - 2.10	เฉลี่ย	1.8
ดินเหนียว	1.30 - 2.50	เฉลี่ย	1.9

ข้อสังเกตุคือ ในการให้น้ำแก่พืชแต่ละครั้ง ถือกันว่าดินในเขตรากพืชเท่านั้นที่เก็บน้ำไว้ให้พืชเอาไปใช้ ถ้าให้น้ำมากเกินไป น้ำก็จะไหลซึมลงไปเลยเขตรากพืช น้ำส่วนที่เลยเขตรากพืชจึงเป็นน้ำที่สูญเปล่า นอกจากกรณีที่ต้องการล้างดินเค็มออกจากเขตราก ปกติพืชที่ปลูกใหม่ๆ รากจะน้อยและตื้น จึงต้องการน้ำน้อยแต่บ่อยครั้งกว่าตอนที่โตเต็มที่มีรากลึก ซึ่งสามารถส่งน้ำได้ครั้งละมากขึ้น และใช้ได้นานขึ้น โดยเฉพาะการให้น้ำแบบหยดนี้จะอำนวยประโยชน์ในการให้น้ำครั้งละน้อย และให้บ่อยๆ หรือต่อเนื่องกันเป็นอย่างดี เพื่อรักษาความชื้นให้พืชใช้ได้อย่างสะดวกตลอดเวลา

3.4 <u>ปริมาณน้ำชลประทานสูงสุดสุทธิที่ให้ได้แต่ละครั้ง</u> (Ix)

การให้น้ำชลประทานสูงสุดในแต่ละครั้ง เพื่อเก็บไว้ในดินให้พืชใช้ได้นานๆ นั้น เป็นการพิจารณาให้โดยการเพิ่มความชื้น จากความชื้นก่อนให้น้ำ ซึ่งไม่ควรต่ำกว่าจุดวิกฤต จนถึงจุดสูงสุดคือความชื้นชลประทาน (Field capacity, FC) หรือเรียกว่าความชื้นที่ยอมให้ลดลงได้ (Allowable soil moisture deficiency, SMD) โดยคิดเทียบเป็นความลึกของน้ำที่ต้องให้สุทธิ (Ix) ถ้าต้องการทราบเป็นปริมาตรของน้ำที่ต้องใช้ก็เอาพื้นที่ที่จะต้องส่งน้ำทั้งหมดคูณเข้าไป ก็จะได้ค่าที่ต้องการ ฉะนั้นเพื่อความสะดวก ในตอนต้นให้พิจารณาคิดเป็นค่าความลึกของน้ำไปก่อน และถ้าจะคิดจากพื้นที่ทั้งแปลงที่ปลูกพืช ไม่ใช่คิดจำเพาะพื้นที่เปียกน้ำ จะต้องนำค่าเปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำ (Pw) เข้าไปคิดร่วมด้วย ดังสมการ 3.5

$$Ix = \frac{SMD}{100} \times Wa \cdot Z \cdot \frac{Pw}{100} \qquad \text{.....(3.5)}$$

ในเมื่อ

Ix	=	ความลึกสูงสุดสุทธิต่อการให้น้ำ 1 ครั้ง	มม.
SMD	=	ความชื้นที่ยอมให้ลดลงได้	เปอร์เซ็นต์
Wa	=	ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน	มม./ซม.
Z	=	ความลึกของดินในเขตราก	ซม.
Pw	=	เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำ	เปอร์เซ็นต์

ค่า SMD ที่นิยมกำหนดใช้กับระบบน้ำหยดคือ

สำหรับพืชรากตื้น (10 - 50 ซม.) SMD = 20%

สำหรับพืชรากลึกมากกว่า 50 ซม. SMD = 30%

ตัวอย่างที่ 3.2 ปลูกพืชในดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูกเป็นมะม่วงมีรากลึกประมาณ 50 เซ็นติเมตร จะให้น้ำเมื่อความชื้นลดลง 30% เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำคิด 60% ของพื้นที่ทั้งหมด ให้หาความลึกสูงสุดสุทธิต่อการให้น้ำแต่ละครั้ง และถ้ามะม่วงมีระยะ 5×5 เมตร จะต้องให้น้ำครั้งละกี่ลิตรต่อต้น

วิธีทำ ข้อมูลที่มี

จากตารางที่ 3.2 ดินร่วนปนทรายมีความสามารถอุ้มน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้เฉลี่ย (Wa) = 1.2 มม./ซม.

พืชมีรากลึก = 50 ซม.

SMD = 30 %

Pw = 60 %

จากสมการ (3.3)

$$Ix = \frac{SMD}{100} \times Wa \times Z \times \frac{Pw}{100}$$

แทนค่า

$$Ix = \frac{30}{100} \times 1.2 \times 50 \times \frac{60}{100}$$

ความลึกน้ำสุทธิ = 10.8 มม.ต่อครั้ง ตอบ

หาปริมาตร ปริมาตรที่ให้ต่อต้น (ลิตร) = ความลึกน้ำสุทธิ (มม.) × พื้นที่ต้นพืช ($ม^2$)

แทนค่า

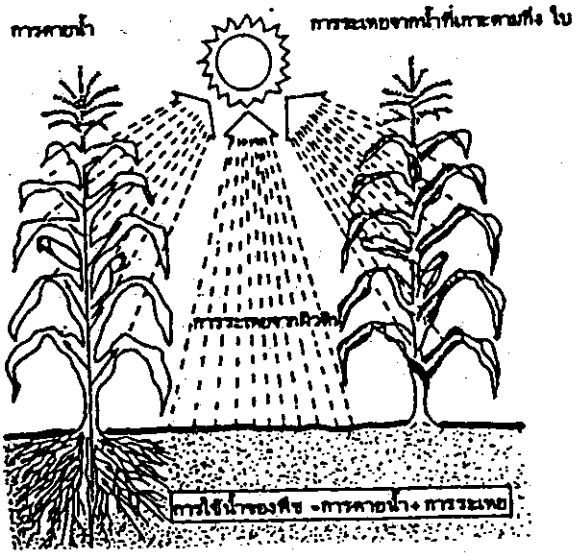
ปริมาตร = 10.8 × 5 × 5 = 270 ลิตร ตอบ

3.5 ปริมาณการใช้น้ำของพืชสำหรับการชลประทานแบบหยด

ปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยทั่วไปนั้น หมายถึงปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ปริมาณดังกล่าวนี้ประกอบขึ้นด้วยส่วนใหญ่ๆ สองส่วนคือ

1) การคายน้ำ (Transpiration) ได้แก่ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดิน เพื่อนำไปใช้สร้างเซลและเนื้อเยื่อ แล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ

2) การระเหย (Evaporation) ได้แก่ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆ ต้นพืช

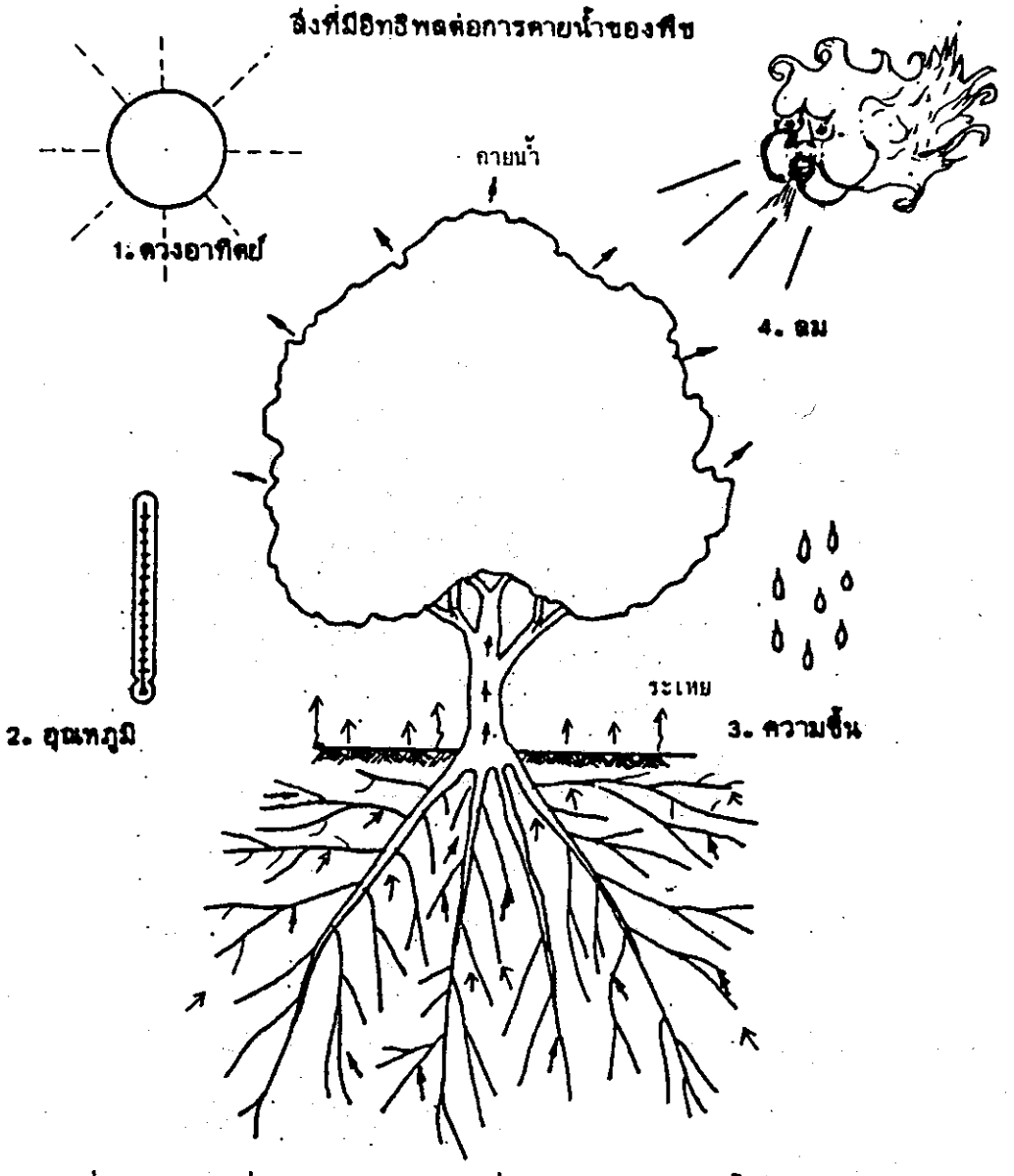


รูปที่ 3.3 แสดงรูปแบบการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

ซึ่งค่าทั้งสองนี้จะคิดเป็นตัวเลขแยกกันนั้นทำได้ไม่สะดวก จึงคิดรวมกันและเรียกว่า ค่าการคายระเหย (Evapotranspiration) เขียนย่อว่า "ET" โดยถือว่าเป็นปริมาณการใช้น้ำของพืชนั่นเอง (ดูรูปที่ 3.3) ค่านี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอิทธิพลที่สำคัญดังต่อไปนี้

(1) สภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ และความเร็วลม เป็นต้น (ดูรูปที่ 3.4)

(2) พืช ซึ่งได้แก่ ชนิดและอายุของพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน สำหรับพืชชนิดเดียวกัน การใช้น้ำจะน้อยเมื่อเริ่มปลูก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมากที่สุดเมื่อถึงวัยขยายพันธุ์ ซึ่งพืชโตเต็มที่



รูปที่ 3.4 ตัวการที่สำคัญของภูมิอากาศที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำของพืช

การคำนวณหาค่า ET ที่นิยมทำกันสำหรับวิธีการให้น้ำทั่วๆ ไปมักทำกัน 2 วิธีดังสมการ

$$ET = Kc.ETp. \quad \text{.....(3.6)}$$

และ

$$ET = Kp.Epan. \quad \text{.....(3.7)}$$

ในเมื่อ

ET = ปริมาณการให้น้ำของพืช มีหน่วยเป็น มม./วัน

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient) ซึ่งจะแปรผันไปตามชนิดและระยะเวลาในการเจริญเติบโตหรืออายุของพืช (ดูตารางที่ -1 ในภาคผนวก)

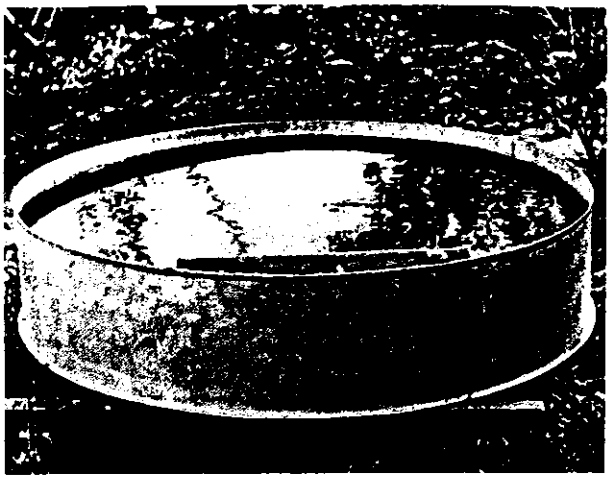
ETp = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration) ส่วนมากจะใช้หญ้าเป็นพืชมาอ้างอิง และสามารถวิเคราะห์หาได้จากข้อมูลภูมิอากาศในแต่ละเดือน โดยใช้สูตรของ Penman ผลการวิเคราะห์ (ดูตารางที่ -2 ในภาคผนวก) มีหน่วยเป็น มม./วัน

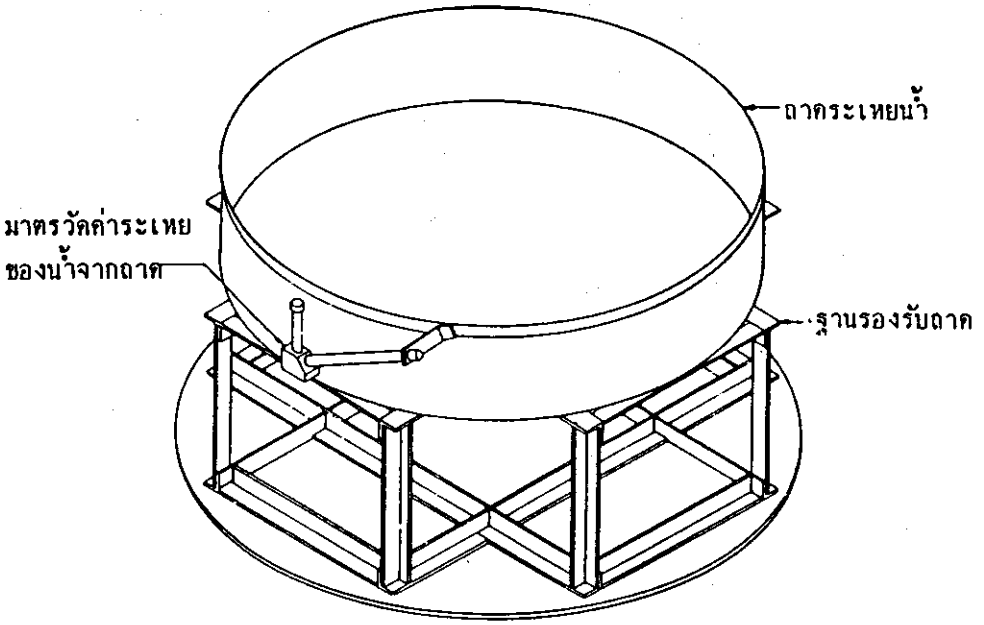
สำหรับสมการ 3.7 นั้น ใช้งานในแต่ละพื้นที่ได้สะดวก เพราะสามารถหาข้อมูลจริงๆ ในสนามได้ เกษตรกรน่าจะนิยมใช้กันมากกว่าในเมื่อ

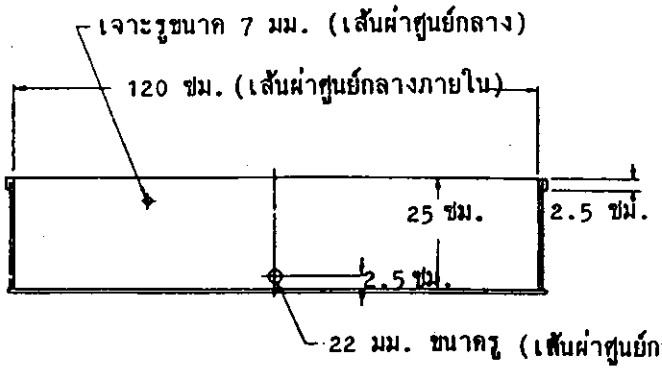
Kp = สัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยเบ็ดเสร็จ (Overall pan coefficient) ซึ่งจะแปรผันตามชนิดของพืชและอายุของพืช ได้มีผู้ทดลองหาค่าการเทียบกับถาดวัดการระเหยแบบ เอ (Class A-pan) กับพืชต่างๆ จะดูได้จากตารางผนวกที่ 3 และ .4 ไม่มีหน่วย หรือจะใช้ค่าโดยประมาณทั่วไปที่ใช้ออกแบบคือ

		Kp
สำหรับต้นไม้ผลยืนต้น	=	0.70-0.80
พืชไร่	=	0.80-0.90
พืชผัก	=	0.90-1.00

Ep = ปริมาณการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหยมาตรฐานแบบ เอ ซึ่งตามสถานีวัดภูมิอากาศใช้กัน คือ ทำด้วยเหล็กอาบสังกะสี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 120 ซม. ลึก 25 ซม. ค่าการระเหยของเดือนต่างๆ เฉลี่ยในแต่ละจังหวัดจะดูได้จากตาราง -5 ในภาคผนวก มีหน่วยเป็น มม./วัน (ดูรูปที่ 3.5)







รูปที่ 3.5 ถาดวัดการระเหยมาตรฐาน เอ

สำหรับวิธีการให้น้ำแบบหยดนั้น จะทำให้ดินเปียกเฉพาะจุดหรือเปียกเฉพาะส่วนในบริเวณใต้เขตทรงพุ่มใบ ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำของพืชที่นำมาคิด จะน้อยกว่าการให้น้ำแบบอื่นๆ เช่นแบบผิวดินหรือแบบฉีดฝอย เพราะการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยจะน้อยลง โดยจะขึ้นอยู่กับขนาดของทรงพุ่มที่ปกคลุมดิน แต่จะไม่แตกต่างกันมากนักขณะที่พืชมีขนาดทรงพุ่มใบเต็มที่ เพราะปริมาณการใช้น้ำส่วนใหญ่จะเป็นค่าการคายน้ำมากกว่าการระเหยจากผิวดิน ฉะนั้น กรณีที่มีใบไม่คลุมเต็มพื้นที่ ปริมาณการใช้น้ำจะลดลงเทียบเป็นสัมประสิทธิ์จากสัดส่วนของการคุมดินกับพื้นที่ทั้งหมด (Ground Cover, Gc) ซึ่ง Keller และ Karmell (1974) แนะนำให้ใช้ค่าสมการ

$$Kr = \frac{Gc}{0.85} \leq 1 \qquad \text{.....(3.8)}$$

ในเมื่อ

Kr = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำที่ลดลงจากวิธีการให้น้ำทั่วๆ ไป

Gc = อัตราส่วนของพื้นที่พุ่มใบ (Ac) ต่อพื้นที่อาณาเขตพืช (Ap)

$= \frac{Ac}{Ap}$ ไม่มีหน่วย

ฉะนั้นปริมาณการใช้น้ำของพืชสำหรับวิธีการให้น้ำแบบหยด (Td) ที่ใช้ในการออกแบบจะมีสมการคือ

$$Td = Kr.ET = \frac{Gc}{0.85}.ET \qquad \text{.....(3.9)}$$

ในเมื่อ

Td = ปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุดเฉลี่ยต่อวันสำหรับการให้น้ำแบบหยด มีหน่วยเป็น มม./วัน

ET = ปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุดเฉลี่ยต่อวันสำหรับการให้น้ำแบบทั่วๆ ไป มีหน่วยเป็น มม./วัน

และสำหรับการคำนวณออกแบบการให้น้ำแบบหยดตามปกติ จะนิยมหาปริมาณการใช้น้ำของพืชออกมาในรูปของปริมาตรต่อวันต่อต้น โดยมีหน่วยเป็นลิตรต่อวันต่อต้น ฉะนั้นเมื่อทราบปริมาณการใช้น้ำของพืชที่คิดเป็นความลึกของน้ำ ก็สามารถคำนวณเป็นปริมาตรต่อวันได้ดังสมการ

$$G = Td \cdot Ap \qquad \text{.....(3.10)}$$

ในเมื่อ

G = ปริมาตรการใช้น้ำสูงสุดเฉลี่ยของพืชต่อวัน หน่วยเป็น ลิตร/วัน

Ap = พื้นที่อาณาเขตพืชแต่ละต้น (St x Sr) มีหน่วยเป็น $ม.^2$

St และ Sr = ระยะห่างระหว่างต้นและระยะห่างระหว่างแถว มีหน่วยเป็น ม.

สำหรับสมการที่ 3.10 นั้น เพื่อความสะดวกในการหาปริมาตรการใช้น้ำของพืชแต่ละต้นในช่วงการเจริญเติบโตต่างๆ ในแต่ละพื้นที่จริงๆ เพื่อเป็นการจัดการให้น้ำแก่พืชแต่ละครั้งนั้น มักนิยมใช้สมการคือ

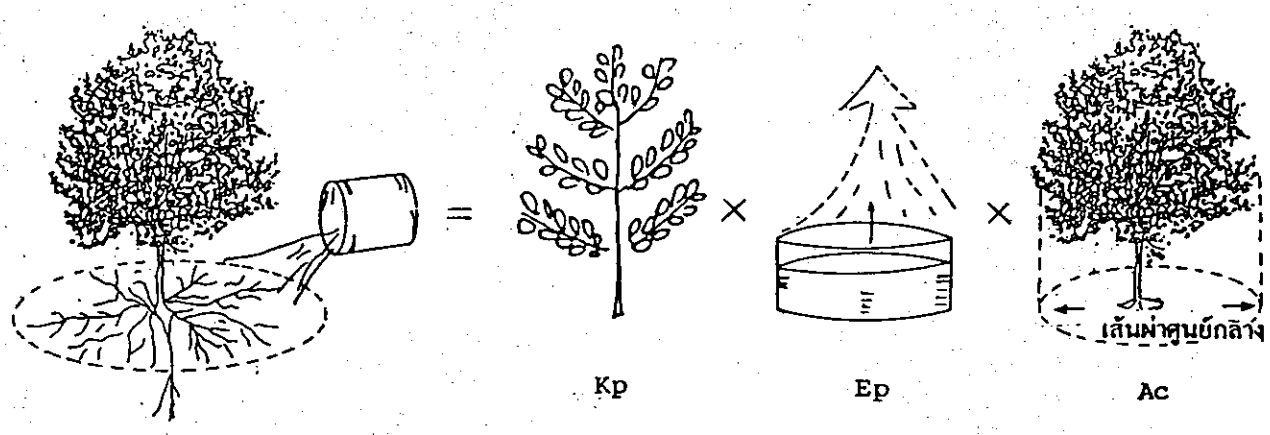
$$G = Kp \times Ep \times Ac \quad \text{.....(3.11)}$$

ในเมื่อ

Ac = พื้นที่เขตใต้ทรงพุ่มใบ ซึ่งถือว่าเป็นเขตที่รากพืชกระจายอยู่ พิจารณาเป็นพื้นที่วงกลมโดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม (D)

หน่วยเป็น เมตร

และคำนวณพื้นที่ Ac = $0.785\ D^2$ หน่วยเป็น $ม.^2$



ปริมาณการใช้น้ำของพืชต่อวัน (G) = ชนิดของพืช (Kp) × อัตราการระเหย (Ep) × พื้นที่ใต้พุ่มใบ (Ac)

รูปที่ 3.6 แสดงรูปแบบการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

สำหรับค่าอัตราการระเหย (Ep) อาจจะใช้ค่าโดยประมาณ จากถาดวัดการระเหยอย่างง่ายๆ เช่น อาจจะใช้โถแก้วเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 15 ซม. ที่มีขายตามห้องตลาด หรือใช้

หม้อแขกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 20 ซม. โดยใส่น้ำให้อยู่ต่ำกว่าระดับขอบบนอย่างมากไม่ควรเกิน 10 ซม. นำไปตั้งไว้กลางแปลง เพื่อวัดระดับน้ำที่ระเหยไปในแต่ละวันหรือทุก 2 วัน หรือ 3 วัน เป็นต้น แล้วนำไปคำนวณตามสมการ (3.11) ซึ่งค่า Kp สำหรับพืชสวนผลไม้ จะใช้ 0.7 ก็พอใช้ได้ ฉะนั้นจะได้สมการสรุปง่ายๆ สำหรับพืชสวนคือ

$$G = 0.6\ EpD^2 \qquad \text{.....(3.12)}$$

การคำนวณหาค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช ที่จะใช้ออกแบบติดตั้งระบบนั้น มักจะนิยมใช้ค่าสูงสุดเฉลี่ยเพื่อที่จะทำให้ระบบมีอัตราการจ่ายน้ำเพียงพอตลอดเมื่อพืชโตเต็มที่ แต่อย่างไรก็ดี ถ้าหากเราใช้อุปกรณ์ เช่น ท่อ ที่มีอายุการใช้งานเพียง 3 ถึง 4 ปี โดยใช้กับพืชที่เริ่มปลูก และกว่าพืชจะโตเต็มที่ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 5-6 ปี เราก็ไม่จำเป็นต้องใช้ค่าเฉลี่ยสูงสุด เพื่อเผื่อขนาดของท่อไว้ใช้ตอนที่พืชโตเต็มที่ รวมทั้งจำนวนหัวปล่อยน้ำที่ใช้ เราอาจจะเพิ่มขึ้นตามความจำเป็นภายหลังก็ได้ ซึ่งเรื่องนี้จะได้กล่าวอีกครั้งตอนออกแบบระบบท่อ

ตัวอย่างที่ 3.3 สมมุติปลูกเงาะซึ่งมีระยะห่างระหว่างต้น 8 เมตร ระยะห่างระหว่างแถว 8 เมตร ตอนนี้เงาะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม 5 เมตร สมมุติอัตราการใช้น้ำสูงสุดของเงาะ 6 มม./วัน อยากทราบว่า ถ้าให้น้ำแบบหยดต้นเงาะจะใช้น้ำวันละกี่ลิตร

วิธีทำ

จากข้อมูลที่มี

Ap = พื้นที่ต้นเงาะ (St x Sr) = 8 × 8 = 64 ม.^{2}

Ac = พื้นที่เขตพุ่มใบ = 0.785 × 5^2 = 19.6 ม.^{2}

ET = 6 มม./วัน

จากสมการ 3.9

$$Td = \frac{Gc}{0.85} \cdot ET$$

และจากสมการ 3.10

$$G = Td \cdot Ap$$

แทนค่า

$$Gc = \frac{Ac}{Ap} = \frac{19.6}{64} = 0.30$$

$$Td = \frac{0.30}{0.85} \times 6 = 2.1 \quad \text{มม./วัน}$$

$$\therefore \quad G = 2.1 \times 64 = 134.4 \quad \text{ลิตร/วัน}$$

นั่นคือ ต้นเงาะจะใช้น้ำวันละ 134.4 ลิตร/วัน

ตัวอย่างที่ 3.4 สมมุติว่าจากตัวอย่างที่ 3.3 ถ้าได้ทราบอัตราการใช้น้ำของเงาะ แต่ในพื้นที่นั้นติดตั้งถาดวัดการระเหย โดยวัดการระเหยได้ 8 มม./วัน อยากทราบว่าต้นเงาะจะใช้น้ำวันละประมาณกี่ลิตร

วิธีทำ

จากสมการ 3.11

$$G = 0.6Ep.D^2$$

แทนค่าจะได้

$$G = 0.6 \times 8 \times 5^2 = 120 \quad \text{ลิตร/วัน/ต้น}$$

นั่นคือ ต้นเงาะจะใช้น้ำวันละ 120 ลิตร/วัน/ต้น

3.6 ระยะเวลาที่เปิดให้น้ำแต่ละครั้ง (Ta)

ข้อมูลทั่วๆ ไปและทางเลือกที่จะกำหนดระยะเวลาในการให้น้ำแต่ละครั้งว่า ควรจะให้น้ำนานกี่ชั่วโมงนั้น

ข้อมูลประกอบด้วย

1. จำนวนน้ำที่พืชใช้ต่อต้นต่อวัน (G) ลิตร/วัน
2. จำนวนหัวปล่อยน้ำที่ใช้ต่อต้น (e) หัว
3. ความสามารถให้น้ำซึมได้ของดิน มม./ชม.
4. อัตราการจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำทั้งหมด (qa) ลิตร/ชม.
5. ระยะเวลาที่สามารถทำการให้น้ำได้สะดวก
6. ประสิทธิภาพของการให้น้ำ (Ea) $= \frac{qn}{qa}$

(qn = อัตราการจ่ายน้ำเฉลี่ยต่ำสุด 25% ของจำนวนหัวทั้งหมด)

จากข้อมูลสามารถเขียนเป็นสมการได้

$$Ta = \frac{G}{e.qa.Ea} \quad \text{.....(3.13)}$$

ฉะนั้น ก่อนจะคำนวณระยะเวลาว่าจะปิดน้ำนานกี่ชม.นั้น ต้องพิจารณาข้อกำหนดต่างๆ เช่น

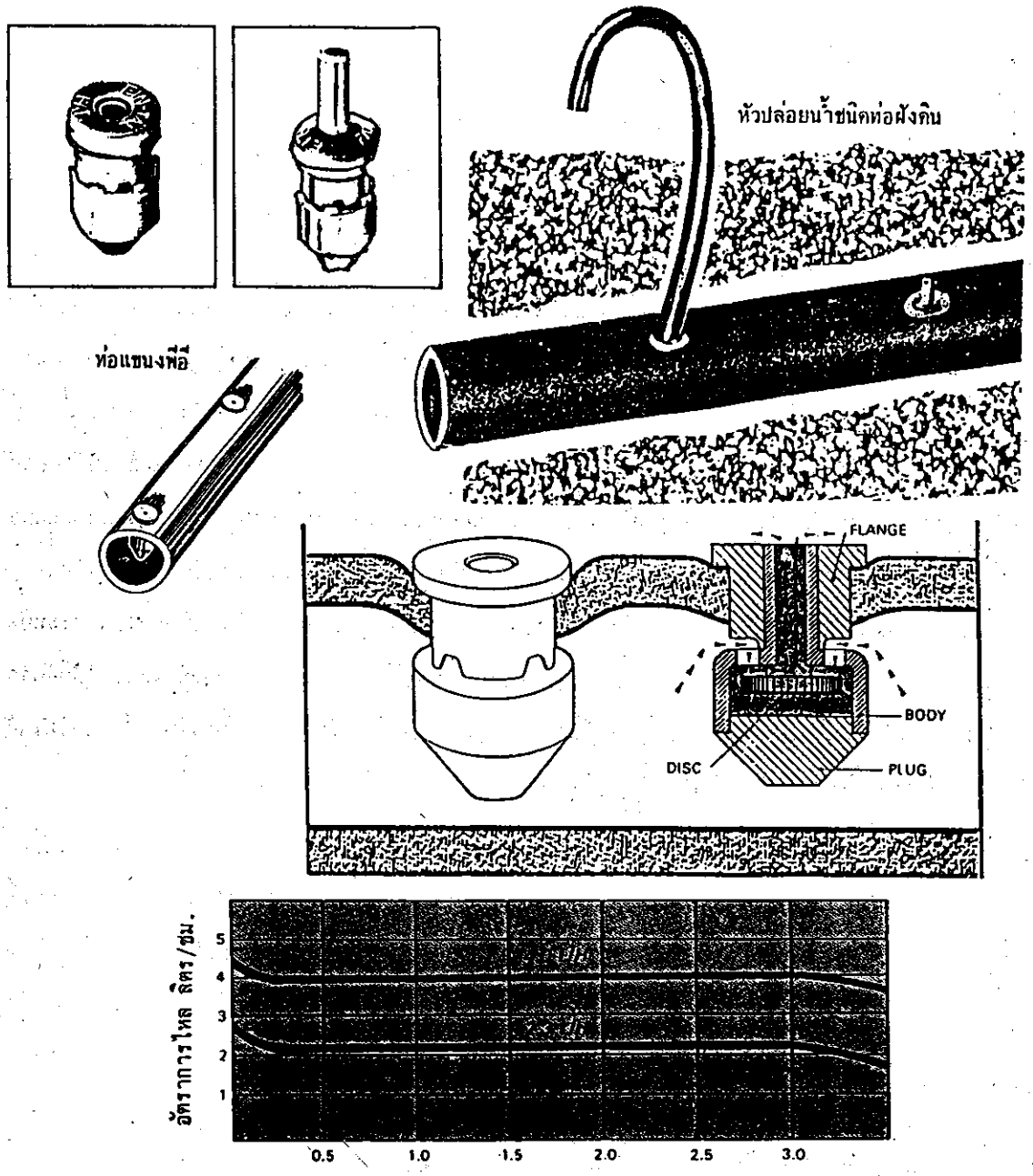
การพิจารณาเลือกอัตราการจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำ

ซึ่งข้อมูลการหาค่า G และ e ได้กล่าวมาแล้ว สำหรับข้อมูลหาค่า qa คือ อัตราการจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำนั้น จะกำหนดเป็นลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งคุณลักษณะและอัตราการจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำชนิดต่างๆ จะมีแสดงให้ดูในคู่มือของบริษัทผู้ผลิตหรือผู้จำหน่าย ดูรูปที่ 3.7 ซึ่งอัตราการจ่ายน้ำจะสัมพันธ์กับความดันของน้ำที่หัวจ่ายน้ำได้รับ ซึ่งจะต้องพิจารณาเลือกหัวให้เหมาะสม

อัตราการจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำที่นิยมใช้กันมากคือ 2,4 และ 8 ลิตร/ชม. ด้วยความดันที่ต้องการ เช่น 1 บรรยากาศ (10 ม.) ถ้าความดันเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากมาตรฐานที่กำหนด อัตราการไหลก็จะเปลี่ยนไป เช่น ที่ความดัน 10 ม. มีอัตราการไหล 4 ลิตรต่อชม. ถ้าความดันเปลี่ยนไปเป็น 15 เมตร อัตราการไหลก็จะเพิ่มขึ้น อาจจะมากกว่า 4.9 ลิตรต่อชม. เป็นต้น แต่ถ้าใช้หัวปล่อยน้ำที่ผลิตในประเทศ ส่วนมากจะเป็นหัวปล่อยน้ำชนิดที่สามารถปรับอัตราการไหลได้ที่หัว ด้วยการหมุนหัวเปิดปิดเหมือนประตูน้ำ ฉะนั้นถ้าต้องการให้น้ำมากหรือน้อย ก็ใช้วิธีการปรับ และวัดอัตราการไหลเอาเอง ความดันที่นิยมใช้ก็ไม่มากนัก ประมาณ 1.5 ถึง 5 เมตร ก็เพียงพอแล้ว เป็นการช่วยประหยัดพลังงาน แต่การปรับให้ได้อัตราการไหลตามที่ต้องการทุกหัว ทำได้ยากมาก และมักจะปรับให้มีอัตราการไหลน้อยๆ คือประมาณ 0.5 ถึง 1 ลิตรต่อชม. เพราะพอที่จะสังเกตุอัตราการไหลเป็นหยดได้ใกล้เคียงกัน ถ้าอัตรามากกว่านี้จะสังเกตุให้เท่ากันยาก

สำหรับหัวปล่อยน้ำชนิดพิเศษ ซึ่งสามารถปรับชดเชยความดันได้เอง ถึงแม้ความดันจะเปลี่ยนไปบ้าง แต่อัตราการไหลจะไม่เปลี่ยนไปด้วย ถึงเปลี่ยนก็น้อยมาก โดยที่ข้างในหัวปล่อยน้ำชนิดนี้มีอุปกรณ์พิเศษเป็นพวงยางสังเคราะห์ ที่สามารถยืดหยุ่นได้ เพื่อที่จะไปปรับบังคับรูที่น้ำไหล ให้เล็กหรือใหญ่ตามความดันที่ผู้ผลิตออกแบบไว้ คือความดันที่เพิ่มมากขึ้น ก็จะทำให้รูที่น้ำจะไหลเล็กลง และถ้าความดันที่หัวปล่อยน้ำลดลง ก็จะเปิดรูให้น้ำไหลใหญ่ขึ้น เพื่อให้อัตราการไหลยังคงที่อยู่ในช่วงความดันที่ออกแบบไว้ ดูรูปที่ 3.8 หัวชนิดนี้เหมาะที่จะใช้กับพื้นที่ ที่มีระดับต่างกันมากๆ และต้องการให้ใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ราคาก็มักจะแพงกว่าหัวชนิดธรรมดาประมาณ 2-3 เท่า

แต่อย่างไรก็ตาม การที่เราจะเลือกใช้อัตราการให้น้ำมากน้อยเท่าไรนั้น ควรจะคิดเสมอว่า ถ้าใช้อัตราการไหลที่สูงกับดินที่มีอัตราการซึมต่ำ เช่น ดินเนื้อละเอียด อาจจะทำให้น้ำขังเป็นแอ่ง เพิ่มการสูญเสียจากการระเหย และอาจเกิดการไหลสูญเสียไปนอกเขตรากพืชด้วย และนอกจากนี้



รูปที่ 3.8 หัวปล่อยน้ำชนิดชดเชยความดันได้เอง

ถ้าใช้อัตราที่สูง ท่อแขนงหรือระบบที่ใช้ก็จะต้องใหญ่ขึ้น ถ้าใช้อัตราการไหลที่น้อยเกินไปก็จะเพิ่มปัญหาการอุดตันได้ง่ายขึ้น และอัตราการไหลของน้ำจากหัวปล่อยน้ำ จะผันแปรได้ง่าย จึงควรพิจารณาเลือกอัตราการไหลให้เหมาะ เช่น 2 หรือ 4 ลิตร/ชม. เป็นต้น

<u>เวลาที่สะดวกในการให้น้ำ</u>

ระยะเวลาในการให้น้ำแบบหยดนั้น บางท่านอาจจะสงสัยว่าจะต้องให้ทุกวันหรือเปล่า จะเว้นระยะเวลาสำหรับที่พอจะได้เอาไปให้แปลงอื่นก่อนได้หรือไม่ และบางท่านอาจจะสงสัยว่า มันจะมีความแตกต่างกันอย่างไรที่จะให้น้ำด้วยระยะเวลานานๆ กับใช้ระยะเวลาให้น้ำสั้นๆ สิ่งเหล่านี้พอจะมีแนวทางพิจารณาได้ว่า เช่น ในพื้นที่ของเราถูกจำกัดด้วยอัตราไหลจากแหล่งน้ำน้อยเราก็จำเป็นต้องใช้เวลาในการให้น้ำนานเข้าไว้ แต่ตามปกติแล้วจะไม่นิยมออกแบบให้ใช้เวลาในการให้น้ำติดต่อกัน 24 ชั่วโมง ทุกวัน ถึงแม้จะทำให้ระบบส่งน้ำของเราเล็กที่สุดก็จริง แต่จะต้องเผื่อเวลาไว้สำหรับหักเครื่องสูบน้ำ หรือบำรุงรักษาเครื่อง และแก้ไขความบกพร่องต่างๆ บ้าง เช่นท่อชำรุดเสียหายหรือทำความสะอาดเครื่องกรองน้ำเป็นต้น จึงกำหนดว่าอย่างนานที่สุด ควรทำงานวันละไม่เกิน 18 ชม. โดยให้ทุกวัน และถ้าเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ ควรจะเว้นการให้น้ำเป็นแบบรอบเวร ผลัดกันวันละแปลง ฉะนั้นแต่ละแปลงอาจจะให้น้ำ 3 วันถึง 4 วันครั้งเป็นต้น

สำหรับเวลาที่เหมาะสมนั้น เราพอจะหาได้จากข้อมูลต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว นำมาประกอบการพิจารณาระยะเวลาในการให้น้ำแต่ละครั้ง ซึ่งมีขั้นตอนการหาระยะเวลาในการให้น้ำดังตัวอย่างต่อไปนี้

<u>ตัวอย่างที่</u> 3.5 ต้นส้มซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม 7 เมตร ปลูกในดินร่วน สมมุติว่าต้องการน้ำสูงสุดวันละ 200 ลิตร ต้องใช้หัวปล่อยน้ำ 5 หัว จึงจะคุมพื้นที่ให้น้ำได้พอ และให้ใช้หัวปล่อยน้ำที่มีอัตราการจ่ายน้ำ 4 ลิตร/ชม. ถามว่าจะต้องใช้เวลาในการให้น้ำต้นส้มนี้กี่ชั่วโมงต่อวัน จึงจะพอกับความต้องการ โดยกำหนดว่าให้ทุกวัน

<u>วิธีทำ</u>

ข้อมูลที่มี

1.	จำนวนน้ำที่ต้นส้มใช้ต่อต้นต่อวัน (G)	=	200	ลิตร/วัน
2.	จำนวนหัวปล่อยน้ำที่ใช้ต่อต้น (e)	=	5	หัว

3. อัตราการจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำ (qa) = 4 ลิตร/ชม.

4. ถามว่าต้องใช้เวลาในการให้น้ำนาน = ? ชม.

5. สมมุติประสิทธิภาพการให้น้ำ = 90%

จากสมการ 3.13

$$Ta = \frac{G}{e.qa.Ea}$$

แทนค่า

ต้องใช้เวลาในการให้น้ำส้ม $= \frac{200}{5\times4\times.90} = 11.1$ ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 3.6 ถ้าเรามีพืชที่ต้องการน้ำวันละ 120 ลิตร และใช้หัวปล่อยน้ำ 3 หัวควบคุมพื้นที่ให้น้ำพอ ถามว่าจะต้องใช้หัวปล่อยน้ำมีอัตราการไหลกี่ลิตร/ชม. ถ้ามีเวลาในการให้น้ำครั้งละ 5 ชั่วโมง ต่อวัน ให้ทุกวัน

วิธีทำ

ข้อมูลที่มี

1. จำนวนน้ำที่พืชต้องใช้ต่อวัน (G) = 120 ลิตร/วัน

2. จำนวนหัวปล่อยน้ำที่ใช้ต่อต้น (e) = 3 หัว

3. เวลาในการให้น้ำครั้งละ (Ta) = 5 ชั่วโมง

4. ประสิทธิภาพการให้น้ำ = 90%

5. ถามว่าหัวปล่อยน้ำมีอัตราการไหล = ? ลิตร/ชม.

จากสมการ 3.13

$$Ta = \frac{G}{e.qa.Ea}$$

หรือ

$$qa = \frac{G}{Ta.e.Ea} \quad \text{..... } 3.13'$$

แทนค่า

หัวปล่อยน้ำมีอัตราการไหล $= \frac{5\times120}{5\times3\times.90} = 8.9$ ลิตร/ชม.

ถ้าอัตราการไหลที่หาได้มากเกินไป ก็อาจจะเพิ่มเวลาการให้น้ำหรือเพิ่มจำนวนหัวปล่อยน้ำให้มากขึ้น

สำหรับกรณีที่ปลูกพืชต่างชนิดผสมอยู่ในแถวเดียวกัน

บางพื้นที่เราอาจจะมีการปลูกพืชหลายชนิด แซมอยู่ในแถวเดียวกัน โดยใช้ห่อแขนงร่วมกัน เวลาที่จะให้น้ำและหยุดให้น้ำพร้อมกัน แต่พืชต่างชนิดกัน ก็มีการใช้ปริมาณน้ำที่แตกต่างกัน ฉะนั้นเราจะมีวิธีการจัดระบบหัวปล่อยน้ำอย่างไร ที่จะสามารถสนองความต้องการของพืชแต่ละชนิดด้วยเวลาที่ใช้ในการให้น้ำเท่ากัน เรื่องนี้จะได้มีการแสดงวิธีการจัดจำนวนหัวปล่อยน้ำและอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำให้ทราบทอเป็นแนวทาง คือ

ตัวอย่างที่ 3.7

พืชชนิดที่ 1

พืชต้องการน้ำวันละ	(G)	120	ลิตร/วัน
ใช้จำนวนหัวปล่อยน้ำ	(e)	3	หัว/ต้น
อัตราการจ่ายน้ำต่อหัว	(qa)	8	ลิตร/ชม.ที่ ความดัน 20 psi

พืชชนิดที่ 2

พืชต้องการน้ำวันละ	(G)	50	ลิตร/วัน
ใช้จำนวนหัวปล่อยน้ำ	(e)	2	หัว/ต้น

พืชชนิดที่ 3

พืชต้องการน้ำวันละ	(G)	10	ลิตร/วัน
ใช้จำนวนหัวปล่อยน้ำ	(e)	1	หัว/ต้น
ประสิทธิภาพการให้น้ำ	(Ea)	90%	

วิธีทำ

1) หาระยะเวลาในการให้น้ำพืชชนิดที่ 1 (Ta) จากสมการ 3.13

$$Ta = \frac{G}{e.qa.Ea}$$

แทนค่า

เวลาในการให้น้ำ $\frac{120}{3\times8\times.90} = 5.6$ ชั่วโมง

2) หาอัตราการจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำสำหรับพืชที่ 2

จากสมการ 3.13/

$$qa = \frac{G}{e.Ta.Ea}$$

แทนค่า

อัตราการจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำ $\frac{50}{2\times5.6\times.90}$

$= 5.0$ ลิตร/ชม.

3) หาอัตราการจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำสำหรับพืชที่ 3

แทนค่าในสมการ

อัตราการจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำ $\frac{10}{1\times5.6\times.90} = 1.98$ ลิตร/ชม.

แล้วก็เลือกใช้หัวปล่อยน้ำที่มีอัตราใกล้เคียงกับที่คำนวณได้ หรือจะใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่ปรับอัตราการไหลได้ก็แล้วแต่ความเหมาะสม

3.7 ช่วงระยะห่างของการให้น้ำแต่ละครั้ง

สำหรับการให้น้ำแบบหยดนั้น บางครั้งเราอาจจะให้น้ำแก่พืชได้ทุกวัน แต่บางครั้งถ้าพื้นที่ใหญ่มากๆ เราอาจจะให้พร้อมกันหมดทั้งพื้นที่ทุกวันไม่สะดวก อาจจำเป็นต้องแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อยและแบ่งการให้น้ำเป็นรอบเวร ซึ่งระยะเวลาห่างกันนานที่สุดของการให้น้ำแต่ละครั้งนั้น เราสามารถหาได้ดังสมการ

$$Ii = \frac{Ix}{Td} \quad \text{.....(3.14)}$$

ในเมื่อ

Ii = ช่วงระยะห่างของการให้น้ำแต่ละรอบเวรได้นานที่สุด วัน

Ix = ความลึกของน้ำสูงสุดสุทธิที่ให้แต่ละครั้ง มม.

แต่เราจะใช้รอบเวรการให้น้ำสั้นกว่าที่หามานี้ก็ได้ ขึ้นอยู่กับการพิจารณาความเหมาะสม และถ้าเรากำหนดช่วงระยะเวลารอบเวรใหม่แล้ว เราก็จะทราบว่าจะต้องให้น้ำด้วยปริมาณสุทธิครั้งละเท่าใด ดังสมการ

$$In = Ii \cdot Td \quad \text{.....(3.15)}$$

ในเมื่อ

In = ความลึกของน้ำสุทธิที่จะต้องให้แต่ละครั้ง มม.

Ii' = ช่วงระยะห่างของรอบเวรใหม่ที่กำหนดขึ้นโดย Ii' ≤ Ii วัน

แต่เนื่องจากการให้น้ำจริงๆ นั้น เราจะใช้ปริมาณน้ำสุทธิไม่ได้ จะต้องเผื่อสำหรับประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) ไว้ด้วยเช่น ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ (EU) ดังนั้นความลึกของน้ำที่จะต้องให้จริงทั้งหมด (Ig) ดังสมการ

$$Ig = \frac{100In}{EU} = \frac{100In}{Ea} \quad \text{.....3.16}$$

ในเมื่อ

Ig = ความลึกของน้ำทั้งหมดที่ต้องให้จริง มม.

EU = ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำ %

Ea = ประสิทธิภาพการให้น้ำในแปลง (qn/qa) %

สำหรับค่า EU จะกล่าวถึงการหาภายหลัง

จากสมการ 3.15 เขียนเป็นรูปสมการใหม่ได้

$$Ig = \frac{100\ Ii'\ Td}{Ea} \quad \text{.....3.17}$$

ตัวอย่างที่ 3.8 สมมุติให้น้ำแบบหยดแก่ต้นทุเรียนที่ปลูกด้วยระยะ 10×10 เมตร โดยพื้นที่นั้นสามารถให้น้ำได้สูงสุด คิดเป็นความลึก (Ix) 14 มม.ต่อครั้ง ทุเรียนมีอัตราการใช้น้ำสูงสุดเฉลี่ย (Td) 5 มม./วัน

1) ให้หาว่าจะให้น้ำครั้งหนึ่งห่างกันนานที่สุดได้กี่วัน

2) ถ้าต้องการให้น้ำทุก 2 วัน โดยมีประสิทธิภาพ 95% หาว่าจะต้องให้น้ำทั้งหมดคิดเป็นความลึกเท่าใด

3) คิดเป็นปริมาตรที่ให้แต่ละต้น ครั้งละเท่าใด

วิธีทำ

1) หาว่าให้น้ำครั้งหนึ่งใช้ได้นานที่สุดกี่วัน จากสมการ 3.14

$$Ii = \frac{Ix}{Td}$$

แทนค่า

$$Ii \doteq \frac{14}{5} = 2.8 \text{ วัน}$$

2) หาว่าให้น้ำทั้งหมดคิดเป็นความลึกเท่าไร ถ้าให้ทุก 2 วัน จากสมการ 3.15

$$Ig = \frac{100In}{Ea} = \frac{100Ii'.Td}{Ea}$$

แทนค่า

$$Ig = \frac{100x2x5}{95} = 10.5 \text{ มม.}$$

3) คิดเป็นปริมาตรที่ต้องให้แต่ละครั้ง (V)

V = ความลึก (Ig) × พื้นที่อาณาเขตต้นไม้ (Ap)

ปริมาตรที่ต้องให้ = 10.5×10×10 = 1050 ลิตร/ต้น/2 วัน

3.8 อัตราการไหลของน้ำที่จ่ายจากหัวปล่อยน้ำต่อต้น (qd)

เมื่อพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้ช่วงระยะห่างของเวลาที่กำหนดให้น้ำ (Ii') และหาจำนวนน้ำที่จะให้แต่ละครั้ง ระยะเวลาในการให้น้ำต่อครั้งที่ต้องจ่ายจากหัวปล่อยน้ำ ฉะนั้นสามารถหาปริมาณน้ำต่อต้นได้ ดังสมการ

$$qd = \frac{Ig.St.Sr}{Ta} \quad \text{.....3.18}$$

ในเมื่อ

qd = ปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวปล่อยน้ำ ลิตร/ชม./ต้น

Ig = ความลึกของน้ำชลประทานทั้งหมดที่ให้ มม./ครั้ง

St, Sr = ระยะระหว่างต้นและระยะระหว่างแถวตามลำดับ เมตร

Ta = ระยะเวลาในการให้น้ำแต่ละครั้ง ชม.

อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ หัวปล่อยน้ำที่ใช้จะมีอัตราการไหลอยู่ระหว่าง 2-8 ลิตร/ชม. แล้วแต่ว่าจะเลือกใช้หัวปล่อยน้ำแบบไหน ต้องใช้ความดันเท่าไร ฉะนั้นถ้าปริมาณน้ำที่หาได้มากกว่า 8 ลิตรต่อชม. จะต้องใช้จำนวนหัวเพิ่มขึ้น โดยคำนวณได้จากสมการ

$$e = qd/qa \quad \text{.....3.19}$$

ในเมื่อ

e = จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้นไม้ 1 ต้น

qd = ปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวปล่อยน้ำต่อต้น ลิตร/ชม./ต้น

qa = ปริมาณน้ำที่จ่ายเฉลี่ยจากหัวปล่อยน้ำ 1 หัว ลิตร/ชม./หัว

ตัวอย่างที่ 3.9

ให้เลือกหัวปล่อยน้ำชนิดที่เหมาะสมในการนำมาใช้งานและให้คำนวณความถี่ในการให้น้ำ ระยะห่างของหัวปล่อยน้ำที่ติดบนท่อแขนง จำนวนของหัวปล่อยน้ำต่อต้น และระยะเวลาของการให้น้ำแต่ละครั้งโดยอาศัยข้อมูลดังต่อไปนี้

สถานที่ใช้ : วิทยาเขตกำแพงแสน

ชนิดของพืช : ต้นมะม่วงมีระยะห่าง 5×5 เมตร

พื้นปกคลุม Gc : 70%

คุณสมบัติของดิน : เป็นดินร่วนปนทราย มีความสามารถอุ้มน้ำได้ 1.2 มม./ซม.

ความชื้นที่ยอมให้พร่องได้ (SMD) = 30%

ความลึกของรากใช้การ (Z) = 150 ซม.

ปริมาณการใช้น้ำสูงสุดของพืช (ET) = 8 มม./วัน

เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำ (Pw) = 35% ของพื้นที่อาณาเขตต้นพืช (Ap)

หัวปล่อยน้ำที่หาซื้อได้ในท้องตลาดมีให้เลือกอัตราการไหลต่างๆ ดังต่อไปนี้ 2 ลิตร/ชม. 4 ลิตร/ชม. 6 ลิตร/ชม. และ 8 ลิตร/ชม. ความดันที่ใช้ 10 เมตร

วิธีทำ

1) หาจำนวนน้ำที่พืชใช้สูงสุดต่อวันจากสมการ 3.9

$$Td = \frac{GC}{0.85} \cdot ET$$

แทนค่า

$$Td = \frac{.70}{.85} \times 8 = 6.6 \text{ มม./วัน}$$

2) หาความลึกสูงสุดสุทธิของน้ำชลประทาน จากสมการ 3.5

$$Ix = \frac{SiD}{100} \cdot Wa \cdot Z \cdot \frac{Pw}{100}$$

แทนค่า

$$Ix = \frac{30}{100} \times 1.2 \times 150 \times \frac{3.5}{100} = 18.9 \text{ มม.}$$

3) หาระยะความถี่ที่นานที่สุด จากสมการ 3.14

$$Ii = \frac{Ix}{Td}$$

แทนค่า

$$Ii = \frac{18.9}{6.6} = 2.8 \text{ วัน}$$

.. พิจารณาเลือกใช้รอบเวรทุก 2 หรือ 3 วันก็ได้ ในที่นี้เลือก 2 วันให้น้ำครั้ง

4) สมมุติว่าพิจารณาแล้วดินชนิดนี้สามารถให้น้ำได้นาน จึงกำหนดให้น้ำครั้งละ 15 ซม. ถ้ากำหนดเวลาการให้น้ำสั้นเกินไป หัวปล่อยน้ำก็ต้องใช้อัตราการจ่ายน้ำสูง และระบบก็ต้องใหญ่ทำให้สิ้นเปลือง แต่ถ้าให้นานมากเกินไปก็ไม่ดีนัก โอกาสที่อากาศจะเข้าไปที่รากมีน้อย และอาจจะเกิดปัญหาน้ำไหลซึมลงดินไม่พันไหลออกทางด้านข้าง ปกติจะใช้ไม่เกิน 20 ซม.ต่อวัน

5) พิจารณาประสิทธิภาพในการให้น้ำ สมมุติมี Ea 90%

หาปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืชทั้งหมด จากสมการ 3.17

$$Ig = \frac{100 \cdot Ii' \, Td}{Ea}$$

แทนค่า

$$Ig = \frac{100 \times 2 \times 6.6}{90} = 14.7 \text{ มม.}$$

6) หาอัตราการให้น้ำต่อต้น จากสมการ 3.18

$$qd = Ig \cdot \frac{St.Sr}{Ta}$$

แทนค่า

$$qd = \frac{14.7 \times 5 \times 5}{15} = 24.5 \text{ ลิตร/ชม.}$$

ถ้าเลือกใช้หัวปล่อยน้ำชนิด 4 ลิตร/ชม. หาจำนวนหัวที่ต้องใช้ต่อต้น จากสมการ 3.19

e = qd/qa

แทนค่า

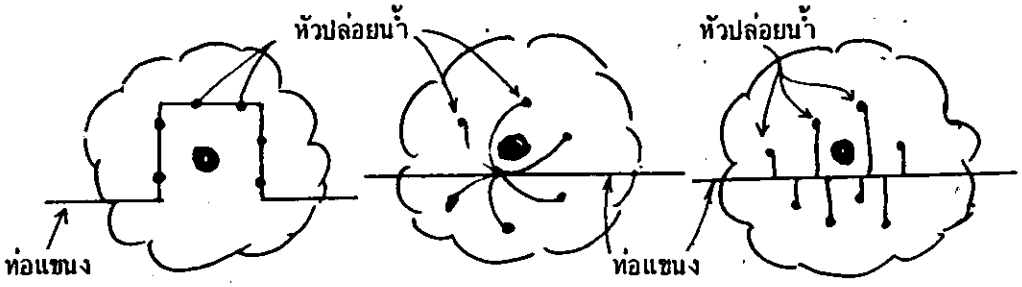
e = 24.5/4 = 6.1 หัว

เลือกใช้ 6 หัว

7) หาเปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกโดยใช้ตารางที่ 3.1 พิจารณาวางหัวแบบออกหลายจุด ดูรูปที่ 3.9

ฉะนั้นถ้าเราเปรียบเทียบกับค่าพื้นที่เปียกของดินร่วนปนทราย โดยใช้พื้นที่เปียก 1.5 ม^2 ต่อหัว จะได้พื้นที่เปียก 6×1.5 = 9ม^2 คิดเป็น $\frac{9}{25}$ × 100 = 36% >35% เป็นอันว่าใช้ได้

8) การจัดระยะของหัวแสดงในรูปข้างล่าง คือ พยายามวางหัวให้น้ำกระจายโดยรอบต้น และควรวางหัวให้ห่างจากลำต้น ประมาณ 1/3 ถึง 2/3 ของพุ่มใบ



รูปที่ 3.9 แสดงการวางหัวปล่อยน้ำหลายจุดต่อต้น

3.9 ปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งระบบ

ถ้าแปลงที่จะให้น้ำแบบหยดมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ก็อาจจะให้พร้อมกันทีเดียวทั้งแปลง ไม่จำเป็นต้องแบ่งเป็นแปลงย่อย ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งระบบในแต่ละครั้งดังสมการ

$$Qs = 1.6 \frac{Td}{Ea} \cdot \frac{Ii'}{Ta} \quad \text{.....3.20}$$

ในเมื่อ

Qs = ปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งระบบ ม^3/ชม./ไร่

Ta = ระยะเวลาในการให้น้ำแบ่งกล่าวได้เป็น 2 กรณี

ถ้าให้ทุกวัน (Ta) ชม./วัน

ถ้าให้เป็นรอบเวร (Ta) ชม./ครั้ง

ถ้าเป็นการให้น้ำสำหรับแปลงขนาดใหญ่ๆ จำเป็นต้องแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย จำนวนแปลงย่อยที่จะให้น้ำแต่ละครั้งสามารถหาได้ดังสมการ

$$N \leq \frac{Ii.24}{Ta} \qquad \text{.....3.21}$$

N = จำนวนแปลงย่อย

สำหรับการพิจารณาในแง่การลงทุน ควรจะจัดให้มีเวลาการใช้งาน ของระบบให้นานมากที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อกำหนดจำนวนแปลงย่อยได้แล้ว ก็สามารถหาปริมาณน้ำของทั้งระบบได้ดังสมการ

$$Qs = 1.6 \frac{A}{N} \cdot \frac{Ii}{Ta} \cdot \frac{Td}{Ea} \qquad \text{.....3.22}$$

ในเมื่อ

Qs = ปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งระบบ ม.^{3}/ชม.

A = พื้นที่ที่จะต้องให้น้ำทั้งหมด ไร่

หรือเขียนในรูปสมการ

$$Qs = 1.6 \frac{A}{N} \cdot \frac{Ig}{Ta} \qquad \text{ม.}^3\text{/ชม.....3.23}$$

<u>ตัวอย่างที่</u> 3.10 สมมุติตามตัวอย่าง 3.8 กำหนดให้พื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 500 ไร่ ให้หาว่าจะแบ่งเป็นแปลงย่อยได้มากที่สุดกี่แปลง และระบบจะต้องจ่ายน้ำด้วยอัตราการไหลเท่าไร

<u>วิธีทำ</u>

จากสมการ 3.20

$$N \leq \frac{Ii \cdot 24}{Ta}$$

แทนค่า

Ii = 3 วัน กรณีนี้ใช้ Ta = 20 ชม./ครั้ง

$$\therefore N = \frac{3 \times 24}{20} = 3.6 \text{ แปลงย่อย}$$

ควรจะต้องคิดเป็น 4 แปลงย่อย

จากสมการ 3.21

$$Qs = 1.6 \frac{A}{N} \frac{Ii}{Ta} \cdot \frac{Td}{Ea}$$

แทนค่า

$$Qs = 1.6 \times \frac{500}{4} \times \frac{3}{20} \times \frac{6.6}{0.9} = 220 \quad \text{ม.}^3 \text{/ชม.}$$

3.10 การเลือกหัวปล่อยน้ำและเกณฑ์ที่ใช้ในการออกแบบ

การเลือกหัวปล่อยน้ำให้เหมาะสมกับพื้นที่เฉพาะแห่งนั้น จำเป็นต้องใช้เหตุผลทั้งการคำนวณหรือทดลอง และการสังเกตุดูด้วยสายตา ตลอดทั้งต้องพิจารณารวมถึงคุณภาพของน้ำที่นำมาใช้ การเลือกหัวปล่อยน้ำเป็นสิ่งที่คลุมเครือที่สุด ในกระบวนการออกแบบระบบการให้น้ำแบบหยด ฉะนั้นในการเลือกหัวปล่อยน้ำ ไม่ใช่เรื่องที่จะทำได้ง่ายๆ ตามคำแนะนำทั่วๆ ไป เพราะมีข้อมูลที่เกี่ยวพันกันหลายอย่างที่จะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกัน อาจจำเป็นต้องมีกระบวนการในการตรวจสอบภายหลังด้วยว่า มีความเหมาะสมเพียงใด

ประสิทธิภาพของระบบ (Ea) จะขึ้นอยู่กับการเลือกหัวปล่อยน้ำและการกำหนดเกณฑ์ในการออกแบบที่เหมาะสม ซึ่งจะได้กล่าวลักษณะบางประการของหัวปล่อยน้ำ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ คือ

1) ความผันแปรของอัตราการไหล อันเนื่องมาจากการผลิตหัวปล่อยน้ำ
2) การเลือกความสัมพันธ์ของอัตราการไหล กับความดันในการออกแบบ
3) ความดันที่ใช้ในการดำเนินงานที่เหมาะสม
4) การสูญเสียความดันเนื่องจากการต่อเชื่อมหัวปล่อยน้ำกับท่อแขนง
5) ความไวต่อการอุดตันจากโคลนหรือการตกตะกอนสะสมของสารเคมี
6) ความเสถียรของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการไหลกับความดันในช่วงเวลาที่ผ่านไป

การเลือกอัตราการไหล ระยะห่างและชนิดของหัวปล่อยน้ำ เป็นข้อมูลสำคัญในการวางแผนของระบบ สิ่งเหล่านี้ไม่สามารถกำหนดโดยใช้ข้อมูลทางกายภาพเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหัวปล่อยน้ำ วิธีการดำเนินงาน ขนาดของท่อแขนง และความพอใจของผู้ใช้ด้วย การพิจารณาเลือกนั้น พอจะแยกได้เป็น 4 ขั้นตอนคือ

1) ประเมินและเลือกเอาหัวปล่อยน้ำชนิดทั่วๆ ไป ที่เหมาะสมที่สุดกับความต้องการของพื้นที่ที่จะทำให้เปียก

2) กำหนดความต้องการ อัตราการไหล ระยะห่างของหัวและการพิจารณาวางแผนอื่นๆ โดยเลือกหัวปล่อยน้ำเฉพาะตามที่ต้องการ

3) หาค่าอัตราการไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ qa และความดัน ha ที่ทำให้ได้อัตราการไหลเฉลี่ยตามต้องการ

4) หาค่าการเปลี่ยนแปลงความดันที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในระบบ (Hs) โดยยังทำให้มีค่าความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำ (EU) ได้ตามที่ปรารถนา

3.11 ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำ EU (emission uniformity)

การวัดความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำจากหัวปล่อยน้ำทั้งหมด ภายในระบบการชลประทานแบบหยด สำหรับค่าที่ทดสอบในสนามหาได้ดังสมการ

$$EU' = 100qn'/qa' \qquad \text{.....3.24}$$

ในเมื่อ

EU' = ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำที่วัดได้ในสนาม

qn' = อัตราการไหลเฉลี่ยของค่าที่ต่ำที่สุด 1/4 ของข้อมูลที่วัดได้ในสนาม

qa' = อัตราการไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำทั้งหมดที่วัดได้ในสนาม

สำหรับค่า EU ที่ใช้ประเมินในการออกแบบ จะขึ้นอยู่กับความดันที่ผันแปรที่คาดว่าจะเกิดขึ้นภายในระบบและจะเกี่ยวโยงกับความผันแปรอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ สัมประสิทธิ์ความผันแปรของการผลิตหัวปล่อยน้ำ, v และจำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น ดังสมการ

$$EU = 100\left(1.0 - 1.27 \frac{v}{\sqrt{e}}\right) \frac{qn}{qa} \qquad \text{..... 3.25}$$

ในเมื่อ

EU = ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำที่ใช้ประเมินในการออกแบบ

e = จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น

qn = อัตราการไหลที่น้อยที่สุดที่หาได้จากแรงดันที่น้อยที่สุดในระบบ

qa = อัตราการไหลเฉลี่ยหรืออัตราการไหลที่ใช้ออกแบบ

v = สัมประสิทธิ์ที่ผันแปรของการผลิตหัวปล่อยน้ำ

(manufacture's coefficient of variation of emitters) หาได้โดยการทดลองนำตัวอย่างหัวปล่อยน้ำที่ผลิตใหม่ๆ อย่างน้อย 50 หัว มาตรวจสอบหาค่าดังสมการ

$$V = \frac{Sd}{qav} \qquad \text{..... 3.26}$$

ในเมื่อ

Sd = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการไหล

$$= \sqrt{(q^2 + q2^2 + qn^2 - n(qa)^2)/(n-1)}$$

qav = อัตราการไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

$$= (q + q2 + \text{.....} qn)/n$$

แนวทางทั่วไปที่แนะนำสำหรับค่า v ได้จัดลำดับดังนี้

$V \leq 0.04$	ดีเลิศ
$0.04 \leq V \leq 0.07$	ปานกลาง
$0.07 \leq V \leq 0.11$	พอใช้ได้
$0.11 \leq V \leq 0.15$	มากไปหน่อย
$0.15 \leq V \leq$	โดยทั่วไปใช้ไม่ได้

สำหรับค่า EU ในระบบการให้น้ำแบบหยดนั้น บางครั้งก็ถือว่า เป็นค่าประสิทธิภาพการให้น้ำแก่แปลง (Ea) นั้นเอง ซึ่งมีช่วงที่แนะนำให้ใช้ได้คือ

1) สำหรับหัวปล่อยน้ำที่ใช้กับพืชปลูกถาวร มีระยะห่าง

ก) พื้นที่สม่ำเสมอ $90 \leq EU \leq 94$

ข) พื้นที่ชัน และหรือขึ้นๆ ลงๆ $88 \leq EU \leq 92$

2) สำหรับหัวปล่อยน้ำที่ใช้กับพืชที่ปลูกชิดกัน ($St \leq 1.5$ ม.) ทั้งถาวรและกึ่งถาวร

ก) พื้นที่สม่ำเสมอ $86 \leq EU \leq 90$

ข) พื้นที่ชันหรือขึ้นๆ ลงๆ $84 \leq EU \leq 90$

3) สำหรับท่อชนิดให้น้ำเป็นแถบใช้กับพืชล้มลุกที่ปลูกเป็นแถว

ก) พื้นที่สม่ำเสมอ $80 \leq EU \leq 90$

ข) พื้นที่ขันหรือขึ้นๆ ลงๆ $70 \leq EU \leq 85$

3.12 <u>ค่าความดันที่ยอมให้แตกต่างกันได้ในระบบ</u> (ΔHs)

สำหรับการออกแบบระบบการชลประทานแบบหยด ที่ใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่ปรับปริมาณการไหลของน้ำไม่ได้ ถ้าความดันในท่อแขนงแตกต่างกันมาก อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำต่างๆ ที่ติดบนท่อแขนงก็จะแตกต่างกันไปมากเช่นกัน ฉะนั้นเพื่อที่จะให้การออกแบบมีประสิทธิภาพ การกระจายน้ำให้ให้สม่ำเสมอตามที่กำหนดนั้น ก็จำเป็นจะต้องควบคุมหรือออกแบบให้มีค่าความดันที่แตกต่างกัน เกิดขึ้นอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ถ้าแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อยหลายแปลง บางครั้งก็อาจจะติดตั้งเครื่องควบคุมความดันไว้ในแต่ละแปลงย่อย แต่อย่างไรก็ตามในแต่ละแปลงย่อยนั้น ก็ยังมีความดันที่แตกต่างกันในแต่ละท่อแขนง ซึ่งจำเป็นต้องออกแบบกำหนดให้เหมาะสมตามที่ยอมให้แตกต่างกันได้ สำหรับรูปที่ 3.8 แสดงให้เห็นรูปร่างการกระจายของความดันในแปลงย่อยอย่างง่าย ความดันใช้งาน (Operating Pressure head) ที่ลดลง (ΔHs) สำหรับพื้นที่ราบเรียบนั้น เกิดจากการสูญเสียแรงเสียดทาน ส่วนค่าความดันเฉลี่ย(ha) ซึ่งถือว่าให้ค่าอัตราการไหลเฉลี่ย (qa) ก็ไม่ได้อยู่ที่กึ่งกลางระหว่างแปลง

ความดันต่ำสุด (hn) ซึ่งให้ค่าอัตราการไหลน้อยที่สุด (qn) สำหรับหัวปล่อยน้ำที่เลือกสามารถคำนวณหาได้ จากค่า

$$\Delta Hs \leq 2.5 (ha - hn) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 3.27$$

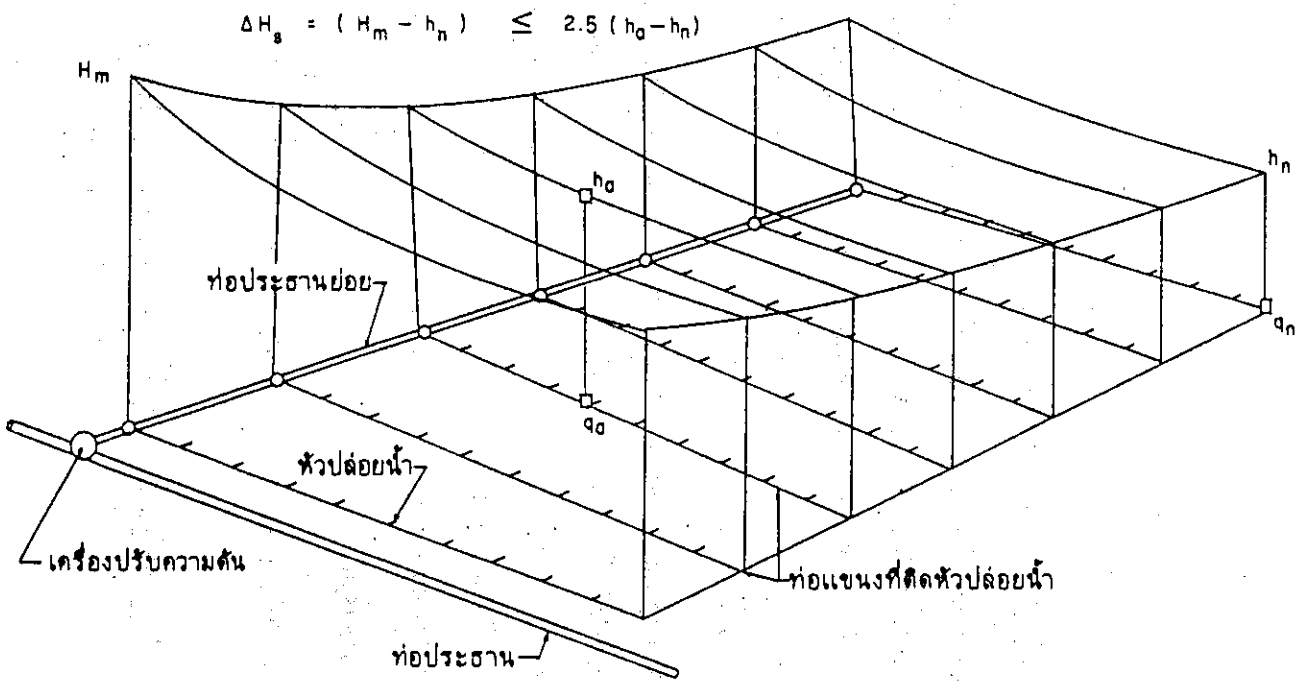
ในเมื่อ

ΔHs = ความดันแตกต่างที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ โดยจะทำให้ค่า EU ใกล้เคียงกับค่าที่ใช้พิจารณาออกแบบ เมตร

ha = ความดันซึ่งจะให้ค่าอัตราการไหลเฉลี่ย qa ตามที่ต้องการใช้ เมตร

hn = ความดันซึ่งจะให้ค่า qn สำหรับค่า EU ที่ออกแบบ เมตร

ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้ได้ค่า EU ตามที่ออกแบบ ความดันจะต้องอยู่ระหว่าง hn และ Hm หรือ ($hn + \Delta Hs$) ทั้งนี้รวมทั้งความแตกต่างของระดับพื้นที่ด้วย



รูปที่ 3.10แสดงการกระจายความดันในระบบท่อ

โดยปกติเพื่อการออกแบบที่ประหยัดจะกำหนดว่า

$\Delta H1 = 0.55 \Delta Hs$ หรือ $\Delta H1 = 0.50 \Delta Hs$

$\Delta Hm = 0.45 \Delta Hs$ หรือ $\Delta Hm = 0.50 \Delta Hs$

ในเมื่อ

$\Delta H1$ = ค่าการสูญเสียความดันในระบบของท่อแขนง เมตร

ΔHm = ค่าการสูญเสียความดันในระบบของท่อประธานย่อย เมตร

3.13 ค่าการสูญเสียความดันที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในท่อแขนง

โดยทั่วไปการเลือกใช้ขนาดท่อแขนงนั้น ต้องพิจารณาการสูญเสียความดันที่แตกต่างกันได้มากที่สุดที่ยอมให้ เพื่อทำให้อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำแตกต่างกันไม่มากเกินไป จนทำให้การกระจายน้ำสม่ำเสมอไม่ดีพอ ถ้าพิจารณาตามที่ยอมรับกันในการปฏิบัติที่ใช้ออกแบบระบบ Sprinkler ความแตกต่างของหัวฉีดน้ำระหว่างหัวที่จ่ายน้ำมากที่สุดกับน้อยที่สุด ในท่อแขนงที่วางบนพื้นราบไม่ควรเกิน 10% และความดันต่างกันประมาณไม่เกิน 20%

แต่สำหรับระบบการให้น้ำแบบหยด บางครั้งเป็นที่ยอมรับกันได้ว่า ความแตกต่างของอัตราการไหลที่มากที่สุดยอมให้ได้ถึง 20% และความดันต่างกันได้ถึง 40% เพื่อเป็นการประหยัดขนาดท่อ อย่างไรก็ตามถ้าความดันต่างกันน้อยกว่า 20% ก็จะทำให้การกระจายน้ำสม่ำเสมอดีมากขึ้น เพราะโดยมากแล้วการไหลของหัวปล่อยน้ำเป็นแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล เช่น หัวปล่อยน้ำชนิดให้น้ำไหลเป็นทางยาว หรือท่อขนาดจิ๋ว ความดันที่ต่างกันควรจะพิจารณาใช้ 20% เป็นอย่างมาก

กล่าวโดยสรุป

ข้อกำหนดที่นิยมพิจารณาการใช้ คือ	อัตราการไหลผันแปรน้อยกว่า	10%
	ความดันผันแปร	20%
ข้อกำหนดที่พอยอมรับได้ คือ	อัตราการไหลผันแปรในช่วง	10-20%
	ความดันผันแปรในช่วง	20-40%

บทที่ 4

หลักชลศาสตร์เบื้องต้น

ในการออกแบบระบบชลประทานแบบหยด สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ การออกแบบที่ต้องอาศัยหลักการทางชลศาสตร์ ถ้าหากว่าเราไม่เข้าใจหรือไม่นำเอาหลักทางชลศาสตร์มาประกอบหรือพิจารณาแล้ว ระบบที่เราออกแบบอาจใช้การไม่ได้ ความรู้หลักการเบื้องต้นทางชลศาสตร์มีประโยชน์มาก เพราะจะเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เราสามารถคาดคะเนงาน และแยกแยะสิ่งต่างๆ ในระบบได้ ซึ่งจะมีผลดีคือทำให้ การออกแบบมีความถูกต้องและเชื่อถือได้ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

4.1 คำนิยามที่ควรทราบ

ก่อนอื่นควรจะได้ทราบความหมายของคำที่เกี่ยวข้องกับหลักชลศาสตร์เบื้องต้นที่จะใช้เสียก่อน

4.1.1 ชลศาสตร์ของของเหลว (Hydraulics) เป็นการศึกษาพฤติกรรมของของเหลวทั้งในสภาวะปกติคือหยุดนิ่ง และสภาวะที่มีการเคลื่อนที่

4.1.2 สถิตศาสตร์ของของเหลว (Hydrostatics) เป็นการศึกษาพฤติกรรมหรือคุณสมบัติของน้ำในสภาวะหยุดนิ่ง

4.1.3 จลศาสตร์ของของเหลว (Hydrodynamics) เป็นการศึกษาพฤติกรรมหรือคุณสมบัติของน้ำ ในสภาวะที่มีการเคลื่อนที่

4.1.4 ความข้นเหนียวของของเหลว (Viscosity) เป็นคุณสมบัติของของไหลที่เนื่องจากการเกาะกันระหว่างโมเลกุลชนิดเดียวกัน และก่อให้เกิดความต้านทานต่อการไหลขึ้น คุณสมบัติข้อนี้จะมีผลหรือเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการไหลเท่านั้น ความข้นเหนียวของของไหลจะลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

4.1.5 การสูญเสียความดัน (Pressure Drop) เป็นค่าความดันที่ลดลงในระบบ อาจจะเนื่องจากความฝืดของผิวท่อ การที่น้ำไหลผ่านอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หัวปล่อยน้ำที่ต่อกับท่อ ข้อต่อต่างๆ เครื่องกรอง รวมทั้งวาวล์ต่างๆ มักนิยมบอกเป็นความสูงของแห่งน้ำหรือเฮด หน่วยเป็นเมตร

4.2 ความสำคัญของการวิเคราะห์ทางชลศาสตร์

4.2.1 ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด การวิเคราะห์ทางชลศาสตร์ ช่วยให้เราประมาณค่าใช้จ่ายและในบางครั้งการวิเคราะห์จะช่วยให้เราลดค่าสูญเสียต่างๆ ได้ ซึ่งมีผลต่อค่าลงทุนเริ่มแรกและลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

4.2.2 ประสิทธิภาพของระบบ ถ้าการวิเคราะห์ถูกต้องและเหมาะสม อาจจะมีผลทำให้ระบบที่ออกแบบดีกว่าที่คาดคิดไว้ ซึ่งก็ถือว่าเป็นผลดีสองต่อ คือทำให้ค่าใช้จ่ายลดลง แต่ได้ผลผลิตมากขึ้น

4.3 ลักษณะตามธรรมชาติของน้ำ

4.3.1 น้ำมีรูปร่างตามภาชนะที่มันบรรจุอยู่

4.3.2 น้ำสามารถถูกทำให้มีความดันเริ่มต้นสูงขึ้นได้

4.3.3 น้ำจะรักษาระดับให้อยู่ในแนวราบเสมอ และจะพยายามไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำตลอดเวลา

4.3.4 น้ำที่บริสุทธิ์ถือว่ามีน้ำหนักจำเพาะ 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตรหรือ 1000 กก. ต่อลูกบาศก์เมตร ที่อุณหภูมิ 4° ซ.

4.3.5 น้ำไม่สามารถอัดให้มีปริมาตรลดลงได้จากเดิม

4.4 ความดันของน้ำ

4.4.1 หลักเบื้องต้น ต้องรู้ว่าความดันของน้ำคืออะไร จะหาได้อย่างไร เพราะจะต้องนำมาใช้งาน ความดันของน้ำ หมายถึง แรงต่อหน่วยพื้นที่ที่กระทำ ณ จุดใดๆ คำว่า "แรง" อาจจะเป็นน้ำหนักของน้ำที่กดทับอยู่บนพื้นที่ ณ จุดนั้นๆ ก็ได้

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{..... 4.1}$$

ในเมื่อ

P	=	ความดัน	ปอนด์/ตร.นิ้วหรือ กก./ตร.ซม.
F	=	แรงหรือน้ำหนัก	ปอนด์ หรือ กิโลกรัม
A	=	พื้นที่ใต้แรงนั้น	ตารางนิ้ว หรือ ตารางเซ็นติเมตร

แรง ก็คือน้ำหนักของน้ำนั่นเอง ซึ่งหาได้จากผลคูณของปริมาตรของน้ำกับน้ำหนักจำเพาะของน้ำ

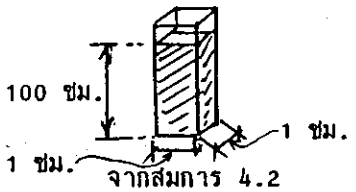
W = ปริมาตร × น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

= น้ำหนักของน้ำ

จากสมการ 4.1 เขียนใหม่ได้เป็น

$$P = \frac{W}{A} = \frac{\text{ปริมาตร} \times \text{น้ำหนักจำเพาะของน้ำ}}{\text{พื้นที่ใต้น้ำนั้น}} \quad \ldots\ldots\ldots 4.2$$

ตัวอย่างที่ 4.1 การหาความดันของน้ำอย่างง่ายๆ ดังนี้



ภาชนะขนาด 1×1 ตร.ซม. ใส่น้ำสูง 100 ซม. ความดันของน้ำที่ฐานจะหาได้ดังนี้

จากสมการ 4.2

$$P = \frac{\text{ปริมาตร} \times \text{น้ำหนักจำเพาะของน้ำ}}{\text{พื้นที่ใต้น้ำนั้น}} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำ}}{\text{พื้นที่}} = \frac{W}{A}$$

ปริมาตร = พื้นที่ × ความสูง = 1×1×100 = 100 ลบ.ซม.

น้ำหนักจำเพาะของน้ำ = 1 กรัม/ลบ.ซม.

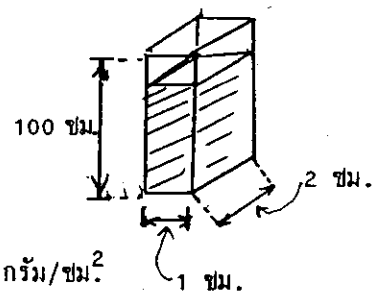
W = น้ำหนักของน้ำทั้งหมด = 100×1 = 100 กรัม หรือ

$= \frac{100}{1000} = 0.1$ กก.

A = พื้นที่ใต้น้ำ = 1×1 = 1 ตร.ซม.

$\therefore P = \frac{0.1}{1} = 0.1$ กิโลกรัม/ตร.ซม. ตอบ

ตัวอย่างที่ 4.2 ถ้าภาชนะมีขนาด 1×2 ตร.ซม. มีน้ำสูง 100 ซม. เช่นเดิม ความดันที่ภาชนะจะเป็นเท่าใด



วิธีทำ จากสมการ 4.2

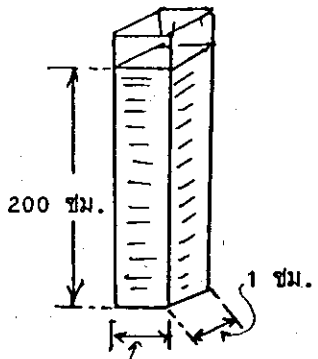
$$P = \frac{W}{A}$$

แทนค่า

$$P = \frac{1\times2\times100\times1}{1\times2} = 100 \text{ กรัม/ซม.}^2$$

หรือ 0.1 กิโลกรัม/ซม.^{2} ตอบ

ตัวอย่างที่ 4.3 ถ้าภาชนะมีขนาด 1×1 ตร.ซม. แต่มีน้ำสูง 2 เมตร จะมีความดันที่ฐานเป็นเท่าใด



วิธีทำ จากสมการ 4.2

แทนค่า

$$= \frac{1\times1\times200\times1}{1\times1} = 200 \quad \text{กรัม/ซม.}^2$$

หรือ 0.2 กิโลกรัม/ซม.^{2}

ตอบ

* จะเห็นว่าถ้าน้ำหนักของน้ำเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า พื้นที่หน้าตัดของภาชนะก็เพิ่มเป็นสองเท่าด้วย เราจะได้ความดันของน้ำเท่าเดิม แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าน้ำหนักของน้ำเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า แต่พื้นที่เท่าเดิม เราก็จะได้ความดันของน้ำเป็น 2 เท่า หรือความสูงของน้ำเป็น 2 เท่า จะทำให้มีความดันถังเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าเช่นกัน ฉะนั้นความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของน้ำกับความดันของน้ำจะเกี่ยวข้องกันโดยตรง หรือที่นิยมเรียกความสูงของน้ำเป็นความดันว่า "เฮดของน้ำ" (Head) เช่น มีระดับน้ำสูง 100 ซม. หรือ 1 เมตร ก็เรียกว่ามีความดันเท่ากับเฮด 1 เมตรเป็นต้น ฉะนั้นเราสามารถใช้ประโยชน์จากหน่วยความดันที่เป็นเฮดนี้ได้สะดวกกว่า เช่นต้องการจะสูบน้ำขึ้นที่สูง 10 เมตร ก็ต้องใช้ความดันคิดเป็นเฮด 10 เมตร (กรณียังไม่ได้คิดการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืด) หรือเรามีถังน้ำสูง 5 เมตร ก็แสดงว่าเรามีความดันเริ่มต้นคิดเป็นเฮด 5 เมตร ซึ่งหน่วยความดันและเฮดสามารถเปรียบเทียบกันกลับไปกลับมาได้

การเปรียบเทียบหรือเปลี่ยนหน่วย

ความดัน 1 กิโลกรัมต่อตร.ซม. = เฮดของน้ำ 10 เมตร

14.2 ปอนด์ต่อตร.นิ้ว = เฮดของน้ำ 10 เมตร

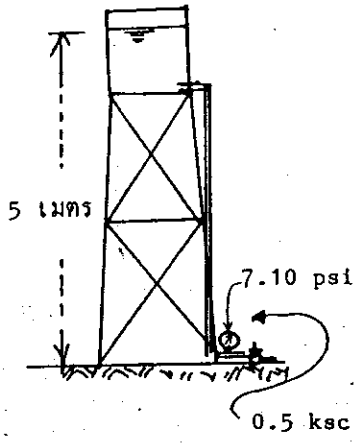
1 ปอนด์ต่อตร.นิ้ว = เฮดของน้ำ 0.70 เมตร

หรือ เฮด 1 เมตร คิดเป็น ความดัน = 1.42 ปอนด์ต่อตร.นิ้ว

หรือ = 0.1 กิโลกรัมต่อตร.ซม.

ตัวอย่างที่ 4.4 มีถังน้ำเก็บน้ำอยู่สูง 5 เมตร จากระดับพื้นดิน คิดเป็นความดันวัดที่พื้นดินกี่ปอนด์/ตร.นิ้ว หรือกี่กก./ตร.ซม. และถ้าที่ปั๊มวัดความดันได้ 100 ปอนด์/ตร.นิ้ว จะยกน้ำได้สูงเท่าใด โดยที่ยังไม่ต้องคิดการสูญเสียความดันต่างๆ

วิธีทำ



เปลี่ยนเฮด 5 เมตรเป็นปอนด์/ตร.นิ้วได้โดยคูณด้วย 1.42

∴ จะได้ความดัน = 5×1.42 = 7.10 ปอนด์/ตร.นิ้ว

และเปลี่ยน เฮด 5 เมตรเป็น กก./ตร.ซม. ได้โดยคูณด้วย 0.1

∴ จะได้ความดัน = 5×0.1 = 0.5 กก./ซม.^{2}

ถ้าปั๊มมีความดัน 100 ปอนด์/ตร.นิ้ว เปลี่ยนเป็นเฮดของน้ำ ก็คือยกน้ำได้สูง เทียบได้ดังนี้

1 ปอนด์/ตร.นิ้ว ยกน้ำได้ 0.70 เมตร

∴ ปั๊ม 100 ปอนด์/ตร.นิ้ว ยกน้ำได้ = 0.70 × 100

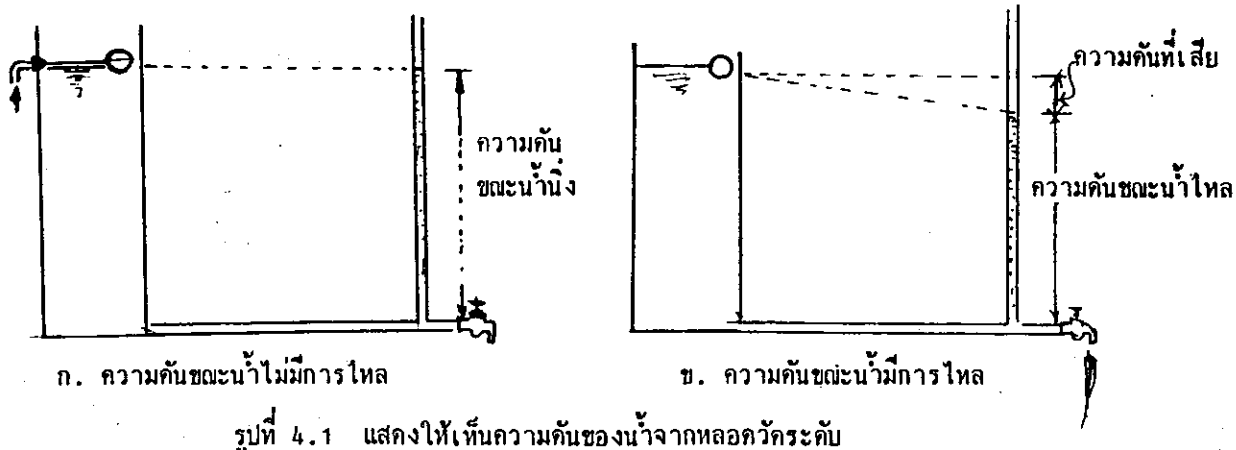
= 70 เมตร ตอบ

4.5 **ความดันขณะที่น้ำอยู่นิ่ง** (Hydrostatic) หมายถึงความดันหรือเฮดซึ่งเกิดจากความสูงของน้ำที่อยู่นิ่ง มีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตร.นิ้ว, กิโลกรัมต่อตร.ซม. หรือเฮดของน้ำเป็นเมตร ค่าความดันชลสถิตย์เปรียบเสมือนพลังงานศักย์ของน้ำที่จะนำไปใช้ในระบบ มีทางทำให้เกิดความดันชลสถิตย์ได้สองทาง ดังที่ได้เคยอธิบายไว้แล้วว่า ความดันและความสูงของน้ำมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งความสูงของระดับน้ำทำให้เกิดความดัน เช่น น้ำที่อยู่ในถังสูง หรืออ่างเก็บน้ำที่มีระดับน้ำสูงกว่าตำแหน่งที่พิจารณา ก็ทำให้เกิดความดันชลสถิตย์ที่จุดนั้นได้เท่ากับความสูงที่แตกต่างกัน

ทนทางที่สองสามารถเพิ่มความดันในระบบได้ด้วยการใช้ปั๊มอัดน้ำเข้าไปในระบบท่อ แต่ยังไม่ได้เปิดน้ำให้จ่ายออกจากระบบ เป็นค่าความดันเริ่มต้นที่ใช้ออกแบบ

4.6 **ความดันขณะที่น้ำมีการไหล** (Hydrodynamic) หมายถึงความดันที่จุดต่างๆ ขณะมีการไหลของน้ำผ่านจุดนั้นๆ เราจึงนิยมเรียกว่า "ความดันใช้งาน" (working pressure) ซึ่งค่าความดันนี้หาได้จากค่าความดันชลสถิตย์ที่จุดนั้นลบด้วยค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดของท่อ ประตูน้ำ ระบบกรอง และอุปกรณ์อื่นๆ

จากความเกี่ยวพันธ์ของความดันขณะที่น้ำอยู่นิ่ง กับขณะที่น้ำมีการไหลในท่อ จะขอแสดงให้เห็นถึงลักษณะของความดันที่แตกต่างกัน ดังในรูปที่ 4.1



ก. ความดันขณะน้ำไม่มีการไหล ข. ความดันขณะน้ำมีการไหล

รูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นความดันของน้ำจากหลอดวัดระดับ

ก. เป็นกรณีที่ยังไม่เปิดประตูน้ำที่ปลายท่อ ดังนั้นจึงไม่มีน้ำไหลผ่านท่อเลย จะเห็นระดับน้ำในหลอดแก้วอยู่ในระดับ และความสูงเท่ากับระดับน้ำในถัง นั่นย่อมแสดงว่า ถ้าไม่มีการไหลในท่อก็จะไม่มีการสูญเสียความดันของน้ำเลย

ข. เป็นกรณีที่เปิดประตูน้ำที่ปลายท่อให้มีการไหลผ่านท่อ จะเห็นว่าระดับน้ำในหลอดจะลดลงจากเดิม เนื่องจากมีการสูญเสียความดันที่น้ำไหล ดังนั้นระดับน้ำในหลอดจึงเป็นความดันขณะน้ำไหล หรือความดันขณะใช้งาน ส่วนการสูญเสียความดันนั้นเนื่องมาจาก ความฝืดต่างๆ ในระบบที่น้ำมีการไหลผ่าน ค่าการสูญเสียนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วการไหลภายในท่อ และความขรุขระของผิวท่อภายใน นอกจากนี้ก็ยังขึ้นอยู่กับ ชนิด ขนาด และความยาวของท่ออีกด้วย ค่าสูญเสียเนื่องจากความฝืดนี้ ปกติแล้วจะทำเป็นตารางหรือกราฟออกมาให้ใช้ง่ายๆ ทั้งท่อและอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งเราสามารถหาได้ไม่ยาก เพียงแต่ทราบอัตราการไหลผ่านท่อเท่านั้นก็พอจะคำนวณการสูญเสียทั้งหมดของท่อได้

4.7 <u>ความเร็วการไหลของน้ำในท่อ</u> หมายถึง ระยะทางที่น้ำไหลภายในท่อต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ค่าความเร็วการไหลนี้จะมีผลต่อการสูญเสียความดันต่างๆ ภายในท่อ ซึ่งตามปกติแล้วในการออกแบบ มักจะพิจารณาในรูปของความเร็วเฉลี่ยในท่อมากกว่า เพราะน้ำที่ไหลผ่านหน้าตัดท่อใดๆ ความเร็วจะไม่เท่ากันตลอด จะมากที่สุดที่กึ่งกลางหน้าตัด แล้วค่อยๆลดลงเมื่อเข้าใกล้ผนัง โดยเฉพาะที่ติดกับผนังความเร็วจะเป็นศูนย์ ค่าความเร็วของน้ำจะส่งผลต่อการสูญเสียความดันมาก โดยเราพบว่าการสูญเสียเนื่องจากความฝืดของท่อ มักจะเพิ่มขึ้น ถ้าความเร็วของน้ำเพิ่มขึ้น

ตามปกติแล้วเราจะออกแบบให้มีความเร็วการไหลภายในท่อไม่เกิน 1.5 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้เนื่องจากว่า

1) ความเร็วของน้ำ 1.5 เมตรต่อวินาทีหรือน้อยกว่านี้ จะทำให้เกิดการไหลแบบสูญกลิ่นได้ยาก ท่อจึงไม่แตกง่าย

2) ที่ความเร็วนี้ ค่าการสูญเสียต่างๆ จะไม่มากนัก และพบว่าการสูญเสียเนื่องจากความฝืดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้าความเร็วของการไหล เพิ่มจาก 1.5 เมตร/วินาที

ค่าความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อสามารถคำนวณหาได้ดังนี้

$$V = \frac{Q}{A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4.3$$

ในเมื่อ

V	=	ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ	เมตร/วินาที
Q	=	อัตราการไหลของน้ำ	ลูกบาศก์เมตร/วินาที
A	=	พื้นที่หน้าตัดภายในของท่อ	ตารางเมตร
		หรือ $\frac{\pi xD^2}{4}$	

เพื่อความสะดวกสมการ 4.3 สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$V = 12.73 \frac{Q}{D^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4.4$$

ในเมื่อ

V	=	ความเร็วเฉลี่ยของน้ำ	เมตร/วินาที
Q	=	อัตราการไหลของน้ำ	ลิตร/วินาที
D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ	ซม.

อัตราการไหลของน้ำผ่านท่อสามารถวัดได้โดยการตวงปริมาตร และจับเวลาดูว่า จะได้ปริมาตรเท่าใดต่อหน่วยเวลา เช่น ม.^{3}/ซม., ลิตร/วินาที เป็นต้น

<u>ตัวอย่างที่</u> 4.5 น้ำไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 5.4 ซม. (2 นิ้ว) ด้วยอัตราการไหล 3 ลิตร/วินาที อยากทราบว่าน้ำไหลด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่าใด

วิธีทำ

จากสมการ 4.4

$$V = 12.73 \frac{Q}{D^2}$$

แทนค่า

Q = 3 ลิตร/วินาที

D = 5.4 ซม.

$$\therefore V = 12.73 \times \frac{3}{5.4^2} = 1.31 \text{ เมตร/วินาที}$$

ความเร็วของน้ำในท่อ 1.31 เมตร/วินาที ตอบ

4.8 ลักษณะการไหลของน้ำผ่านหัวปล่อยน้ำ

ข้อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราการไหลของน้ำจากหัวปล่อยน้ำ โดยทั่วไปสำหรับหัวปล่อยน้ำลักษณะต่างๆ สามารถแสดงเป็นความสัมพันธ์ได้ดังสมการ

$$q = Kd.H^X \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4.5$$

ในเมื่อ

q	=	ปริมาณการไหลของหัวปล่อยน้ำ	ลิตร/ชั่วโมง
Kd	=	สัมประสิทธิ์คุณลักษณะของหัวปล่อยน้ำแต่ละชนิด	ไม่มีหน่วย
H	=	ความดันใช้งานที่หัวปล่อยน้ำ	เมตร
X	=	เลขยกกำลัง ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะการไหลของน้ำจากหัวปล่อยน้ำ	

การจะหาค่า Kd และ X ได้นั้น จะต้องทราบค่าปริมาณการไหลที่ความดันต่างกันสองค่า เช่นสำหรับ q_1 ที่ H_1 และ q_2 ที่ H_2 ค่า X ก็จะหาได้โดยการคำนวณจาก

$$X = \frac{\log(q_1/q_2)}{\log(H_1/H_2)} \quad \ldots\ldots\ldots 4.6$$

ในทำนองเดียวกัน สามารถจะหาค่าออกมาโดยวิธีกราฟ โดยการกำหนดจุดระหว่าง H และ q ของค่าดังกล่าวในกระดาษกราฟ log-log แล้วหาค่าความลาดเอียง (slope) ของเส้นที่ลากเชื่อม 2 จุดดังกล่าว ดังในตัวอย่าง 4.6

ตัวอย่างที่ 4.6 ให้หาค่า X สำหรับหัวปล่อยน้ำแบบให้น้ำไหลเป็นทางยาววนเวียน (ปรับอัตราการไหลไม่ได้) ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$q1$ = 4.9 ลิตร/ชม. ที่ H1 10.0 เมตร

$q2$ = 8.4 ลิตร/ชม. ที่ H2 20.0 เมตร

และให้หาว่าต้องใช้ H เท่าไร ถ้าต้องการ q = 6 ลิตร/ชม.

วิธีทำ

จากการคำนวณโดยสมการ 4.6

$$X = \frac{\log(q1/q2)}{\log(H1/H2)} = \frac{\log(4.9/8.4)}{\log(10/20)}$$

$X = 0.78$ ตอบ

แทนค่า X ในสมการ 4.5 หาค่า Kd

$$q = Kd.H^X$$

เมื่อ q = 4.9 ลิตร/ชม. และ H = 10 เมตร

$$Kd = q/H^X = \frac{4.9}{10^{0.78}}$$

$$= 0.81$$

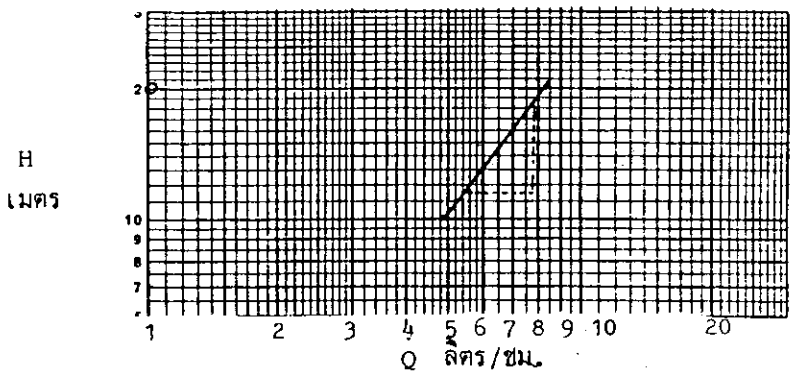
หา H เมื่อต้องการ q = 6 ลิตร/ชม.

$$H = (q/Kd)^{1/x} = \left(\frac{6}{0.81}\right)^{1/0.78}$$

$$= 13 \text{ เมตร}$$

∴ ต้องใช้ความดัน = 13 เมตร ตอบ

วิธีกราฟ



รูปที่ 4.2 การหาค่า X โดยวิธีกราฟบนกระดาษ log-log

จากสมการ 4.5 จะเห็นว่า ถ้า X มีค่ายิ่งน้อย จะทำให้ความดันที่เปลี่ยนไป มีผลต่อปริมาณการไหลน้อยลงเช่นกัน สำหรับหัวปล่อยน้ำที่มีลักษณะการไหลของน้ำแบบปั่นป่วน (Turbulent) X จะมีค่าประมาณ 0.5 และถ้าลักษณะการไหลเป็นแบบเอื่อยๆ (laminar) X จะมีค่าประมาณ 1.0 และถ้าหัวปล่อยน้ำเป็นแบบปรับชดเชยความดันได้เอง X จะมีค่าใกล้ 0.0 สำหรับหัวปล่อยน้ำชนิดเจาะรูน้ำเข้าด้านข้าง ส่วนมากจะเป็นแบบปั่นป่วน X =0.5 และถ้าเป็นแบบทางไหลของน้ำยาวและวกวน ค่า X อาจจะอยู่ช่วงระหว่าง 0.5 ถึง 1.0 เป็นต้น

การจะทราบว่าการไหลของน้ำจากหัวปล่อยน้ำจะเป็นแบบปั่นป่วน (turbulent) หรือไหลแบบเอื่อยๆ (laminar) ก็ให้พิจารณาจากค่าเรโนลนัมเบอร์ (Reynolds Number) Re คือ

$$Re = \frac{VD}{v} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4.7$$

ในเมื่อ

V	=	ความเร็วของการไหลจากหัวปล่อยน้ำ	เมตร/วินาที
D	=	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องที่ให้น้ำไหล	มม.
v	=	ความข้นเหนียวของน้ำ (kinematic viscosity)	$ม.^2$/วินาที

ถ้าเปลี่ยนเป็นรูปอัตราการไหล สมการ 4.7 จะกลายเป็น

$$Re = \frac{3.54 \times 10^{-4} q}{vD} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 4.8$$

q	=	อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ	ลิตร/ชม.

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ		น้ำหนักจำเพาะ	Kenematic Viscosity
°ซ	°ฟ	กรัม/ซม.^{3}	เมตร^2/วินาที
0	32	0.999	1.794×10^{-6}
4	39	1.000	1.568
5	41	0.999	1.519
10	50	0.999	1.310
15	59	0.999	1.146
20	68	0.998	1.011
30	86	0.996	0.803

อุณหภูมิ		น้ำหนักจำเพาะ	Kenematic Viscosity
°ซ	°ฟ	กรัม/ซม^3	เมตร^2/วินาที
40	104	0.992	0.659
50	122	0.988	0.556
60	140	0.983	0.478

ถ้าค่า Re น้อยกว่า 2,000 การไหลเป็นแบบเอื่อยๆ

ถ้าค่า Re มากกว่า 4,000 การไหลเป็นแบบปั่นป่วน

ตัวอย่างที่ 4.7 หัวปล่อยน้ำแบบท่อขนาดจิ๋ว (microtube) มีขนาดรู 0.8 มม. มีอัตราการไหล 4 ลิตร/ซม. อยากทราบว่าการไหลจะเป็นแบบเอื่อยๆ หรือปั่นป่วน เมื่อน้ำมีอุณหภูมิ 40° ซ.

วิธีทำ

จากสมการ 4.8 หาค่า

$$Re = \frac{3.54\times10^{-4}q}{vD}$$

แทนค่า

q = 4 ลิตร/ซม., D = 0.8 มม.

v = 0.659×10^{-6} ม.^{2}/วินาที ที่อุณหภูมิ 40°

จะได้

$$Re = \frac{3.54\times10^{-4}\times4}{0.659\times10^{-6}\times0.8} = 2,685.9 > 2,000$$

∴ ลักษณะการไหลจะเป็นแบบปั่นป่วนอย่างไม่สมบูรณ์คือ

มีค่า Re อยู่ระหว่าง 2,000 ถึง 4,000 ตอบ

4.9 **การสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดของผิวท่อ** เมื่อน้ำไหลในท่อ มักจะมีแรงต้านขณะที่เคลื่อนที่ แรงต้านนี้คือ แรงต้านที่เกิดจากความฝืด หรือการเสียดทานระหว่างน้ำและผิวของท่อ ที่มันไหลผ่านนั่นเอง ความดันลดผ่านท่อ จะขึ้นอยู่กับความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อ ขนาดท่อ ความราบเรียบของผิวในของท่อ และความยาว การคำนวณความดันลดนั้น ไม่เพียงแต่จะคำนึงถึงท่อเท่านั้น ยังจะคิดรวมความดัน

ลดที่เกิดจากประตูน้ำ ข้อต่ออุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องกรอง เป็นต้น สำหรับการชลประทานแบบหยดโดยทั่วไปแล้ว จะผลิตจากวัสดุจำพวกพลาสติกทั้งท่อแขนง ท่อประธานย่อย และท่อประธาน และถือว่าท่อนั้นเป็นท่อเรียบทางชลศาสตร์ (hydraulically smooth pipe) สูตรทั่วไปสำหรับคำนวณการสูญเสียความดันในท่อที่นิยมใช้กันคือ สมการของ Hazen-Williams ดังนี้

$$Hf = 1.21 \times 10^{10} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} D^{-4.87} L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 4.9$$

หรือ

$$J = Hf \frac{1000}{L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4.10$$

ในเมื่อ

Hf	=	ค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดของเส้นท่อ	เมตร
Q	=	ปริมาณการไหลของน้ำในเส้นท่อ	ลิตร/วินาที
C	=	ค่าสัมประสิทธิ์ของความฝืดของผิวท่อชนิดต่างๆ	
D	=	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเส้นท่อ	มม.
L	=	ความยาวของท่อ	เมตร
J	=	ค่าการสูญเสียความดันต่อความยาวของท่อ	เมตร/1000 เมตร

โดยทั่วไปมักจะใช้ค่า C = 150 สำหรับการคำนวณการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดในท่อพลาสติกผิวเรียบตามสมการของ Hazen-Williams แต่ค่า C = 150 ที่ใช้นี้ได้จากการทดลองกับท่อขนาดใหญ่กว่า 75 มม. (3 นิ้ว) มีปริมาณการไหลมากกว่า 3 ลิตรต่อวินาที ค่า Reynold number มากกว่า 5×10 สำหรับการทดลองกับท่อขนาดเล็กที่ใช้กับการให้น้ำแบบหยด เช่นขนาด 16 มม. (1/2 นิ้ว) ผลลัพธ์ที่ได้จากสูตร Hazen-Williams ที่ใช้ค่า C = 150 ตลอดนั้น จะน้อยกว่าค่าการสูญเสียแรงดันที่เกิดขึ้นจริงๆ ประมาณ 30% และผลจากการทดลองมีข้อยืนยันหลายอย่างที่พอจะสรุปได้ว่า สำหรับท่อขนาดเล็กกว่า 3 นิ้ว และอัตราการไหลน้อยกว่า 2 ลิตรต่อวินาที สูตร Hazen-Williams มีความถูกต้องน้อยกว่าสูตรของ Darcy-Weisbach ซึ่งมีสมการดังนี้

$$Hf = \frac{fL}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4.11$$

ในเมื่อ

f = ค่าสัมประสิทธิ์ของความฝืด

V	=	ความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อ	เมตร/วินาที
L	=	ความยาวของเส้นท่อ	เมตร
g	=	อัตราการเร่งของแรงดึงดูดของโลก 9.81	เมตร/วินาที
D	=	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเส้นท่อ	มม.

แต่การหาค่า f ที่จะใช้ในสูตรนั้นเป็นสิ่งที่หาได้ไม่สะดวกนัก จึงไม่ค่อยนิยมใช้สำหรับการคำนวณออกแบบในระบบน้ำหยด ฉะนั้นจึงนิยมใช้สูตรของ Hazen-Williams มากกว่าและถ้าต้องการจะให้ค่าถูกต้องขึ้นเมื่อใช้กับท่อขนาดเล็ก ก็ควรใช้ค่า

C = 130 สำหรับท่อขนาด 14 ถึง 15 มม.

C = 140 สำหรับท่อขนาด 18 ถึง 19 มม.

C = 150 สำหรับท่อที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดดังกล่าว

ดังนั้นถ้าใช้ค่า C = 150 อาจจะเขียนเป็นสมการขึ้นใหม่เพื่อความสะดวกคือ

$$Hf = 15.27 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} L \qquad \ldots\ldots\ldots 4.12$$

ในเมื่อ

Hf	=	ค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อ	เมตร
Q	=	อัตราการไหลในเส้นท่อ	ลิตร/วินาที
D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ	ซม.
L	=	ความยาวของท่อ	เมตร

รูปที่ 4.3 เป็นโมโนกร๋าฟสำหรับใช้ช่วยหาค่าการสูญเสียความดันสำหรับท่อขนาดต่างๆ โดยใช้สมการ Hazen-Williams ด้วยค่า C ต่างๆ ตามความเหมาะสมได้อย่างสะดวก รวมทั้งสามารถหาความเร็วของน้ำในเส้นท่อได้ด้วย เป็นเมตร/วินาที โดยต้องหราบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ (D) เป็น มม. และปริมาณการไหลเป็น (Q) เป็น ม.^{3}/ชม. จะทำให้ทราบค่าการสูญเสียความดัน เป็นเมตรต่อความยาว 1000 เมตร โดยถือว่าปริมาณการไหลของน้ำในท่อคงที่ตลอด ไม่ได้ลดลงตามส่วน แต่ตามความเป็นจริงแล้วอัตราการไหลในท่อแขนงจะลดลงเรื่อยๆ ตามปริมาณน้ำที่ไหลออกในแต่ละจุดตลอดความยาวของท่อแขนง โดยถือว่าที่ปลายท่อน้ำไหลหมดพอดี ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

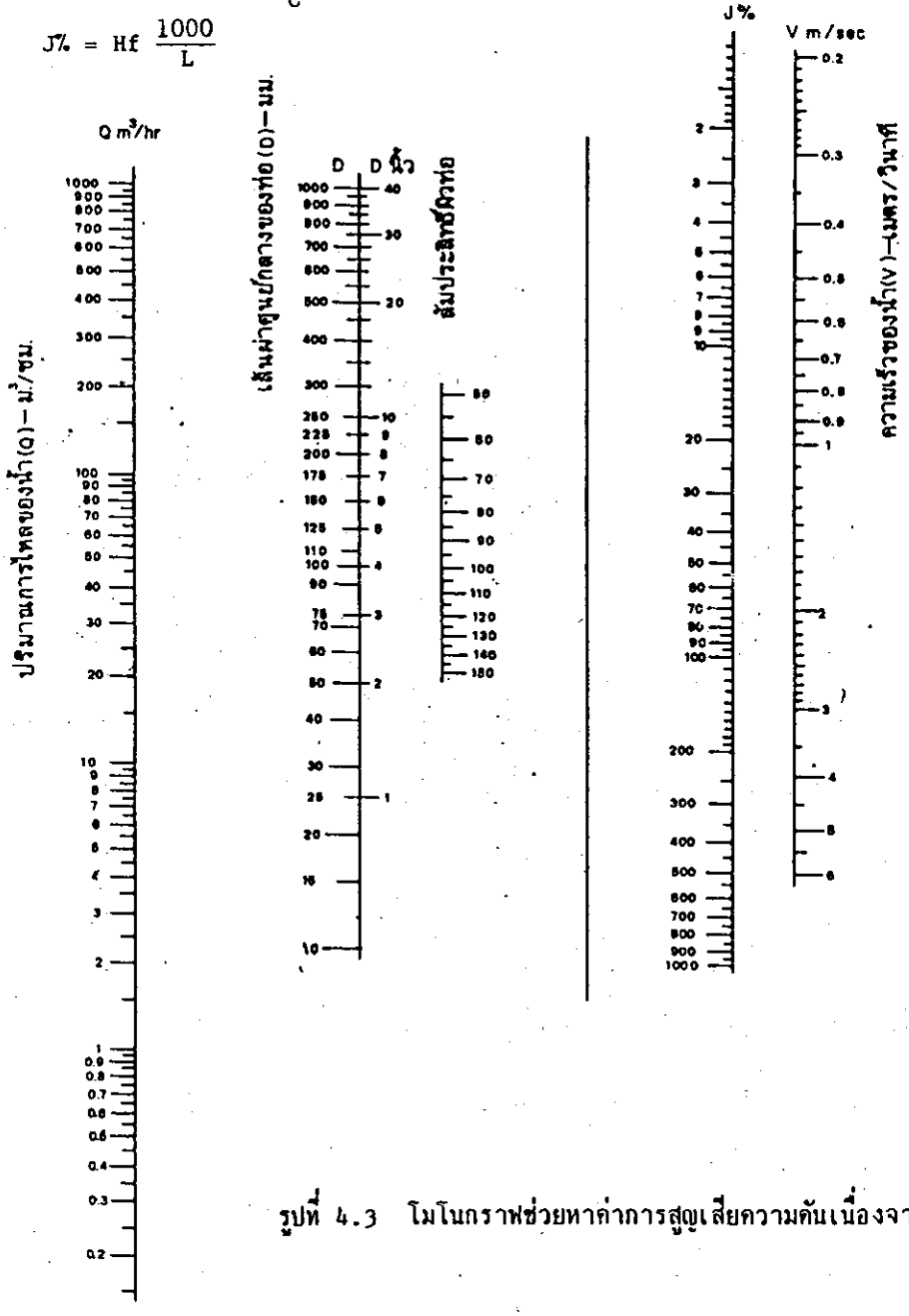
กราฟช่วยคำนวณการไหลของน้ำในท่อ

(Hagen and Williams formula)

$$Hf = 1.13 \times 10^{9} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} D^{-4.871} L$$

การสูญเสียแรงดัน ม./1000 ม.

$$J\% = Hf \frac{1000}{L}$$



รูปที่ 4.3 โมโนกราฟช่วยหาค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืด

ตัวอย่างที่ 4.8 น้ำไหลผ่านท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 5.4 ซม. (2") ด้วยอัตราการไหล 3 ลิตร/วินาที เป็นท่อที่วีซีียาว 200 เมตร อยากทราบว่าจะสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดเท่าใด

วิธีทำ

ลองทำทั้งสองวิธีคือ

วิธีที่ 1 โดยการคำนวณจากสมการ 4.9 ดังนี้

$$Hf = 1.21 \times 10^{10} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} D^{-4.87} L$$

แทนค่า ใช้ $= 150$

$$= 1.21 \times 10^{10} \left(\frac{3}{150}\right)^{1.852} 54^{-4.87} \times 200$$

$Hf = 6.3$ เมตร ตอบ

หรือจากสมการ 4.12 แทนค่าดังนี้

$$Hf = 15.27 \times \frac{3^{1.852}}{5.4^{4.871}} \times 200$$

$$= 15.27 \times \frac{7.649}{3693.9} \times 200 = 6.3$$ ตอบ

วิธีที่ 2 โดยอาศัยโมโนกร๊าฟ รูปที่ 4.3

ได้ค่า $V = 1.3$ เมตร/วินาที

$J = 31$ %

$$Hf = \frac{JxL}{1000} = \frac{31 \times 200}{1000}$$

$Hf = 6.2$ เมตร ตอบ

บทที่ 5

การคำนวณออกแบบระบบชลประทานแบบหยด

การออกแบบระบบชลประทานแบบหยดนี้ถือว่าเป็นการออกแบบระบบการให้น้ำแบบที่ใช้ท่อและมีการส่งน้ำออกจากท่อเป็นระยะๆ ซึ่งวิธีนี้ค่อนข้างจะทำได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยตรง ทั้งนี้เพราะปริมาณน้ำที่ไหลอยู่ในท่อจะลดลงตามความยาวของท่อ ทำให้การคำนวณหาอัตราการลดลงของความดันในท่อค่อนข้างจะยุ่งยาก ฉะนั้นเพื่อที่จะหาวิธีการออกแบบที่ค่อนข้างง่าย โดยใช้สมการทางด้านชลศาสตร์ การคำนวณทางคณิตศาสตร์ ประกอบการใช้กราฟช่วยในการออกแบบหาขนาดของท่อแขนง ท่อแยกประธาน และท่อประธาน รวมทั้งการหาขนาดเครื่องสูบน้ำที่จะใช้ด้วย เพื่อให้ได้ระบบที่สมบูรณ์

5.1 การคำนวณออกแบบท่อแขนง

สำหรับการชลประทานแบบหยด เมื่อพูดถึงท่อแขนงก็จะต้องหมายถึงท่อที่มีหัวปล่อยน้ำติดตั้งอยู่ด้วยเสมอ โดยทั่วไปนิยมวางท่อไว้บนผิวดิน เพราะสะดวกและประหยัดค่าแรง ฉะนั้นท่อที่ใช้ส่วนมากจะทำด้วยพลาสติกที่ยืดหยุ่น ม้วนเป็นขดได้ ประเภทท่อ แอลดีพีอี (LDPE) หรือเรียกสั้นๆ ว่า ท่อพีอี ทำจากสารโพลีเอลธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และจะต้องทึบแสงหรือเป็นสีดำ เพื่อป้องกันแสงอาทิตย์ที่จะส่องผ่านทำให้เกิดตะไคร่น้ำขึ้นภายในท่อและอุดตันหัวปล่อยน้ำ ท่อที่เห็นสีดำนี้จะผสมสารผงถ่าน (carbon black) ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของท่อนานขึ้น ใช้ได้ไม่ควรน้อยกว่า 3 ปี เนื่องจากป้องกันแสงเหนือม่วง (ultra violet) จากดวงอาทิตย์ได้ดี และถ้าจะให้มีอายุการใช้งานนานยิ่งขึ้นอีก ก็อาจจะต้องผสมสารพวกป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับอ๊อกซิเจน (antioxidants) และตัวทำให้โมเลกุลของสารพลาสติกเสถียร (stabilizers) อาจทำให้ท่อใช้งานกลางแดดได้นาน 5 ถึง 10 ปี แต่ถ้าฝังใต้ผิวดินอาจใช้ได้นานถึง 50 ปี ถ้าใช้ท่อพีวีซี (PVC) ควรจะต้องออกแบบเป็นชนิดท่อฝังใต้ผิวดินและติดหัวปล่อยน้ำชนิดยื่นโผล่สูงขึ้นเหนือดิน อายุการใช้งานอาจจะนาน 5 ถึง 10 ปีเหมือนกัน แต่ถ้าวางบนผิวดินกลางแสงแดดจัดๆ ประมาณ 2-3 ปี ก็อาจจะชำรุดเสียหายแล้ว โดยเฉพาะท่อชนิดบาง (ชั้น 5 กก./ตร.ซม.) อาจจะใช้ได้ 1 ถึง 2 ปีเท่านั้น ปกติราคาของท่อพีอีจะแพงกว่าท่อพีวีซีประมาณ 30-35% แต่การติดตั้งท่อพีอี จะทำงานได้ง่ายและสะดวกกว่า โดยเฉพาะการติดตั้งหัวปล่อยน้ำ

ท่อแขนงส่วนมากใช้กับความดันของน้ำไม่มากนัก ไม่เกิน 40 เมตร (ประมาณ 60 ปอนด์ต่อตร.นิ้ว) ขนาดของท่อจะถูกออกแบบโดยกำหนดจากจำนวนต้นต่อแถว จำนวนของหัวปล่อยน้ำที่ใช้ต่อต้น และอัตราจ่ายน้ำจากหัวปล่อยน้ำแต่ละหัว หรือจำนวนหัวปล่อยน้ำและความยาวของท่อ ขนาดของท่อที่ใช้ส่วนมากจะไม่เกิน 22 มม. ถ้าใช้ใหญ่กว่านี้ถือว่าไม่ประหยัด ตามห้องตลาดที่มีขายส่วนมากจะมีขนาด 22, 20, 18, 16 และ 14 มม. ท่อแขนงที่ใช้แต่ละสายไม่ควรยาวเกิน 300 เมตร และไม่นิยมต่อท่อลดเกิน 2 ขนาด

5.1.1 <u>จำนวนหัวปล่อยน้ำและอัตราการไหลของน้ำผ่านท่อแขนง</u>

การหาจำนวนหัวปล่อยน้ำทั้งหมดบนท่อแขนงนั้น ขึ้นอยู่กับความยาวทั้งหมดของท่อแขนง ระยะห่างของต้นพืชในแถวและจำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้นพืช ซึ่งหาได้โดยสมการ

$$Ne = \frac{Le \times e}{St} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.1$$

ในเมื่อ

Le	=	ความยาวของท่อแขนง	เป็นเมตร
e	=	จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น	เป็นหัว
St	=	ระยะห่างระหว่างต้นพืชในแถว	เป็นเมตร

สำหรับอัตราการไหลในเส้นท่อแขนงขึ้นอยู่กับจำนวนของหัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งตลอดความยาวของเส้นท่อ และอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ ซึ่งหาได้โดยสมการ

$$Ql = \frac{1}{3600} \times Ne \times qa \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.2$$

ในเมื่อ

Ql	=	อัตราการไหลรวมในเส้นท่อแขนง	ลิตร/วินาที
Ne	=	จำนวนหัวปล่อยน้ำบนท่อแขนง	หัว
qa	=	อัตราการไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ	ลิตร/ชม./หัว

<u>ตัวอย่างที่</u> 5.1 หาจำนวนหัวปล่อยน้ำและปริมาณการไหลทั้งรวมในเส้นท่อแขนง ซึ่งยาว 240 เมตร โดยมีต้นเงาะปลูกเป็นระยะระหว่างต้น (St) 8 เมตร ระยะระหว่างแถว (Sr) 10 เมตร ต้องใช้หัวปล่อยน้ำ 4 หัวต่อต้น และมีอัตราการไหลหัวละ 8 ลิตร/ชม.

วิธีทำ

หาจำนวนหัวปล่อยน้ำทั้งหมดบนท่อแขนงจากสมการ 5.1

$$Ne = \frac{Le \times e}{St}$$

แทนค่า

$$Ne = \frac{240 \times 4}{8}$$

∴ จำนวนทั้งสิ้น 120 หัว

หาปริมาณการไหลรวมในเส้นท่อแขนงจากสมการ 5.2

$$Ql = \frac{1}{3600} Ne \cdot qa$$

แทนค่า

$$Ql = \frac{1}{3600} \times 120 \times 8 = 0.27 \quad \text{ลิตร/วินาที}$$

∴ ปริมาณการไหลในเส้นท่อแขนงรวม = 0.27 ลิตร/วินาที

5.1.2 การคำนวณความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อแขนง

ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 4.9 ถึงการคำนวณหาความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อสำหรับกรณีที่น้ำไหลด้วยอัตราสม่ำเสมอกันตลอดความยาว แต่สำหรับอัตราการไหลของน้ำในท่อแขนงนั้นไม่คงที่ จะมีอัตราการไหลลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากจ่ายน้ำออกทางหัวปล่อยน้ำ ตลอดความยาว และถือว่าที่ปลายท่อไม่มีน้ำไหลออก ฉะนั้นการสูญเสียความดันในท่อที่มีหัวปล่อยน้ำคิดเป็นระยะห่างเท่าๆ กันตลอดความยาวของท่อ สามารถคำนวณได้เป็นขั้นคือ คำนวณหาค่าการสูญเสียความดันสำหรับความยาวแต่ละช่วงระหว่างหัวปล่อยน้ำที่อยู่ติดกัน ซึ่งการทำเช่นนี้มันเสียเวลาและน่าเบื่อ โดยเฉพาะท่อยาวๆ Christiansen (1942) ได้แนะนำวิธีง่ายๆ และหอใช้ได้สำหรับท่อที่มีจุดจ่ายน้ำออกมากๆ เช่นเดียวกับในระบบ Sprinkler ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับท่อแขนงที่ติดหัวปล่อยน้ำ หรือท่อแยกประธานที่มีท่อแขนงต่อแยกออกเป็นจำนวนมากของระบบการให้น้ำแบบหยดได้คือ

$$\Delta H1 = FJ \frac{L}{1000} \quad \text{..... 5.3}$$

$\Delta H1$ = ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืด เมตร

F = สัมประสิทธิ์ของการลดลงเพื่อชดเชยปริมาณการไหลในท่อที่ลดลง

J = สัดส่วนของการสูญเสียความดันเป็นเมตรต่อความยาว 1000 เมตร

L = ความยาวของท่อแขนง

ฉะนั้นค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดของท่อ ที่มีทางจ่ายน้ำออกเป็นจำนวนมาก สามารถหาได้โดยการประเมินครั้งแรกด้วยค่า ΔH ที่คิดแบบน้ำออกที่ปลายท่ออย่างเดียวก่อน แล้วจึงคูณค่าสัมประสิทธิ์ F ซึ่งขึ้นกับจำนวนหัวปล่อยน้ำ (Ne) และค่ายกกำลังของปริมาณการไหล (m) ดังสมการ

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2Ne} + \sqrt{\frac{m-1}{6Ne^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 5.4$$

ค่าของสัมประสิทธิ์ F สำหรับจำนวนหัวปล่อยน้ำต่างๆ ตามท่อหาได้จากตาราง 5.1 ค่า m กำหนดสำหรับใช้กับสูตรคือ Hazen-Williams (เลขยกกำลังของอัตราการไหล m = 1.85) หรือ

สรุปเป็นสมการที่นิยมใช้กันสำหรับท่อแขนงโดยประมาณ เมื่อใช้ C = 150 และ F = .36 คือ

$$\Delta H1 = 5.50 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 5.5$$

ในเมื่อ

$\Delta H1$	=	ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อแขนง	เมตร
Q	=	ปริมาณน้ำที่ต้นทางเข้าของท่อแขนง	ลิตร/วินาที
D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อแขนง	ซม.
L	=	ความยาวทั้งหมดของท่อแขนง	เมตร

ตารางที่ 5.1 สัมประสิทธิ์ค่า F สำหรับหาค่าการสูญเสียแรงดันในท่อที่มีการจ่ายน้ำออกหลายทาง

จำนวนของทางน้ำออก (ne)	F (m = 1.85)	จำนวนของทางน้ำออก (Ne)	F (m = 1.85)
1	1.00	9	0.41
2	0.64	10 - 11	0.40
3	0.54	12 - 15	0.39
4	0.49	16 - 20	0.38
5	0.46	21 - 30	0.37
6	0.44	31 - 70	0.36
7	0.43	70	0.36

5.1.3 การสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดของการต่อหัวปล่อยน้ำกับท่อแขนง

การที่ต่อหัวปล่อยน้ำกับท่อแขนงนั้น ก็เป็นสาเหตุทำให้น้ำไหลในท่อแขนงไม่ราบเรียบ หัวปล่อยน้ำที่ต่อกับท่อแขนงโดยทั่วไปแยกพิจารณาเป็น 2 กรณี กรณีแรกสำหรับหัวปล่อยน้ำที่ต่ออยู่ในท่อแขนง (In-line) และกรณีที่สอง ต่อเสียบอยู่บนท่อแขนง (On-line)

กรณีที่ 1 การคิดค่าการสูญเสียความดันสำหรับหัวปล่อยน้ำที่ต่อในท่อแขนง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลปกติของหัวปล่อยน้ำ (q) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของหัวปล่อยน้ำ (ID) และจำนวนหัวปล่อยน้ำ (Ne) ซึ่งการสูญเสียความดันดังกล่าว พอจะประมาณค่าได้จากตารางที่ 5.2 ซึ่งแสดงค่าการสูญเสียความดัน (Δh) สำหรับ q, ID และ Ne ค่าต่างๆ

กรณีที่ 2 การคิดค่าการสูญเสียความดันสำหรับหัวปล่อยน้ำที่เสียบบนผนังท่อ ซึ่งค่าที่ได้อาศัยจากการทดลอง และเปรียบเทียบการสูญเสียออกมาในรูปของความยาวของท่อที่มีขนาดเดียวกับท่อแขนง ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของท่อและหัวที่เสียบ ระยะห่างของหัว ดังที่แสดงในตารางที่ 5.3 เพราะฉะนั้นความยาวของท่อแขนงที่นำไปคิดจะยาวเพิ่มขึ้นเป็นความยาวใหม่ดังสมการ

$$L' = \frac{Se + Fe}{Se} \cdot L \quad \text{..... 5.6}$$

ในเมื่อ

L'	=	ความยาวใหม่ของท่อแขนงที่มีหัวปล่อยน้ำติดบนท่อ	เมตร
Fe	=	การสูญเสียความดันเนื่องจากการติดหัวปล่อยน้ำเทียบเป็นความยาว	เมตร
Se	=	ระยะห่างของหัวปล่อยน้ำ	เมตร

ดังนั้น สมการที่ 5.3 จึงเขียนใหม่ได้เป็น

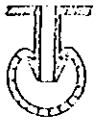
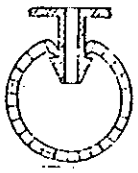
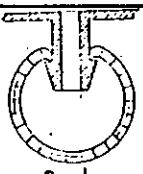
$$\Delta H1 = FJ \frac{L'}{1000} \quad \text{..... 5.7}$$

ตัวอย่างที่ 5.2 ให้หาการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อแขนง ซึ่งใช้กับสวนเงาะตามตัวอย่าง 5.1 ท่อแขนงยาว 240 เมตร โดยมีต้นเงาะปลูกระยะห่างระหว่างต้น (St) 8 เมตร ระยะห่างระหว่างแถว (Sr) 10 เมตร ต้องใช้หัวปล่อยน้ำ 4 หัวต่อต้น และมีอัตราการไหล 8 ลิตร/ชม. สมมุติให้เลือกใช้ท่อพีอี. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 18 มม. (OD = 22 มม.) หัวปล่อยน้ำที่ใช้เป็นแบบชนิดติดบนท่อ แบบที่เสียบเล็ก

ตารางที่ 5.2 . การสูญเสียความดันย่อย Δh (เมตร)

อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ	เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ	จำนวนหัวปล่อยน้ำในท่อแขนง						
		10	50	100	150	200	250	300
2 ลิตร/ชม.	8	-	0.06	0.52	1.76	4.18	8.13	14
	11	-	0.02	0.15	0.49	1.17	2.28	3.94
	13.8	-	-	0.06	0.20	0.47	0.91	1.58
	15	-	-	0.04	0.14	0.34	0.66	1.12
	17.2	-	-	0.02	0.08	0.19	0.38	0.66
	23.2	-	-	-	0.02	0.06	0.11	0.20
4 ลิตร/ชม.	8	-	0.25	2.06	6.97	16.58	-	-
	11	-	0.07	0.58	1.95	4.64	9.04	15.62
	13.8	-	0.03	0.23	0.78	1.87	3.64	6.29
	15	-	0.02	0.17	0.56	1.34	2.61	4.52
	17.2	-	0.01	0.09	0.33	0.78	1.51	2.61
	23.2	-	-	0.03	0.10	0.23	0.46	0.39
6 ลิตร/ชม.	8	-	0.57	4.68	15.90	-	-	-
	11	-	0.16	1.31	4.43	10.50	20.50	-
	13.8	-	0.06	0.53	1.78	4.24	8.25	14.26
	15	-	0.05	0.38	1.28	3.04	5.93	10.24
	17.2	-	0.03	0.22	0.74	1.76	3.43	5.92
	23.2	-	-	0.07	0.22	0.53	1.03	1.79
8 ลิตร/ชม.	8	-	1.01	8.27	-	-	-	-
	11	-	0.28	2.31	7.82	18.60	-	-
	13.8	-	0.11	0.93	3.15	7.49	14.58	-
	15	-	0.08	0.67	2.26	5.38	10.47	18.12
	17.2	-	0.04	0.39	1.31	3.11	6.06	10.47
	23.2	-	0.01	0.12	0.39	0.94	1.82	3.16
10 ลิตร/ชม.	8	-	1.59	12.97	-	-	-	-
	11	-	0.44	3.63	12.25	-	-	-
	13.8	-	0.18	1.46	4.94	11.74	-	-
	15	-	0.13	1.05	3.54	8.43	16.4	-
	17.2	-	0.07	0.61	2.05	4.87	9.49	16.4
	23.2	-	0.02	0.18	0.62	1.47	2.87	4.95

ตารางที่ 5.3 การสูญเสียความดันในรูปของความยาวเทียบเท่า เนื่องจากการเสียบหัวปล่อยน้ำเข้าไปในท่อ

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ มาตราส่วน 1:1	ขนาดของฐานเสียบ	ระยะห่างของหัวปล่อยน้ำ (Se)		ความยาวเทียบเท่า (Fe)	ความผิดที่เพิ่มขึ้น %
		4.0		0.32	8
		2.0		0.30	15
		1.0		0.26	26
		0.5		0.23	45
12 มม.	เล็ก	---	เฉลี่ย	0.28	---
		4.0		0.12	3
		2.0		0.13	6
		1.0		0.10	10
		0.5		0.13	26
18 มม.	เล็ก	---	เฉลี่ย	0.12	---
		4.0		0.17	4
		2.0		0.17	9
		1.0		0.16	16
18 มม.	ใหญ่	---	เฉลี่ย	0.17	---

วิธีทำ

(1) หาจำนวนหัวทั้งหมดที่ใช้จากสมการ 5.1

$$Ne = \frac{Le \times e}{St}$$

แทนค่า

$$Ne = \frac{240 \times 4}{8} = 120 \quad \text{หัว}$$

(2) หาระยะห่างระหว่างหัว โดยถือว่าทุกหัวมีระยะห่างเท่ากัน จากสมการ

$$Se = \frac{Le}{Ne}$$

แทนค่า

$$Se = \frac{240}{120} = 2 \quad \text{เมตร}$$

(3) หาความยาวเทียบเท่าของหัวปล่อยน้ำจากตาราง 5.3 เมื่อ Se = 2 เมตร จะได้ Fe = 0.13 จากสมการ 5.6

$$L' = \frac{(Se + Fe)\, L}{Se}$$

แทนค่า

$$L' = \frac{(2 + 0.13)}{2} \times 240 = 255.6 \quad \text{เมตร}$$

(4) หาค่าสัมประสิทธิ์ของการลดของปริมาณการไหล จากตารางที่ 5.1 เมื่อคำนวณหัวมากกว่า 70 หัว ได้ค่า

$$F = 0.36$$

(5) หาปริมาณการไหลที่ต้นทางของท่อแขนง จากสมการ 5.2 ตามตัวอย่างที่ 5.1 ได้

$$Q1 = 0.27 \quad \text{ลิตร/วินาที}$$

(6) หาค่าการสูญเสียความดันจากสมการ 5.7

$$\Delta H1 = F\, J\, \frac{L'}{1000}$$

หาค่า J จากรูปที่ 4.3 เมื่อ Q = 0.27 ลิตร/วินาที หรือ $0.27 \times 3.6 = 0.97$ ม.^{3}/ชม.

D = 18 มม. C = 140

จะได้ J = 75 ม./1000 เมตร

แทนค่า

$$\therefore \quad \Delta H_1 = \frac{0.36 \times 75 \times 255.6}{1000} = 6.9 \text{ เมตร}$$

(7) ทดสอบหาค่าการสูญเสียความดัน จากสมการ 5.5 ดังนี้

$$\Delta H_1 = 5.50 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} \times L'$$

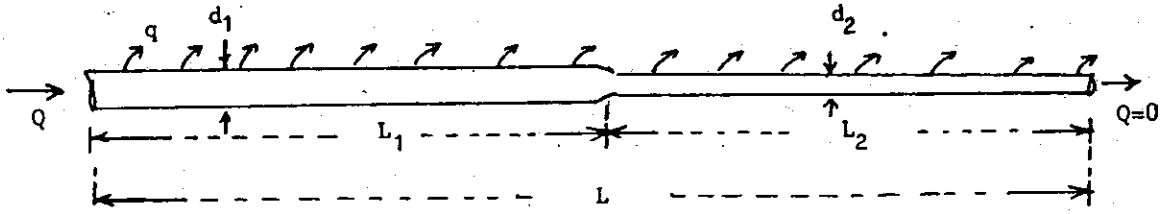
แทนค่า

$$\Delta H_1 = 5.50 \times \frac{0.27^{1.852}}{1.8^{4.871}} \times 255.6 = 7.1 \text{ เมตร}$$

$\therefore$ การสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืด 7.1 เมตร ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้โมโนกราฟ รูป 4.3 ถึงแม้สมการ 5.5 จะใช้ค่า C = 150

5.1.4 <u>การคำนวณความดันที่สูญเสียในท่อแขนงต่างขนาด</u> (Tapered pipe size lateral)

บางครั้งเพื่อความประหยัด อาจจะใช้ท่อแขนงต่างขนาดต่อกัน โดยใช้ท่อขนาดเล็กต่อกับท่อที่มีขนาดใหญ่ เพราะส่วนท้ายของท่อจะมีปริมาณน้ำไหลลดลง และโดยปกติท่อแขนงจะต่อกันไม่เกิน 2 ขนาด ซึ่งสามารถคำนวณการสูญเสียความดันจากท่อต่างขนาดกันดังสมการ



$$\Delta H1 = \Delta Hd_1\ L - \Delta Hd_1\ L_2 + \Delta Hd_2\ L_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ 5.8$$

ในเมื่อ

Δ H1 = ค่าสูญเสียความดันทั้งหมดในท่อแขนงต่างขนาด เมตร

$\Delta Hd_1\ L_2$ = ค่าสูญเสียความดันทั้งหมดตลอดความยาวของท่อขนาดใหญ่ เมตร

$\Delta Hd_1\ L_2$ = ค่าสูญเสียความดันตามความยาวของท่อส่วนท้าย (L_2) โดยพิจารณาขนาดท่อใหญ่ (d_1) เมตร

$\Delta Hd_2\ L_2$ = ค่าสูญเสียแรงดันตามความยาวของท่อส่วนท้าย (L_2) โดยพิจารณาขนาดท่อเล็ก (d_2) เมตร

การคำนวณค่าสูญเสียความดันแยกคิดทีละส่วนด้วยสมการ 5.3 หรือ 5.5

ตัวอย่างที่ 5.3 ให้หาค่าการสูญเสียความดันในท่อแขนงตามตัวอย่างที่ 5.2 โดยพิจารณาเปลี่ยนมาใช้ท่อแขนง 2 ขนาดต่อกัน คือขนาด ID 18 มม. ยาว 140 เมตร และ ID 14 มม. 100 เมตร ที่เหลือ

วิธีทำ

จากสมการ 5.8

$$\Delta Hl = \Delta Hd_1L - \Delta Hd_1L_2 + \Delta Hd_2L_2$$

จากตัวอย่าง 5.2 หาค่าการสูญเสียความดันตลอดความยาวของท่อ ID 18 เมตร คือ

$$\Delta Hd_1L = 6.9 \quad \text{เมตร}$$

หาปริมาณการไหลของน้ำในเส้นท่อขนาด 14 มม. ที่ต่อจากท่อขนาด 18 มม. ซึ่งยาว 100 ม. เมื่อท่อยาวทั้งหมด 240 เมตร ปริมาณการไหลที่คำนวณได้จากตัวอย่างที่ 5.1 คือ

Ql_1 = 0.27 ลิตร/วินาที หรือ 0.97 ม.^{3}/ชม.

$$\therefore Ql_2 = \frac{0.27 \times 100}{240} = 0.11 \quad \text{ลิตร/วินาที หรือ } 0.40 \text{ ม.}^3\text{/ชม.}$$

$$Ne = \frac{100 \times 4}{8} = 50 \quad \text{หัว จากตาราง 5.1} \quad F = 0.36$$

ซึ่งจากรูป 4.3 สำหรับ Ql = 0.97 ม.^{3}/ชม. ท่อขนาด ID = 18 มม. จากรูป 4.3 ใช้ค่า C = 140 จะได้ J = 82 เมตร/1000 เมตร

และจากสมการ 5.3 จะได้

$$\Delta Hd_1L_2 = 0.36 \times \frac{82}{1000} \frac{(2 + 0.13)}{2} \times 100 = 3.14 \quad \text{เมตร}$$

ในทำนองเดียวกัน สำหรับท่อขนาดเล็ก ID = 14 มม. เมื่อ Ql_2 = 0.40 ม.^{3}/ชม. จากรูป 4.3 ใช้ C = 130 จะได้ J = 57 ม./1000 ม.

จากสมการ 5.3 จะได้

$$\Delta Hd_2L_2 = 0.36 \times \frac{57}{1000} \frac{(2 + 0.13)}{2} \times 100 = 2.18 \quad \text{เมตร}$$

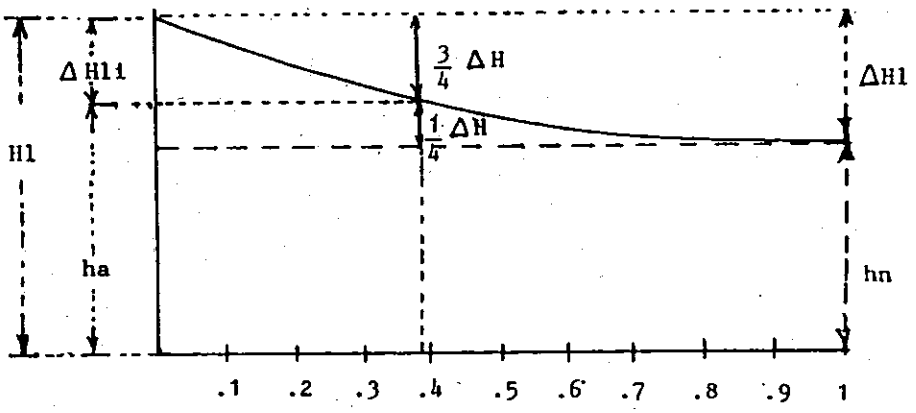
แทนค่าที่หาได้ทั้งหมดในสมการ 5.8

$$\Delta H1 = 6.9 - 3.14 + 2.18 = 5.94 \quad \text{เมตร}$$

$\therefore$ ค่าการสูญเสียความดันในท่อแขนง = 5.94 เมตร

5.1.5 <u>หาความดันที่ลดลงหรือความดันที่จุดต่างๆ ตามความยาวของท่อแขนง สำหรับพื้นที่รายเรียบ</u>

เนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลในท่อแขนง จะลดลงตลอดตามความยาวที่เพิ่มขึ้น เส้นที่ใช้แสดงการลดลงของความดันเนื่องจากความฝืดก็จะไม่เป็นเส้นตรง แต่จะมีลักษณะลดลงเป็นเส้นโค้งแบบสมการยกกำลัง (exponential) ลักษณะของเส้นโค้งแสดงการลดลงของความดัน จะแสดงได้โดยเส้นความลาดเทความดันแบบไร้มิติ ดังสมการ



$$Ri = 1 - (1 - i)^{2.852} \quad \text{..... 5.9}$$

Ri = อัตราส่วนของความดันที่ลดลง $\Delta H1_i/H1$

i = อัตราส่วนความยาว 1/L

l = ส่วนของความยาวที่กำหนด วัดจากต้นทางของท่อแขนง เป็นเมตร

L = ความยาวทั้งหมดของท่อแขนง เป็นเมตร

$\Delta H1i$ = ความดันที่ลดลง จากต้นทางถึงความยาวที่กำหนด หรือ ณ ตำแหน่ง

$$\Delta H1i = Ri\,\Delta H1$$

$\Delta H1$ = ความดันที่ลดลงทั้งหมดที่หาได้จากสมการ 5.5

H1 = ความดันที่ต้นทางของท่อแขนง เมตร

hn = ความดันที่น้อยที่สุดของท่อแขนง เมตร

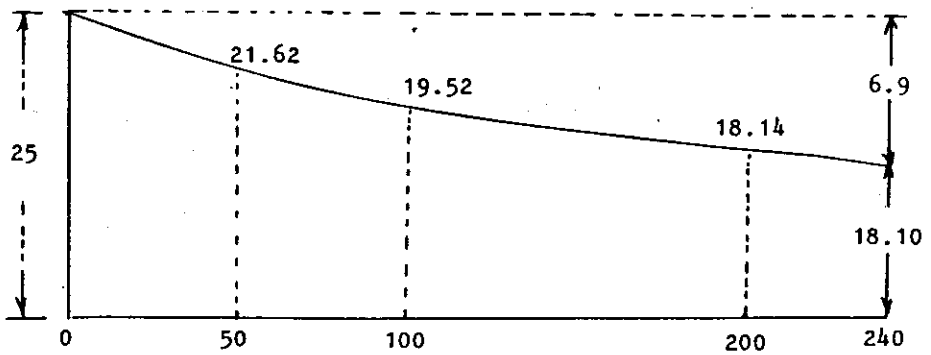
ตารางที่ 5.4 หาค่า Ri จากค่า i = 1/L ต่างๆ

i	Ri	i	Ri
0.02	0.056	0.55	0.904
0.04	0.110	0.60	0.927
0.06	0.162	0.65	0.954
0.08	0.162	0.70	0.968
0.10	0.260	0.75	0.983
0.20	0.47	0.80	0.990
0.30	0.638	0.85	0.995
0.40	0.767	0.90	0.998
0.50	0.861	0.95	0.999

สมการ 5.9 นี้ สามารถที่จะใช้หารูปลักษณะการลดลงของความดันในเส้นท่อแขนง เมื่อได้คำนวณหาความดันที่ลดลงทั้งหมดในท่อได้แล้ว และเพื่อความสะดวก อาจใช้ตาราง 5.4 ช่วยในการคำนวณได้เร็วขึ้น

ตัวอย่างที่ 5.4 ให้หาความดันในท่อแขนง ตามตัวอย่างที่ 5.2 ที่ตำแหน่งความยาว 50 เมตร 100 เมตร และ 200 เมตร นับจากต้นทางตามลำดับ โดยสมมุติว่าความดันที่ต้นทางท่อแขนง 25 เมตร และท่อแขนงวางอยู่บนพื้นที่ราบเรียบ

วิธีทำ



จากสมการ 5.9

$$Ri = 1 - (1 - i)^{2.852}$$

หา H_{50} ที่ตำแหน่ง 50 เมตร

$$i = \frac{50}{240} = 0.21$$

$$Ri = 1 - (0.79)^{2.852} = 0.49$$

จากตัวอย่างที่ 5.2 $\Delta H1 = 6.9$

$$H1\ 50 = Ri \Delta H1 = 0.49 \times 6.9 = 3.38 \text{ ม.}$$

$$\therefore \quad H50 = 25 - 3.38 = 21.62 \text{ ม.}$$

หา H_{100}

$$i = \frac{100}{240} = 0.42$$

$$Ri = 0.79$$

$$\Delta H1_{100} = 0.79 \times 69 = 5.45$$

$$H_{100} = 25 - 5.45 = 19.55 \text{ เมตร}$$

หา H_{200}

$$i = \frac{200}{240} = 0.83$$

$$Ri = 0.99$$

$$\Delta H1_{200} = 0.99 \times 6.9 = 6.85 \text{ เมตร}$$

$$\therefore \quad H_{200} = 25 - 6.85 = 18.14 \text{ เมตร}$$

สำหรับพื้นที่ลาดเทและพื้นที่เป็นคลื่น

ในการออกแบบท่อแขนงที่วางบนพื้นที่ลาดเทหรือเป็นคลื่น ควรจะต้องนำความแตกต่างของระดับความสูงของพื้นที่มาพิจารณาด้วย พื้นที่เป็นคลื่น การวิเคราะห์ส่วนของการสูญเสียจะไม่เป็นเส้นตรง และผลก็ยังคาดคะเนไม่ได้ แต่ละส่วนควรจะคิดแยกกัน

กรณีพื้นที่มีความลาดเทสม่ำเสมอหรือสม่ำเสมอ ความแตกต่างของความดันเนื่องจากระดับ ใช้ลักษณะของการลดลงหรือเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงได้ โดยทั่วไปถ้าความลาดเทไม่มากเกินไปนัก เช่นไม่เกิน 0.5% ก็ไม่จำเป็นต้องนำมาคิดก็ได้ คิดเฉพาะความดันที่ลดลงเนื่องจากความฝืดเพียงอย่างเดียวก็ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ในบางกรณีอาจเป็นไปได้ว่า ความสม่ำเสมอในการจ่ายน้ำของท่อแขนงที่วางตามพื้นที่ลาดลงจะดีกว่าพื้นที่ราบ ซึ่งเนื่องมาจากการสูญเสียความดันที่เกิดจากความเสียดทานในท่อ สามารถถูกชดเชยด้วยความดันที่เพิ่มขึ้นของระดับพื้นที่ ในพื้นที่แบบนี้ ความดันที่กระจายควรหาโดยวิธีกราฟจะดีกว่า เมื่อได้แล้วสามารถนำมารวมเป็นกราฟเส้นเดียวกันได้ดังสมการที่ 5.10 เพื่อหาค่าความดันรวมที่ตำแหน่งต่างๆ ของท่อแขนง ก็จะทราบความสม่ำเสมอของปริมาณการไหลจากหัวปล่อยน้ำแต่ละหัวได้เป็นอย่างดี

$$\frac{dh}{dL} = -Sf \pm So \quad \text{..... 5.10}$$

ในเมื่อ

$\frac{dh}{dL}$ = ค่าความลาดเทรวมของความดัน

Sf = ความลาดเทของความดันที่ลดลงเนื่องจากความฝืด

So = ความลาดเทของท่อหรือพื้นที่

เครื่องหมายบวกแสดงว่า ท่อมีความลาดเทลงไปในขณะที่เครื่องหมายลบแสดงว่า ท่อมีความลาดเทขึ้น สมการ 5.10 นี้สามารถที่จะใช้ได้กับพื้นที่ที่มีความลาดเททั้งสม่ำเสมอ และไม่สม่ำเสมอ

<u>ตัวอย่างที่</u> 5.5 ให้หาประสิทธิภาพการกระจายน้ำ ($Ea = \frac{qn}{qa}$) และเขียนเส้นแสดงความดันที่เกิดขึ้นในท่อแขนงที่จุดต่างๆ สำหรับพื้นที่ราบ พื้นที่ลาดเท และพื้นที่เป็นคลื่น สำหรับกรณีต่อไปนี้

- ท่อแขนงยาว 200 เมตร
- หัวปล่อยน้ำชนิดติดกับท่อแขนง อัตราการให้ของน้ำที่ใช้เฉลี่ยต่อหัว 4 ลิตร/ชม. เมื่อมีความดัน 10 เมตร
- ใช้ท่อ PE ขนาด ID (มม.) 14 มม.
- สมมุติติดหัวปล่อยน้ำเฉลี่ยทุกระยะ 4 เมตร
- พื้นที่ราบ พื้นที่ลาดเท 0.2% และพื้นที่เป็นคลื่น ที่ระยะ 50 เมตรแรกลาดเทขึ้น 0.5% ระยะ 150 เมตร หลังลาดเทลง 0.6%

วิธีทำ

สำหรับพื้นที่ราบ

จำนวนหัวปล่อยน้ำ = $\frac{200}{4}$ = 50 หัว

ปริมาณการไหลของน้ำในท่อแขนง (Q1) = 50 × 4 = 200 ลิตร/ชม.

= 0.2 ม.^{3}/ชม.

= 0.06 ลิตร/วินาที

ค่าสูญเสียความดันทั้งหมดในท่อหาได้โดยใช้รูปที่ 4.3 (สมมุติไม่คิดการสูญเสียที่เสียบต่อหัว) และสมการที่ 5.3 หรือจะใช้สมการ 5.5 เลยก็ได้คือ

$$\Delta H1 = 5.50 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} L$$

แทนค่า

$$= 5.50 \times \frac{0.06^{1.852}}{1.4^{4.871}} \times 200 \quad \text{เมตร}$$

$$\Delta H1 = 1.16 \quad \text{เมตร}$$

หาความดันที่ต้นทาง H1 จากสมการ

$$H1 = ha + 3/4 \ \Delta H1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.12$$

ในเมื่อ

H1 = ความดันที่ต้นทางท่อแขนง เมตร

ha = ความดันเฉลี่ยที่ทำให้เกิดอัตราการไหลเฉลี่ยที่หัวปล่อยน้ำ เมตร

และ

$$hn = H1 - \Delta H1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.13$$

หรือ

$$= ha - 1/4 \ \Delta H1$$

ในเมื่อ

hn = ความดันที่ปลายท่อแขนง หรือความดันที่น้อยที่สุดในระบบ เมตร

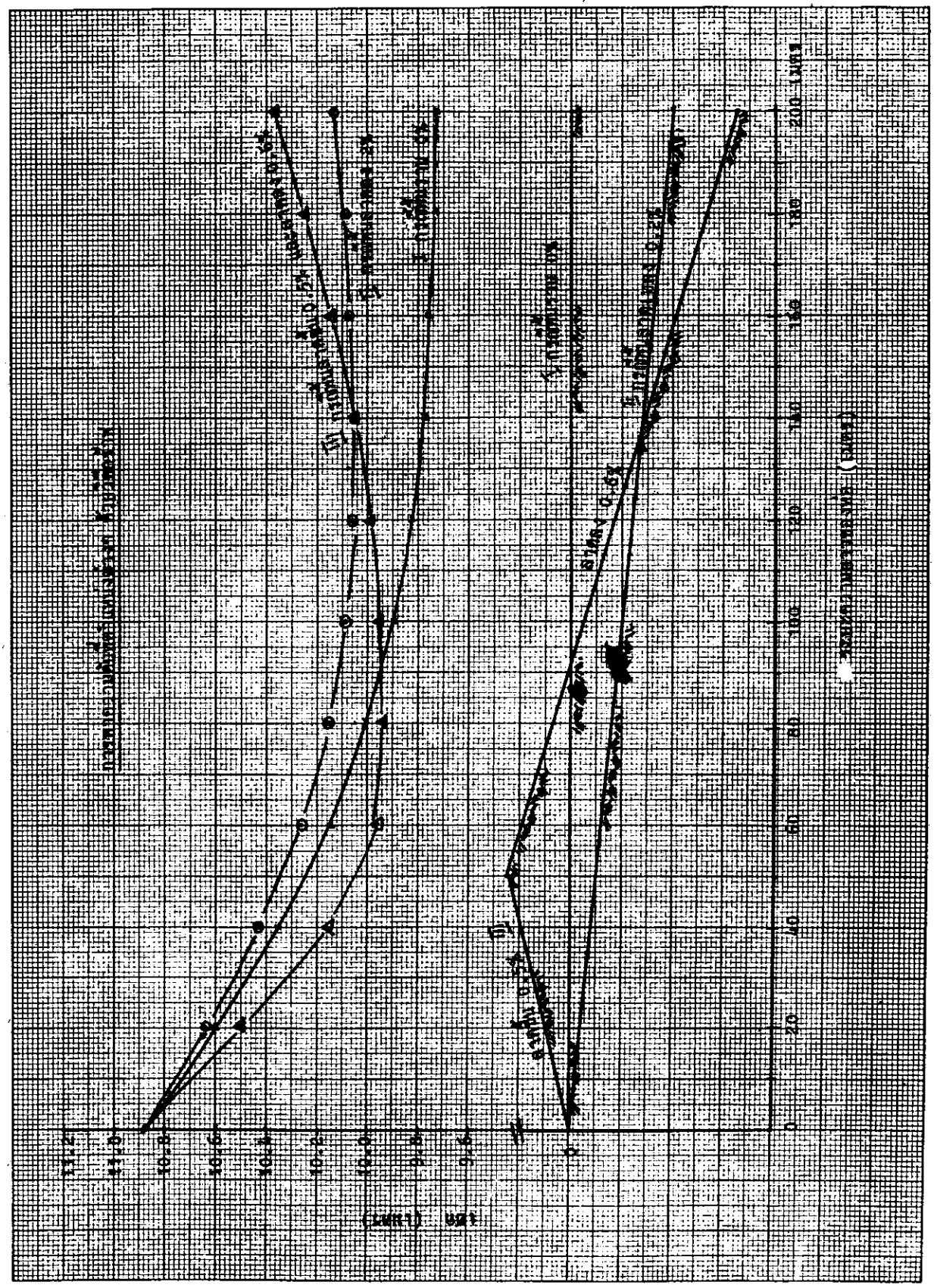
แทนค่าในสมการ 5.12 และ 5.13 กรณีพื้นที่ราบ

H1 = 10 + 0.75 × 1.16 = 10.89 เมตร

hn = 10.89 - 1.16 = 9.73 เมตร

ดู Chart ของหัวปล่อยน้ำ เมื่อ hn = 9.73 เมตร ได้ qn = 3.9 ลิตร/ชม.

$\therefore Ea = \frac{3.9}{4} \times 100 = 97\%$



สำหรับการหาเส้นโค้งแสดงความดันที่จุดต่างๆ บนท่อแขนง สามารถหาได้โดยการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสมการ 5.5 และ 5.9 ดังในตาราง

i	Ri	Hli=Ri Δ Hl	Hi = Hl . ΔHli
0	-	-	10.89
0.1	0.259	0.293	10.6
0.2	0.470	0.545	10.35
0.3	0.638	0.740	10.15
0.4	0.767	0.889	10.00
0.5	0.861	0.999	9.89
0.6	0.927	1.075	9.82
0.7	0.961	1.115	9.77
0.8	0.989	1.147	9.75
0.9	0.998	1.158	9.73
1	1	1.16	9.73

5.1.6 <u>การคำนวณหาขนาดท่อแขนงโดยอาศัยกราฟ</u>

วิธีการคำนวณหาขนาดท่อแขนงอย่างง่ายนี้ อาศัยการคำนวณโดยใช้ Chart รูปที่ 5.1 หรือ รูปที่ 5.2 และโมโนกราฟ รูปที่ 5.3 ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Dr. I-pai Wu แห่งมหาวิทยาลัยฮาวาย ขอสรุปขั้นตอนในการใช้ดังต่อไปนี้

Chart รูปที่ 5.4 ใช้ในกรณีพื้นที่มีความลาดเทลงตามแนวท่อแขนง

Chart รูปที่ 5.5 ใช้ในกรณีพื้นที่มีความลาดเทขึ้นตามแนวท่อแขนง

L = ความยาวทั้งหมดของท่อแขนง เมตร

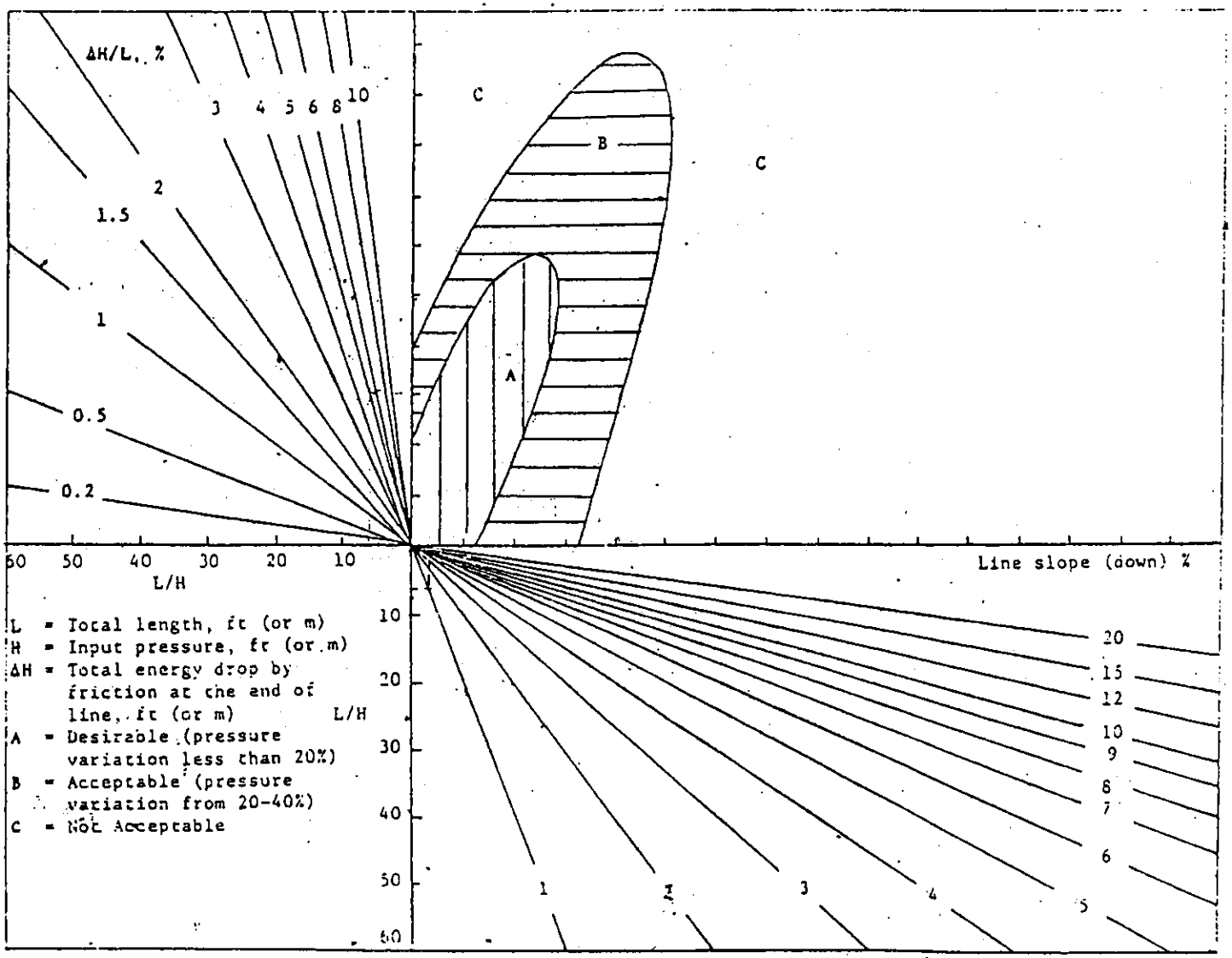
H = ความดันใช้งาน

ΔH = ความดันทั้งหมดที่ลดลงที่ปลายท่อเนื่องจากความเสียดทาน เมตร

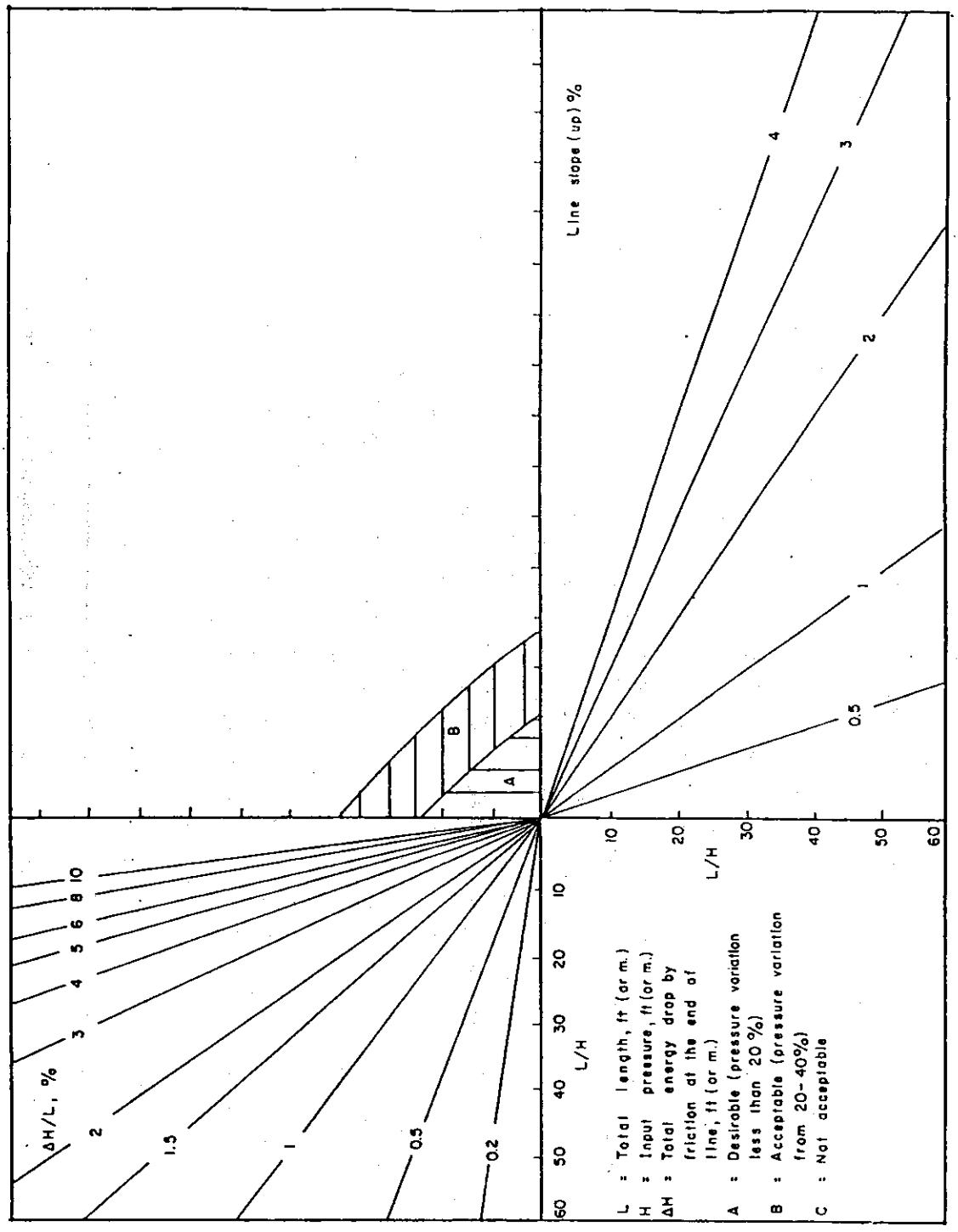
A = ข้อกำหนดที่นิยมใช้ (ความดันที่ผันแปรในท่อน้อยกว่า 20%)

B = ข้อกำหนดที่พอยอมรับได้ (ความดันที่ผันแปรในท่ออยู่ระหว่าง 20-40%)

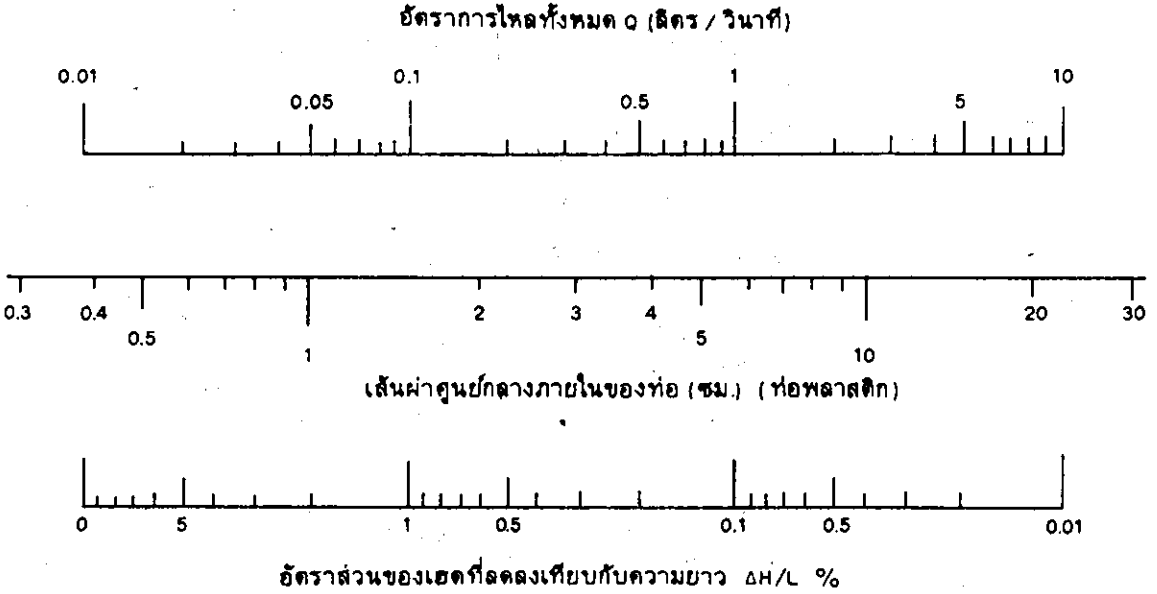
C = ใช้ไม่ได้



รูปที่ 5.1 ภาพเส้นไร้มิติ สำหรับการคำนวณออกแบบท่อทั่วไป (พื้นที่ลาดลง)



รูปที่ 5.2 กราฟสำหรับหาค่าความดันแบบท่อทั่วไป (พื้นที่ลาดชัน)



รูปที่ 5.3ภาพเส้นสำหรับการออกแบบท่อแขนงและท่อประธานแยก

การคำนวณวิธีนี้ใช้ประโยชน์ได้เป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกใช้พิจารณาเลือกขนาดของท่อที่เหมาะสม กรณีที่สอง ใช้ตรวจสอบดูว่าขนาดท่อที่ออกแบบแล้วนั้นใช้ได้หรือไม่

(1) <u>การเลือกขนาดท่อที่เหมาะสม</u>

1. คำนวณหาค่า L/H แล้วนำไปกำหนดจุดใน Chart รูปที่ 5.1 หรือรูปที่ 5.2 (Quadrant III)
2. จากค่า L/H ลากเส้นในแนวนอนไปยังเส้นแสดงความลาดเทของพื้นที่ทราบค่า (ใน Quadrant IV) จากจุดนี้ลากเส้นในแนวดิ่งไปยัง Quadrant I
3. จากเส้นในแนวดิ่งในข้อ 2 นี้ ลากให้ไปตัดขอบบนของเขต A หรือเขต B โดยขึ้นอยู่กับเกณฑ์การออกแบบที่กำหนดคือ ถ้ายอมให้แรงดันต่างกันไม่เกิน 20% ก็ใช้ขอบบนของเขต A ถ้ายอมให้ความดันต่างกันอยู่ในช่วง 20-40% ก็ใช้ขอบบนของเขต B จากจุดที่ได้นี้ลากเส้นในแนวนอนไปยัง Quadrant II
4. จากค่า L/H (ใน Quadrant II) ลากเส้นในแนวดิ่งขึ้นไปตัดกับเส้นที่ลากมาจากข้อที่ 3 จะได้จุดตัดจุดหนึ่ง
5. ประเมินค่า $\Delta H/L$ (ใน Quadrant II) จากจุดตัดในข้อที่ 4
6. จากรูปที่ 5.3 Nomograph ใช้ค่าปริมาณการไหลทั้งหมด (Q) ที่หาได้ และค่า $\Delta H/L$ ที่ได้จากข้อ 5 หาขนาดท่อแขนงที่เล็กที่สุดได้ตามต้องการ

<u>ตัวอย่างที่</u> 5.6 ใช้ท่อแขนงในแปลงปลูกผักยาว 60 เมตร และพื้นที่มีลักษณะลาดเทลง 1% ตามแนวท่อแขนง หัวปล่อยน้ำติดอยู่บนท่อแขนงห่างกัน 30 ซม. หัวปล่อยน้ำมีปริมาณการไหล หัวละ 4 ลิตร/ชม. แรงดันใช้งาน 10 เมตร ให้หาขนาดท่อแขนง (ยอมให้แรงดันในท่อแขนงต่างกันไม่เกิน 20%)

<u>วิธีทำ</u>

จากข้อมูลที่กำหนด

ท่อแขนงยาว (L)	=	60	เมตร
แรงดันใช้งาน (H)	=	10	เมตร
จำนวนหัวปล่อยน้ำ	=	$\frac{6000}{30}$ 200	หัว
ปริมาณการไหลของน้ำในท่อทั้งหมด (Q)	=	200 × 4 = 800	ลิตร/ชม.
	=	0.22	ลิตร/วินาที

ขั้นตอนในการหาจาก Chart และ Nomograph

1. คำนวณค่า $L/H = \frac{60}{10} = 6$ และมีความลาดเทลง 1%
2. จากรูปที่ 5.1 ใช้เขต A ในการพิจารณาจะได้ค่า $\frac{\Delta H}{L} = 5$
3. จากรูปที่ 5.3 Nomograph ใช้ Q = 0.22 ลิตร/วินาที และ $\frac{\Delta H}{L} = 5$ จะได้ขนาดของท่อเล็กที่สุด 16 มม.

(2) <u>การตรวจสอบว่าขนาดของท่อที่กำหนดขึ้นใช้ได้หรือไม่</u>

1. คำนวณค่า L/H และปริมาณการไหลทั้งหมด (Q)
2. จากรูปที่ 5.3 Nomograph ใช้ Q และขนาดของท่อที่กำหนด หาค่า H/L
3. จากรูปที่ 5.1 หรือ 5.2 สำหรับค่า H/L (ในQuadrant III) ลากเส้นในแนวดิ่งขึ้นไปพบกับค่า H/L ที่หาได้ในข้อ 2 (ใน Quadrant II) และจากจุดดังกล่าวลากเส้นในแนวนอนไปยัง Quadrant I
4. จากค่า L/H (ใน Quadrant III) ลากเส้นในแนวนอนไปยังเส้นความลาดเทของพื้นที่ที่กำหนด (ใน Quadrant IV) แล้วจากจุดที่ได้ลากเส้นในแนวดิ่งไปยัง Quadrant I
5. จากจุดที่ลากไปตัดกันของข้อที่ 3 และข้อที่ 4 ใน Quadrant I ดูว่าตกอยู่ในเขตไหน ถ้าเขต A ใช้ได้ ถ้าเขต B พอยอมรับได้ ถ้าเขต C ใช้ไม่ได้

<u>ตัวอย่างที่</u> 5.8 ความดันใช้งานในท่อแขนงคือ 5 เมตร ท่อแขนงยาว 100 เมตร ปริมาณการไหลทั้งหมด 0.3 ลิตร/วินาที พื้นที่ลาดเทลง 2% ตามแนวท่อแขนง และท่อแขนงที่ใช้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มม. ให้ตรวจสอบว่าขนาดดังกล่าวใช้ได้หรือไม่

<u>วิธีทำ</u>

ใช้รูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.3 ดังต่อไปนี้

(1) คำนวณ $L/H = \frac{100}{5} = 20$

(2) จากรูปที่ 5.3 Q = 0.3 ลิตร/วินาที, D = 20 มม.
จะได้ค่า $\Delta H/L$ 1.90

(3) ในรูปที่ 5.1 จากค่า L/H = 20 ใน Quadrant III ลากเส้นในแนวนอนไปยังเส้นลาดเท 2% ใน Quadrant IV จากจุดนี้ลากเส้นในแนวดิ่งไปยัง Quadrant I

(4) จากค่า L/H = 20 ใน Quadrant III ลากเส้นตั้งฉากไปยังค่า H/L = 1.90 ใน Quadrant II และจากจุดนี้ลากเส้นแนวนอนไปยัง Quadrant I

(5) จากจุดตัดของเส้นทั้งสองใน Quadrant I ซึ่งตกอยู่ในเขต A แสดงว่าใช้ได้

5.1.7 การคำนวณหาขนาดท่อแขนงอย่างง่าย

เนื่องจากหัวปล่อยน้ำส่วนใหญ่ที่ใช้กันในประเทศไทยนั้น เป็นแบบชนิดที่สามารถปรับอัตราการไหลให้มากหรือน้อยได้ที่หัวโดยตรง ซึ่งนับว่าเป็นแบบที่ใช้ง่าย มีราคาประหยัด การวัดปริมาณน้ำก็อาศัยการตวงวัด และการจับเวลาครั้งละประมาณ 1 นาที เป็นอย่างน้อย หรือปริมาตรที่วัดแต่ละครั้งอย่างน้อยควรจะไม่ต่ำกว่า 100 ซม.^{3} แล้วก็ปรับจนกว่าจะได้อัตราที่พอใจ และใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับตัวอื่นๆ โดยประมาณต่อไป ซึ่งการทำเช่นนี้จะเห็นว่า ความแตกต่างของแรงดันในท่อแขนงจะไม่ใช่สิ่งสำคัญที่จะทำให้อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำแตกต่างกัน อยู่ที่ความสามารถของผู้ปรับ แต่อย่างไรก็ดีเพื่อเป็นการประหยัดในการเลือกใช้ขนาดท่อที่เหมาะสม มีข้อแนะนำว่าความเร็วของน้ำในท่อแขนงไม่ควรมากกว่า 2 เมตรต่อวินาที จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายจากน้ำกระแทกอย่างฉับพลันตอนเปิดปิดน้ำเร็วๆ

ฉะนั้นจะสามารถหาขนาดของท่อจากข้อกำหนดดังกล่าวได้โดยอาศัยสมการ

$$D = 2.52 \quad (Q1)^{0.5} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 5.14$$

เมื่อ

Q1 = อัตราการไหลของน้ำในท่อแขนง ลิตร/วินาที

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อขนาดที่เล็กที่สุดที่ใช้ได้ ซม.

ตัวอย่างที่ 5.9 ใช้ท่อแขนงสำหรับปลูกพืชยาว 100 เมตร ใช้หัวปล่อยน้ำชนิดปรับอัตราการไหลได้ โดยพยายามปรับให้แต่ละหัวมีอัตราการไหลเฉลี่ย 4 ลิตรต่อชม. และแต่ละหัวอยู่ห่างกัน 50 ซม. ให้หาขนาดของท่อแขนง

วิธีทำ

หาจำนวนหัวปล่อยน้ำ $= \frac{100}{.50} = 200$ หัว

หาปริมาณการไหลของน้ำในท่อทั้งหมด 4×200

$= 800$ ลิตร/ชม. $= 0.22$ ลิตร/วินาที

หาขนาดของท่อที่เล็กที่สุดได้จากสมการ 5.14

$$D = 2.52 (Q1)^{0.5} \quad \text{ซม.}$$

แทนค่า

$D = 2.52 \times (0.22)^{0.5} = 1.18$ ซม. $= 12$ มม.

∴ ขนาดท่อที่เล็กที่สุด 12 มม.

เพื่อความรวดเร็วอาจจะอาศัยตารางที่ 5.5 ช่วยก็ได้

ตารางที่ 5.5 แนวทางการพิจารณาเลือกขนาดท่อแขนง

ขนาดท่อแขนง ϕ มม.	อัตราการไหลในท่อ (Q1) ลิตร/วินาที
8	0.10
10	0.15
12	0.20
14	0.30
16	0.40
18	0.50
20	0.60
22	0.76
25	1.00

5.2 การคำนวณออกแบบท่อประธานย่อย

ท่อประธานย่อยคือท่อหัวแปลงที่มีท่อแขนงต่อแยกออก อาจจะแยกออกไปข้างใดข้างหนึ่งของท่อประธานย่อย หรืออาจจะแยกออกทั้งสองด้านก็ได้ การไหลของน้ำทั้งท่อประธานย่อยและท่อแขนงจะมีลักษณะไม่คงที่ แต่ปริมาณน้ำที่ไหลในท่อ จะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณน้ำที่จ่ายออกจากหัวปล่อยน้ำที่ระยะต่างๆ ฉะนั้นปริมาณน้ำที่ไหลในท่อจะลดลงตามระยะความยาวของท่อ ความดันทั้งหมดที่ลดลงเนื่องจากความฝืดที่ผิวท่อ จะมีค่าน้อยกว่าที่หาได้จากสมการ 4.12 โดยตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่า

1) ท่อประธานย่อยเหมือนท่อแขนง ซึ่งจะมีน้ำถูกจ่ายออกหลายจุด ด้วยจำนวนที่เท่าๆ กันตลอดระยะความยาวของท่อ โดยที่ปลายท่อถือว่าน้ำที่จ่ายหมดพอดี

2) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อประธานย่อยคงที่เท่ากันตลอดความยาว ดังสมการ

$$Q_1 = \left(\frac{Q}{L}\right)(L-1) \quad \text{..... 5.15}$$

ในเมื่อ

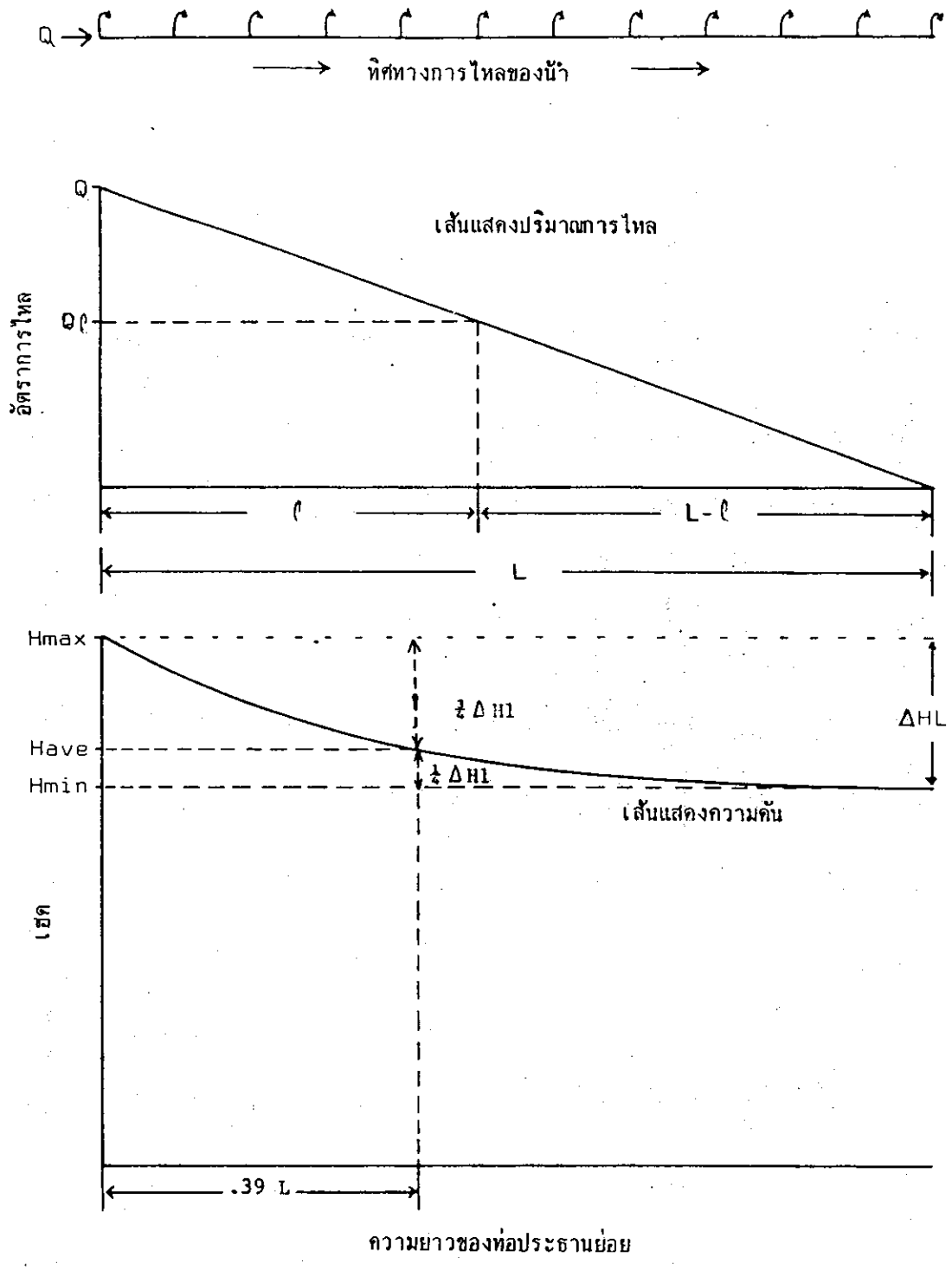
Q_i	=	อัตราการไหลที่ระยะ 1 จากทางเข้า	ลิตร/วินาที
Q	=	อัตราการไหลที่ทางเข้า	ลิตร/วินาที
L	=	ความยาวทั้งหมดของท่อ	เมตร
l	=	ระยะจากทางเข้าถึงจุดใดๆ	เมตร

และได้แนะนำการหาค่าความดันที่ลดลงในท่อประธานย่อยที่ใช้ท่อขนาดเดียว ซึ่งค่าความดันที่ลดลงจะน้อยลงประมาณ 36% โดยที่ท่อประธานย่อยต่างกับท่อแขนงคือ ท่อประธานย่อยมักจะใช้ท่อพีวีซี และมีขนาดใหญ่กว่าท่อแขนง ถ้าใช้สมการของ Hazen และ Williams ท่อประธานย่อยจะใช้ค่า C = 150 ได้และถือว่าเป็นท่อเรียบ ดังได้กล่าวมาแล้วในสมการที่ 5.5

เนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลในท่อประธานย่อย จะลดลงตลอดระยะความยาวของท่อ เส้นที่แสดงความลาดเทของความดันก็จะไม่เป็นเส้นตรง แต่จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ลักษณะของเส้นแสดงความลาดเทของความดัน จะอธิบายได้โดยใช้เส้นแสดงความลาดเทของความดันไร้มิติ

ดูรูป 5.4 เป็นการแสดงเส้นลาดพลังงาน (energy grade line) ไร้มิติ และได้สมการคือ

$$\frac{\Delta H_1}{\Delta H_L} = 1 - (1 - 1/L)^{2.852} \quad \text{..... 5.16}$$



รูปที่ 5.4 แสดงเส้นลาดพลังงาน (Hydraulic Grade Line) ของท่อประธานย่อยหรือท่อแขนง

ในเมื่อ

Δ Hl = การสูญเสียความดัน (เฮด) ที่ระยะ 1 เมตร

Δ HL = การสูญเสียความดัน (เฮด) ทั้งหมด เมตร

อย่างไรก็ตาม ถ้าท่อประธานย่อยดังกล่าววางอยู่บนพื้นราบ การเปลี่ยนแปลงความดันในท่อจะแสดงโดยเส้นแสดงความลาดเทของพลังงาน แต่ถ้าท่อวางอยู่บนพื้นที่มีความลาดเทไม่ว่าจะขึ้นหรือลง ความลาดเทนี้จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงความดันภายในท่อ การเปลี่ยนแปลงของความดันตามความยาวของท่อสามารถที่จะหาได้โดยการรวมเส้น ความลาดเทของความดันในท่อกับความลาดเทของพื้นดิน โดยถือว่าการเปลี่ยนแปลงของเฮด เนื่องจากความเร็วของน้ำภายในท่อมีค่าน้อยมาก ซึ่งสามารถแสดงในรูปของสมการได้ดังนี้

$$Pl = Pi - \Delta Hl \pm (Sol) \quad \text{..... 5.17}$$

ในเมื่อ

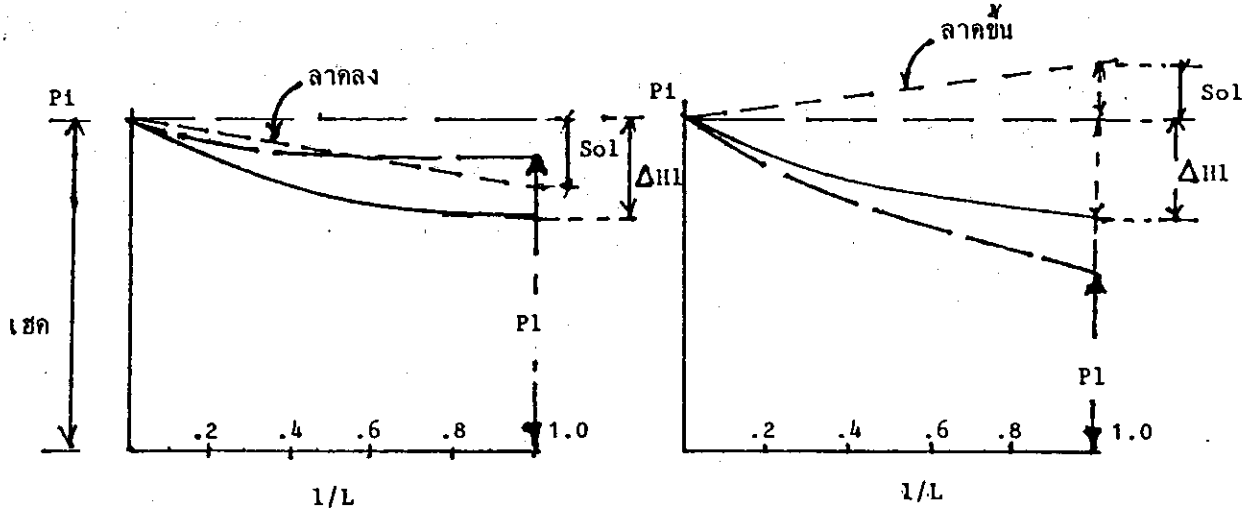
Pl = ความดันที่เกิดขึ้นที่ระยะ 1 เมตร

Pi = ความดันที่ทางเข้า เมตร

Δ Hl = การสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืด เมตร

So = ความลาดเทของพื้นที่เป็นจุดทศนิยม
(+ ลาดเทลง - - ลาดเทขึ้น)

1 = ระยะจากทางเข้า เมตร



ดังนั้นถ้าเอาสมการ 5.5 และ 5.16 แทนในสมการ จะได้สมการ 5.18 เพื่อหาความดันที่จุดต่างๆ ของท่อประธานย่อยหรือท่อแขนงที่วางบนพื้นที่มีความลาดเทขึ้นหรือลงก็ตาม ได้ดังสมการ

$$P1 = Pi - 5.5\left[\frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} L\right]\left[1 - (1-1/L)^{2.852}\right] \pm Sol \quad .... \quad 5.18$$

ตัวอย่างที่ 5.9 หาเฮด (ความดัน) ที่ระยะต่างๆ ของท่อประธานย่อย โดยใช้ท่อ พีวีซี ชั้น 8.5 ขนาด 4" (10.26 ซม. ID) ต่อไปใช้กับพื้นที่เพาะปลูกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยวางตามความลาดเทของพื้นที่ ลาดลง 2% ท่อประธานย่อยยาว 100 เมตร โดยมีอัตราการจ่ายน้ำที่ต้นทาง 25.0 ลิตร/วินาที และมีความดันที่ต้นทาง 10 เมตร

วิธีทำ

หาความดันที่ระยะแบ่งเท่าๆ กัน คือทุกๆ 20 เมตร ใช้สมการ 5.17 คำนวณทีละค่าดังนี้

เช่นที่ระยะ 1 = 20 เมตร หา H1 จากสมการ 5.5 และ 5.16 คือ

$$\Delta H1 = 5.5\left[\frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} L\right]\left[1 - (1 - 1/L)^{2.852}\right]$$

แทนค่า

$$5.5\left[\frac{25^{1.852}}{10.26^{4.871}} \times 100\right]\left[1 - (1 - \frac{20}{100})^{2.852}\right]$$

$$\Delta H_{20} = 2.53 \times .47 = 1.19 \text{ เมตร}$$

หรือเพื่อความสะดวกทำเป็นตารางดังนี้

1	Pi	-ΔH1	+ Sol	= Pl
0	10	0	0	10
20	10	1.19	0.40	9.21
40	10	1.89	0.80	8.88
60	10	2.28	1.20	8.89
80	10	2.43	1.60	9.14
100	10	2.46	1.80	9.31

ถ้าการใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่ปรับอัตราการไหลที่หัวไม่ได้ อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำจะสม่ำเสมอแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับเฮดที่เปลี่ยนแปลงในท่อเป็นสำคัญ

สำหรับข้อแนะนำในการวางท่อนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ความลาดเทของพื้นที่ ปกติแล้วท่อแขนงจะวางตามระดับชั้นความสูง (Contour) ถ้าเป็นไปได้ท่อประธานย่อยจะวางไปตามความลาดเทของพื้นที่

ท่อประธานย่อยก็คำนวณคล้ายท่อแขนง โดยพิจารณาว่าท่อแขนงเหมือนหัวปล่อยน้ำ การสูญเสียความดันทั้งหมดของท่อประธานย่อยควรจะต้องรวมถึงเครื่องกรอง ประตูน้ำ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ การสูญเสียความดันของท่อประธานย่อยควรจะประมาณ 10 ถึง 15 % ของความดันใช้การ และควรใกล้เคียงกับการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดในท่อแขนง

อย่างไรก็ตาม ถ้าการใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่ปรับอัตราการไหลได้นั้น ที่ต้นทางของท่อแขนงควรจะติดตั้งประตูน้ำเพื่อควบคุมปริมาณน้ำในแต่ละแถว ก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพดีขึ้น แต่ถึงไม่ใช้ก็ไม่มีอะไรเสียหายมากนัก เพียงแต่อาจไม่สะดวกในการควบคุมน้ำเท่านั้น และการหาขนาดของท่อประธานย่อยก็ใช้ข้อกำหนดที่แนะนำว่า ความเร็วของน้ำไม่ควรเกิน 2 เมตรต่อวินาที ซึ่งสามารถหาความเร็วของน้ำในท่อจากสมการได้

$$V = 12.7 \frac{Q}{D^2} \qquad \text{..... 5.19}$$

และหาขนาดของท่อประธานย่อยจากข้อกำหนดดังกล่าวจากสมการ

$$D = 2.52\, Q^{0.5} \qquad \text{..... 5.20}$$

เมื่อ

V	=	ความเร็วเฉลี่ยของน้ำในท่อ	เมตร/วินาที
Q	=	อัตราการไหลของน้ำในท่อ	ลิตร/วินาที
D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	ซม.

<u>ตัวอย่างที่</u> 5.10 หาขนาดที่เหมาะสมของท่อประธานย่อย ซึ่งใช้ท่อ พีวีซี เพื่อต่อไปใช้กับพื้นที่เพาะปลูก ด้วยหัวปล่อยน้ำที่ใช้เป็นชนิดปรับอัตราการไหลได้ และต้องใช้ท่อประธานย่อยยาว 100 เมตร โดยคำนวณอัตราการจ่ายน้ำที่ต้นทางได้ 10.0 ลิตร/วินาที

<u>วิธีทำ</u>

ถ้าใช้ท่อขนาดเดียว โดยกำหนดให้ความเร็วในท่อไม่เกิน 2 เมตรต่อวินาที ก็สามารถหาขนาดของท่อที่เล็กที่สุดได้จากสมการ 5.20

$$D = 2.52\, Q^{0.5}$$

แทนค่า

$$D = 2.52 \times 10^{0.5} = 7.96 \text{ หรือ } 3 \text{ นิ้ว}$$

∴ ท่อประธานย่อยควรจะเริ่มด้วย 3 นิ้ว

เนื่องจากท่อประธานย่อยส่วนมากใช้ท่อ พีวีซี และมักจะบอกขนาดเป็นนิ้ว ฉะนั้นเพื่อความรวดเร็วในการพิจารณาขนาดท่อ เมื่อทราบอัตราการไหลโดยอาศัยตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 แนวทางพิจารณาเลือกท่อประธานย่อย

ขนาดท่อประธานย่อย		อัตราการไหลในท่อ (ลิตร/วินาที)	
ø นิ้ว	(ซม.)	ชั้น 8.5	ชั้น 13.5
3/4"	(2.3)	0.90	0.80
1"	(3.0)	1.50	1.30
$1\frac{1}{2}$"	(4.4)	3.00	2.50
2"	(5.4)	4.50	4.00
$2\frac{1}{2}$"	(6.8)	7.50	6.50
3"	(8.0)	10.00	8.90

5.3 ท่อประธานย่อยที่ต่อลดขนาดกัน

จะเป็นการเหมาะสมกว่า ถ้าเราออกแบบให้ท่อประธานย่อย ลดขนาดลงตามความจำเป็น เนื่องจากท่อประธานย่อยจะจ่ายน้ำให้แก่ท่อแขนงแต่ละสาย ที่ต่อแยกออกห่วยระยะที่เท่าๆ กัน ปริมาณน้ำที่จ่ายในท่อประธานย่อย ก็จะมากในตอนต้นทาง แต่พอปลายๆ ท่อ ปริมาณน้ำที่ไหลจะเหลือน้อยมาก ฉะนั้นควรจะลดขนาดท่อลงตามส่วนที่เหมาะสม เพื่อจะช่วยให้ประหยัดค่าท่อลงได้ แต่จะต้องไม่ทำให้ความดันในท่อประธานย่อยแตกต่างกันมากนัก จนกระทบกระเทือนประสิทธิภาพ หรือความสม่ำเสมอของน้ำที่จ่ายให้ท่อแขนง และหัวปล่อยน้ำชนิดที่ไม่สามารถปรับปริมาณการไหลได้

สำหรับระบบท่อที่ใช้กับหัวปล่อยน้ำชนิดปรับปริมาณการไหลได้ที่หัวโดยตรงนั้น สามารถออกแบบขนาดของท่อโดยการยึดข้อกำหนดที่ว่า ความเร็วของน้ำสูงสุดในเส้นท่อ ไม่ควรเกิน 2 เมตร/วินาที และจะนิยมใช้ท่อประธานย่อยไม่เล็กกว่า 3/4"

ตัวอย่างที่ 5.11 พื้นที่เพาะปลูกแห่งหนึ่ง ออกแบบให้ใช้ท่อประธานย่อยยาว 200 เมตร จ่ายน้ำให้แก่ท่อแขนง ซึ่งวางห่างกันทุกระยะ 5 เมตร โดยท่อแขนงแต่ละสายต้องจ่ายน้ำโดยเฉลี่ย 0.25 ลิตร/วินาที ใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่ปรับปริมาณการไหลได้ ให้หาขนาดท่อประธานย่อย ขนาดที่เหมาะสม โดยใช้ท่อ พีวีซี ชั้น 8.5 ขนาดเล็กที่สุด ϕ 1"

วิธีทำ

1) หาจำนวนท่อแขนงทั้งหมด $= \frac{200}{5} = 40$ สาย

2) หาปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องจ่ายจากต้นทาง $= 40 \times 0.25$

$= 10$ ลิตร/วินาที

3) เลือกขนาดท่อประธานย่อยโดยเริ่มจากด้านปลายท่อ ซึ่งเลือกใช้ท่อขนาดเล็กที่สุด ϕ1"

4) หาความยาวของท่อ ϕ 1" ที่จะใช้ อาศัยจากตารางที่ 5.5 จากความเร็วของน้ำไม่เกิน 2 เมตร/วินาที

ท่อขนาด ϕ 1" สามารถจ่ายน้ำผ่านได้สูงสุด 1.5 ลิตร/วินาที

∴ สามารถจ่ายน้ำให้ท่อแขนงได้ $= \frac{1.5}{0.25} = 6$ สาย

นั่นคือใช้ท่อ พีวีซี ขนาด ϕ 1" ยาว $6 \times 5 = 30$ เมตร

5) หาขนาดท่อช่วงที่ 2 ต่อไป เลือกใช้ท่อขนาด ϕ $1\frac{1}{2}$" ท่อขนาด ϕ $1\frac{1}{2}$"

สามารถจ่ายน้ำผ่านได้สูงสุด 3.00 ลิตร/วินาที

ดังนั้น ท่อช่วงนี้จะเหลือน้ำจ่ายให้ท่อแขนง $= 3.00 - 1.5 = 1.5$ ลิตร/วินาที

∴ สามารถจ่ายน้ำให้ท่อแขนงได้ $= \frac{1.5}{0.25} = 6$ สาย

นั่นคือใช้ท่อ พีวีซี ขนาด ϕ $1\frac{1}{2}$" ยาว $6 \times 5 = 30$ เมตร

6) หาขนาดท่อช่วงที่ 3 ต่อไป เลือกใช้ท่อขนาด ϕ 2", ท่อขนาด ϕ 2"
สามารถจ่ายน้ำผ่านได้สูงสุด 4.5 ลิตร/วินาที
∴ ท่อช่วงนี้จะเหลือน้ำจ่ายในท่อแขนง = 4.50-3.00 = 1.5 ลิตร/วินาที
และสามารถจ่ายน้ำให้ท่อแขนงได้ = $\frac{1.5}{0.25}$ = 6 สาย
นั่นคือใช้ท่อ พีวีซี ขนาด ϕ 2" ยาว 6 × 5 = 30 เมตร

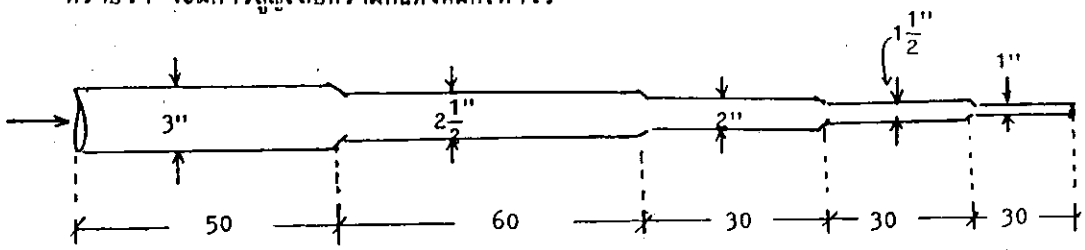
7) หาขนาดท่อช่วงที่ 4 ต่อไป เลือกใช้ท่อขนาด ϕ $2\frac{1}{2}$" ท่อขนาด ϕ $2\frac{1}{2}$"
สามารถจ่ายน้ำผ่านได้สูงสุด 7.50 ลิตร/วินาที
∴ ท่อช่วงนี้จะเหลือน้ำจ่ายในท่อแขนง = 7.50 - 4.5 = 3 ลิตร/วินาที
และสามารถจ่ายน้ำให้ท่อแขนงได้ = $\frac{3}{0.25}$ = 12 สาย
นั่นคือใช้ท่อ พีวีซี ขนาด ϕ $2\frac{1}{2}$" ยาว 12 × 5 = 60 เมตร

8) ช่วงสุดท้ายใช้ท่อขนาด ϕ 3"
สามารถจ่ายน้ำผ่านได้สูงสุด 10 ลิตร/วินาที ปริมาณน้ำที่ต้องการพอดี
∴ ท่อช่วงนี้เหลือความยาว 200-30-30-60 = 50 เมตร
ช่วงนี้เหลือปริมาณน้ำที่ต้องจ่าย 10-75 = 2.5 ลิตร/วินาที
นั่นคือใช้ท่อ พีวีซี ขนาด ϕ 3" ยาว 50 เมตรพอดี

5.4 การคำนวณความดันที่สูญเสียหรือลดลงในท่อประธานย่อยต่างขนาดต่อกัน (Tapered Pipe Size Submain)

เนื่องจากท่อประธานย่อย มักนิยมใช้ท่ออย่างน้อย 2 ขนาดต่อกัน หรือบางที่อาจจะใช้ 4 ถึง 5 ขนาดต่อกัน เพื่อเป็นการประหยัดท่อ ฉะนั้นในการคำนวณหาความดันที่สูญเสียรวมทั้งหมดของท่อที่ต่อต่างขนาดกัน จะใช้วิธีแยกหาทีละส่วน โดยพิจารณาแต่ละช่วงว่า มีจุดที่จ่ายน้ำออกกี่จุด เพื่อหาค่า F และคูณด้วยสมการ 4.12หรืออาศัยกร๋าฟรูป 4.3 น้ำอีกส่วนจะถูกส่งผ่านไปยังช่วงต่อๆ ไป จึงต้องแยกในช่วงเดียวกันด้วย เพื่อความสะดวกควรจะคำนวณหาจากทางด้านปลายท่อคือ ด้านท่อขนาดเล็กไปหาต้นทาง คือท่อขนาดใหญ่ ดังแสดงในตัวอย่างที่ 5.12

ตัวอย่างที่ 5.12 จากตัวอย่างที่ 5.11 สามารถคำนวนขนาดต่างๆ ของท่อประธานย่อยได้แล้ว อยากทราบว่า จะมีการสูญเสียความดันทั้งหมดเท่าไร



$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$

หา ΔH_5 จาก ϕ 1" (3 ซม.)

L = 30 ม. จำนวนท่อแขนงที่จ่าย = $\frac{30}{5}$ = 6 สาย จากตาราง 5.1

F = 0.44, q_5 = 1.5 ลิตร/วินาที (5.4 ม.^{3}/ชม.) ได้

$$\Delta H_5 = 0.44 \times \frac{160}{1000} \times 30 = 2.11 \text{ เมตร}$$

หา ΔH_4 จาก ϕ $1\frac{1}{2}$" (ID = 4.4 ซม.)

L = 30 ม. จำนวนท่อแขนงที่จ่าย $\frac{30}{5}$ = 6 สาย F = 0.44

q_4 = 1.5 ลิตร/วินาที แต่ต้องจ่ายเผื่อ q_5 = 1.5 ลิตร/วินาที

$$\Delta H_4 = 0.44 \times \frac{22}{1000} \times 30 + \frac{22 \times 30}{1000} = 0.95 \text{ เมตร}$$

หา ΔH_3 จาก ϕ 2" (ID = 5.4 ซม.)

L = 30 ม. จำนวนท่อแขนงที่จ่าย $\frac{30}{5}$ = 6 สาย F = 0.44

q_3 = 1.5 ลิตร/วินาที แต่ต้องจ่ายเผื่อ q_{4+5} = 3 ลิตร/วินาที (10.8 ม.^{3}/ชม.)

$$\Delta H_3 = 0.44 \times \frac{8}{1000} \times 30 + \frac{33 \times 30}{1000} = 1.1 \text{ เมตร}$$

หา ΔH_2 จาก ϕ $2\frac{1}{2}$" (ID = 6.8 ซม.)

L = 50 ม. จำนวนท่อแขนงที่จ่าย $\frac{60}{5}$ = 12 สาย F = 0.39

q_2 = 3 ลิตร/วินาที แต่ต้องจ่ายเผื่อ q_{3+4+5} = 4.5 ลิตร/วินาที (16.3 ม.^{3}/ชม.)

$$\Delta H_2 = 0.39 \times \frac{10}{1000} \times 60 + \frac{27}{1000} \times 60 = 1.85 \text{ เมตร}$$

หา $\Delta H1$ จากท่อ ϕ 3" (ID = 8 ซม.)

L = 50 เมตร จำนวนท่อแขนงที่จ่าย $\frac{50}{5}$ = 10 สาย, F = 0.40

q_1 2.5 ลิตร/วินาที แต่ต้องจ่ายเผื่อ $q_{2+3+4+5}$ = 7.5 ลิตร/วินาที (27 m^3/ชม.)

$\Delta H1 = 0.40 \times \frac{37}{1000} + \frac{30 \times 50}{1000} = 1.57$ เมตร

$\Delta H = 1.57 + 1.87 + 1.1 + 0.95 + 2.11 = 7.6$ เมตร

$\therefore$ สูญเสียความดันทั้งหมด = 7.6 เมตร

5.5 การออกแบบท่อประธาน

สำหรับระบบการให้น้ำแบบหยดชนิดง่ายๆ ที่ท่อประธานจะทำการส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพียงหนึ่งหรือสองแปลง การออกแบบท่อประธานก็จะไม่เป็นปัญหามากนัก ขนาดของท่อประธานที่ต้องการ ก็จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำทั้งหมดที่ไหลอยู่ในท่อ ความยาวของท่อและค่าของพลังงานที่มากที่สุดที่ยอมให้ลดลงได้ ซึ่งจะเกี่ยวกับการหาขนาดของเครื่องสูบน้ำและพลังงานที่ใช้ เพราะท่อประธานขนาดเล็กก็ต้องใช้เครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ ถ้าใช้ท่อขนาดใหญ่ก็มีการเสียพลังงานน้อยลง ก็อาจใช้ปั๊มเล็กลงได้เช่นกัน และมีข้อแนะนำสำหรับความเร็วของน้ำในท่อประธาน ไม่ควรเกิน 1.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียความดันไม่มากเกินไปนัก และจะไม่เกิดปัญหาการกระแทกของน้ำในท่อ ตอนเริ่มต้นหรือหยุดให้น้ำอย่างฉับพลัน โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์พิเศษ เพื่อป้องกันปัญหาน้ำกระแทกท่อโดยเฉพาะ

สำหรับความดันที่ลดลงทั้งหมดในท่อหาได้จากสมการ 4.12 หรือหาได้จากรูปที่ 4.3 หรือรูป 5.5 สำหรับใช้ในการออกแบบท่อประธานของระบบการให้น้ำแบบหยด และการหาขนาดของท่อประธานจากข้อกำหนดความเร็วไม่เกิน 1.5 เมตร/วินาที จะได้สมการคือ

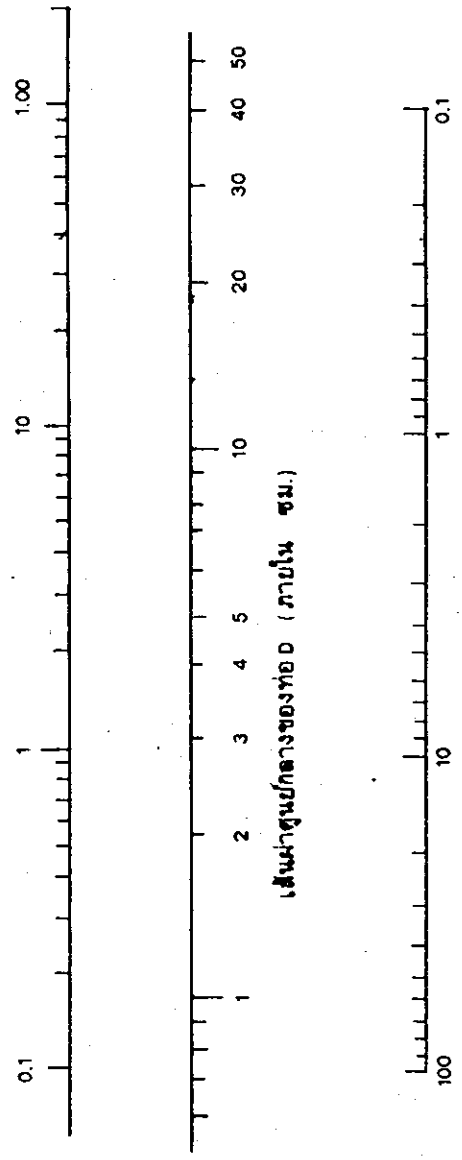
$$D = 2.91\ Q^{0.5} \quad \text{.....} \quad 5.21$$

ในเมื่อ

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อประธาน ซม.

Q = อัตราการไหลของน้ำในท่อประธาน ลิตร/วินาที

และเพื่อความสะดวก อาจใช้ตารางที่ 5.6 เป็นแนวทางการพิจารณาเลือกขนาดท่อประธานก็ได้



รูปที่ 5.5 ภาพสำหรับการออกแบบท่อประธานของระบบการให้น้ำแบบหยด

ตารางที่ 5.6 แนวทางการพิจารณาเลือกขนาดท่อประธาน

ขนาดท่อประธาน		อัตราการไหลในท่อ (ลิตร/วินาที)	
PVC ø นิ้ว	(ซม.)	ชั้น 8.5	ชั้น 13.5
2"	(5.4)	3.5	3.0
$2\frac{1}{2}$"	(6.8)	5.5	5.0
3"	(8.0)	7.5	6.5
4"	(10.3)	12.5	11.0
5"	(12.6)	19.0	16.5
6"	(14.9)	26.0	23.0

ตัวอย่างที่ 5.13 หาขนาดของท่อประธานและความดันที่ลดลงโดยใช้ท่อประธานจ่ายน้ำให้แก่พื้นที่ทั้งหมด ด้วยอัตราการไหลของน้ำ 40 ลิตรต่อวินาที ท่อยาว 80 เมตร วางอยู่ในแนวราบ

วิธีทำ หาขนาดของท่อจากสมการ 5.21

$$D = 2.91\ Q^{0.5}$$

แทนค่า $D = 2.91 \times 40^{0.5} = 18.4$ ซม.

ถ้าใช้ท่อ พีวีซี ชั้น 8.5 จะต้องใช้ขนาด 8" (19.4 ซม.)

หาความดันที่ลดลง (ΔH) โดยอาศัยรูปที่ 4.3

เมื่อ $Q = 40$ ลิตร/วินาที ($40 \times 3.6 = 144$ ม.^{3}/ชม.) $D = 19.4$ ซม. $L = 80$ เมตร

จะได้ $J = \frac{\Delta H}{L} \times 1000 = 80$

$\therefore\ \Delta H = \frac{80 \times 80}{1000} = 0.64$ เมตร

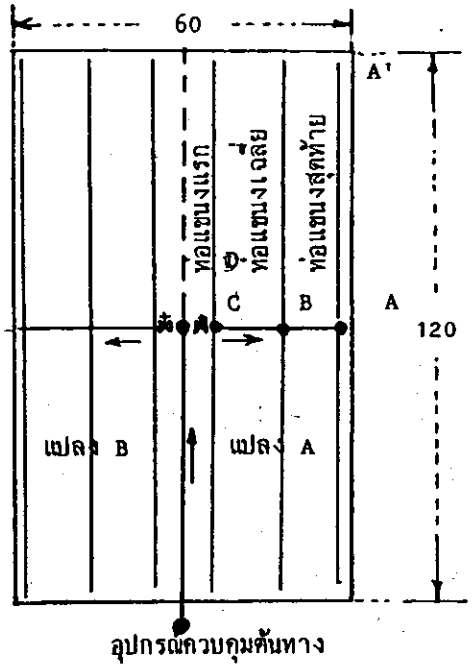
จะสูญเสียความดัน 0.64 เมตร

ถ้าใช้ท่อขนาด 6" (14.8 ซม.) จะได้ $J = \frac{\Delta H}{L} \times 1000 = 36$

$= \frac{36 \times 80}{1000} = 2.88$ เมตร

$\therefore$ จะสูญเสียความดัน = 2.88 เมตร และลองตรวจสอบความครั่วของน้ำในท่อว่ามีค่าเท่าใด

ตัวอย่างที่ 5.14 การออกแบบระบบชลประทานแบบหยดที่ใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่ปรับปริมาณที่หัวไม่ได้ ขนาดพื้นที่กว้าง 60 เมตร ยาว 120 เมตร พื้นที่ราบเรียบ ปลูกส้มเขียวหวานโตเต็มที่แล้ว มีระยะระหว่างต้น 3 เมตร ระยะระหว่างแถว 3 เมตร ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วน ออกแบบให้มีรอบเวรการให้น้ำ 3 วันครั้ง ถือว่าส้มใช้น้ำสูงสุดวันละ 5 มม. และระบบมีประสิทธิภาพ 85 เปอร์เซ็นต์ ไม่ต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำที่ต้องเผื่อในการล้างเกลือออกนอกเขตราก



วิธีคำนวณ

1) หาปริมาณน้ำที่ต้องให้แต่ละครั้ง $= \frac{5 \text{ มม./วัน} \times 3 \text{ วัน} \times 100}{85\%}$

$= 17.6 \approx 18$ มม.

หัวปล่อยน้ำที่เลือกใช้เป็นชนิดปรับปรุงปริมาณการไหลไม่ได้ ซึ่งมีอัตราการไหลหัวละ 4 ลิตร/ชม. ที่ความดัน (เฮด) 10 เมตร น้ำไหลออกจากหัวเป็นลักษณะปั่นป่วน (turbulent)

2) หาปริมาณน้ำที่ต้องให้แต่ละต้น $=$ 18 มม. $\times$ 3ม. $\times$ 3ม.

$=$ 162 ลิตร/ต้น/ครั้ง

3) หาระยะเวลาในการให้น้ำแต่ละครั้ง

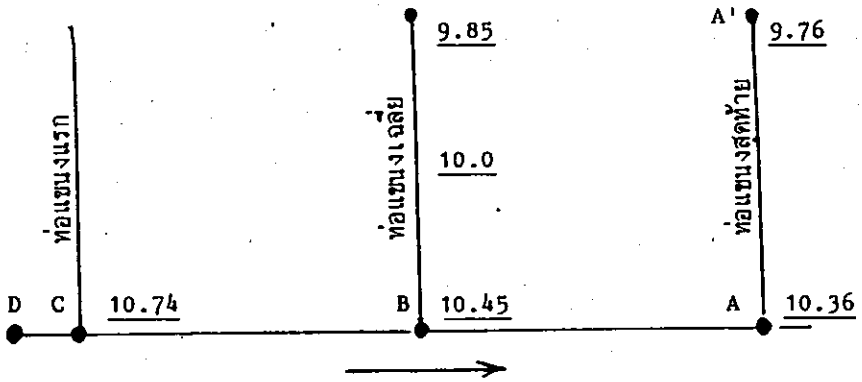
ใช้หัวปล่อยน้ำ 4 หัว ต่อต้น

$$\therefore \quad Ta = \frac{162(\text{ลิตร/ตัน})}{4(\text{ลิตร/ชม.}) \times 4 \text{ หัว}} = 10.12$$

สามารถให้น้ำได้วันละ 2 แปลง

4) แบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 แปลงย่อย A&B ดังในรูป จะใช้เวลาแปลงย่อยวันละ 10.12×2 = 20.24 ชม. (ถ้าสมมุติว่ามี 3 แปลง ก็สามารถให้น้ำได้วันละแปลง โดยมีระยะห่าง 3 วันได้ตามที่ต้องการ)

ในแต่ละแปลงย่อย มีท่อประธานย่อยวางผ่ากลางแปลง โดยมีท่อแขนงจ่ายน้ำของ 2 ข้าง ความดันที่ยอมให้แตกต่างกันได้ ในแต่ละแปลงย่อยถูกกำหนดให้ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ หรือ 2 เมตร



5) หาขนาดท่อแขนง ซึ่งใช้ท่อ PE ชนิดอ่อน (LDPE)

ท่อแขนงแต่ละสายยาว 60 เมตร

- หาจำนวนหัวปล่อยน้ำบนท่อแขนงแต่ละสาย $= \frac{60 \text{ เมตร}}{3 \text{ เมตร}} \times 4 \text{ หัว} = 80 \text{ หัว}$

- หาปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายผ่านท่อแขนง $= 80 \text{ หัว} \times 4 \text{ ลิตร/ชม.} = 320 \text{ ลิตร/ชม.}$

หรือ $Q1 = 0.32 \text{ ม.}^3\text{/ชม.}$

- หาค่าการสูญเสียความดัน ทดลองใช้ท่อขนาด ø 16 มม.

จากรูปที่ 4.3 ใช้ค่า C = 140 ได้ J 24% และจากตารางที่ 5.1 ได้ค่า F = 0.36 เพื่อการสูญเสียเนื่องจากหัวที่เสียบบนผนังท่อ 15%

$$\therefore \quad H1 = 1.15 \times \frac{24}{1000} \times 60 \times 0.36 = 0.60 \text{ เมตร}$$

ค่าการสูญเสียความดันในท่อแขนง 0.6 เมตร ไม่ถึงครึ่งที่ยอมให้ลดลงได้ ฉะนั้นท่อขนาด ø 16 มม. ใช้ได้

6) หาความดันที่จุดต้นและจุดปลายของท่อแขนง

ความดันที่ต้นทาง (H1) จากสมการ 5.12

$$H1 = 10 \text{ เมตร} + \frac{3}{4} \times 0.6 \text{ เมตร} = 10.45 \text{ เมตร}$$

ความดันที่ปลายทาง (hn) จากสมการ 5.13

$$hn = 10 \text{ เมตร} - \frac{1}{4} \times 0.6 \text{ เมตร} = 9.85 \text{ เมตร}$$

ค่าความดัน H1, hn และ ha (ความดันที่หัวปล่อยน้ำ = 10 เมตร) ที่หาได้บนท่อแขนงซึ่งใช้ความดันเฉลี่ย 10 เมตร เป็นตัวกำหนด นั่นคือท่อแขนงสายนี้จะอยู่ที่ตำแหน่งประมาณเกือบกึ่งกลางของท่อประธานย่อย

7) หาขนาดท่อประธานย่อย ใช้ท่อ พีวีซี ชั้น 8.5

- หาจำนวนท่อแขนง (N) = $(\frac{30}{3})$สาย × 2 ชุด = 20 สาย

- หาปริมาณน้ำที่จ่ายในท่อประธานย่อย = 20 สาย × 0.32 ม.^{3}/ชม. = 6.4 ม.^{3}/ชม.

จากรูปที่ 4.3 มี Qs = 6.4 ม.^{3} /ชม. ทดลองใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว (ID = 44 มม.)

ใช้ค่า C = 150 ได้ค่า J = 28% เผื่อ 20% สำหรับการสูญเสียความดันที่ข้อต่อท่อแขนงต่างๆ และจากตารางที่ 5.1 ได้ = 0.38

$$Hs = hf(A\text{-}D = A\text{-}C) = 1.20 \times \frac{28}{1000} \times 30 \times 0.38 = 0.38 \text{ เมตร}$$

จากรูป ข. ข้างบนจะได้

$$hc = 10.45 + \frac{3}{4} \times 0.38 = 10.74 \text{ เมตร}$$

และ

$$ha = 10.45 - \frac{1}{4} \times 0.38 = 10.36 \text{ เมตร}$$

ความดันที่จุดปลายสุด

$$ha' = \frac{10.36}{10.45} \times 9.85 = 9.76 \text{ เมตร}$$

∴ ความดันที่แตกต่างกันที่จุดเริ่มต้นและจุดปลายสุด

$$hc\text{-}ha = 10.74 - 9.76 = 0.98 \text{ เมตร} < 2.0 \text{ เมตร}$$

8) <u>หาขนาดท่อประธาน</u> ใช้ท่อ พีวีซี ชั้น 8.5

L = 60 เมตร; Q = 6.4 ม.^{3}/ชม.; D = 44 มม. J = 28%

ค่าสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืด

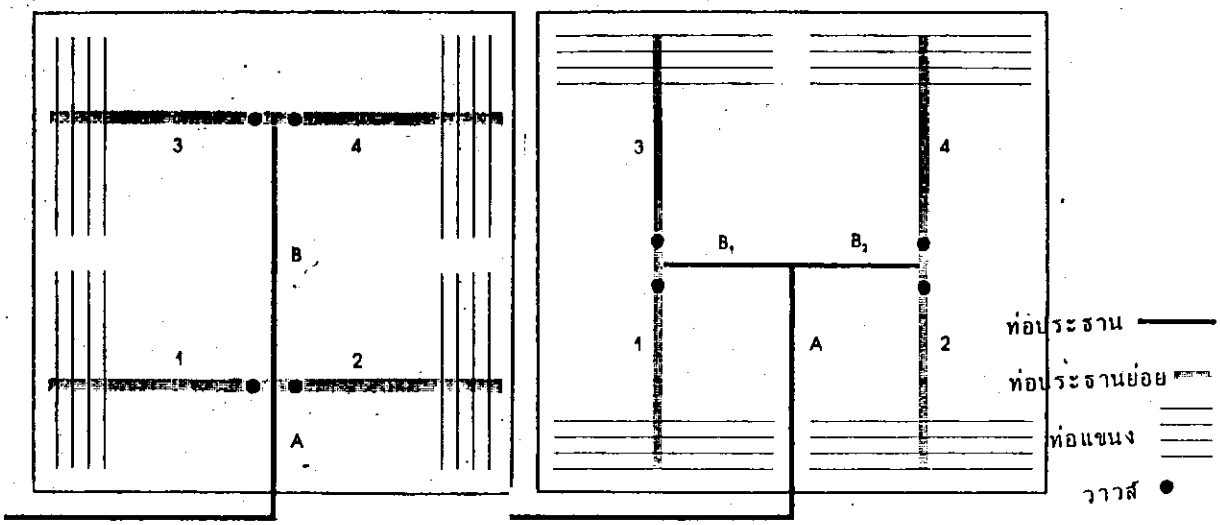
$$\Delta HL = \frac{28}{1000} \times 60 = 1.68 \text{ เมตร}$$

สมมุติค่าการสูญเสียความดันที่อุปกรณ์ควบคุมต้นทางคิด 3 เมตร ดังนั้น ความดันที่ต้องการที่จุดเริ่มต้น = 10.74 + 1.68 + 3 = 15.42 เมตร

9) หาปริมาณน้ำที่หัวปล่อยน้ำที่จ่ายน้อยกว่าค่าเฉลี่ย

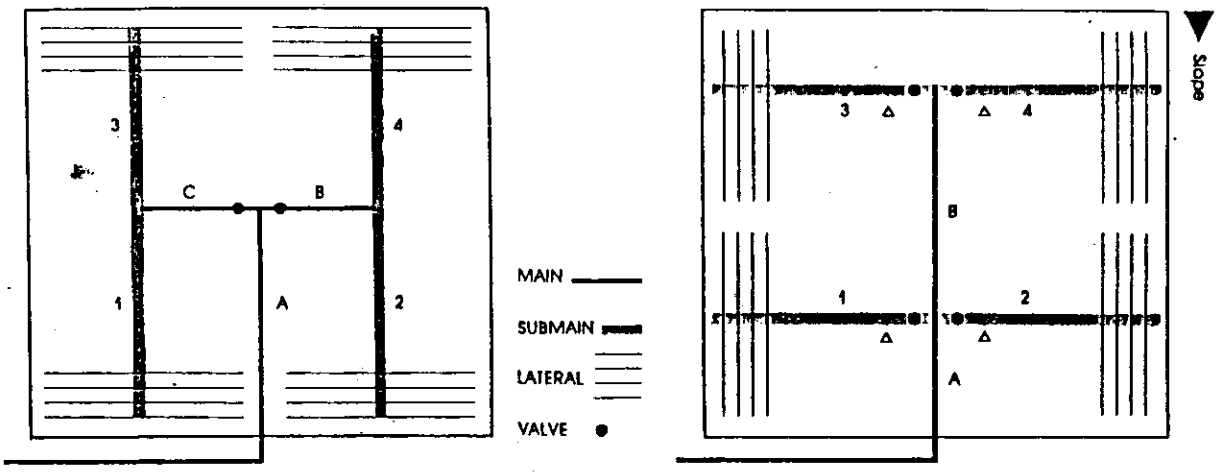
$$= \sqrt{9.76/10} = 0.99 \text{ คือประมาณ } 1\%$$

5.6 <u>แสดงรูปแบบทั่วไปของการวางแนวท่อสำหรับการให้น้ำแบบหยด</u>



ท่อแขนงวางขนานกับท่อประธาน AB ท่อประธาน A จ่ายน้ำ 100% ของปริมาณการไหล ท่อประธาน B จ่ายน้ำ 50% ของปริมาณการไหล แปลงย่อย 1 และ 3 จะทำการให้น้ำสลับกัน แปลงย่อย 2 และ 4 เมื่อพิจารณาเปิดให้น้ำเป็น 2 ครั้ง

ท่อแขนงตั้งฉากกับท่อประธาน A ท่อประธาน A จ่ายน้ำ 100% ของปริมาณ ท่อประธาน B1 และ B2 จ่ายน้ำ 50% ของปริมาณการไหลแต่ละข้าง แปลงย่อย 1 และ 2 จะทำการให้น้ำ แปลงย่อย 3 และ 4 สลับกัน เมื่อพิจารณาเปิดให้น้ำเป็น 2 ครั้ง

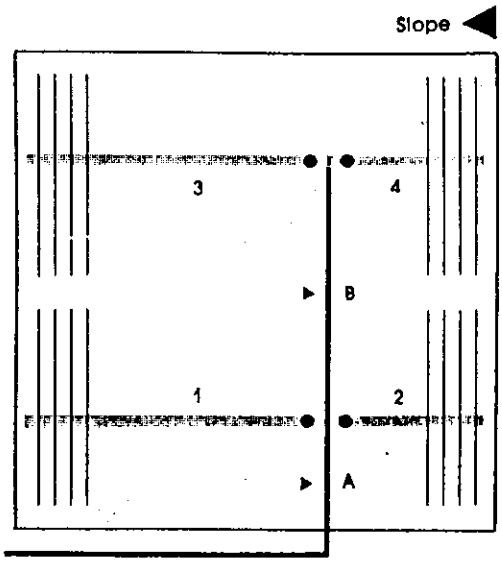


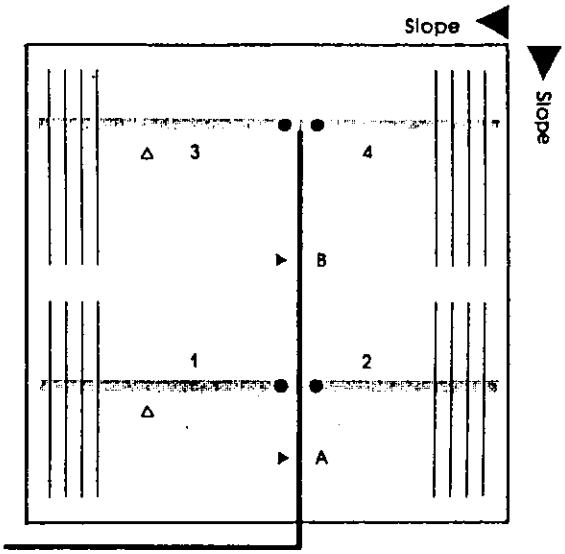
ท่อแขนงวางตั้งฉากกับท่อประธาน A ประตูน้ำอยู่ตรงส่วนกลาง ควบคุมท่อประธาน AB แทนที่ท่อประธานย่อย 1, 2, 3, 4

แปลงย่อย 1 และ 3 จะทำการให้น้ำสลับกับแปลงย่อย 2 และ 4

ท่อประธาน AC หรือ AB จ่ายน้ำ 100% ของปริมาณการไหล

- ความลาดเทขนานกับท่อประธาน AB
- ท่อประธานย่อยจะวางอยู่ในตำแหน่งที่ลำไป
- ข้างบนเหนือด้านลาดเท
- ความยาวของท่อแขนงในส่วนที่อยู่ตอนบนของความลาดเทจะสั้นกว่าความยาวที่อยู่ตอนล่างของความลาดเท
- ท่อประธาน A จะเพิ่มความยาว ตามตำแหน่งของท่อประธานย่อย 1 และ 2





- ความลาดเอียงตั้งฉากกับท่อประธาน AB
- ท่อประธาน AB จะวางในตำแหน่งที่เหนือความลาดเอียงขึ้นมาตอนบน
- ท่อประธานย่อย 1, 2, 3, และ 4 อยู่ในตำแหน่งเดิม
- ความยาวของท่อแขนงยังรักษาให้สม่ำเสมอ
- แปลงย่อยที่ 1 และ 3 มีขนาดใหญ่ขึ้น
- แปลงย่อยที่ 2 และ 4 มีขนาดเล็กลง
- เพื่อให้อัตราการไหลที่สม่ำเสมอ แปลงย่อยใหญ่และเล็กจะเปิดเป็นคู่

- ความลาดเอียงมีทั้งตั้งฉากและขนานกับท่อประธาน AB
- ท่อประธานและท่อประธานย่อย จะวางในตำแหน่งที่เหนือความลาดเอียง
- แปลงย่อย 1 และ 3 จะมีขนาดใหญ่ขึ้น
- แปลงย่อยที่ 3 และ 4 มีขนาดเล็กลง
- แปลงย่อยที่ 1 และ 2 จะเปิดสลับกัน
- แปลงย่อยที่ 3 และ 4

5.7 การคำนวณหาขนาดของเครื่องสูบน้ำ

ข้อมูลที่ต้องการสำหรับการหาขนาดของเครื่องสูบน้ำได้แก่ อัตราการไหลของน้ำที่ต้องการทั้งระบบ และผลรวมของเฮดทั้งหมดที่คำนวณได้ สำหรับเครื่องสูบน้ำนั้นแยกเป็นตัวปั๊มน้ำและเครื่องให้พลังงานอันได้แก่ เครื่องยนต์หรือมอร์เตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

ฉะนั้นขั้นแรกในการคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำนั้นจะต้องคำนวณหาอัตราการไหลทั้งหมดของระบบที่ออกแบบไว้แล้ว ซึ่งก็ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ดูตัวอย่างที่ 3.9

ขั้นที่สองต้องคำนวณหาผลรวมของเฮดทั้งหมดที่มีในระบบอันได้แก่

1. เฮดที่ต้องการที่หัวปล่อยน้ำ เมตร
2. เฮดการสูญเสียในท่อแขนงเนื่องจากความฝืด หาได้จากสมการที่ 5.5 หรือรูปที่ 4.3 และตารางที่ 5.1 เมตร
3. เฮดการสูญเสียในท่อประธานย่อยเนื่องจากความฝืด หาได้จากสมการ 5.5 หรือรูปที่ 4.3 และตารางที่ 5.1 เมตร
4. เฮดการสูญเสียเนื่องจากข้อต่อต่างๆ (ประมาณไม่เกิน 10%)
5. เฮดการสูญเสียในท่อประธานเนื่องจากความฝืด หาได้จากสมการ 4.12 หรือรูปที่ 4.3 เมตร
6. เฮดการสูญเสียในเครื่องกรองน้ำ (ประมาณ 2-4 เมตร)
7. ระดับน้ำที่ต้องดูดขึ้นเหนือระดับผิวดินถึงเครื่องสูบน้ำ เมตร
8. ระดับความสูงต่ำของพื้นที่ ถ้าสูงขึ้นก็บวก ถ้าต่ำลงก็เอาไปลบ เมตร
9. การสูญเสียเฮดอื่นๆ (คิดประมาณ 10%)

เมื่อหาเฮดทั้งหมดได้แล้ว ก็เอามารวมกันเป็นผลรวมของเฮดทั้งหมดที่ต้องการ หลังจากนั้นก็สามารถคำนวณหาขนาดของเครื่องสูบน้ำที่ต้องการได้ดังสมการ

$$HP = \frac{1}{75} \frac{Q}{Eff} \text{ (ลิตร/วินาที)} \times H \text{ (เมตร)} \quad \ldots\ldots\ldots 5.22$$

หรือ

$$HP = \frac{1}{270} \frac{Q}{Eff} \text{ (ม}^3\text{/ชม.)} \times H \text{ (เมตร)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 5.23$$

ในเมื่อ

HP	=	กำลังของเครื่องที่จะฉุดปั๊มน้ำ	แรงม้า
Q	=	อัตราการไหลของน้ำทั้งหมด	ลิตร/วินาที
		หรือ	ม.^{3}/ชม.
Eff	=	ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ	ทศนิยม
H	=	ผลรวมของเฮดทั้งหมด	เมตร

ถ้ากำลังของเครื่องที่ใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า มักจะบอกเป็นกิโลวัตต์ (KW) ซึ่งเทียบกันได้คือ

1HP = 0.746 KW หรือ

1KW = 1.34 HP

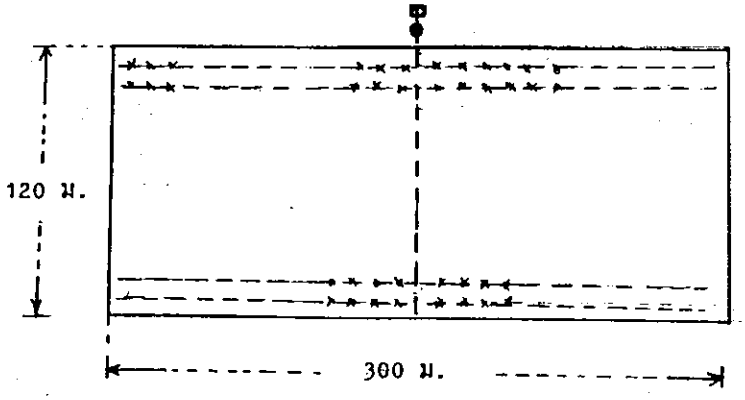
แต่เนื่องจากปั๊มและเครื่องที่ใช้ฉุด ไม่สามารถทำงานได้ประสิทธิภาพ 100% ซึ่งโดยทั่วๆ ไปแล้ว จะสามารถทำงานโดยคิดประสิทธิภาพดังนี้

ปั๊มน้ำ	80%
เครื่องยนต์	60%
มอร์เตอร์ไฟฟ้า	90%

หรือสรุปประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำที่เป็นเครื่องยนต์ ก็จะมีประสิทธิภาพ 50% ถ้าเป็นชนิดใช้มอเตอร์ไฟฟ้า จะมีประสิทธิภาพ 70%

ฉะนั้นก่อนจะเลือกขนาดของปั๊ม จะต้องเอาประสิทธิภาพไปหารแรงม้าที่คำนวณได้ก่อน จึงจะไปบอกผู้ขายได้ว่า ต้องการเครื่องกี่แรงม้า แต่โดยทั่วไปแล้ว ถ้าเราบอกอัตราการไหลของน้ำที่ต้องการ (Q) กับเฮดทั้งหมดที่ต้องการ (H) ผู้ขายก็จะบอกได้ว่าควรจะใช้กี่แรง โดยวิธีคำนวณดังที่กล่าวมาแล้ว หรือก็ดูจากตาราง คู่มือของเครื่องสูบน้ำที่โรงงานผู้ผลิตเครื่องสูบน้ำทำขึ้น

ตัวอย่างที่ 5.14 พื้นที่ปลูกมะม่วงขนาดกว้าง 300 เมตรยาว 120 เมตร โดยปลูกมะม่วงให้มีระยะห่าง 5 × 5 เมตร สมมุติมะม่วงโตเต็มที่แล้ว และต้องการให้น้ำทุกวัน วันละ 5 ซม. พื้นที่ที่ปลูกอยู่ อ. บางเลน จ. นครปฐม หัวปล่อยน้ำที่ใช้เป็นชนิดปรับอัตราการไหลได้ เครื่องกรองน้ำใช้แบบตะแกรงเบอร์ 155 มะม่วงใช้น้ำสูงสุดเฉลี่ย 4 มม./วัน สมมุติระบบมีประสิทธิภาพการให้น้ำ 80%



วิธีทำ

ประเมินอัตราการใช้น้ำของมะม่วงเฉลี่ยต่อวัน 4 มม./วัน

ฉะนั้นต้นมะม่วง 1 ต้น ใช้น้ำประมาณ $5 \times 5 \times 4 = 100$ ลิตร/วัน

ท่อแขนงยาว 150 เมตร จะควบคุมต้นมะม่วง $\frac{150}{5} = 30$ ต้น

ท่อประธานย่อยจะมีท่อแขนงสองด้านรวม $2 \times \frac{120}{5} = 48$ สาย

ใช้หัวปล่อยน้ำ 4 หัวต่อมะม่วง 1 ต้น โดยปล่อยน้ำวันละ 5 ชม. จากสมการ 3.13

$$qa = \frac{G}{Ea \times Ta \times e}$$

ฉะนั้นหาอัตราของหัวปล่อยน้ำ 1 หัว $= \frac{100}{0.8 \times 5 \times 4} = 6$ ลิตร/ชม.

หาอัตราการไหลของท่อแขนงแต่ละสาย $= 30 \times 4 \times 6 = 720$ ลิตร/ชม.

หรือ $= 0.20$ ลิตร/วินาที

จากตารางที่ 5.5 เลือกขนาดท่อแขนงเล็กที่สุดได้ 12 มม.ในที่นี้ขอเลือก 16 มม. เพื่อว่าต้องการให้น้ำเพียงวันละ 2 ชม. ก็จะใช้ท่อขนาดนี้ได้ และท่อขนาด 16 มม. นี้นิยมใช้กันมาก

หาการสูญเสียเฮดเนื่องจากความฝืด จากสมการ 5.5

$$\Delta H1 = 5.5 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} L$$

แทนค่า

$$\Delta H1 = 5.5 \times \frac{0.20^{1.852}}{1.6^{4.871}} \times 150 = 4.24 \text{ เมตร}$$

หาขนาดของท่อประธานย่อยสมมุติใช้ 4 ขนาด โดยหาอัตราการไหลของน้ำผ่านท่อประธานย่อยในแต่ละช่วง โดยเริ่มจากทางปลายของท่อประธานย่อย โดยอาศัยตารางที่ 5.5 ช่วยในการพิจารณาเลือกขนาด

สมมุติขนาดท่อประธานย่อยเล็กที่สุด ϕ 1" ซึ่งสามารถนำน้ำได้ด้วยอัตรา 1.50 ลิตร/วินาที (ใช้ท่อ พีวีซี ชั้น 8.5)

∴ จะสามารถจ่ายให้ท่อแขนงได้ $= \frac{1.5}{0.20} = 7.5$ สาย คิด 6 สาย (3 คู่)

ฉะนั้นท่อ ϕ 1" ส่วนนี้ยาว $= 5 \times \frac{6}{2} = 15$ เมตร

ขนาดท่อประธานย่อยช่วงที่ 2 จากปลายใช้ ø $1\frac{1}{2}$" ซึ่งสามารถนำน้ำได้ด้วยอัตรา 3.00 ลิตร/วินาที
ซึ่งจะเหลือ 3-1.2 ลิตร/วินาที = 1.8 ลิตร/วินาที

∴ จะสามารถจ่ายน้ำให้ท่อแขนงได้ = $\frac{1.8}{0.2}$ = 9 สาย คิด 8 สาย (4 คู่)

ฉะนั้นใช้ท่อ ø $1\frac{1}{2}$" ยาวได้ = $5 \times \frac{8}{2}$ = 20 เมตร

ขนาดท่อประธานย่อยช่วงที่ 3 ใช้ท่อขนาด ø2" สามารถนำน้ำได้ด้วยอัตรา 4.5 ลิตร/วินาที

จึงเหลือ 4.5 - 2.8 = 1.7 ลิตร/วินาที

∴ จะสามารถจ่ายน้ำให้ท่อแขนงได้ $\frac{1.7}{0.2}$ = 8.5 สาย คิด 8 สาย (4 คู่)

ฉะนั้น ใช้ท่อ ø2" ยาวได้ = $5 \times \frac{8}{2}$ = 20 เมตร

ขนาดท่อประธานย่อยช่วงที่ 4 จากปลายใช้ ø 3" สามารถนำน้ำได้ด้วยอัตรา 10 ลิตร/วินาที
จึงเหลือ 10 - 4.4 = 5.6 ลิตร/วินาที

∴ จะสามารถจ่ายน้ำให้ท่อแขนงได้ = $\frac{5.6}{0.20}$ = 28 สาย

ฉะนั้ใช้ท่อ ø 3" ยาวได้ = $5 \times \frac{28}{2}$ = 70 เมตร ใช้ 65 เมตร

ดังนั้นท่อประธานย่อยจะใช้ดังนี้

ท่อขนาด ø 3" ยาว	65.	เมตร
ท่อขนาด ø 2" ยาว	20	เมตร
ท่อขนาด ø $1\frac{1}{2}$" ยาว	20	เมตร
ท่อขนาด ø 1" ยาว	15	เมตร
รวม	120	เมตร

หาการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืดของท่อประธานย่อย คือ จากตารางที่ 5.1 หาค่า F และรูป 4.3 กราฟ หาค่าความดันที่ลดลง

หา ΔH_1"

L = 15 เมตร จ่ายให้ท่อแขนง 6 สาย F = 0.44

q_1" = 1.2 ลิตร/วินาที (ID = 3.0 ซม.)

$\Delta H_1 = 0.44 \times \frac{11 \times 15}{100} = 0.726$ เมตร

หา $\Delta H\ 1\frac{1}{2}''$ (ID = 4.4 ซม.)

L = 20 เมตร จ่ายให้ท่อแขนง 8 สาย F = 0.42

$q\ 1\frac{1}{2}''$ = 1.6 ลิตร/วินาที ต้องเผื่อ q_1 = 1.2 ลิตร/วินาที

$\Delta H\ 1\frac{1}{2}'' = 0.42 \times 2.8 \times \frac{20}{100} + \frac{1.4 \times 20}{100} = 0.52$ เมตร

หา $\Delta H\ 2''$ (ID = 5.4 ซม.)

L = 20 เมตร จ่ายให้ท่อแขนง 8 สาย F = 0.42

q_2'' = 1.6 ลิตร/วินาที ต้องเผื่อ $q1'' + 1\frac{1}{2}''$ = 2.8 ลิตร/วินาที

$\Delta H\ 2'' = 0.42 \times \frac{1 \times 20}{100} + \frac{3 \times 20}{100}$ = 0.68 เมตร

หา $\Delta H\ 3''$ (ID = 8.0 ซม.)

L = 65 เมตร จ่ายให้ท่อแขนง $\frac{65}{5} \times 2$ = 26 สาย F = 0.37

$q3''$ = 5.4 ลิตร/วินาที ต้องเผื่อ $q1'' + 1\frac{1}{2}'' + 2''$ = 4.4 ลิตร/วินาที

$\Delta H3'' = 0.37 \times \frac{1.7}{100} \times 65 + 0.92 \times \frac{65}{100}$ = 1.0 เมตร

$\Delta H = 0.73 + 0.52 + 0.68 + 1.0 = 2.93$ เมตร

ท่อประธานใช้ขนาด ϕ 3" หาการสูญเสียความดันจากสมการ 4.12

$$\Delta H = 15.27 \times \frac{9.8^{1.852}}{8.0^{4.871}} \times 180 = 7.5 \text{ เมตร}$$

หาขนาดของเครื่องสูบน้ำ จากสมการ 5.22

$$HP = \frac{1}{75} \cdot \frac{Q \times H}{0.5}$$

เฮดที่ต้องการที่หัวปล่อยน้ำ	=	4.0	เมตร
เฮดสูญเสียที่ท่อแขนง	=	4.24	เมตร
เฮดสูญเสียที่ท่อประธานย่อย	=	2.93	เมตร
เฮดสูญเสียที่ท่อประธาน	=	7.5	เมตร

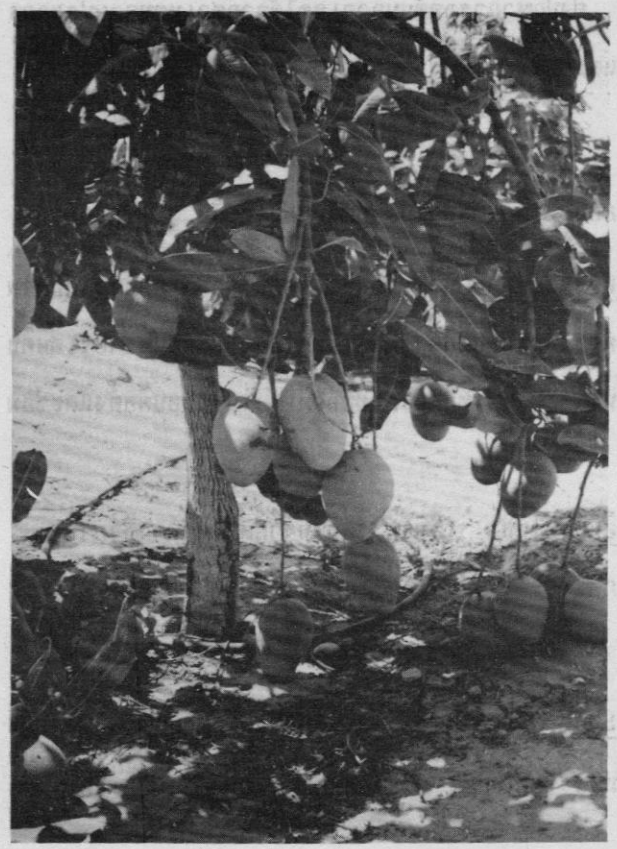
เฮดสูญเสียเนื่องจากข้อต่อต่างๆ	=	1.0	เมตร
เฮดสูญเสียเนื่องจากเครื่องกรอง	=	3.0	เมตร
สมมุติพื้นที่ราบ	=	0	เมตร
รวม	=	22.67	เมตร
เฮดสูญเสียอื่นๆ (10%)	=	2.33	เมตร
รวมทั้งสิ้น	=	25.00	เมตร

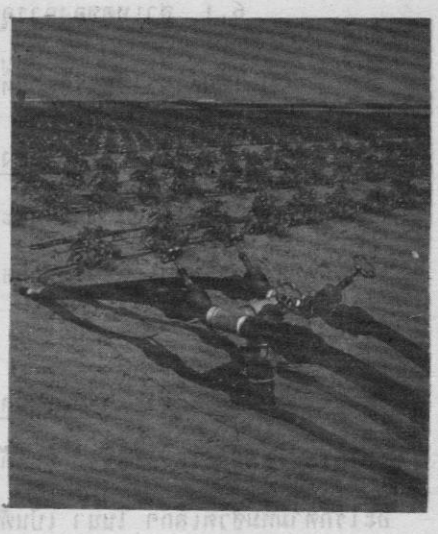
ดังนั้น

$$HP = \frac{1}{75} \times \frac{9.8 \times 25}{0.5} = 6.5 \text{ แรงม้า}$$

ใช้เครื่องมือสูบน้ำมีเฮด (H) = 25 เมตร อัตราการไหล (Q) = 10 ลิตร/วินาที

เครื่องยนต์ 7 แรงม้าหรือมอเตอร์ไฟฟ้า 3.5 KW.





บทที่ ๖

การแก้ปัญหาหัวปล่อยน้ำอุดตันและการป้องกัน

สำหรับการชลประทานแบบหยดเป็นที่ทราบกันแล้วว่า มีการให้น้ำด้วยอัตราการไหลที่ละน้อยๆ โดยผ่านหัวปล่อยน้ำที่มีรูให้น้ำออกขนาดเล็กมาก โดยปกติหัวปล่อยน้ำที่นิยมใช้ จะมีอัตราการไหลประมาณ 1-10 ลิตร/ชม. และขนาดของรูที่ให้น้ำออกเล็กกว่า 1.5 มม. หรือโดยเฉลี่ยประมาณ 0.8 มม. ฉะนั้นการอุดตันของหัวปล่อยน้ำ จึงเป็นปัญหาสำคัญที่สุดของระบบการให้น้ำแบบนี้ ถ้าหัวปล่อยน้ำมีการอุดตันชนิดที่น้ำไม่ไหลออกเลยนั้น สังเกตุง่ายมาก แต่หัวที่เริ่มมีการอุดตันเป็นบางส่วน ซึ่งทำให้อัตราการไหลค่อยๆ ลดลงจากเดิมนั้นสังเกตุยากมาก ต้องตรวจตราอย่างสม่ำเสมอทุกหัว นับว่าเป็นการเสียค่าใช้จ่ายและแรงงานมาก เพื่อแก้ไขทำความสะอาดหรือแม้กระทั่งต้องเปลี่ยนหัวใหม่ และปัญหาการอุดตันนี้ เป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพของระบบต่ำลง หรือความสม่ำเสมอของการให้น้ำลดลงจากที่ได้กำหนดไว้ในตอนออกแบบ ทำให้พืชได้รับน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการ เป็นเหตุให้ผลผลิตลดลงหรือเกิดความเสียหายกับพืชได้ ซึ่งปัญหาการอุดตันนี้อาจเกิดได้จากสาเหตุหลายประการด้วยกัน ฉะนั้น การหาวิธีป้องกันที่เหมาะสมและประหยัด นับว่าเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญมาก

6.1 สาเหตุของการอุดตัน

โดยทั่วๆ ไปการอุดตันที่หัวปล่อยน้ำ เกิดจากสาเหตุใหญ่ๆ แยกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1) ตะกอนของแข็งที่แขวนลอยมากับน้ำ เรียกการอุดตันจากสาเหตุทางกายภาพ (Physical clogging) ซึ่งอาจจะมีขนาดของอนุภาคแตกต่างกัน เช่น โคลน ตะกอนทราย เศษดิน เศษวัสดุต่างๆ รวมทั้งเศษพลาสติกที่อาจมีขึ้นในตอนเจาะท่อ หรือเศษดินที่เข้าไปในตอนติดตั้งและซ่อมแซมท่อ เป็นต้น

2) จุลินทรีย์และสารอินทรีย์ในน้ำ เรียกการอุดตันจากสาเหตุทางชีวภาพ (Biological clogging) อันได้แก่พวกตะไคร่ ลูกน้ำ ไดอะตอม พังไจ แบคทีเรียต่างๆ และอะไรก็ตามที่มีชีวิตเล็กๆ ในน้ำ เป็นต้น

3) จากการจับตัวและตกตะกอนทางเคมี เรียกการอุดตันจากสาเหตุทางเคมี (Chemical clogging) อันได้แก่พวกหินปูน แคลเซี่ยม แมกนีเซียม เมือกสนิมเหล็ก และพวกกำมะถัน เป็นต้น

สำหรับ 2 สาเหตุหลังส่วนมากแก้ไขได้โดยการปรับปรุงสภาพน้ำทางเคมี คือ ใช้สารเคมีเข้าช่วย สำหรับปัญหาแรกสามารถแก้ไขได้โดยการกรอง ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมกันมาก แต่อย่างไรก็ตาม การอุดตันนั้นอาจจะเกิดจากสาเหตุปัจจัยร่วมกันสองประเภท หรือทั้งสามประเภทในเวลาเดียวกันก็ได้ ฉะนั้น สิ่งหนึ่งที่ควรจะคำนึงถึงเป็นประการแรกคือ อุปกรณ์ที่ใช้กับชลประทานแบบหยด ควรจะต้องเลือกใช้วัสดุที่เป็นสีดำทึบแสง เพื่อป้องกันการเจริญของพวกตะไคร่น้ำ และลดการเจริญหรือพัฒนาตัวของพวกแบคทีเรียต่างๆ ในเบื้องต้นเสียก่อน

สำหรับปัญหาของสาเหตุต่างๆ จะขอกล่าวรวมๆ กัน เท่าที่พบบ่อยๆ ในระบบการให้น้ำแบบหยด เพื่อให้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาต่อไปคือ

ก) สาเหตุจากตะกอนของแข็งที่แขวนมากับน้ำชลประทานที่นำมาจากแหล่งน้ำผิวดินที่สกปรก อาจจะนำทรายและตะกอนผ่านเข้าไปในหัวปล่อยน้ำ หรือทรายอาจจะมาจากบ่อน้ำบาดาล หรืออาจจะเข้ามาตอนติดตั้ง หรือทำการซ่อมแซมท่อ นอกจากนี้ตะกอนและโคลนอาจจะเข้ามาตอนที่น้ำถูกระบายออกหลังจากหยุดการให้น้ำ ถ้าไม่มีเครื่องช่วยระบายอากาศ เป็นเหตุให้หัวปล่อยน้ำที่วางอยู่บนผิวดิน ดูดน้ำที่เป็นโคลนผ่านเข้าไปทางหัวปล่อยน้ำได้ และยังมีปัญหาจากเศษพลาสติกซึ่งเกิดจากการไม่ระมัดระวังในการเจาะหรือตัดชิ้นส่วนประกอบของท่อที่เป็นพวกพลาสติก ก็ทำให้หัวอุดตันได้เช่นกัน

ข) สาเหตุจากพวกตะไคร่ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำที่เป็นบ่อเปิด หรือทางน้ำผิวดิน มันจะขยายตัวได้ดีในน้ำนิ่งที่มีแสงแดดพอเพียง และมีสารอาหาร นอกจากนี้มันยังสามารถเจริญเติบโตได้ภายในท่อ ถ้าแสงแดดผ่านผนังท่อเข้าไปได้บ้าง (มักจะเกิดกับท่อพีวีซี ชนิดบางที่ไม่ได้ฝังใต้ผิวดิน) นอกจากนี้เซลของสิ่งมีชีวิตเล็กๆ บางชนิดก็สามารถขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนในความมืดได้ ถ้าในน้ำที่มีปริมาณของเหล็กปนอยู่ มันจะจับรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อน แล้วก่อให้เกิดปัญหาอุดตันได้เช่นกัน.

ค) สาเหตุจากแหล่งน้ำที่มีส่วนประกอบของสารหินปูน โดยเฉพาะแหล่งน้ำใต้ดินที่อยู่ในชั้นหินปูน จะมีหินปูนเกาะที่ผิวและที่ส่วนปลายของหัวปล่อยน้ำ เมื่อน้ำถูกแสงแดดและระเหยไป นอกจากนี้ยังมีปัญหาของการตกตะกอนของปุ๋ยเคมี เนื่องจากสารประกอบเคมีที่ฉีดผสมเข้าไปในระบบหลังจากผ่านเครื่องกรอง หรือจากน้ำสารละลายปุ๋ย ซึ่งตกตะกอนเมื่อผสมกับสารเคมีตัวอื่นๆ ในน้ำชลประทาน นอกจากนี้ยังมีสาเหตุจากตะกอนเมือกเหล็ก ซึ่งสามารถพัฒนาจากปฏิกิริยาของแบคทีเรีย

เหล็ก เพาะตัวใต้น้ำ ถึงแม้ว่าในน้ำจะมีส่วนประกอบของเหล็กน้อยกว่า 1 พีพีเอ็ม (ppm = 1ส่วนในล้านส่วน) บ่อบาดาลบางแห่งปรากฏว่ามีเชื้อพวกแบคทีเรียเหล็กเหล่านี้ ตะกอนเมือกกำมะถันสามารถเกิดจากสาเหตุเดียวกันกับตะกอนเมือกเหล็กในน้ำที่มีส่วนประกอบของสารกำมะถัน แต่สาเหตุดังกล่าวนี้ มักจะไม่ค่อยมีปัญหากับแหล่งน้ำผิวดิน แต่มักจะเกิดกับแหล่งน้ำใต้ดิน

ปัญหาโดยทั่วไปของการอุดตันดังที่กล่าวมานี้ อาจจะสามารถขจัดได้โดยการกรองที่เหมาะสม และอาจต้องอาศัยเทคนิคบางอย่างที่ไม่ซับซ้อนนักเข้าช่วยด้วย เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ตามที่ต้องการ เช่น อาจต้องใช้วิธีทางเคมีง่ายๆ เข้าช่วย ดังจะได้กล่าวถึงต่อไป

ส่วนปัญหาอื่นที่ยุ่งยากกว่านี้ และการแก้ปัญหาที่จะต้องทำการศึกษาเฉพาะแห่งนั้น จะไม่ขอกล่าวในที่นี้

6.2 <u>การป้องกันการอุดตันของหัวปล่อยน้ำ</u>

ก่อนอื่นขอแนะนำว่าถ้าจะให้ได้ผลดี ควรจะต้องนำน้ำไปวิเคราะห์ก่อนที่จะออกแบบเพื่อจะหาความพอเหมาะในการออกแบบระบบป้องกันการอุดตัน โดยทั่วไปแล้วการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เหมาะสม สำหรับป้องกันการอุดตันตั้งแต่ตอนเริ่มติดตั้งระบบ จะเป็นการประหยัดกว่าที่จะทดลองใช้ไปก่อนและแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดการอุดตันแล้วภายหลัง การวิเคราะห์คุณภาพน้ำนั้น เพื่อที่จะหาส่วนประกอบอนุภาคของแข็งในน้ำ จำนวนอินทรีย์ อนินทรีย์ และสารประกอบเคมีต่างๆ ว่ามีมากน้อยเพียงใด สำหรับช่วงขนาดอนุภาคของแข็งมีการกำหนด ตามมาตรฐานขนาดของอนุภาคเม็ดดินที่แบ่งชั้นตามระบบของกระทรวงเกษตร สหรัฐอเมริกา (USDA) ดังที่แสดงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 <u>การแบ่งชั้นขนาดของอนุภาคเม็ดดิน</u>

ชนิดของดิน	ขนาดอนุภาค	
	มม.	ไมครอน
ทรายหยาบมาก	1.00-2.00	1,000-2,000
ทรายหยาบ	0.50-1.00	500-1,000
ทรายปานกลาง	0.25-0.50	250-500
ทรายละเอียด	0.10-0.25	100-250
ทรายละเอียดมาก	0.05-0.10	50-100
ตะกอน	0.002-0.05	2-50
ดินเหนียว	< 0.002	< 2

1 มม. = 1,000 ไมครอน

สำหรับมาตรฐานการวิเคราะห์น้ำชลประทานเพื่อหาเกณฑ์ค่าต่างๆ คือ

1) ขนาดอนุภาคของแข็งที่แขวนลอยในน้ำ

2) อนินทรีย์เคมีที่สำคัญ เช่น Ca, Mg, Na, K, CO_3, SO_4, Cl, NO_3, TDS, pH, และ EC เป็นต้น

3) ความกระด้าง

4) จำนวนเหล็ก

5) สารประกอบกำมะถัน

6) แบคทีเรียเหล็ก

มีข้อแนะนำว่า เมื่อใช้น้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน ควรให้ความสนใจพิเศษในการตรวจสอบข้อ 1), 4) และ 5) และเมื่อ EC > 1.0 มิลิโม /ซม. แนะนำให้ตรวจสอบข้อ 1) ถึง 3) อย่างไรก็ตามสำหรับระบบที่ใช้กับพื้นที่ใหญ่ๆ ค่าลงทุนในการตรวจสอบถือว่าน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าลงทุนทั้งหมด ก็ควรจะมีการตรวจสอบทุกรายการ

สมาคมการจัดการน้ำด้านการเกษตรได้มีการแสดงเกณฑ์คุณภาพน้ำที่ใช้กับชลประทานแบบหยดไว้ดังนี้ โดยแบ่งความรุนแรงเป็นค่าตัวเลขจากน้อย (0) จนถึงค่ามาก (10)

ตารางที่ 6.2 แสดงระดับความรุนแรงจากสาเหตุการอุดตันต่างๆ

ระดับความรุนแรง		ทางกายภาพ	ทางเคมีภาพ (ppm)				ทางชีวภาพ
		อนุภาคแขวนลอย ppm	pH	สารไม่ละลายน้ำ	เหล็กหรือแมงกานีส	สารกำมะถัน	จำนวนสิ่งมีชีวิตต่อมิลลิลิตร
น้อย	0	10	< 6.8	< 100	< 0.1	0.2	< 100
	1	20	6.9	200	0.2	0.3	1,000
	2	30	7.0	300	0.3	0.4	2,000
	3	40	7.1	400	0.4	0.5	3,000
ปานกลาง	4	50	7.2	500	0.5	0.8	4,000
	5	60	7.4	600	0.6	1.0	5,000
	6	80	7.5	800	0.7	1.4	10,000
	7	100	7.6	1,000	0.8	1.6	20,000
ค่อนข้างมาก	8	120	7.8	1,200	0.9	1.8	30,000
	9	140	8.0	1,400	1.0	2.0	40,000
	10	> 160	> 8.1	> 1,600	> 1.1	> 2.0	> 50,000

สำหรับวิธีการป้องกันปัญหาการอุดตันของหัวปล่อยน้ำนั้น สามารถแยกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

(1) ประเภทการใช้วิธีกรองแบบต่างๆ (Filtration)

(2) ประเภทการใช้สารเคมีเข้าช่วย (Chemical Treatment)

(3) ประเภทการใช้วิธีควบคุมทางจุลชีวะ (Biological Treatment)

6.3 การป้องกันการอุดตันโดยใช้วิธีการกรอง

การกรองที่ดีพอ มีความจำเป็นตลอดในกระบวนการของน้ำที่ส่งเข้ามาในระบบขนาดของอนุภาคที่ยอมให้ผ่านเข้ามาในระบบได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของหัวปล่อยน้ำ (ผู้ผลิตควรระบุให้ทราบหรือตรวจสอบดูเอาเองได้) โดยทั่วๆ ไปมีข้อแนะนำว่า ขนาดของอนุภาคที่ยอมให้ผ่านได้นั้น จะต้องมีขนาดเล็กกว่ารูหรือช่องของหัวปล่อยน้ำไม่น้อยกว่า 10 เท่า เพราะอนุภาคทั่วๆ ไป อาจก่อตัวกันเป็นกลุ่มและขวางทางน้ำออกได้ สิ่งนี้มักจะเกิดกับพวกอนุภาคอินทรีย์วัตถุที่มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำ หรืออนุภาคอนินทรีย์วัตถุที่หนักกว่าน้ำ เช่น ทรายละเอียด จนถึงละเอียดมาก ซึ่งมีแนวโน้มที่จะตกตะกอนสะสมในขณะการไกลอย่างเอื่อยๆ ภายในหัวปล่อยน้ำ ซึ่งจะเกิดการอุดตันอย่างช้าๆ สิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือ อาจต้องใช้ตะแกรงขนาดเบอร์ 155 เมช (Mesh) ซึ่งมีขนาดของรูตะแกรง 0.10 มม. เพื่อที่จะใช้กับหัวปล่อยน้ำที่มีรูทางน้ำไหลออกขนาด 1 มม. และสำหรับระบบฉีดฝอยจะต้องมีขนาดเล็กกว่า 5เท่าของรูฉีดน้ำ ฉะนั้นขีดความสามารถของการกรองที่ต้องการ จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำ และชนิดของหัวปล่อยน้ำที่เลือกใช้ วิธีการต่างๆ ที่จะใช้กรองอนุภาคของแข็งออกจากน้ำ ที่ใช้ทั่วๆ ไปสำหรับการให้น้ำแบบหยด มีหลายแบบคือ

(1) เครื่องกรองด้วยตะแกรง

(2) เครื่องกรองด้วยชั้นกรวดทราย

(3) เครื่องกรองแบบใช้ฟองน้ำหรือโฟม

(4) เครื่องกรองแบบให้น้ำไหลเหวี่ยงวน

(5) บ่อพักน้ำนิ่งตกตะกอน

6.3.1 เครื่องกรองด้วยตะแกรง

เป็นวิธีการที่ถือว่าธรรมดาและใช้มากที่สุด เพื่อขจัดและป้องกันอนุภาค

ของแข็งที่แขวนมากับน้ำ ตะแกรงดังกล่าวอาจจะทำด้วยลวดทองเหลือง หรือวัสดุอื่นๆ ที่ไม่เป็นสนิม และมีความทนทาน เช่นพวกไนล่อนและเหล็กไร้สนิม เป็นต้น รูที่เกิดระหว่างเส้นลวดในตะแกรงเรียกว่าช่องเปิด และเป็นสิ่งที่ใช้กำหนดขนิดความละเอียดของตะแกรง คือ นับจำนวนช่องเปิดต่อความยาวของตะแกรง 1 นิ้ว เช่น ตะแกรงเบอร์ (เม็ช) 120 หมายถึงในความยาว 1 นิ้วนั้น จะมีรูเรียงกันอยู่ 120 รู เป็นต้น ซึ่งค่าโดยประมาณอาจเทียบได้ดังนี้

เบอร์ตะแกรง (เม็ช) × ขนาดของรูเป็นไมครอน = 15,000

เพื่อความเข้าใจดีขึ้น จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เบอร์ตะแกรงที่นิยมใช้กับขนาดของรูตะแกรง ดังแสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ขนาดเบอร์ตะแกรงเทียบกับขนาดรูตะแกรง

ขนาดเบอร์ตะแกรง	ขนาดรู		ใช้งานกับ	ขนาดเบอร์ตะแกรง	ขนาดรู		ใช้งานกับ
	มม.	ไมครอน			มม.	ไมครอน	
4	3.5	3,500	ฉีดฝอย	60	0.25	250	ฝอยละเอียด
6	2.5	2,500	ฉีดฝอย	75	0.20	200	ฝอยละเอียด
10	1.5	1,500	ฉีดฝอย	120	0.13	130	ระบบหยด
12	1.2	1,200	ฉีดฝอย	155	0.10	100	ระบบหยด
20	0.8	800	ฉีดฝอย	200	0.08	80	ระบบหยด
30	0.5	500	ฉีดฝอย	450	0.022	22	น้ำดื่ม
50	0.3	300	ฝอยละเอียด				

ขนาดของรู และจำนวนพื้นที่ทั้งหมดของรู จะบอกถึงขีดความสามารถและขีดจำกัดในการกรอง

เครื่องกรองชนิดนี้ จะใช้ได้ผลดีสำหรับขจัดเฉพาะอนุภาคของแข็ง ขนาดที่ไม่ละเอียดมากนัก สำหรับการชลประทานแบบหยดจะใช้ตะแกรงเบอร์ 120-200 เม็ช และถ้าเป็นเครื่องกรองที่มีทางน้ำไหลเข้าใหญ่กว่า 1 นิ้ว มักนิยมใช้ตะแกรงกรองเป็น 2 ชั้น ที่มีขนาดเบอร์ต่างกัน ตะแกรงชั้นนอกใช้เพื่อขจัดอนุภาคหยาบ มีเบอร์ตะแกรงน้อยกว่า ส่วนอันในสำหรับขจัดอนุภาคที่ละเอียดกว่า

ดังแสดงในรูปที่ 6.1 การทำเช่นนี้มีข้อดีเพื่อป้องกันตะแกรงอันที่มีเบอร์ละเอียด ไม่ให้เสียหายจากอนุภาคขนาดหยาบ ซึ่งบางครั้งไหลเข้ามาด้วยความเร็วสูง ทำให้เกิดการเสียดสีอย่างรุนแรงได้

รูปที่ 6.2 เครื่องกรองแบบที่ใช้จานวงแหวนหลายๆ อันอัดกัน โดยที่ในจานวงแหวนมีช่องขนาดเล็กมาก ให้น้ำผ่านได้ แทนรูของตะแกรง ซึ่งก็จะมีขนาดของรูละเอียดมากน้อยตามต้องการคล้ายๆ แบบตะแกรง แต่แบบจานวงแหวนทำความสะอาดได้ทั่วถึงและง่ายกว่าแบบตะแกรง ปัจจุบันนี้นิยมกันมากกว่าแบบตะแกรง

เครื่องกรองแบบตะแกรงส่วนใหญ่ไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการขจัดอนุภาคที่ละเอียดของพวกจุลอินทรีย์ทั้งหลาย หรือพวกสารแขวนลอย จากการทดสอบได้แสดงให้เห็นว่า การกรองน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน ไม่สามารถป้องกันการอุดตันได้เต็มที่นัก ถึงแม้จะใช้เครื่องกรองแบบตะแกรงต่อกันหลายชุดก็ตาม อนุภาคขนาดเล็กจำนวนมากก็ยังผ่านไปได้ จึงควรใช้กับหัวปล่อยน้ำที่มีรูค่อนข้างใหญ่จึงจะเหมาะสม

เครื่องกรองแบบตะแกรงเหมาะที่จะใช้กับน้ำผิวดินที่ค่อนข้างสะอาด หรือน้ำจากบ่อบาดาลเท่านั้น เครื่องชนิดนี้อาจจะติดตั้งที่ทางเข้าท่อประธานหรือท่อประธานย่อย และบางครั้งก็ต้องใช้เครื่องกรองแบบนี้รวมกันในชุดเครื่องกรองชนิดอื่นๆ และอย่างน้อยที่สุดระบบชลประทานแบบหยดจะต้องมีเครื่องกรองแบบตะแกรงนี้ ถึงแม้จะใช้น้ำสะอาดก็ตาม

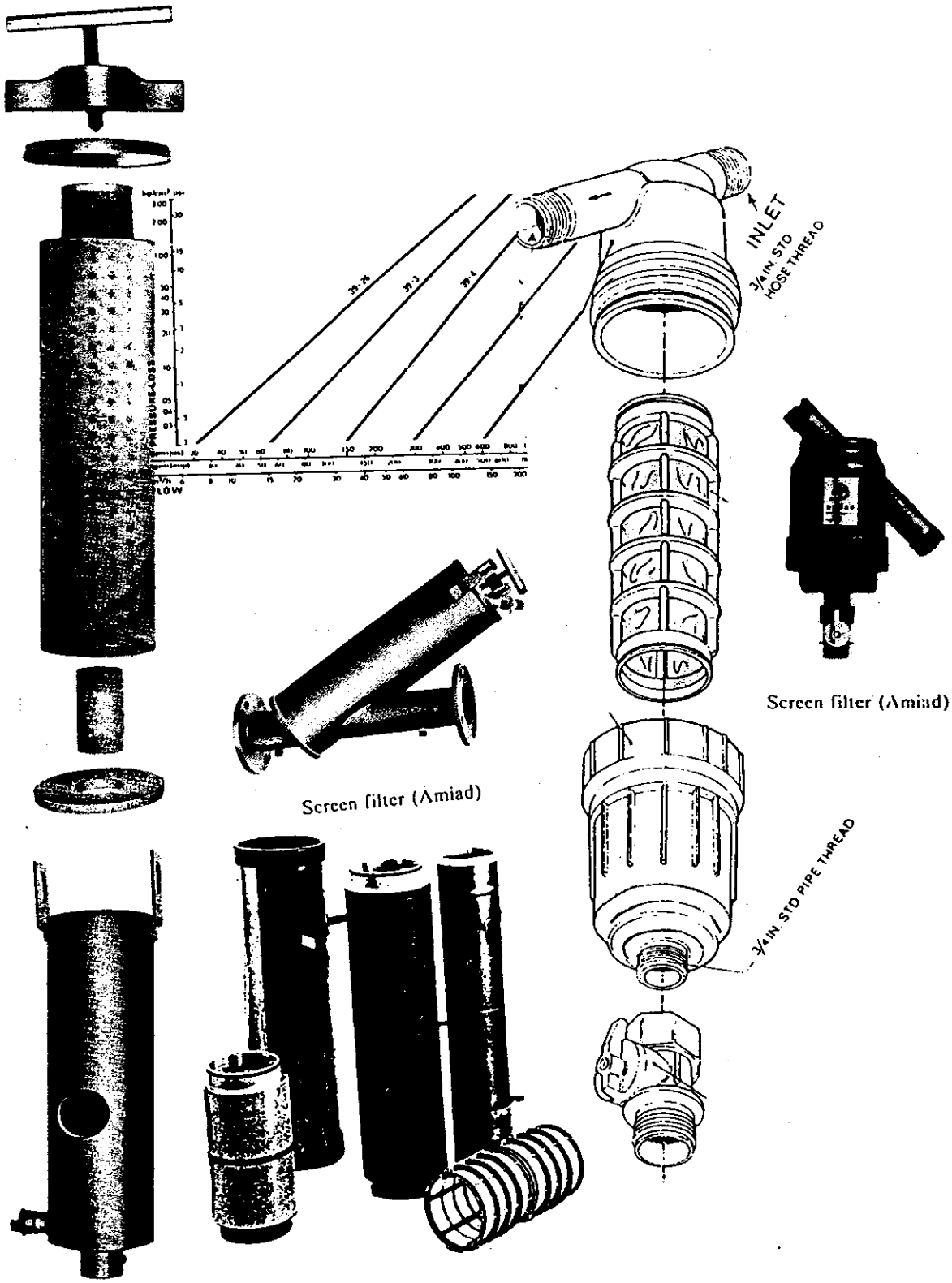
เครื่องกรองแบบนี้ควรทำความสะอาดบ่อยๆ หรือพิจารณาจากความดันที่ลดลง ประมาณ 3 ปอนด์ต่อ 1 ตร.นิ้ว หรือกำหนดเวลาไว้แน่นอนจากการหาไว้ล่วงหน้าแล้วว่า ควรจะใช้งานกี่ชม. ต้องทำความสะอาดครั้งหนึ่ง เป็นต้น

<u>วิธีทำความสะอาด</u> โดยทั่วไปทำได้โดย

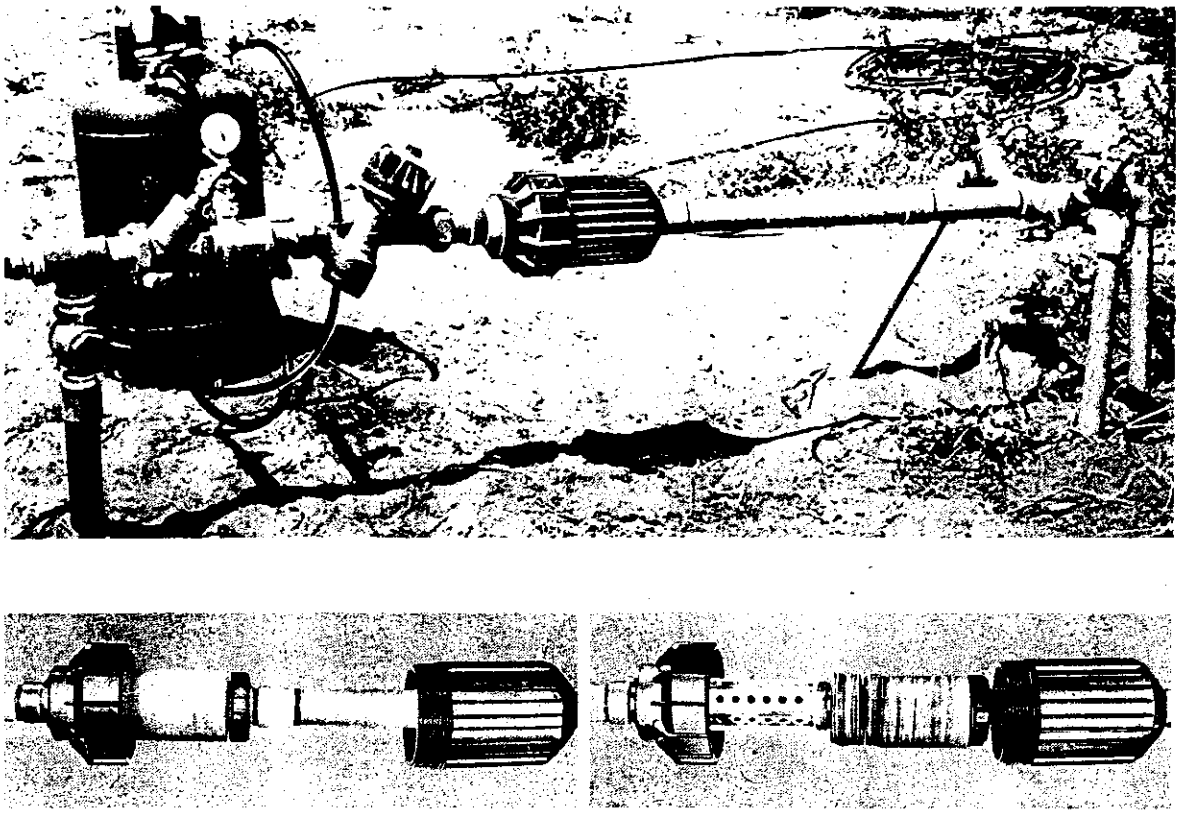
ก) การถอดออกล้าง คือ เอาชุดตะแกรงของครื่องกรองถอดออกมาล้าง โดยใช้น้ำฉีดล้างทำให้สะอาด ซึ่งทำได้ไม่ยาก หรืออาจจะใช้น้ำยาที่ใช้ล้างห้องน้ำช่วยทำให้สะอาดขึ้นก็ได้

ข) การฉีดล้างกลับทางแรงๆ หลายๆ ครั้ง โดยการปิดประตูน้ำที่จ่ายเข้าระบบและเปิดประตูน้ำที่ได้จัดทำไว้เพื่อการนี้

ค) การทำความสะอาดเองโดยอัตโนมัติ ล้างตามเวลาที่กำหนดไว้ หรือเมื่อแรงดันลดลงที่ระดับที่กำหนด เครื่องก็สามารถทำความสะอาดได้เอง ปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันมาก สำหรับพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่ๆ เกิน 100 ไร่



รูปที่ 6.1 ชุดเครื่องกรองด้วยตะแกรงสองชั้นและชั้นเดียว



รูปที่ 6.2 ชุดเครื่องกรองเป็นแหวนอัดเป็นชั้นและการล้าง

สำหรับการสูญเสียความดันในเครื่องกรองที่สะอาด ขึ้นอยู่กับปัจจัยสองอย่าง คือ อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านและจำนวนของพื้นที่รูตะแกรง โดยมีข้อแนะนำสำหรับอัตราการไหลของน้ำผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ควรมีค่าน้อยกว่า 60 ลิตรต่อ ชม. ต่อ ซม.^{2} ของพื้นที่กรองจริง (Effective filter area)

การประเมินพื้นที่รูตะแกรงทั้งหมดทำได้โดยใช้อัตราส่วนการกรอง (Filter ratio) คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดของท่อน้ำเข้าต่อพื้นที่รูตะแกรงทั้งหมด อัตราส่วนอันนี้ควรจะมีค่าอย่างน้อย 1 : 8 เมื่อใช้ตะแกรงละเอียดๆ จะมีพื้นที่รูกรองจริง ประมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่ตะแกรงทั้งหมด สำหรับตะแกรงเหล็กไร้สนิม และประมาณ 30% สำหรับตะแกรงไนล่อน

<u>หมายเหตุ</u>

<u>พื้นที่การกรอง</u> (Filter area) คือพื้นที่ผิวทั้งหมดของกระบอกไส้กรอง คำนวณได้จาก

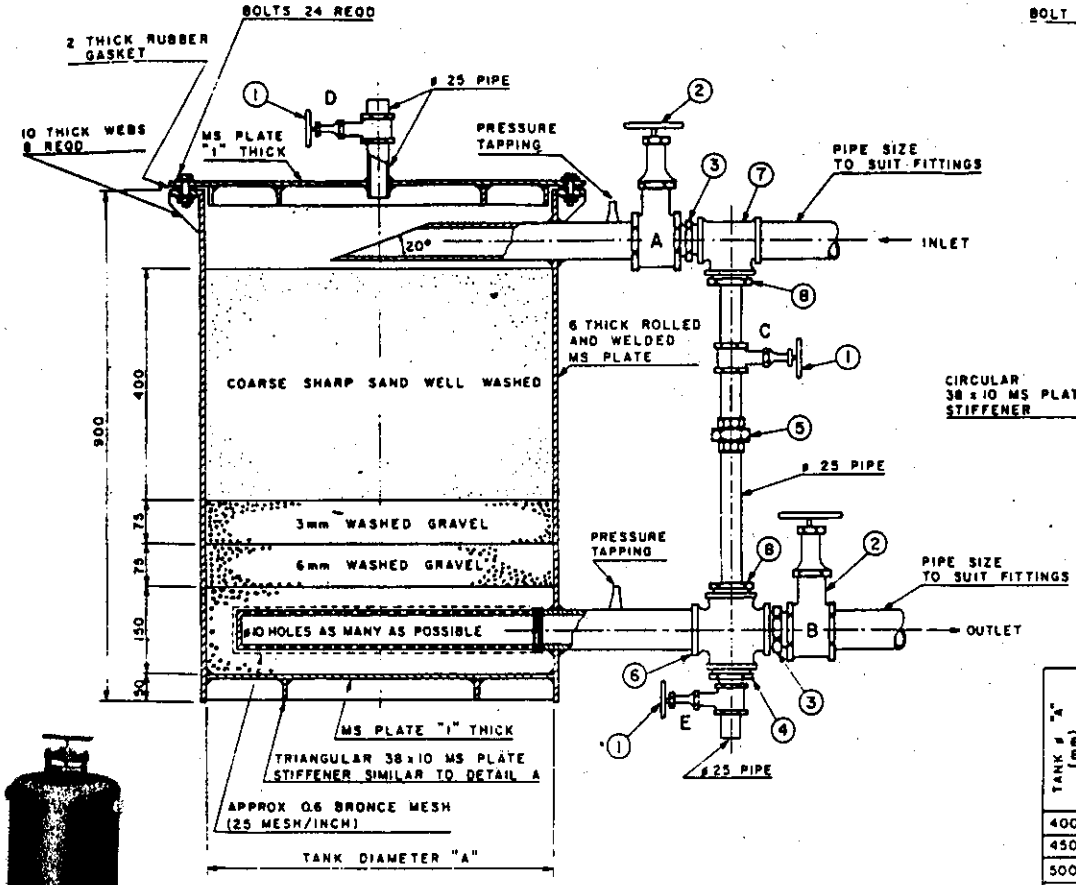
(ความยาว × เส้นรอบวงของกระบอกกรอง)

<u>พื้นที่รูตะแกรงจริง</u> (Effective filter area) คือพื้นที่ทั้งหมดของรูในกระบอกไส้กรอง และผันแปรเล็กน้อยตามขนาดของรู

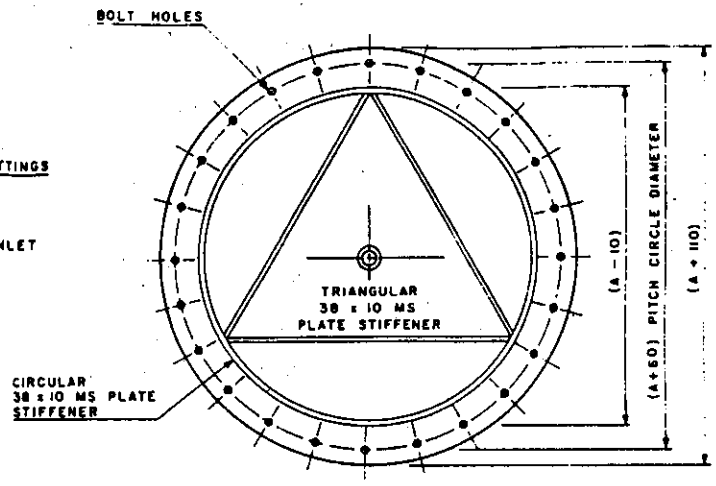
6.3.2 <u>เครื่องกรองด้วยชั้นกรวดทราย</u>

เครื่องกรองแบบนี้สร้างขึ้นเพื่อขจัดอนุภาคขนาดละเอียด ซึ่งผ่านเครื่องกรองแบบตะแกรงได้ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพมากในการขจัดพวกอินทรีย์วัตถุและตะไคร่น้ำ เพราะมันมีพื้นที่ผิวของการกรองที่มาก นอกจากนั้นบริเวณเหลี่ยมหรือมุมของทราย ยังสามารถเป็นสิ่งที่จับเมือกของพวกตะไคร่น้ำได้ดี โดยทั่วไปใช้ชั้นทรายและกรวดที่มีขนาดต่างๆ กันเรียงกันหลายชั้น เพื่อให้น้ำซึมผ่านและกรองในแต่ละชั้น ดังในรูปที่ 6.3 ระหว่างที่น้ำซึมผ่านอนุภาคละเอียดจะถูกขจัดออก โดยการเกาะติดกับอนุภาคทราย รวมกันเป็นก้อนมีอนุภาคใหญ่ขึ้น ถูกกรองไว้หรือตกจมลงคล้ายลักษณะบ่อตกตะกอน การกรองวิธีนี้มีการนำไปใช้เป็นระบบกรองเบื้องต้นในพื้นที่ทั่วๆ ไป โดยไม่ต้องคำนึงถึงคุณภาพของแหล่งน้ำหรือชนิดของหัวปล่อยน้ำได้เลย เพราะถือว่าเป็นเครื่องกรองแบบ 3 มิติที่ให้ผลดี

อย่างไรก็ตาม จะใช้ได้ผลกับอนุภาคที่เกาะกันแล้วใหญ่กว่า 20 ไมครอน ซึ่งก็ใช้ได้เพียงพอแล้ว ถ้าจะต้องการกรองละเอียดมากกว่านี้ ก็จะต้องใช้เครื่องกรองที่มีราคาแพงมากเกินความจำเป็น



SECTIONAL ELEVATION



UNDERSIDE OF LID

DETAIL A

TANK ø "A" (mm)	FLOW (l/sec)	MIN PLATE THICKNESS 't'(mm)	BOLT ø (mm)	BOLT HOLE ø (mm)	DESCRIPTION	GATE VALVE	GATE VALVE	NIPPLE	NIPPLE	UNION	CROSS	TEE	BUSH
					ITEM NUMBER	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
					NUMBER REQD	3	2	2	1	1	1	1	2
400	5	6	M10	12	NOMINAL SIZE (mm)	25	25	25	25	25	25	25	NIL
450	7·5	8	M10	12		25	32	32	32x25	25	32	32	32x25
500	10	10	M12	15		25	38	38	38x25	25	38	38	38x25
600	12·5	10	M12	15		25	50	50	50x25	25	50	50	50x25
SCHEDULE													

Gravel filter (Netafim)

รูปที่ 6.3 เครื่องกรองชนิดกรวดและทรายเป็นชั้น ๆ พร้อมรายละเอียดก่อสร้าง

ประสิทธิภาพของการกรองจะขึ้นอยู่กับวัสดุกรองที่ใช้ ความลึกของชั้นวัสดุกรอง อัตราการไหลและความดันของน้ำที่ทางเข้าต่อหนึ่งหน่วยพื้นผิววัสดุกรอง

การออกแบบระบบกรองด้วยทรายและกรวด จำเป็นที่จะต้องบ่งบอกขนาดเม็ดทรายหรือวัสดุกรองที่นำมาใช้ ซึ่งขนาดเม็ดทรายที่นิยมใช้และได้ผลคือ 0.5, 0.75 และ 1 มม. กรวดหรือเศษหินจากภูเขาไฟก็เป็นวัสดุที่เหมาะสมนำมาเป็นวัสดุกรองได้อย่างดี ตารางที่ 6.4 ได้แสดงขนาดของเม็ดอนุภาคสำหรับวัสดุต่างๆ ที่ใช้กรอง แต่พวกซิลิก้าจะเป็นตัวที่ถูกใช้บ่อยที่สุด

ตารางที่ 6.4 แสดงขนาดเม็ดของวัสดุกรอง

เบอร์ที่ใช้ระบุชื่อเรียกขนาดวัสดุ	วัสดุ	ขนาดโดยเฉลี่ย ไมครอน
8	หินอัคนีบด	1840
11	หินอัคนีบด	902
16	ซิลิก้า (ทราย)	806
20	ซิลิก้า (ทราย)	524
30	ซิลิก้า (ทราย)	335

ความลึกของชั้นกรองสามารถผันแปรจาก 30 ซม. ถึง 1.50 เมตร แต่ที่นิยมใช้กันมากอยู่ระหว่าง 60-80 ซม.

สำหรับอัตราการไหลต่อหน่วยพื้นที่ยิ่งต่ำ การกรองก็ได้ผลดีมากยิ่งขึ้น และการใช้วัสดุกรองยิ่งละเอียด การกรองก็ยิ่งได้ผลดีเช่นกัน แต่ก็จะต้องใช้เครื่องกรองเป็นจำนวนมากขึ้น จึงไม่เป็นการประหยัด สำหรับมาตรฐานของอัตราการกรองไม่ควรเกิน 2 ลิตร/ซม./ซม.^{2} สำหรับทรายที่มีขนาด 0.4-0.6 มม. และความหนาของชั้นทรายประมาณ 75 ซม. แต่ในปัจจุบันนิยมใช้อัตราที่สูงกว่าคือ ประมาณ 4-6 ลิตร/ซม./ซม.^{2} โดยใช้กับทรายหยาบ ซึ่งมีชั้นความหนาประมาณ 60-70 ซม.

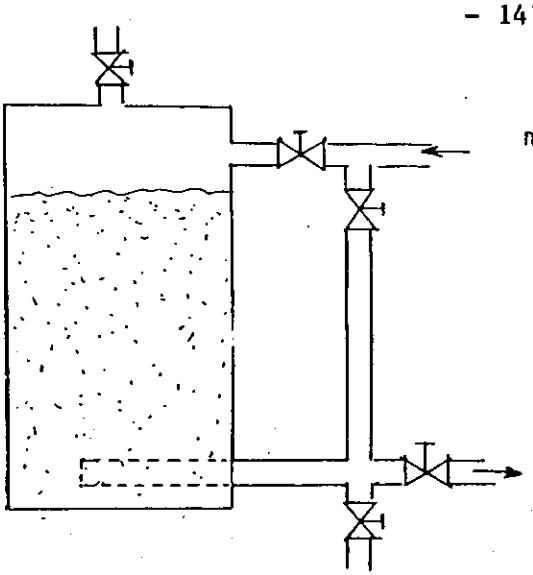
การทำความสะอาดทำได้โดยการอัดน้ำกลับทาง น้ำจะไหลย้อนกลับ ล้างจากก้นถังขึ้นไปยังข้างบน แล้วเปิดเอาตะกอนออกทิ้งไป ดังแสดงในรูป 6.4 สำหรับความถี่ของการล้างทำความสะอาด จะผันแปรจากช่วงสั้นๆ 2-3 ชม. ถึงทุกๆ วัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำและสารกรองที่ใช้

อย่างไรก็ตาม ในทุกกรณีที่ใช้เครื่องกรองแบบทรายกรวด ควรต้องติดตั้งเครื่องกรองแบบตะแกรงด้วย เพื่อเป็นการช่วยตรวจสอบ หรือเพิ่มความปลอดภัยจากอนุภาคของของแข็งที่อาจแขวนมากับน้ำ ตอนที่ทำการล้างกลับทาง และถ้าจะให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ควรจะมีการต่อเครื่องกรองแบบนี้ 2 ชุด ขนานกัน เพื่อว่าเครื่องกรองแต่ละตัวสามารถอัดน้ำล้างกลับทางโดยน้ำสะอาดของเครื่องกรองอีกตัว ดังรูปที่ 6.4 ข.

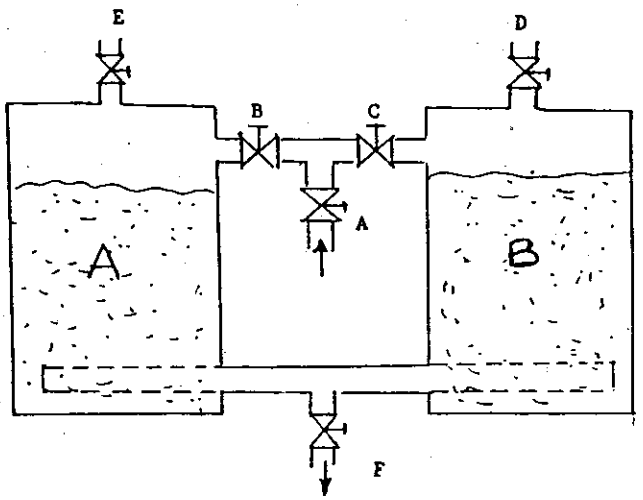
6.3.3 <u>เครื่องกรองแบบใช้ฟองน้ำหรือโฟม</u> เครื่องกรองชนิดนี้นับว่ามีราคาถูก โดยสร้างจากท่อ พีวีซี และใช้ไส้กรองเป็นพวกโพลียูรีเทน โฟมหรือพวกที่เราเรียกว่า ฟองน้ำ ดังในรูป 6.5 เครื่องกรองแบบนี้เหมาะที่ใช้เป็นที่กรองขั้นสุดท้าย หรือไม่ก็ใช้กรองขั้นสุดท้าย หรือไม่ก็ใช้กรองก่อนทางเข้าท่อประธานย่อยแต่ละสาย เพราะกรองได้ไม่มากนัก ถ้าใช้เป็นที่กรองหลักจะไม่ได้ประโยชน์เท่าที่ควร นอกจากว่าน้ำที่ส่งมานั้นค่อนข้างสะอาดจริงๆ

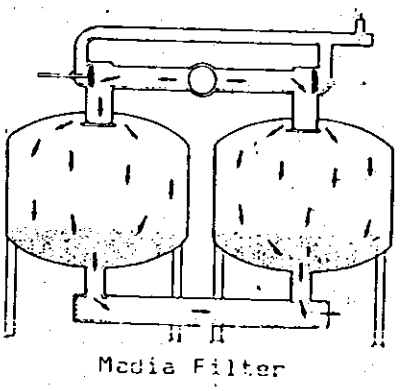
6.3.3 <u>เครื่องกรองแบบให้น้ำไหลเหวี่ยงวน</u> เครื่องกรองประเภทนี้เหมาะสำหรับการขจัดทรายจำนวนมากที่ปนมากับน้ำ รูปร่างของเครื่องกรองมีลักษณะคล้ายๆ กรวยคว่ำลง โดยให้น้ำไหลเข้าด้านข้าง เกิดการไหลเหวี่ยงวน ส่วนทางน้ำออกอยู่ข้างบน ดังรูปที่ 6.6 หลักการของเครื่องกรองชนิดนี้คือ อาศัยน้ำเข้าด้านข้างและไหลวนจนเกิดการเคลื่อนที่เป็นแบบน้ำเหวี่ยงวนสองชนิดขึ้นภายในตัวถังกรอง คือกระแสน้ำวนหลัก (main vortex) จะเหวี่ยงวนนำพาอนุภาคของของแข็งตกลงข้างล่าง เพื่อระบายออกทิ้งและกระแสน้ำวนรอง (secondary vortex) จะยกน้ำสะอาดขึ้นสู่ทางออกข้างบน เครื่องกรองชนิดนี้ถึงแม้มีขนาดเล็ก ก็สามารถกรองทรายขนาดใหญ่ได้เป็นอย่างดี แต่ไม่สามารถจะขจัดพวกอินทรีย์วัตถุ หรืออนุภาคที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำได้ จึงจำเป็นต้องใช้ประกอบกับเครื่องกรองชนิดอื่นๆ

ถ้าเป็นไปได้สำหรับน้ำที่มีคุณภาพไม่ดี ควรใช้เครื่องกรองร่วมกันทั้ง 3 ประเภท โดยให้ผ่านเครื่องกรองแบบไหลเหวี่ยงวนก่อน แล้วจึงผ่านเครื่องกรองทรายกรวด และสุดท้ายผ่านเครื่องกรองแบบตะแกรง



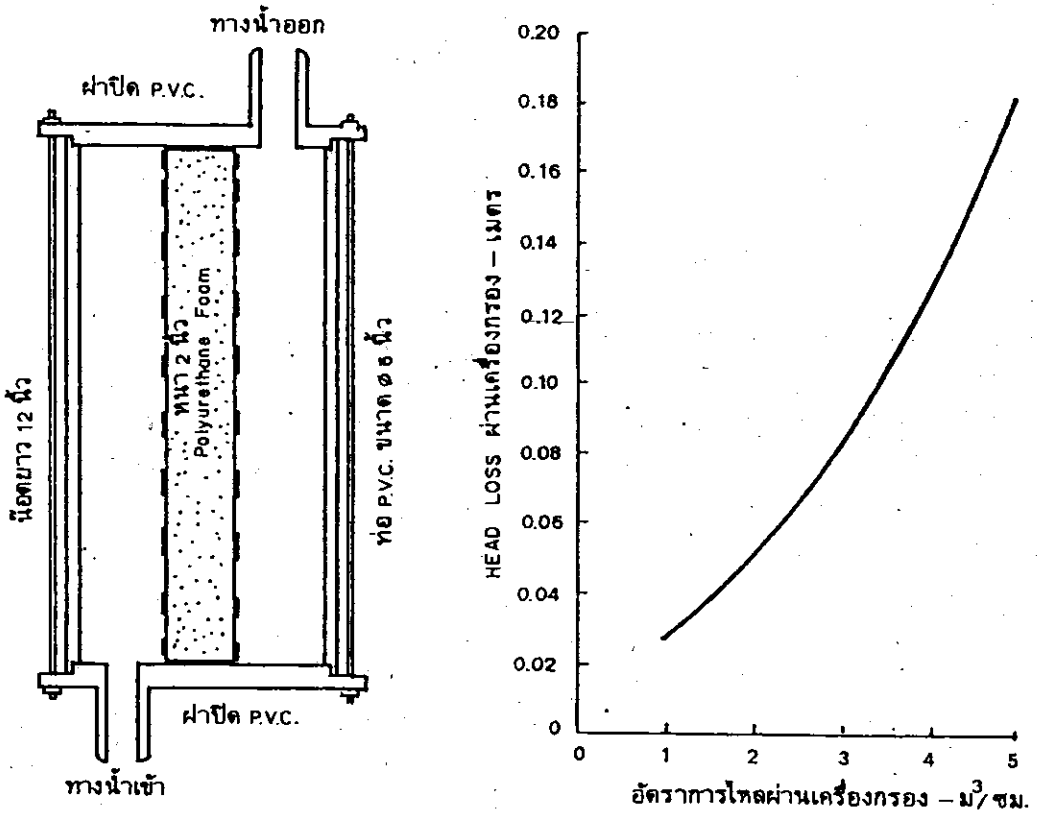
ก) คำเนินงานการกรองน้ำ: วาวล์ A&C เปิด
วาวล์ B, D&E ปิด
อัดน้ำกลับทางเพื่อล้างกรอง วาวล์ B&E เปิด
วาวล์ A, C&D ปิด
เปิดทิ้งน้ำที่กรอง วาวล์ A&D เปิด
วาวล์ B, C&E ปิด



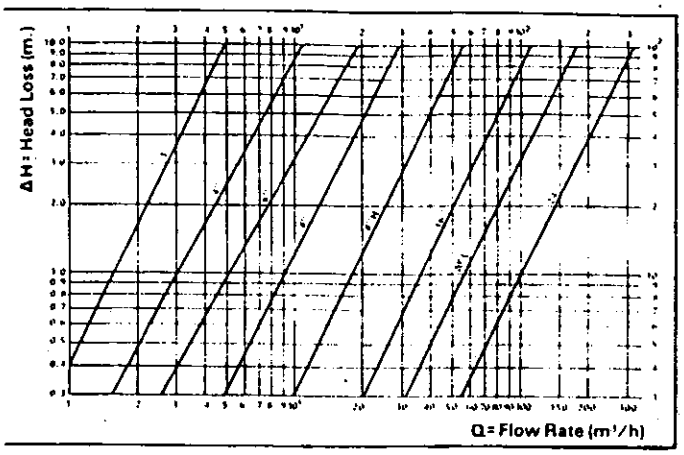


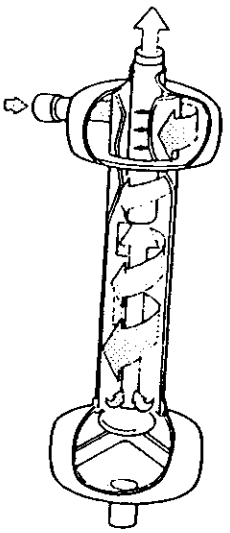
ข) คำเนินงานการกรองน้ำ: วาวล์ A,B,C, & F เปิด E & D ปิด
อัดน้ำกลับทางเพื่อล้างชุดกรอง วาวล์ A,C & E เปิด B,D, & F ปิด
อัดน้ำกลับทางเพื่อล้างชุดกรอง วาวล์ A,B & D เปิด C,E & F ปิด

รูปที่ 6.4 รูปแบบการคำเนินงานและการล้างตะกอนออก

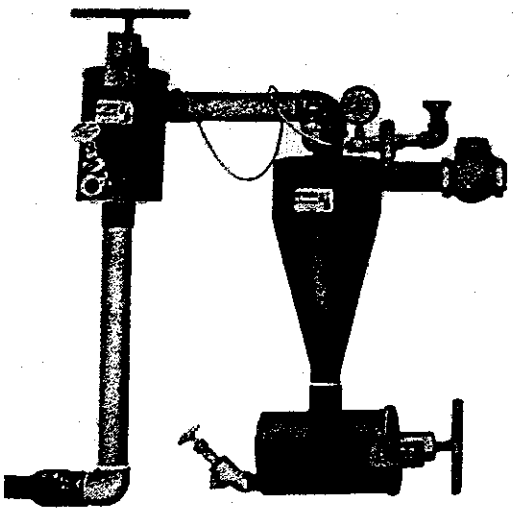


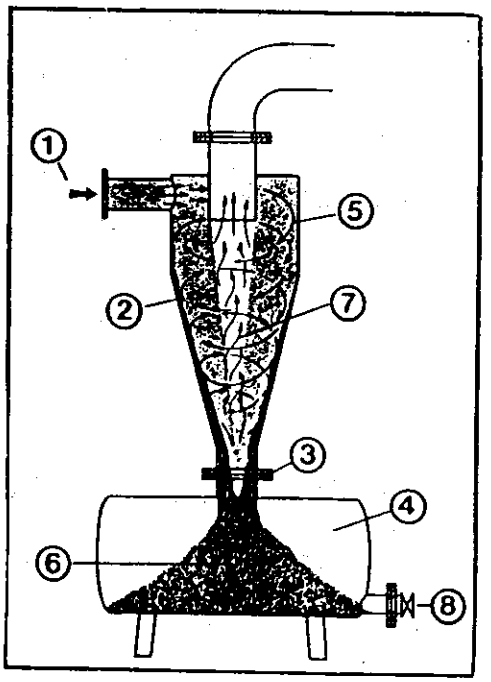
รูปที่ 6.5 เครื่องกรองชนิดใช้โฟมเป็นไส้กรองและแสดงการเสียเฮดของน้ำ





Centrifugal
Separator





รูปที่ 6.6 เครื่องกรองแบบไซโคลน

6.3.5 การใช้บ่อพักน้ำนิ่งตกตะกอน เป็นรูปแบบการกรองเพื่อให้อนุภาคของแข็งตกตะกอน ซึ่งอนุภาคขนาดที่ใหญ่กว่า 40 ไมครอน จะตกตะกอนในน้ำนิ่งใช้เวลาน้อยกว่า 1 ชม. สำหรับพื้นที่การเกษตรที่มีบ่อน้ำหรือแหล่งน้ำผิวดิน เป็นธรรมดาอยู่แล้วที่ควรจะทำเป็นบ่อน้ำนิ่ง เพื่อชจัดปริมาณทรายและตะกอนก่อน แล้วใช้น้ำส่วนผิวบน ดูรูปที่ 6.7 อย่างไรก็ตาม บ่อน้ำนิ่งเพียงอย่างเดียว จะไม่เพียงพอที่จะทำให้คุณภาพน้ำดีพอตามต้องการ และจะใช้เป็นเพียงเครื่องป้องกันเบื้องต้นเท่านั้น ต้องใช้ประกอบกับเครื่องกรองแบบอื่นดังที่กล่าวมาแล้ว จึงจะใช้ได้

6.4 ประเภทใช้สารเคมีเข้าช่วย แหล่งน้ำบางแห่งที่นำมาใช้กับการชลประทานแบบ-หยด โดยอาศัยการกรองเพียงอย่างเดียวนั้น บางครั้งก็ไม่สามารถแก้ปัญหาการอุดตันที่เกิดขึ้นทั้งหมดของหัวปล่อยน้ำได้ ทั้งนี้เนื่องจากยังมีการตกตะกอนหรือการสะสมของอนุภาค ที่ไม่ละลายน้ำผ่านเครื่องกรอง ทำให้เกิดการอุดตันได้ภายหลัง เช่น ปัญหาตะกอนสนิมเหล็ก มักจะเกิดจากแหล่งน้ำใต้ดินที่มีส่วนประกอบของเหล็กที่อยู่ในรูปของเฟอรัส ลักษณะไม่เสถียร แต่เมื่อถูกกับอ็อกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นรูปของสนิมเหล็กเสถียร จะสังเกตุเห็นเป็นตะกอนสีน้ำตาลแดง ติดที่หัวปล่อยน้ำ และเป็นสาเหตุหนึ่งของการอุดตัน

6.4.1 วิธีแก้ปัญหาตะกอนสนิมเหล็ก ถ้าน้ำมีเหล็ก (เฟอรัส) ที่ละลายได้ปริมาณสูงกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน (10 ppm.) ควรจะพยายามทำให้เหล็กตกตะกอนก่อนโดยวิธีฉีดน้ำ หรือผ่านน้ำให้สัมผัสผสมกับอากาศมากๆ เพื่อให้เกิดตะกอนสนิมเหล็ก แล้วกรองเสียก่อนที่จะเข้าสู่ระบบ สำหรับน้ำยาเคมีที่ช่วยป้องกันการเกิดตะกอนสนิมเหล็ก ได้แก่น้ำยาคลอรีน ใช้ประมาณ 1 ppm. ประมาณ 20 นาทีก่อนหยุดให้น้ำ น้ำยาคลอรีนที่ใช้ส่วนมากได้แก่ โซเดียมไฮโปคลิไรค์ (NaOCl) ถ้าเป็นของแข็งใช้พวกแคลเซียมไฮโปคลอไรค์ Ca(OCl)Cl แต่นิยมน้อยกว่าชนิดน้ำยา

ปัญหาการตกตะกอนของหินปูนแคลเซียมคาร์บอนเนตเกิดได้ เพราะบางครั้งแหล่งน้ำได้มาจากน้ำใต้ดินที่อยู่ในชั้นหินปูน ในน้ำมีอิออน แคลเซียมไบคาร์บอเนตหรือคาร์บอเนตเป็นจำนวนมาก เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น และพีเอชสูง (คือความเป็นด่างสูง) จะเร่งการตกตะกอนให้เร็วขึ้น ทำให้หัวปล่อยน้ำส่วนที่ถูกแสงแดดโดยตรงอุดตันได้ง่าย

6.4.2 วิธีแก้ปัญหาตะกอนหินปูน พวกเกลือคาร์บอนเนต และไบคาร์บอนเนต ให้ใช้กรดเกลือความเข้มข้น 0.5 - 1.0 เปอร์เซ็นต์ ใส่เข้าไปในระบบให้น้ำ โดยให้น้ำมีความดันต่ำ

ประมาณคิดเป็นความสูงของน้ำ 1 เมตร ใช้เวลาประมาณ 5-15 นาที เพื่อให้แน่ใจว่ามีน้ำยาผ่านทุกหัวปล่อยน้ำ หลังจากนั้นจึงใช้ความดันของน้ำที่สูงล้างอีกครั้ง อย่างน้อยประมาณ 10 นาที ทำเช่นนี้อาทิตย์ละครั้ง กรดจำนวนน้อยนี้ไม่เป็นอันตรายต่อพืช นอกจากนี้ถ้าเป็นไปได้ควรมีอุปกรณ์ป้องกันแสงแดดส่องที่รูปล่อยน้ำโดยตรง และถ้าตรวจสอบว่ามีไบคาร์บอนเนต ปริมาณมากกว่า 2.0 มิลลิอีกวิวาเล้นท์ต่อลิตร (meq/l) ควบคู่กับมีค่า พีเอช. สูงกว่า 7.5 ไม่ควรนำน้ำนี้มาใช้กับระบบการให้น้ำแบบหยด ถ้าจะใช้ก็จะต้องพยายามผสมอากาศเข้าไปในน้ำ และปล่อยให้มันอยู่ในอ่างพักน้ำ จนกระทั่งมันตกตะกอนก่อนจะเป็นการประหยัดกว่า

6.5 <u>ประเภทการควบคุมทางจุลชีวะ</u> ปัญหาการอุดตันบางที่เกิดจากการต่อตัวกันเองของอินทรีย์วัตถุ ซึ่งไม่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยการกรองธรรมดา รูปแบบส่วนใหญ่ของการอุดตัน มักจะเกิดจากสาเหตุของพวกแบคทีเรียจำพวกหนึ่ง มีลักษณะเป็นเมือกสีขาวคล้ายวุ้น นอกจากนี้ยังได้แก่ เมือกน้ำตาลแดง เกิดจากแบคทีเรียของเหล็ก ซึ่งเกิดขึ้นได้ในน้ำใต้ดินที่มีเหล็กมากกว่า 0.3 ต่อล้านส่วน และพีเอช 4.0-8.5 สาเหตุจากการอุดตันดังกล่าวนี้ มักจะเกิดกับแหล่งน้ำใต้ดิน ส่วนการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำ (สาหร่าย) มักจะมีในแหล่งน้ำผิวดิน สาหร่ายสีเขียว, สีเขียวแกมน้ำเงิน ผลิตอาหารได้เองโดยใช้พลังงานจากแสงแดดและแร่ธาตุในน้ำ ส่วนพวกเมือกต่างๆ เกิดจากแบคทีเรียหลายชนิดที่ไม่สามารถผลิตอาหารเองได้ และไม่ต้องการแสงในการเติบโต แต่เจริญได้ในอากาศ

<u>การแก้ปัญหาตะไคร่และตะกอนเมือก</u> สามารถควบคุมได้โดยวิธีการเติมคลอรีน เข้าไปผสมกับน้ำ ที่เรียกว่าคลอรีนเนชั่น (Chlorination) โดยใช้ความเข้มข้นใน 1 พีพีเอ็ม. ต่อเนื่องกัน หรือจะเติมเข้าไป 10-20 พีพีเอ็ม. เป็นเวลา 30 นาที ก่อนหยุดส่งน้ำก็ได้ สำหรับอัตราคลอรีนที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 <u>ข้อแนะนำการใช้ปริมาณคลอรีน</u>

ปัญหาเกิดจาก	ปริมาณคลอรีน (Dosage)
ตะไคร่น้ำ	0.5 ถึง 1 พีพีเอ็ม. ใช้ต่อเนื่องหรือ 10-20 พีพีเอ็ม. สำหรับ 30 นาที ก่อนหยุดส่งน้ำ
แบคทีเรียของเหล็ก	มากกว่าจำนวนเหล็กที่มี 1 พีพีเอ็ม.
ตะกอนเมือก	0.5 พีพีเอ็ม.
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	3.6ถึง 8.4 เท่าของปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์

บทที่ 7

การผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำชลประทาน

7.1 ความหมายและจุดประสงค์ทั่วไป

การผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำแก่พืช เรียกว่า Fertigation ได้มาจากคำ Fertilization รวมกับ Irrigation หรือเรียกย่อๆ ว่า ระบบ F-I นับว่าเป็นวิทยาการอันหนึ่งของการชลประทานสมัยใหม่ เพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย รวมทั้งควบคุมการใส่ปุ๋ยในระบบชลประทาน นอกจากนี้ยังอาจใช้ผสมยากำจัดศัตรูพืช หรือ โรคพืชในระบบชลประทานได้ด้วย (Chemigation คือ Chemical ร่วมกับ Irrigation) วิทยาการแขนงนี้ ที่จริงก็เคยมีการทดลองนำมาใช้ร่วมกับระบบการให้น้ำแบบหยด เป็นเวลานานมาแล้ว แต่เพิ่งจะมีการพัฒนากันอย่างจริงจังเมื่อไม่กี่ปีมานี้ และก็ได้มีการพัฒนาปรับปรุงอุปกรณ์ในการใช้ปุ๋ยอย่างต่อเนื่องมาตลอด ทำให้ศักย์ภาพการใช้อุปกรณ์การให้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคตความต้องการใช้ปุ๋ยน้ำจะต้องมีมากขึ้น และคงจะมีการใช้ปุ๋ยสูตรเดี่ยวแพร่หลายขึ้น แทนที่จะใช้ปุ๋ยสูตรครอบจักรวาล ดังเช่นที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร มีการสูญเสียเนื้อปุ๋ยบางตัวเกินความจำเป็น ฉะนั้นถ้าได้มีการพัฒนานำมาใช้กับวิธีการให้น้ำบริเวณใต้ต้นพืชโดยตรง เช่นการให้น้ำแบบหยดและแบบฉีดฝอย หรือที่เรียกรวมๆ กันว่า **"การให้น้ำแบบจุลชลประทาน"** ก็น่าจะทำให้เกิดประโยชน์อย่างมาก ทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์ วิศวกรรม และเกษตรกรรม

7.2 ข้อดีของการผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ

1. ประหยัดแรงงานและสะดวก การใส่ปุ๋ยโดยใช้แรงคนเป็นงานหนักและยังไม่ค่อยทั่วถึง ถ้าใช้เครื่องจักรใส่ปุ๋ยก็ลงทุนสูง และทำให้เกิดการบดอัดดิน เนื่องจากล้อของเครื่องจักร จะทำให้เกิดความเสียหายต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อมีการนำเอาระบบ F-I เข้ามาใช้ในแปลงเพาะปลูก จะสามารถลดการใช้แรงงานในการให้ปุ๋ยแก่พืช ทั้งยังสะดวกในการให้ปุ๋ยครั้งละน้อยๆ แต่ให้บ่อยครั้งตามความเหมาะสมได้เป็นอย่างดี

2. พืชได้รับปุ๋ยตามต้องการอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอตลอดแปลงเพาะปลูก เนื่องจากปุ๋ยละลายน้ำชลประทาน ปุ๋ยจึงแพร่กระจายได้ทั่วถึงอย่างรวดเร็ว

3. ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารที่ต้องการในระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโตได้อย่างพอเพียงและทันความต้องการ ปกติตลอดช่วงการเจริญเติบโตของพืช ต้องให้ปุ๋ยแก่พืชบ่อยครั้ง เพราะถ้าใส่ปุ๋ยลงไปในดินทั้งหมดครั้งเดียว ปุ๋ยจะถูกชะล้างออกไปมากก่อนที่พืชจะใช้ได้ทัน การให้ปุ๋ยนี้สัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพต่างๆ เช่น ปริมาณปุ๋ยที่ถูกน้ำฝนชะล้างออกจากดิน เป็นต้น ถ้าไม่ใช้ระบบ F-I ให้ปุ๋ยแก่พืช พบว่าเป็นการยากที่จะทำให้พืชได้รับธาตุอาหารในปริมาณพอเหมาะกับแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต หรือการออกดอกออกผล แต่ถ้าใช้ระบบ F-I จะสามารถปรับสัดส่วนของธาตุอาหารที่ให้แก่พืช ชนิดของปุ๋ยให้เหมะสม และตรงกับความต้องการของพืชในระยะต่างๆ ของการเจริญเติบโต

4. ประหยัดปุ๋ย เพราะเป็นวิธีการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูง โดยพืชจะได้รับปริมาณปุ๋ยมากกว่าวิธีอื่น ลดการสูญเสียปุ๋ยเนื่องจากการตกค้างในดิน ลดการสูญเสียเนื่องจากการชะล้างปุ๋ยออกไปเลยเขตรากพืช ลดการสูญเสียเนื่องจากการขนส่งปุ๋ย และการเก็บรักษาปุ๋ย ทำให้ได้รับผลผลิตต่อหน่วยน้ำหนักปุ๋ยมากกว่าวิธีอื่น ตัวอย่างเช่น ในการใช้ระบบ F-I ของสวนผลไม้ ทำให้สามารถลดปริมาณสารละลายธาตุเหล็ก (Iron Chelate) ที่ฉีดใส่ให้แก่พืชถึง 2 ใน 3 จากวิธีการเดิม

5. ควบคุมการไหลเลยเขตรากพืชของสารละลายปุ๋ยและน้ำ การไหลเลยเขตรากพืชขึ้นกับคุณสมบัติของดิน ความลึกเขตรากพืช วิธีการควบคุมมีเพียงทางเดียวคือ การกำหนดคาบเวลาการให้น้ำชลประทานให้พอเหมาะ ซึ่งวิธีนี้ยุ่งยาก แต่วิธีระบบ F-I สามารถให้สารละลายปุ๋ยแก่น้ำได้ในเวลาที่เราวางแผนไว้ ในปริมาณที่ต้องการโดยไม่ยุ่งยาก และไม่เกิดการไหลเลยเขตราก

6. ลดเครื่องมือเครื่องใช้ในงานปุ๋ย เพราะปุ๋ยที่เราใช้เป็นปุ๋ยเหลว ไม่ใช่ปุ๋ยที่เป็นของแข็งหรือปุ๋ยเม็ดซึ่งจำเป็นต้องใช้แรงงาน และเครื่องมือในการเตรียมการมาก

7. สามารถควบคุมปริมาณสารละลายปุ๋ยที่ต้องการให้แก่พืชในครั้งหนึ่งได้ โดยปริมาณและสัดส่วนปุ๋ยที่แน่นอน สามารถหาได้โดยการควบคุมด้วยไฟฟ้า ทางชลศาสตร์ และวิธีทดลองอื่นๆ

8. สามารถใส่ธาตุอาหารบางตัวที่พืชต้องการเพียงเล็กน้อยเพื่อการเจริญเติบโต โดยผสมลงในสารละลายปุ๋ยที่เตรียมจะให้แก่พืช ซึ่งการให้ปุ๋ยแก่พืชโดยวิธีอื่นทำไม่ได้

9. รักษาคุณภาพของน้ำใต้ดิน โดยเฉพาะลดปริมาณไนเตรทลง เพราะระบบ F-I สามารถลดปริมาณปุ๋ยที่ให้แก่พืช จึงไม่ค่อยมีโอกาสสะสมไนเตรทไว้ใต้ดิน

10. ประโยชน์ด้านอื่นๆ ซึ่งก็คือ การใช้ระบบ F-I กับงานกำจัดศัตรูพืชอื่นๆ รวมทั้งการใช้สารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อจุดประสงค์โดยเฉพาะเช่น การใส่กรดไฮโดรคลอริคลงไปเพื่อจะละลายตะกอนของปูนขาวที่สะสมอยู่บริเวณหัวปล่อยน้ำแบบหยด หรือในกรณีที่เราแยกระบบน้ำดื่มออกไป อาจจะเติมสารเคมีเพื่อกำจัดวัชพืชในแปลงได้อีกด้วย

7.3 ข้อจำกัดและข้อควรระวังของการใส่ปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ

1. ค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินงานอาจสูง เนื่องจากอุปกรณ์บางอย่างมีราคาแพง รวมทั้งสารเคมีที่ใช้บางตัว มีราคาสูงอีกด้วย ฉะนั้นก่อนใช้ต้องพิจารณาให้รอบคอบ

2. ความเป็นพิษของสารละลายปุ๋ยที่ใส่ลงในน้ำชลประทาน ถ้าระบบชลประทานใช้ร่วมกับน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภคอยู่ด้วย และเนื่องจากน้ำที่ผสมกับปุ๋ยเคมีนั้นเป็นน้ำมีพิษ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีการติดป้ายบอกกล่าวให้เกษตรกรและประชาชนโดยทั่วไป มิให้นำน้ำนั้นมาใช้บริโภค ส่วนอันตรายอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้แก่ การไหลย้อนกลับของน้ำที่ผสมสารละลายปุ๋ยเคมีในท่อ และไปผสมกับท่อน้ำกินน้ำใช้ ดังนั้นเราจึงควรติดตั้งวาวล์ที่ป้องกันน้ำไหลย้อนกลับ และมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ

3. ข้อจำกัดในการใช้ปุ๋ย วิธีการนี้เหมาะสำหรับการใช้ปุ๋ยเคมีที่เป็นของเหลว ดังนั้นปุ๋ยฟอสเฟต เช่น ซุปเปอร์ฟอสเฟตหรือแคลเซี่ยมแอมโมเนียมฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำได้ยากจึงใช้ไม่ได้ดี เพราะทำให้เกิดตะกอนอุดตันได้

4. การผุกร่อนของท่อและส่วนที่เป็นโลหะในระบบ ส่วนของอุปกรณ์ที่เป็นโลหะมักจะผุกร่อนได้เร็ว เนื่องจากการกัดกร่อนของกรดหรือด่างของสารเคมี ดังนั้นจึงควรที่จะใช้ท่อ หรืออุกรณ์ซึ่งทนต่อการกัดกร่อน หรือทนสนิมได้ดี

5. การเกิดปฏิกิริยาเคมีในระบบท่อส่งน้ำแบบหยด ปุ๋ยเคมีบางตัวเช่น ฟอสเฟตจะตกตะกอนในท่อ ปริมาณของตะกอนจะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดและด่างในสารละลาย ซึ่งอาจเกิดการอุดตันของหัวน้ำหยด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบน้ำหยดอย่างมาก ดังนั้นผู้ใช้ระบบน้ำหยดจึงควรศึกษาชนิดของปุ๋ยเคมี ที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ของตน

6. กรณีที่ใช้ระบบ F-I กับระบบฉีดฝอย ต้องระวังมิให้ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยที่ให้แก่พืชมีค่าสูงเกินไปจนทำอันตรายแก่พืชได้

7. เมื่อมีการใช้สารละลายปุ๋ยเคมี จำเป็นต้องจัดหาถังบรรจุที่สามารถเก็บรักษาและขนส่งได้อย่างเหมาะสม

8. การใช้งานอย่างไม่ถูกต้อง อาจเกิดการสูญเสียเนื่องจากการชะล้าง (Leaching) น้ำและปุ๋ยซึมออกจากเขตรากได้มาก

7.4 ข้อพิจารณาเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งการให้ปุ๋ย

โดยทั่วไปอุปกรณ์ผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำแก่พืชนั้นมีหลายชนิด หลายแบบ หลายขนาด ซึ่งแตกต่างกันทั้งคุณสมบัติ ความสามารถและข้อจำกัด รวมทั้งราคาการใช้อุปกรณ์ที่ต่างกันย่อมจะได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันไป ตามเงื่อนไขของอุปกรณ์ที่ใช้ แม้ว่าเป็นการเพาะปลูกพืชบนพื้นที่เดียวกันก็ตาม ดังนั้นผู้ใช้ควรที่จะศึกษาข้อมูลต่างๆ อย่างละเอียดก่อนจะตัดสินใจเลือกใช้อุปกรณ์

สำหรับระบบ F-I นี้ ส่วนใหญ่จะต้องใช้ความดัน เพื่อนำน้ำจากที่เก็บไปจ่ายให้แก่พืชที่ปลูก ความดันอันนี้เราได้จากแหล่งกำเนิดพลังงานภายนอก เช่น ปั๊มหรือความดันของน้ำในท่อ นอกจากนี้ยังต้องใช้อุปกรณ์บางอย่างในการผสมปุ๋ยกับน้ำ อุปกรณ์ที่ว่านี้อาจเป็นปั๊ม หรือถังผสมปุ๋ยแบบต่างๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

ปั๊มที่ใช้กับระบบ F-I เราจะแยกกล่าวเป็น 2 ส่วน คือ

1. ชนิดของปั๊มที่ใช้
2. แหล่งให้พลังงานกับปั๊ม

7.4.1 ชนิดของปั๊ม แบ่งได้เป็น

1) ปั๊มแบบลูกสูบ
2) ปั๊มแบบไดอะแฟรม
3) ปั๊มแบบลูกกลิ้ง
4 ปั๊มแบบหอยโข่ง
5) ปั๊มนอกแบบ

ปั๊มแบบลูกสูบและแบบไดอะแฟรม เป็นที่นิยมใช้ในระบบ F-I เนื่องจากทำงานโดยไม่ผิดพลาดและเชื่อถือได้ นอกจากนี้ยังสามารถติดตั้งร่วมกับเครื่องมืออัตโนมัติอื่นๆ ได้อีกด้วย ปั๊มแบบลูกกลิ้งให้ความถูกต้องได้ดีที่เดียว แต่มีข้อเสียตรงที่ห้องสูบสกปรกง่าย และถูกกัดกร่อนจากสารเคมีได้ง่ายอีกด้วย ส่วนปั๊มหอยโข่งก็จะมีข้อเสียตรงที่ให้อัตราการสูบสูงจนเกินไป

ปั๊มที่ใช้กันอยู่โดยทั่วๆ ไป เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง หรือโดยการแทนที่ของเหลวในห้องสูบ ด้วยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องสูบ อย่างไรก็ตามยังมีปั๊มบางอย่างที่ทำงานนอกเหนือกฎเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งก็คือปั๊มนอกแบบ เช่นปั๊มแบบเวนจูรี่(Venturi) ปั๊มแบบฉีดอัด (Injection) ถังผ่านผสม (By base)ฯลฯ ดังจะได้กล่าวต่อไป

7.4.2 แหล่งกำเนิดพลังงานของปั๊ม

1) พลังงานไฟฟ้า ข้อดีคือ หาง่าย ราคาถูก การใช้งานทำได้ง่าย

2) พลังงานเครื่องยนต์ มีข้อเสียตรงที่เปลืองค่าใช้จ่าย การทำงานเชื่อถือไม่ค่อยได้

3) พลังงานจากเพลาต่อท้าย (P.T.O.) ของแทรกเตอร์ ใช้เมื่อต้องการฉีดปุ๋ยในเวลาสั้นๆ ปกติใช้ในงานฉีดพ่นยา (Sprayer)

4) พลังงานจากความดันของน้ำ (Water driven engine) พลังงานนี้ได้จากความดันของน้ำในระบบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของการใช้แหล่งพลังงานแบบนี้คือ ค่าน้ำที่มีปริมาตร 2-3 เท่า ของปริมาณสารละลายปุ๋ยที่ถูกฉีดเข้าระบบท่อ

7.5 ปั๊มที่นิยมใช้กับระบบ F.I

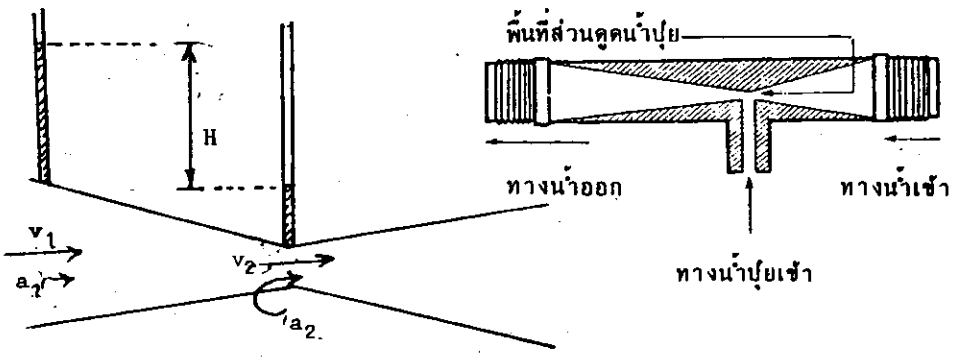
7.5.1 ปั๊มแบบเวนจูรี่ หลักการทำงานของปั๊มแบบนี้คือ การเร่งอัตราการไหลของน้ำในท่อให้เพิ่มมากขึ้น โดยทำท่อให้คอดลง ทำให้เกิดการสร้างกำลังดูดในท่อเวนจูรี่ เพื่อดูดของเหลวเข้าท่อนั้น ส่วนประกอบของปั๊มเป็นแบบง่ายๆ ไม่มีส่วนเคลื่อนไหว เช่นใบพัดที่หมุน ถือได้ว่าเป็นปั๊มนอกแบบชนิดหนึ่ง สารละลายปุ๋ยเคมีที่ใช้จะถูกใส่ลงในถังพลาสติกที่เปิดฝาไว้ อัตราส่วนความเจือจางของสารละลายมีค่าคงที่ สามารถจะเลือกแบบและขนาดของปั๊มได้ตามต้องการ ทั้งราคายังถูกกว่าแบบอื่นๆ แต่ข้อเสียที่สำคัญของปั๊มแบบนี้คือ มีการสูญเสียความดันอย่างน้อย 1 ใน 3 ของความดันที่ทางเข้า การสูญเสียความดันของเวนจูรี่ปั๊มที่ว่านี้ ทำให้อัตราส่วนของส่วนผสมระหว่างน้ำชลประทานและปุ๋ย เปลี่ยนไปอย่างมาก นอกจากนี้ความดันที่ได้จากปั๊มแบบนี้ยังไม่ค่อยคงที่อีกด้วย

ดังนั้นถ้าเราจะเลือกใช้ปั๊มแบบนี้ จึงควรเลือกต้นกำลังที่ให้ความดันได้สูงหน่อย เพื่อชดเชยความดันที่ลดลงของปั๊ม

ก) รายละเอียดของปั๊มแบบเวนจูรี่

1. การกำหนดขอบเขตของค่าความดันที่ทางน้ำเข้าว่ามีค่าอยู่ระหว่างใด ผู้ผลิตจะเป็นผู้ให้ข้อมูลทั้งหมด

2. ค่าความดันที่สูญเสีย (P1-P2) ของปั๊มจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของความดันทางน้ำเข้า ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่ามีค่าประมาณ 33% แต่ปั๊มบางแบบอาจมีค่า 50% หรือเพียง 10% ก็ได้



รูปที่ 7.1 แสดงหลักการทำงานของปั๊มแบบเวนจูรี่

จากรูป 7.1 กำหนดให้ H = ค่าความแตกต่างของเซตความดันในหลอดแสดงระดับน้ำ เป็นซ.ม.

a_1 = พื้นที่หน้าตัดของท่อส่วนที่กว้าง เป็นซ.ม.^{2}

a_2 = พื้นที่หน้าตัดของท่อบริเวณคอคอด เป็นซ.ม.^{2}

Q = อัตราการไหล

V_1 = ความเร็วของของเหลวในท่อส่วนที่กว้าง

V_2 = ความเร็วของของเหลวในท่อบริเวณคอคอด

จะได้ว่า $Q = a_1V_1 = a_2V_2$

ดังนั้น $V1 = V2\frac{a_2}{a_1}$

จากสมการของเบอร์นูรี่ โดยคิดว่าเครื่องวัดความดันอยู่ในแนวราบ

$$\frac{P_1}{w} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{w} + \frac{V_2^2}{2g}$$

หรือ

$$\frac{P_1}{w} - \frac{P_2}{w} = \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\frac{P_1}{w} - \frac{P_2}{w} = H$$

3. อัตราการสูบของของเหลวของปั๊มแบบเวนจูรี่ จะบอกเป็นลิตร/ชม. ซึ่งอัตราการสูบนี้อาจจะเปลี่ยนค่าได้ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์บางชิ้น ดังจะกล่าวต่อไป

4. การกำหนดขอบเขตของปริมาณน้ำที่ไหลในท่อ : ความดันที่ทางเข้า และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อบริเวณคอคอด เราสามารถเลือกค่าได้ โดยค่าเหล่านี้จะมีผลต่ออัตราการไหลของน้ำในท่อเวนจูรี่ ดังนั้นผู้ผลิตปั๊มแบบนี้ จะต้องพิมพ์หนังสือคู่มือการใช้ ซึ่งบอกข้อมูลที่ใช้ในการเลือกขนาดต่างๆ อย่างถูกต้อง โดยอาจบอกข้อมูลเป็นกราฟหรือตาราง รวมทั้งข้อแนะนำในการติดตั้ง ปฏิบัติงาน และบำรุงรักษาปั๊ม

ข) <u>ชนิดของปั๊มแบบเวนจูรี่</u>

1. ปั๊มแบบเวนจูรี่ธรรมดา (Simple Venturi) ปั๊มชนิดนี้ประกอบด้วยท่อเวนจูรี่ (ดังรูป 7.1) โดยไม่มีอุปกรณ์อย่างอื่นประกอบ ซึ่งขอแนะนำว่าไม่ควรใช้ปั๊มแบบนี้ เนื่องจากมีการสูญเสียแรงดันในท่อมากเกินไป ดังได้กล่าวมาแล้ว

2. ปั๊มแบบประยุกต์เวนจูรี่ (Modified Venturi) เป็นระบบปั๊มที่มีการใส่อุปกรณ์บางอย่างเพิ่มเติมลงไป เพื่อให้มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานนั้นๆ อุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติมได้แก่

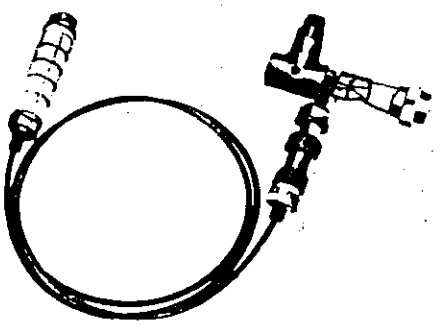
(1) วาวล์น้ำไหลได้ทางเดียว (One-way valve) เป็นวาวล์ที่ติดตั้งเพื่อป้องกันมิให้น้ำในท่อส่งน้ำสายใหญ่ไหลย้อนกลับเข้าถังเก็บน้ำ ทำให้เกิดการไหลของน้ำได้ เหตุที่น้ำในท่อเกิดการไหลย้อน เนื่องจากความดันของน้ำที่ไหลเข้าท่อมีค่าน้อยเกินไป การติดตั้งวาวล์ชนิดนี้จะติดตั้งทั้งในท่อส่งน้ำ โดยใช้วาวล์ที่เรียกว่า บอลวาวล์ และติดตั้งที่อุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งสามารถถอดออกได้

(2) วาวล์ป้องกันสูญญากาศ (Vacuum breaker valve) เป็นวาวล์ที่ติดตั้งเพื่อป้องกันมิให้น้ำจากถังหรือแหล่งเก็บที่อยู่สูงๆไหลเข้าไปยังท่อ และไหลออกมาท่วมพื้นที่เพาะปลูก เนื่องจากระบบปั๊มมีระดับอยู่ที่สูงเกินไป โดยวาวล์ชนิดนี้จะทำหน้าที่เก็บอัดอากาศไว้ในระบบ

(3) ส่วนของท่อในเวนจูรี่ปั๊มที่คอคลง มีหลายขนาด แต่ละขนาดจะให้อัตราการสูบสารละลายปุ๋ยเข้าท่อส่งน้ำแตกต่างกัน ดังนั้นผู้ใช้สามารถเลือกขนาดที่ต้องการ นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งสกรูบังคับปริมาณการไหลของสารละลายปุ๋ยเข้าท่อเวนจูรี่ ตามต้องการอีกด้วย

สรุปได้ว่า ในปั๊มแบบประยุกต์เวนจูรี่ จะต้องมีวาวล์น้ำไหลทางเดียว และวาวล์ป้องกันสูญญากาศ เป็นส่วนประกอบสำคัญ

3. ปั๊มแบบเวนจูรี่แบบพัฒนาเป็น 2 ตอน (Improved two-stage Venturi) ปั๊มแบบนี้มีส่วนประกอบอยู่สองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นส่วนที่มีอัตราการไหลของน้ำคงที่ ส่วนที่สองซึ่งมีขนาดเล็กกว่าส่วนแรก และมีอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านส่วนนี้น้อยกว่าส่วนแรก จะถูกติดตั้งทางท่อดูดของส่วนแรก เพื่อทำหน้าที่ดูดของเหลว (สารละลายปุ๋ย) ออกจากถังเก็บ ปั๊มแบบนี้สามารถลดการสูญเสียความดันในปั๊มดังที่กล่าวมาแล้ว เหลือเพียง 12%-25% ของความดันที่ทางน้ำเข้า แต่อย่างไรก็ดีปั๊มชนิดนี้มีข้อเสียตรงที่มีอัตราการสูบไม่มากนัก

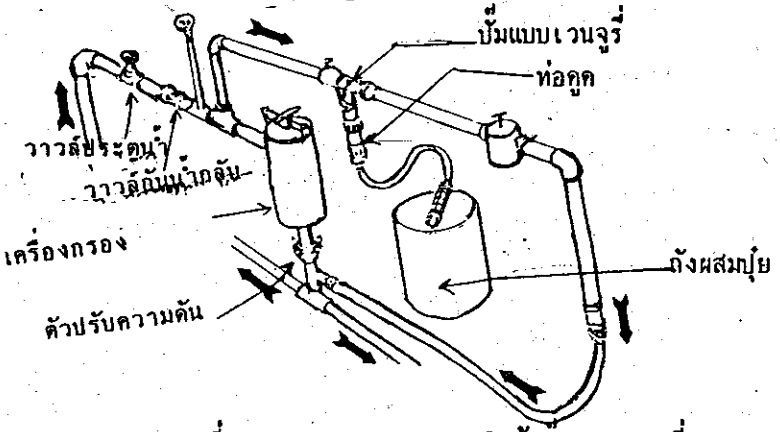


รูปที่ 7.2 แสดงปั๊มแบบเวนจูรี่ชนิด 2 ตอน

ค) การทำงานและการติดตั้งปั๊มแบบเวนจูรี่

ในระบบปั๊มดังรูป 7.3 สารละลายปุ๋ยจะถูกสูบใส่เข้าท่อทางน้ำเข้า โดยต้องมีการติดตั้งเครื่องกรอง เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของกรดที่มีอยู่ในน้ำ โดยใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5"-1" และตะแกรงขนาด 120 เมช

ที่ปลายท่อทางน้ำเข้าต้องติดตั้ง Check ไว้เพื่อถอดทำความสะอาดเมื่อมีการอุดตัน และในรูป 7.3 จะเห็นได้ว่า ถังบรรจุสารละลายปุ๋ย ถูกตั้งไว้ต่ำกว่าตัวปั๊มเวนจูรี่ เพราะถ้าติดตั้งไว้สูงกว่าปั๊ม สารละลายปุ๋ยที่อยู่ในถัง อาจจะไหลเข้าท่อทางน้ำเข้า โดยที่ยังไม่ต้องการก็ได้



รูปที่ 7.3 แสดงลักษณะการติดตั้งปั๊มแบบเวนจูรี่

จากรูป 7.3 พบว่า ปั๊มแบบเวนจูรี่ จะถูกติดตั้งที่ท่อแยกผ่าน (by-pass) ซึ่งเป็นท่อที่ต่อคร่อมระหว่างจุด 2 จุดบนท่อประธาน ดังนั้นปริมาณการไหลของน้ำในท่อแยกผ่าน (by-pass) จึงมีค่าน้อยกว่าของท่อประธาน โดยที่ความดันน้ำในท่อทั้งสองจะเท่ากัน การใช้วิธีติดตั้งปั๊มที่ท่อแยกผ่านนั้นเป็นการลดขนาดปั๊มที่ต้องใช้ เพราะท่อแยกผ่านมีขนาดเล็กกว่า นอกจากนี้เมื่อไม่ต้องการให้ปุ๋ย ก็สามารถส่งน้ำได้ตามปกติ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าปั๊มแบบเวนจูรี่ให้ความดันไม่สม่ำเสมอ จึงได้มีการติดเกจวัดความดันในท่อประธานอีกด้วย สำหรับการวัดความดันน้ำที่ตกคร่อมระหว่างโช้ควาวล์ (choke valve) เราจะนำเอาเกจวัดความดันไปติดตั้งที่จุด 2 จุดระหว่างโช้ควาวล์ โดยใช้ท่อข้อต่อ 3 ทาง เป็นตัวติดตั้งเกจเข้ากับท่อน้ำ

อุปกรณ์ที่ติดตั้งในท่อแยกผ่าน จะเป็นชนิดเดียวกับที่ใช้ในระบบชลประทานแบบอื่นๆ เช่น ระบบน้ำหยด มีการคิดค่าการสูญเสียความดันในอุปกรณ์ตามกฎเกณฑ์ที่กำหนด และน้ำที่ผสมสารละลายปุ๋ย

เรียบร้อยแล้วจะต้องกรองโดยใช้เครื่องกรองที่มีขนาดดังได้กล่าวมาแล้วตอนต้น วิธีการติดตั้งเครื่องกรองแบบนี้ทำได้ดีต่อเมื่อความดันน้ำในท่อทางน้ำเข้าที่ติดเครื่องกรองมีค่าคงที่

ง) สิ่งที่เราสามารถควบคุมได้เมื่อใช้ระบบปั๊มแบบเวนจูรี่

- ควบคุมปริมาณสารละลายปุ๋ยที่ใช้ โดยเราจะเติมสารละลายปุ๋ยลงถังให้เท่ากับปริมาตรที่เราต้องการให้แก่พืชในการให้น้ำครั้งหนึ่ง

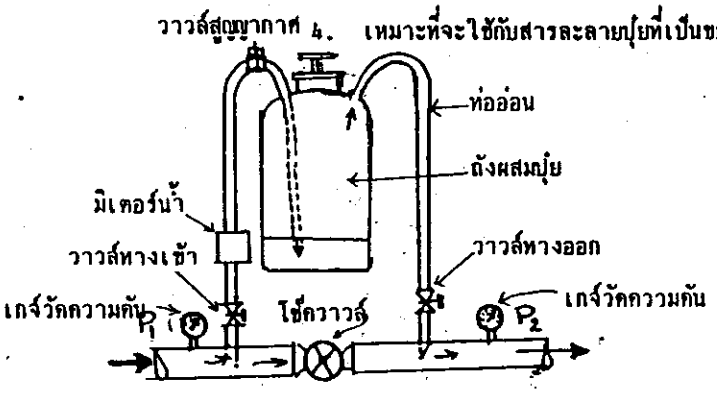
- สามารถควบคุมการใส่ปุ๋ยให้เป็นแบบต่อเนื่องกันตลอดเวลาที่ให้น้ำ เครื่องมือต่างๆ ในระบบสามารถจะถูกปรับให้ส่งน้ำแต่น้อยในอัตราที่พอเหมาะแก่พืช โดยมีสัดส่วนของปุ๋ยในน้ำอย่างเหมาะสม ข้อมูลต่างๆ เช่น อัตราการให้ปุ๋ย ตามเวลาที่ดินมีความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ถูกแสดงออกมาเป็นกราฟ โดยใช้เครื่องวัดอีเล็กทรอนิค เพื่อนำมาใช้ปรับแก้ได้ตามต้องการ

จ) ข้อดีของปั๊มแบบเวนจูรี่

1. ลงทุนน้อย
2. ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยที่ได้ค่อนข้างสม่ำเสมอ
3. น้ำหนักเบาและสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

ช) ข้อเสียของปั๊มแบบเวนจูรี่

1. ค่าสูญเสียความดันค่อนข้างสูง คืออยู่ในช่วง 30%-50% ของความดันที่ให้
2. อัตราการดูดของเหลวมีค่าไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงได้ง่าย
3. อาจทำให้เกิดการตกตะกอนของสารละลายในท่อได้
4. เหมาะที่จะใช้กับสารละลายปุ๋ยที่เป็นของเหลวเท่านั้น



Fertilizer Tank (Netafim)

รูปที่ 7.4 แสดงระบบของถังแบบไหลผ่าน (Flow by-pass)

7.5.2 ถังแบบไหลผ่านผสม (Flow by-pass)

ถือเป็นปั๊มนอกแบบชนิดหนึ่ง จากรูป 7.4 จะเห็นว่ามีการใช้ท่อยางต่อจากท่อน้ำเข้าไปถึงก้นถังสารละลายปุ๋ย และใช้ท่อยางอีกเส้นหนึ่งซึ่งติดตั้งวาวล์ทางน้ำไหลออก ถูกใช้เป็นท่อเชื่อมกันระหว่างถังและท่อน้ำ ดังนั้นน้ำจะถูกส่งไปผสมกับสารละลายปุ๋ยในถัง และถูกขับออกมาเข้าท่อน้ำ โดยที่สารละลายปุ๋ยภายในถังจะเจือจางลงเรื่อยๆ ความดันที่ใช้ดูดน้ำใส่ถังเกิดจากการติดตั้งโช้ควาวล์ (choke valve) ในท่อน้ำ ระหว่างจุด 2 จุดที่ท่อยาง 2 เส้นต่ออยู่ โดยโช้ควาวล์ทำให้เกิดความดันตกคร่อมระหว่างจุด 2 จุดนั้นประมาณ 1-2 ม. ซึ่งก็พอเพียงที่จะดูดน้ำในท่อเข้าสู่ถังได้

การหาค่าที่ลดลงของปริมาณสารละลายปุ๋ยในถัง (หน่วยเป็นลิตร/นาที) เราสามารถหาจากสูตรการคำนวณของ Amos Teitch โดยใช้หลักการที่ว่า 90% ของปริมาณสารละลายปุ๋ยที่อยู่ในถังจะถูกขับออกจากถังเข้าสู่ท่อน้ำ ก็ต่อเมื่อมีน้ำปริมาตรเป็น 4 เท่าของถังไหลผ่านถัง และขับออกมาพร้อมกับสารละลายปุ๋ย ส่วนการวัดปริมาณน้ำที่ไหลเข้าถัง เราจะใช้มิเตอร์วัดปริมาตรน้ำขนาด $\frac{1}{2}$"

และสำหรับความดันที่ตกคร่อมระหว่างถัง หาจากเกจวัดความดัน P1 และ P2 ที่ติดตั้งดังรูป 7.4

ตัวอย่างการคำนวณปริมาตรสารละลายปุ๋ยที่ลดลง

ถังขนาดจุ 100 ลิตร

เวลาที่ใช้สูบสารละลายปุ๋ยออกจากถัง 120 นาที

∴ ปริมาณน้ำ+สารละลายปุ๋ยที่ต้องไหลผ่านถังในเวลา 120 นาที

$= 4 \times 100 = 400$ ลิตร

∴ ปริมาตรของสารละลายปุ๋ยที่ลดลง $= \frac{400}{120} = 3.3$ ลิตร/นาที

อุปสรรคของการใช้ถังแบบไหลผ่านผสม (Flow by-pass)

1. ตัวถังต้องทนต่อความดัน รวมทั้งการเกิดแรงกระแทกของน้ำในระบบได้ดี(Water hammer)

2. ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยที่อยู่ในน้ำมีค่าไม่คงที่

3. ต้องมีการบรรจุสารละลายปุ๋ยลงถัง สำหรับการให้น้ำครั้งหนึ่ง ทำให้เสียเวลาถ้าต้องให้น้ำหลายครั้ง ปกติแล้วความจุถังไหลผ่าน มีขนาดตั้งแต่ 60 ลิตร ถึง 220 ลิตร หรืออาจสั่ง-

หาถังขนาดพิเศษที่ใหญ่กว่าธรรมดาก็ได้ สำหรับตัวถังมักใช้โลหะทำ จึงมักทาสีกันสนิมไปด้วย

ลำดับขั้นการทำงานในการใช้ถังแบบไหลผ่านผสม

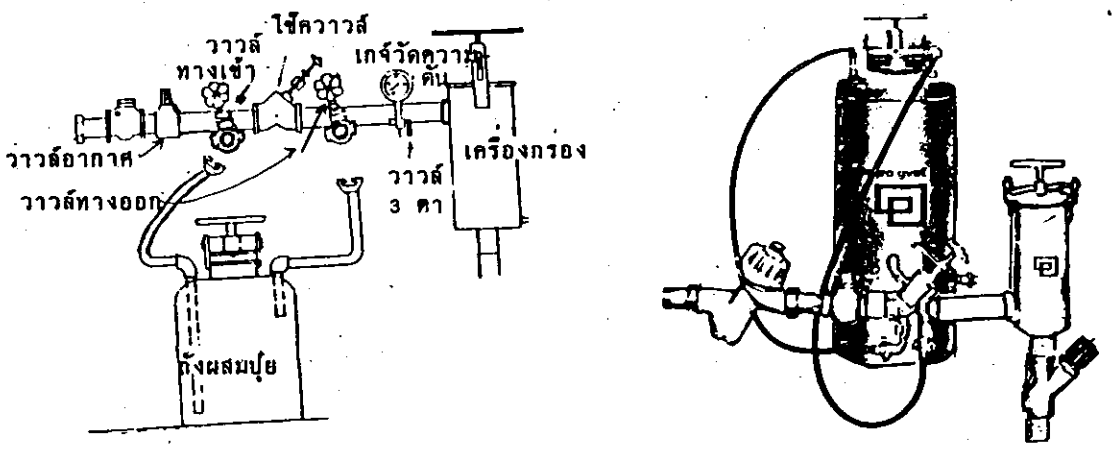
1. ต่อท่อทางน้ำเข้าและทางน้ำออกจากถังเข้าสู่ท่อแยก (by-pass) โดยต่อเข้าที่วาล์วทั้ง 2 จุด ดังรูป 7.4 เพื่อความรวดเร็วในการต่อท่อ อาจใช้ข้อต่อพิเศษติดที่ท่อทั้งสองก็ได้

2. เติมสารละลายปุ๋ยลงถัง ถ้าปุ๋ยอยู่ในสภาพของแข็ง ควรทำให้ละลายก่อนแล้วค่อยเทลงถังโดยผ่านเครื่องกรอง แต่เกษตรกรบางคนนิยมที่จะใส่ปุ๋ยและสารเคมีที่เป็นของแข็งลงถัง แล้วใช้น้ำชลประทานเป็นตัวทำละลายในถังเลย ซึ่งวิธีนี้ใช้ถังขนาดย่อมกว่าแบบแรก แต่ต้องให้น้ำซึ่งมีปริมาณเป็น 4 เท่าของถังไหลลงไปละลายปุ๋ยในถัง จึงจะแน่ใจได้ว่า ปุ๋ยทั้งหมดที่อยู่ในถังถูกละลายและนำไปใช้งาน

3. หลังจากเติมสารละลายปุ๋ย ปิดถังให้สนิท และควรติดตั้งวาวล์ระบบอากาศที่ฝาปิดถัง เพื่อป้องกันการเกิดช่องอากาศ (Air pocket) ในเส้นท่อ และป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำในถัง

4. ปิดวาวล์ทางน้ำเข้าและวาวล์ทางน้ำออกที่ท่อ by-pass ให้สนิท และเปิดวาวล์ดูดเต็มที่ จากนั้นจึงค่อยเปิดน้ำให้ไหลเข้าท่อประธาน

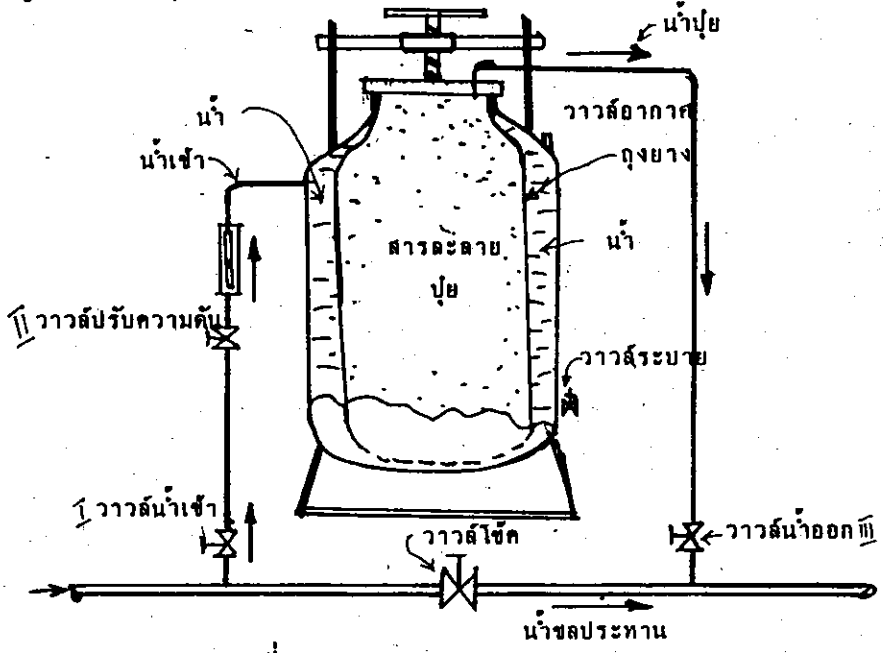
5. เปิดวาวล์น้ำเข้าและวาวล์น้ำออก จากนั้นค่อยๆ ปิดวาวล์ดูดอย่างช้าๆ โดยดูที่เกจวัดความดัน ให้ได้ความดันตามต้องการ



รูปที่ 7.5 แสดงอุปกรณ์ต้นทางจ่ายน้ำที่ติดตั้งถังผสมปุ๋ยผ่านท่อ

7.5.3 ถังแบบไหลผ่านถุงอัดความดัน (Pressure By-pass)

ถังแบบที่กล่าวมานี้ เป็นถังรุ่นปรับปรุงใหม่ โดยมีบางส่วนแตกต่างกับถังรุ่นเก่า แต่วัสดุที่ใช้ ชนิดโลหะ รูปแบบ ราคา ใกล้เคียงกับรุ่นเก่า ถังรุ่นใหม่จะมีท่อ 2 เส้นต่อเชื่อมกับท่อประธาน โดยระหว่างจุดเชื่อมดังกล่าว มีวาวล์ดูด ซึ่งใช้สร้างความดัน ภายในถังเป็นถุงยางบรรจุเต็มพอดีกับตัวถัง ดังนั้นสารละลายปุ๋ยจึงถูกเทใส่ถุงยางจนเต็ม โดยไม่โดนเนื้อโลหะของถัง เพื่อป้องกันมิให้เนื้อโลหะถูกสารละลายปุ๋ยกัดกร่อนเอาได้



รูปที่ 7.6 แสดงถังแบบไหลผ่านถุงอัดความดัน (Pressure By-pass)

จากรูป 7.6 น้ำจากท่อประธานไหลเข้าไประหว่างถังและถุงยาง เพราะฉะนั้นน้ำหนักน้ำจึงไปกดดันสารละลายปุ๋ยซึ่งอยู่ในถุงยาง และเนื่องจากความดันด้านทางน้ำเข้า มีค่ามากกว่าด้านทางน้ำออกถึง 1-2 เมตร สารละลายปุ๋ยที่อยู่ในถุงยาง จึงถูกน้ำอัดให้พุ่งออกจากถุงผ่านท่อทางน้ำออก ซึ่งอยู่ด้านบนของตัวถัง ส่วนด้านทางน้ำเข้านั้นเราสามารถวัดอัตราการไหลเข้าถังของน้ำ และปรับค่าของมันโดยใช้ วาวล์ปรับความดัน (Regulating Valve) ปริมาณสารละลายปุ๋ยจึงถูกน้ำกดดันได้อย่างสม่ำเสมอ เป็นสัดส่วนคงที่กับอัตราการไหลของน้ำชลประทานในท่อ

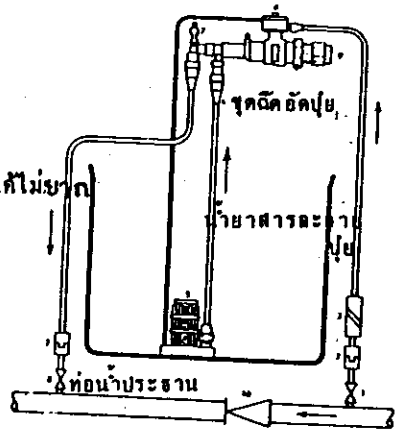
การทำงานของถังสามารถควบคุมให้แตกต่างกันออกไปตามลักษณะการปฏิบัติงาน เช่นการทำงานของวาวล์ที่เป็นไฮดรอลิคและไฟฟ้า จะควบคุมจากเครื่องมือที่ติดตั้งเฉพาะ

7.5.4 ปั๊มแบบฉีดอัด

ปั๊มแบบฉีดอัด (Injection) นี้ สามารถประดิษฐ์ให้มีความแตกต่างกันได้หลายอย่างเช่น ขนาดปั๊ม วัสดุที่ใช้ทำ วิธีการกระตุ้นและอัดน้ำ หลักการทำงานของปั๊มแบบนี้คือ ปั๊มจะสูบสารละลายปุ๋ยจากถังฝาเปิดแล้วฉีดใส่เข้าท่อน้ำชลประทาน ดังนั้นปั๊มชนิดนี้จึงเป็นปั๊มนอกแบบชนิดหนึ่ง ตัวปั๊มและอุปกรณ์ที่ต้องสัมผัสสารละลายปุ๋ย มักทำด้วยวัสดุทนการกัดกร่อนของสารเคมี หรือมีการเคลือบผิวป้องกัน พลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนได้แก่ น้ำมัน พลังงานไฟฟ้า หรือความดันน้ำ ส่วนอัตราการสูบปริมาณสารละลายปุ๋ยกำหนดเวลาทำงาน สามารถควบคุมด้วยมือหรือใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ ถังบรรจุสารละลายปุ๋ยทำจากพลาสติกซึ่งเฉื่อยต่อกรด และปฏิกิริยาเคมีอันเกิดจากสารละลาย ขนาดถังที่ใหญ่สุดอาจเท่ากับ 10 ม.^{3} แต่ถังที่ใช้กันคือ ถังที่ขนาดความจุสำหรับการให้น้ำในรอบเวรหนึ่งๆ

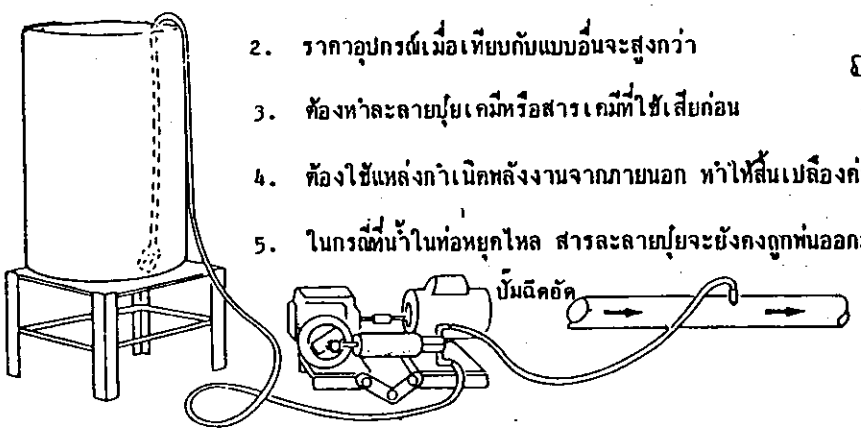
ข้อดีของปั๊มฉีดอัด

1. สามารถควบคุมปริมาณสารละลายที่ให้แก่พืชในครั้งหนึ่งๆ ได้ รวมทั้งสามารถกำหนดเวลาที่ให้ในแต่ละครั้งได้
2. ไม่มีการสูญเสียความดัน
3. ประหยัดแรงงานและรายจ่ายในการปฏิบัติงาน
4. วิธีการให้ปุ๋ย และเครื่องมือในระบบปั๊ม สามารถควบคุมได้ไม่ยาก



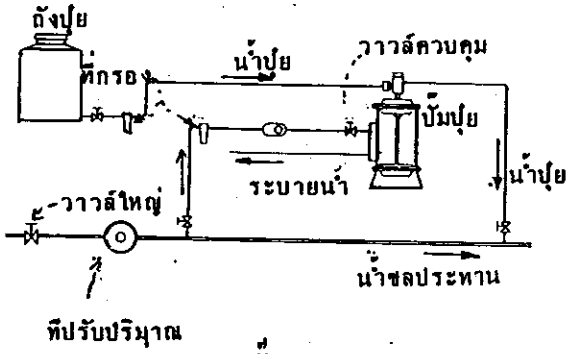
อุปสรรคของการใช้ปั๊มฉีดอัด

1. มีความยุ่งยากในการติดตั้ง
2. ราคาอุปกรณ์เมื่อเทียบกับแบบอื่นจะสูงกว่า
3. ต้องทำละลายปุ๋ยเคมีหรือสารเคมีที่ใช้เสียก่อน
4. ต้องใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากภายนอก ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น
5. ในกรณีที่น้ำในท่อหยุดไหล สารละลายปุ๋ยจะยังคงถูกพ่นออกมาโดยปั๊มต่อไป

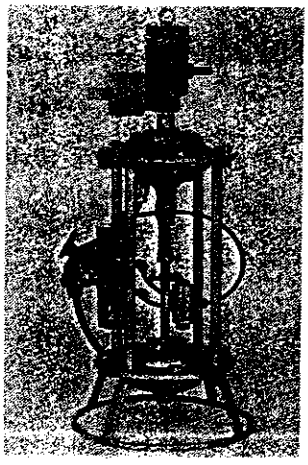


7.5.5 <u>ปั๊มแบบที่ใช้แรงดันน้ำ</u>

เป็นปั๊มนอกแบบชนิดที่ใช้แต่แรงดันน้ำในการทำงาน และไม่อาศัยพลังงานจากภายนอกเลย ผู้ผลิตปั๊มจะเป็นผู้แนะนำค่าแรงดันอันเหมาะสม โดยแรงดันต่ำสุด ควรประมาณ 3 บรรยากาศ อัตราการสูบขึ้นอยู่กับค่าแรงดันของน้ำ ซึ่งสามารถปรับค่าได้ จากกลไกอัตโนมัติหลายอย่างในระบบปั๊ม โดยทั่วไปแล้วปั๊มแบบนี้มักนำไปติดตั้งบริเวณศูนย์กลางของแปลง เพื่อจะได้ไม่ต้องเคลื่อนย้าย แม้ว่ามันมีน้ำหนักเบาจนสามารถเคลื่อนย้ายได้ เมื่อหยุดส่งน้ำชลประทานแล้ว การอัดปุ๋ยของปั๊มจะหยุดทันที่



ปั๊มแบบ T.M.B.



Fertilizer pump (T.M.B.)

7.5.6 <u>ปั๊มฉีดอัดแบบ T.M.B.</u>

เป็นปั๊มแบบดับเบิ้ลไดอาแฟรม (Double Diaphragm) (ปั๊มแบบไดอะแฟรม คือ ปั๊มที่กระบอกสูบซึ่งทำหน้าที่ดูดและอัดของเหลวได้รับดัดแปลงไปเป็นแผ่นอโลหะซึ่งยืดหยุ่นได้ โดยแผ่นอโลหะจะถูกยึดติดอยู่กับที่ แต่จะมีชิ้นส่วนของปั๊มมาดันและดึง ทำให้เกิดจังหวะดูดและอัดสั้นๆ) ทำจากเหล็กไร้สนิมและพลาสติก ปริมาตรของเหลวในการสูบจังหวะหนึ่งๆ ประมาณ 250 ซีซี ค่าเซตที่ปั๊มใช้ประมาณ 15-100 ม. อัตราการสูบประมาณ 120 ลิตร/ชั่วโมง โดยแต่ละลิตรของของเหลวที่ถูกปั๊มสูบ จะต้องจ่ายน้ำให้แก่ปั๊ม เพื่อใช้ทำงานเป็นปริมาณ 2 ลิตร ซึ่งน้ำจำนวนนี้จะถูกทิ้งออกไป

<u>ข้อแนะนำในการติดตั้งปั๊มฉีดอัดแบบ T.M.B.</u>

1. จะต้องติดตั้งวาวล์ปรับความดัน ทั้งที่ท่อทางน้ำเข้า และท่อที่นำสารละลายปุ๋ยเข้าตัวปั๊ม
2. ติดตั้งวาวล์ที่ปิดโดยตั้งปริมาตรได้ ที่ท่อทางน้ำเข้า
3. ติดตั้งเครื่องมือวัดปริมาตรสารละลายปุ๋ยในถัง

4. ปริมาตรสารละลายปุ๋ยที่ให้แก่พืชครั้งหนึ่งๆ ใช้มิเตอร์ทางชลศาสตร์วัดความเข้มข้น (hydraulic dosimeter) เป็นเครื่องวัดซึ่งมีขนาด 1.5", 2", 3" โดยการควบคุมและสัญญาณการจ่ายออกของเครื่องใช้กระแสไฟฟ้าทำงาน

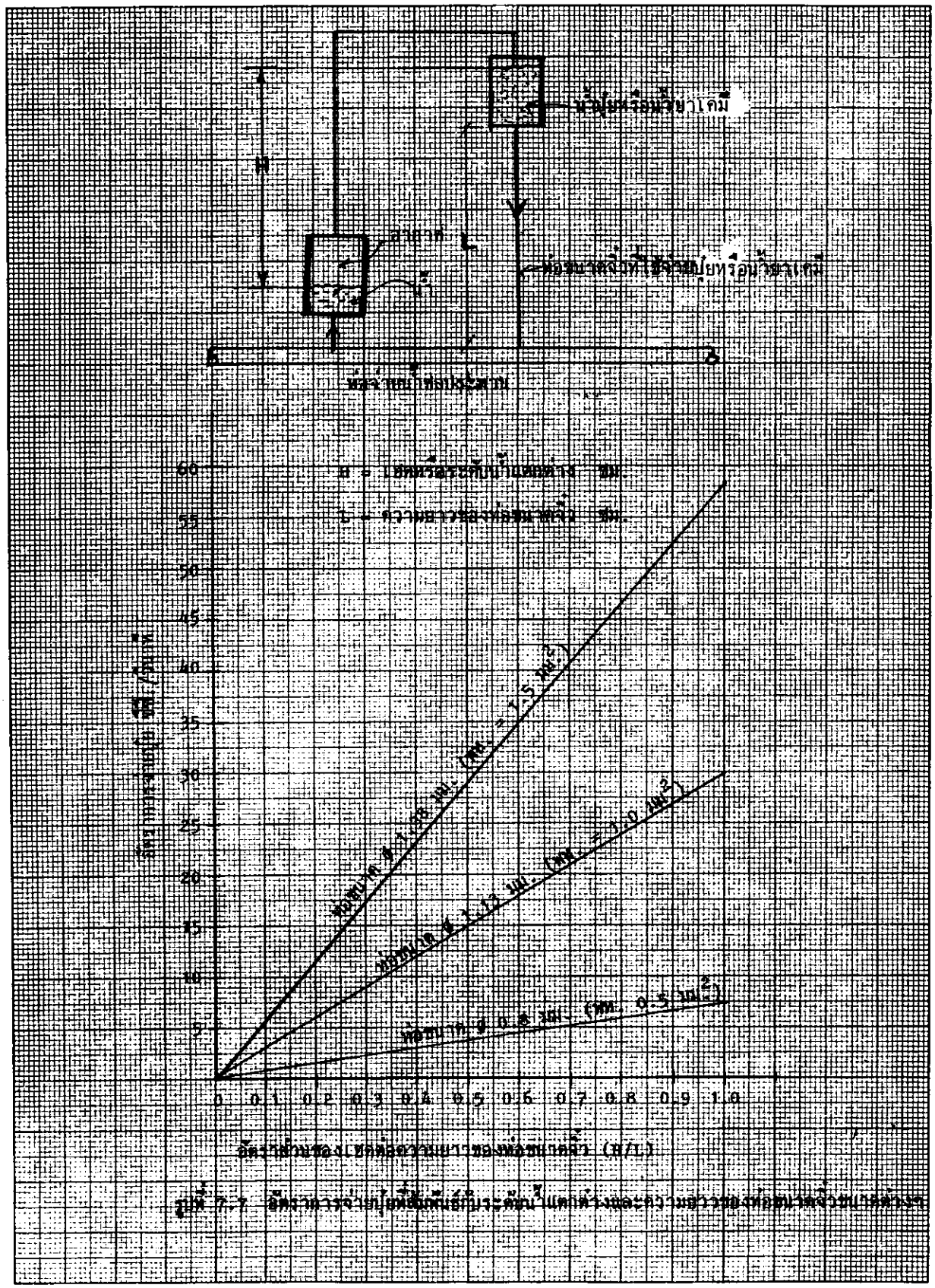
7.5.7 <u>การฉีดอัดปุ๋ยหรือสารเคมีโดยความต่างศักย์</u>

อุปกรณ์ชุดนี้จัดทำได้อย่างง่ายๆ ประหยัดในการที่จะฉีดผสมน้ำปุ๋ยหรือน้ำยาเคมีเข้าไปในระบบท่อส่งน้ำที่มีความดันต่ำ ซึ่งอัตราการไหลน้อยเกินกว่าจะใช้ปั๊มเวนจูรี่ อุปกรณ์ประกอบด้วยถังบรรจุน้ำยาเคมี 1 ใบ และถังเปล่า 1 ใบ เชื่อมต่อกันและอาศัยความยาวของท่อขนาดจิ๋ว (Microtube) สำหรับกำหนดอัตราการจ่ายน้ำยาเคมี เช่น น้ำยาคลอรีนสามารถฉีดผสมเข้าไปในท่อแขนงของระบบน้ำหยดที่ใช้ความดันต่ำ โดยใช้ขวดแก้วพร้อมกับจุกยาง อย่างไรก็ตาม สำหรับความดันที่มากกว่าเฮด 10 เมตร จำเป็นต้องใช้ถังที่ทนความดันได้มากขึ้น

<u>การทำงาน</u> น้ำยาเคมีบรรจุในถังใบซึ่งอยู่ ณ ตำแหน่งที่สูงกว่าเป็นระยะ H เนื่องจากถังอีกใบ น้ำจากท่อจ่ายน้ำจะไหลเข้าในถังข้างล่าง ทำให้อากาศในถังถูกอัด และความดันอากาศนี้จะถูกถ่ายทอดไปยังถังที่อยู่ข้างบน โดยท่อที่ต่อเชื่อมถึงกัน เพราะว่าความดันถูกถ่ายทอดโดยอากาศ การสูญเสียเฮดที่เกิดจากความแตกต่างของระดับไม่คิด อัตราการจ่ายน้ำยาเคมีจะไม่ขึ้นกับความดันในท่อส่งน้ำ (หรืออัตราการไหล) แต่จะขึ้นกับเฮด (H) ความยาวและขนาดของท่อขนาดจิ๋วที่ใช้เท่านั้น ซึ่งในที่นี้จะเรียกท่อกำหนดการจ่ายน้ำยาเคมี (Metering tube)

อัตราการจ่ายน้ำยาเคมีที่ขึ้นอยู่กับเฮด ความยาว และขนาดท่อขนาดจิ๋วต่างๆ ซึ่งในที่นี้ได้ทดลองใช้ฉนวนสายไฟที่ดึงเอาทองแดงออก โดยทดลองจากขนาด ϕ 0.8 มม., ϕ 1.13 มม. และ ϕ 1.38 มม. ดังในรูปที่ 7.7

วิธีการนี้ส่วนมากในทางปฏิบัติ ใช้เมื่อต้องการให้น้ำยาเคมีครั้งละน้อยๆ เป็นระยะๆ ไม่สะดวกสำหรับการใช้งานแบบต่อเนื่องกัน เพราะการใช้งานแต่ละครั้ง ถังน้ำยาเคมีจะต้องมีการเติมและระบายน้ำจากถังใบล่าง จำนวนของน้ำยาเคมีที่จะฉีดเข้าไปผสมกับน้ำแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับขนาดถัง ถ้าเป็นการฉีดน้ำยาเคมีปริมาณมากที่ความดันสูง การปฏิบัติด้วยวิธีนี้จะมีข้อจำกัด เพราะต้องใช้ถังขนาดใหญ่ และต้องสามารถทนความดันที่สูงได้



รูปที่ 7-7 อัตราการจ่ายสูงสุดที่ยอมให้ระหว่างน้ำกับความยาวของท่อ

7.6 ปุ๋ยและธาตุอาหารพืชในแง่ของ F.I

พืชดูดซึมสารประกอบหลายชนิดเพื่อใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อ ขบวนการสังเคราะห์แสงทำให้ได้น้ำตาล สารประกอบน้ำตาลที่ได้นี้ พืชจะนำไปใช้สร้างสารอินทรีย์ตัวใหม่ ขั้นตอนต่างๆ ในขบวนการสังเคราะห์แสง ต้องอาศัยแสงจากดวงอาทิตย์ และน้ำจากดินด้วย

ธาตุอาหารที่พืชดูดขึ้นมาจากดินมี 2 รูปแบบคือ 1) เป็นอิออนที่อยู่ในสารละลายดิน 2) เป็นอิออนที่แลกเปลี่ยนที่ได้ของดินเหนียวหรือสารคอลลอยด์ (จะแลกเปลี่ยนกับอิออนของรากพืช) ส่วนใหญ่พืชได้อาหารแร่ธาตุจากอิออนที่ละลายได้ในสารละลายดิน

ในระบบการปลูกพืชในน้ำยา เมื่อพืชดูดกินอิออนบวก (โปแตสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียม, แอมโมเนียม ฯลฯ) เข้าไป พืชต้องใช้ไฮโดรเจนอิออน (H^+) ไปแลกเปลี่ยน หรือเมื่อพืชดูดกินอิออนลบ (ไนเตรท, ฟอสเฟต, ซัลเฟต, บอเรต โมลิบเดท คลอไรด์) เข้าไป พืชต้องปล่อยไฮดรอกซิล (OH^-) หรือไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ออกมา ถ้าพืชดูดกินอิออนบวกได้มากกว่าอิออนลบ ในน้ำยา (หรือในดิน) จะมีไฮโดรเจนอิออน (H^+) เข้าไปมากกว่าไฮดรอกซิลอิออน (OH^-) ถ้าให้น้ำยามีฤทธิ์เป็นกรดเพิ่มขึ้น (พีเอชลดลง) และในทางตรงกันข้าม ถ้าพืชดูดกินอิออนลบได้มากกว่าอิออนบวก ในน้ำยาหรือในดินก็มีไฮดรอกซิล (OH^-) มากกว่าไฮโดรเจนอิออน (H^+) หรือน้ำยาหรือดินมีฤทธิ์เป็นด่างมากขึ้น (พีเอชสูงขึ้น)

เรื่องราวต่างๆ ของธาตุอาหารที่เป็นสารประกอบในดิน และการดูดซึมโดยพืช ได้อธิบายเป็นบทความสั้นๆ ดังต่อไปนี้

โดยทั่วๆ ไปแล้วธาตุอาหารที่สำคัญของพืชแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ธาตุ N, P, K

2. ธาตุอาหารย่อย ได้แก่ธาตุ Ca, Mg, S, B, Mn, Zn, Cl, Mo, Cu, Fe ความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 นั้น พืชจำเป็นต้องได้รับในปริมาณมากและขาดเสียไม่ได้ ส่วนกลุ่มที่ 2 พืชต้องการเหมือนกัน แต่ในปริมาณที่น้อยกว่า เพื่อการเจริญเติบโตในบางส่วนของพืช เช่น ดอก และผล เป็นต้น

7.6.1 ธาตุอาหารหลักของพืช

ไนโตรเจน

แหล่งไนโตรเจนที่สำคัญของธรรมชาติคือ บรรยากาศ ซึ่งประกอบด้วย N = 78% แต่พืชไม่สามารถใช้ก๊าซไนโตรเจน (N) ที่อยู่ในรูปอากาศได้ พืชจะใช้ N ที่อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์เพื่อใช้ในการสร้างกรดอมิโน โปรตีน ฯลฯ ซึ่งมี N เป็นองค์ประกอบด้วย โดยพืชจะดูด N ซึ่งอยู่ในรูปอิออนอนินทรีย์ แล้วเปลี่ยนให้เป็นสารอินทรีย์เมื่ออยู่ในใบไม้

ไนโตรเจนในสารประกอบอนินทรีย์ที่เป็นธาตุอาหารของพืช ปรากฏตัวใน 2 รูปแบบคือ

1) แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) 2) ไนเตรทไอออน (NO_3^-)

โดยมีข้อแตกต่างมากมายในพฤติกรรมของอิออนทั้ง 2 ตัว ทั้งในพืชและในดิน ดังนี้

NH_4^+ เป็นแคทไอออนหรืออิออนบวก ดังนั้นจึงสามารถดูดจับได้ที่ผิว NO_3^- เป็นอิสระ ดินเหนียวดูดจับไว้ไม่ได้ น้ำส่วนเกินสามารถชะล้าง NO_3^- ไปสะสมเป็นน้ำใต้ดินได้ จึงสรุปได้ว่า NH_4^+ ไม่ถูกชะล้างโดยง่าย แต่ NO_3^- สามารถชะล้างออกจากเขตรากพืชได้โดยง่าย เมื่อพืชดูดกิน NO_3^- เข้าไป ไนเตรทจะเปลี่ยนไปเป็นไปเป็นสารอะมิโนโดยการใช้น้ำย่อยสลาย (enzymatic process) ในกระบวนการนี้ NO_3^- ถูกย่อยโดยเอนไซไนเตรทรีดักเตส จนกลายเป็น $-NH_2$ (อะมิน) จากนั้นจะถูกสังเคราะห์ให้กลายเป็นกรดอมิโนและโปรตีนต่อไป ส่วน NH_4^+ นั้นพืชดูดกินเข้าไปแล้ว พืชสามารถใช้สังเคราะห์สารอินทรีย์ไนเตรทต่อไปได้ทันที

ปุ๋ยไนโตรเจนที่เกษตรกรใช้มีหลายรูปเช่น NO_3^-, NH_4^+, Urea ยูเรียเมื่ออยู่ในดินหรือในพืช ซึ่งมีน้ำย่อย Urease (ยูเรียส) จะย่อยให้เป็น NH_4^+ NH_4^+ ในดินถูกจุลินทรีย์พวก Nitrifier เปลี่ยนให้เป็นไนไตรท์ (และกรด) แล้วเป็นไนเตรท (และกรด)

ฟอสเฟต

พืชดูดกินฟอสเฟตจากดินได้ในรูปของฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}, PO_4^{-3}) ซึ่งเป็นอนุมูลของกรดฟอสฟอริค ปุ๋ยฟอสเฟตส่วนใหญ่เป็นเกลือแคลเซี่ยม, แอมโมเนียมของกรดออร์โต-ฟอสฟอริค เกลือฟอสเฟตแต่ละชนิด มีความสามารถในการละลายได้ แตกต่างกันไปตามความเป็นกรด

(พีเอช) และชนิดของอิออนบวก

ในดินด่าง ฟอสเฟตอยู่ในรูปของเกลือแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งมีค่าละลายน้ำได้ต่ำ เมื่อดินเป็นด่าง ในดินที่เป็นกรด ฟอสเฟตจะอยู่ในรูปของอลูมิเนียมฟอสเฟตและเหล็กฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำได้ต่ำเหมือนกับในดินที่เป็นกรด (แต่ละลายได้ดี ค่าพีเอชสูงขึ้น)

ค่าการละลายน้ำได้ของไตรแคลเซียมฟอสเฟต $(Ca_3(PO_4)_2)$ = 0.025 กรัม/ลิตร, ไค-แคลเซียมฟอสเฟต $(CaHPO_4)$ = 0.25 กรัม/ลิตร ของโมโนแคลเซียมฟอสเฟต (CaH_2PO_4) = 1.00 กรัม/ลิตร

ค่า pH ของดินที่เหมาะสมเพื่อพืชจะได้นำฟอสเฟตไปใช้ประโยชน์ อยู่ในช่วง 6-6.5 ซึ่งเป็นค่า pH ที่เหมาะสมกับธาตุอาหารพืชอื่นๆเหมือนกัน

มีกฎทางเคมีอันหนึ่งกล่าวว่า เมื่อใดที่สารละลายเกิดการตกตะกอนขึ้น ปฏิกิริยาของการตกตะกอนจะเข้ามาแทนที่ปฏิกิริยาเดิม เนื่องจากระดับพลังงานอิสระต่ำลง แสดงว่า ระบบพลังงาธรรมชาติทุกชนิดพยายามลดพลังงานอิสระลง และกฎอันนี้สามารถใช้อธิบายการตกตะกอนของสารละลายฟอสเฟต ที่ได้จากการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตลงในดินด่าง (มีแคลเซียมมาก) หรือดินเปรี้ยว (ดินกรดจัด) มี Fe, Ca, Al อยู่สูง

ฟอสเฟตเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นธาตุหนึ่ง ในการพัฒนาการเจริญเติบโตของพืช ในพืชนั้นมันเป็นสารประกอบที่ให้พลังงานแก่พืชอย่างมากมาย เช่น AMP, ADP, ATP และ Phospholippids ฯลฯ

<u>โปแทสเซียม</u>

โปแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นในการพัฒนาการเจริญเติบโตของพืชในระยะสูงขึ้นไป เช่นระยะออกดอก ปกติแล้วเราพบอยู่ในดินได้ 3 รูปแบบ คือ

1) อิออนในสารละลายดิน 2) เป็นอิออนแลกเปลี่ยนตามผิวของแร่ดินเหนียว และ 3) องค์ประกอบของแร่เช่น เฟลสปาร์, ไมคาร์ ในดินลึกๆ ของทะเลทรายมักอุดมไปด้วยโปแทสเซียม ดังนั้นพื้นที่เพาะปลูกในแถบอิสานจึงไม่ค่อยขาดโปแทสเซียมนัก จากการค้นคว้าครั้งล่าสุดพบว่ามันทำงานเสมือนอิออนบวก โดยรวมกับสารประกอบอินทรีย์อนุมูลลบที่ถูกสร้างขึ้นที่ใบ แล้วถูกส่งไปยังรากพืช

7.6.2 ธาตุองค์ประกอบย่อย

เป็นธาตุอาหารที่มีส่วนสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช รูปแบบของมันที่พบอยู่โดยทั่วๆ ไป แบ่งเป็น 2 พวกคือ 1) ในดินที่มีสภาพเป็นกรด คือมี pH ต่ำ โดยธาตุองค์ประกอบย่อยจะอยู่ในรูปของเกลือที่สามารถละลายน้ำได้ 2) ในดินที่มีหินปูนอยู่สูงหรือดินด่าง ซึ่งจะพบธาตุองค์ประกอบย่อยอยู่ในรูปเกลือที่ละลายน้ำยาก จึงไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช และพืชที่เติบโตในดินชนิดนี้ จะขาดแคลนธาตุองค์ประกอบย่อย

มีวิธีแก้ปัญหาสำหรับพืชที่ปลูกอยู่บนดินที่ขาดธาตุองค์ประกอบย่อยอยู่ 2 วิธี คือ

1. ฉีดพ่นสารละลายของธาตุองค์ประกอบย่อยให้แก่พืช โดยวิธีการฉีดพ่นที่ใบ

2. เติมสารประกอบของธาตุองค์ประกอบย่อยโดยตรงแก่ดิน ซึ่งมีวิธีปฏิบัติอยู่ 2 วิธีคือ

ก. ในดินที่เป็นกรด เติมสารละลายเกลือเฉพาะดินที่ขาดแคลนหรือที่จำเป็นเท่านั้น เพราะถ้าเติมมากเกินไปจะเป็นพิษต่อพืช และสารบางส่วนอาจถูกชะล้างออกไปจากดินได้

ข. ในดินด่างหรือดินที่มีหินปูนอยู่มาก จะเติมธาตุองค์ประกอบย่อยร่วมกับสารประกอบคีเลต (Chelate) เพื่อป้องกันการทำให้ธาตุองค์ประกอบย่อยตกตะกอนโดยความเป็นด่างของดิน สารประกอบคีเลตที่ใช้ได้แก่ EDTA, EDDHA, DTPA เป็นต้น

7.6.3 การใช้สารเคมีในแง่ของการผสมไปพร้อมกับการให้น้ำ

ในงาน F.I. มีสารประกอบหลักอยู่ 10 ตัว ที่ใช้เป็นปุ๋ยให้กับพืชดังนี้

ให้ธาตุไนโตรเจน ได้แก่ ยูเรีย, แอมโมเนียมไนเตรท, แอมโมเนียมซัลเฟต

ให้ธาตุโปแทสเซียม ได้แก่ โปแทสเซียมคลอไรด์, โปแทสเซียมไนเตรท, โปแทสเซียมซัลเฟต

ให้ธาตุฟอสฟอรัส ได้แก่ กรดฟอสฟอริค (H_3PO_4) โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต($NH_4H_2PO_4$ MAP) ไค-แอมโมเนียมฟอสเฟต ($(NH_4)_2HPO_4$, DAP) แอมโมเนียม-โพลีฟอสเฟต $NH_4H_2PO_4(NH_4)_2HPO_4$

ส่วนธาตุองค์ประกอบย่อยที่ใช้จะอยู่ในรูปของ เกลืออนินทรีย์ และออกไซร์ หรือในคีเลต ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์

ในกรณีของแคลเซียมไนเตรท สามารถให้ธาตุไนโตรเจนได้ แต่พบว่าถ้าใช้ร่วมกับฟอสฟอรัส จะทำให้เกิดการตกตะกอน (แคลเซียมฟอสเฟตขึ้นได้) ขึ้นได้

โปแตสเซียมซัลเฟตมักไม่ใครใช้ เพราะค่อนข้างละลายน้ำได้ยาก

7.6.4 ความสามารถในการละลายน้ำของสารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในงาน F.I. ควรละลายน้ำได้อย่างสมบูรณ์ โดยไม่ตกตะกอน

ลักษณะทางกายภาพ 3 ชนิด ของปุ๋ยที่ใช้ในงาน F.I. ดังนี้

1. ปุ๋ยที่มีลักษณะเป็นของแข็งละลายน้ำได้ ข้อดีของปุ๋ยประเภทนี้คือ มีธาตุอาหารอยู่สูง เสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและขนส่งต่ำ แต่การใช้งานกับเครื่องสูบจำเป็นต้องทำละลายเสียก่อน

2. ปุ๋ยเหลว มีลักษณะเป็นสารละลาย สามารถใช้งานได้ทันที ความเข้มข้นของธาตุอาหารในตัว ต่ำกว่าปุ๋ยที่เป็นของแข็ง และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและขนส่งสูงกว่า

3. ปุ๋ยเหลวที่ประกอบด้วยสารแขวนลอย มีลักษณะอยู่ในระหว่างปุ๋ยสองประเภทแรกที่กล่าวถึง จึงมีความเข้มข้นของธาตุอาหารอยู่สูงกว่าปุ๋ยเหลว ในกรณีที่ใช้กับหัวปล่อยน้ำหยด อาจเกิดการอุดตันจากสารแขวนลอยที่อยู่ในปุ๋ยก็ได้

โดยทั่วไปแล้ว ความสามารถในการละลายของสารเคมีขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ โดยสารเคมีจะละลายได้ดี เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนอัตราการละลายที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งรูปแบบของการละลาย เช่น การตกตะกอนเมื่อละลายร่วมกับสารชนิดอื่นนั้น จะแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบของสารเคมีแต่ละชนิด

7.6.5 ปฏิกิริยาเคมีที่มีต่อน้ำชลประทาน

เนื่องจากน้ำชลประทานมักมีสารเคมีหลายชนิดปะปนกันอยู่ บางชนิดจะไปทำปฏิกิริยากับปุ๋ยที่ผสมกับน้ำทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาไม่ดี ในน้ำที่มีระดับแคลเซียม แมกนีเซียม และไบคาร์บอเนตอิออนสูงเกินไป เมื่อเติมปุ๋ยฟอสเฟต แล้วจะทำให้เกิดตะกอน จึงค่อยแก้ด้วยการเติมกรดลงไปเพื่อลดผลที่เกิดขึ้น

ในน้ำที่มีแคลเซียมอยู่สูง การเติมปุ๋ยซัลเฟตลงไปทำให้เกิดตะกอนของยิบซั่ม เนื่องจากยิบซั่มละลายน้ำได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปัญหาจึงเพิ่มขึ้นในฤดูร้อน

7.6.6 ปฏิกิริยาของปุ๋ยเคมีที่อยู่ในสารละลาย

เมื่อมีการผสมปุ๋ยเคมีหลายชนิดลงในน้ำ ผลที่ตามมาเนื่องจากค่าละลายได้ในน้ำของสารเคมีแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน จะต้องคำนึงเป็นอย่างแรก สารประกอบย่อยเช่น คีเลต มักแตกตัวในสารละลายที่เป็นกรดเข้มข้น จึงสูญเสียประสิทธิภาพไป

7.6.7 การกัดกร่อนของสารเคมี

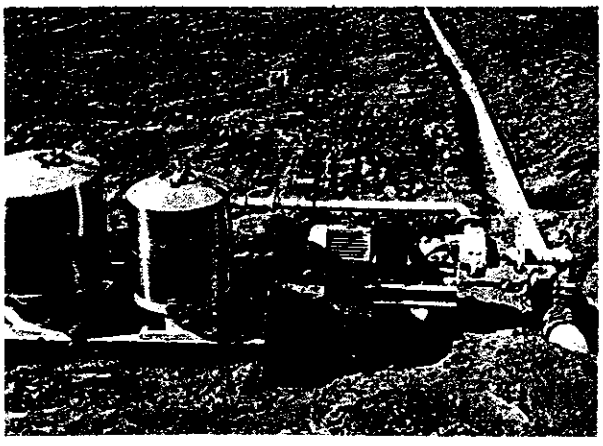
การกัดกร่อนเนื่องจากสารเคมี สามารถทำอันตรายได้กับส่วนของท่อ เครื่องมือต่างๆ ในระบบชลประทานที่เป็นโลหะ โดยทั่วไปแล้ว ค่าการกัดกร่อนจะเพิ่มขึ้น เมื่อสภาพความเป็นกรดเพิ่มขึ้น

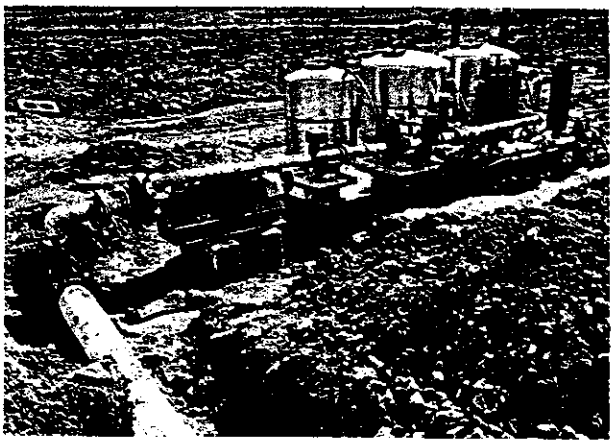
7.6.8 การสูญเสียเนื่องจากการระเหย

การสูญเสียไนโตรเจนเนื่องจากการระเหยของแอมโมเนียอาจบังเกิดขึ้น ในการเก็บสารละลายยูเรียและแอมโมเนียเป็นเวลานานๆ ในบรรยากาศที่มีด่าง วิธีลดการระเหยที่เกิดขึ้นคือ การทำสารละลายที่เก็บรักษาให้เป็นกรด

7.6.9 สรุป

การ F.I.สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยได้อย่างดีเยี่ยม แต่ผู้ใช้ควรศึกษารายละเอียดต่างๆ อย่างดี และใช้ให้ถูกวิธีตามหลักวิชาการและเหมาะแก่สภาพแวดล้อม เพื่อให้ได้รับผลสำเร็จที่ดีที่สุด มิฉะนั้นอาจจะเกิดผลเสียมากกว่าผลดีก็เป็นได้





7.7 การคำนวณปุ๋ยเคมีที่ใช้

ก่อนการใช้ปุ๋ยพร้อมกับการให้น้ำนั้น ควรจะต้องมีข้อมูลต่างๆ เช่น น้ำหนัก และปริมาตรของปุ๋ย สัดส่วนปุ๋ยที่จะใช้ อัตราส่วนของความเข้มข้นระหว่างปริมาณน้ำที่ใช้ กับสารละลายปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ยังจะต้องคำนึงถึงสภาพการณ์ต่างๆ ในแปลงเพาะปลูกและอุปกรณ์ที่มีด้วย จากประสบการณ์ในสนาม ปรากฏผลออกมาว่า การตรวจสอบและเก็บข้อมูลในสนาม มีความจำเป็นสำหรับการคำนวณตัวเลขต่างๆ ถ้าขาดสิ่งนี้ไปจะไม่เพียงสูญเสียปุ๋ยโดยเปล่าประโยชน์ แต่อาจลดผลผลิตอีกด้วย

สำหรับการคำนวณหาปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในแปลง นิยมกำหนดกันเป็น 2 วิธี คือ

1) กำหนดเป็นน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่

2) กำหนดเป็นปริมาตรต่อหน่วยพื้นที่

7.7.1 การกำหนดเป็นน้ำหนักต่อหน่วยพื้นที่ มักใช้ในกรณีที่เป็นการผสมปุ๋ยเม็ด

$$\text{น้ำหนักปุ๋ยที่ใช้ (กก./ไร่)} = \frac{\text{ปริมาณธาตุอาหารที่ต้องการ (กก./ไร่)} \times 100}{\text{\% ธาตุอาหารนั้นที่มีอยู่ในปุ๋ย}} \quad \ldots 7.1$$

ตัวอย่างที่ 7.1 ถ้าต้องการธาตุไนโตรเจน 3 กก./ไร่ โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ที่มีธาตุไนโตรเจนอยู่ 21%

วิธีคำนวณ

จากสมการ 7.1

$$\text{น้ำหนักปุ๋ยที่จะใช้} = \frac{\text{ปริมาณธาตุอาหารที่ต้องการ (กก./ไร่)} \times 100}{\text{\% ธาตุอาหารนั้นที่มีอยู่ในปุ๋ย}}$$

แทนค่า

$$\text{น้ำหนักปุ๋ยที่จะใช้} = \frac{3 \times 100}{21} = 14.3 \text{ กก./ไร่}$$

7.7.2 กำหนดเป็นปริมาตรต่อหน่วยพื้นที่ ใช้ในกรณีที่สารละลายปุ๋ยเป็นของเหลว ซึ่งมันจะทำได้ง่ายกว่าในการเตรียมและควบคุมโดยการใช้วิธีวัดเป็นปริมาตร

$$\text{ปริมาตรปุ๋ย (ลิตร/ไร่)} = \frac{\text{น้ำหนักของปุ๋ย (กก./ไร่)}}{\text{ความหนาแน่นของปุ๋ย (กก./ลิตร)}} \quad \ldots\ldots\ldots 7.2$$

ตัวอย่างที่ 7.2 แนะนำให้ใช้ปุ๋ย 10 กก./ไร่ สำหรับปุ๋ยน้ำ แอมโมเนียมไนเตรท ซึ่งมีความหนาแน่น 1.3 กก./ลิตร

วิธีคำนวณ

จากสมการที่ 7.2 แทนค่า

$$\text{ปริมาตรปุ๋ยที่ต้องการ} = \frac{10 \text{ (กก./ไร่)}}{1.3 \text{ (กก./ลิตร)}} = 7.7 \text{ ลิตร/ไร่}$$

7.7.3 การคำนวณปริมาณปุ๋ยที่ให้แก่พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดในการให้น้ำครั้งหนึ่ง เป็นปริมาณปุ๋ยซึ่งต้องใช้แก่พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดใน ารส่งน้ำครั้งหนึ่งๆ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนความเจือจาง หรือระยะเวลาในการให้ปุ๋ย โดยปริมาณปุ๋ยบอกเป็นกิโลกรัมหรือลิตรก็ได้

$$\text{ปริมาณปุ๋ยทั้งหมด} = \text{ปริมาณปุ๋ยต่อพื้นที่เพาะปลูก (ลิตร/ไร่)} \times \text{พื้นที่ทั้งหมด (ไร่)} \quad \ldots 7.3$$

ตัวอย่างที่ 7.3 พื้นที่ให้น้ำ 10 ไร่ ปริมาณปุ๋ยที่ต้องการ 15 ลิตร/ไร่ ให้หาปริมาณปุ๋ยทั้งหมด

วิธีคำนวณ

จากสมการ 7.3 แทนค่า

$$\text{ปริมาณปุ๋ยที่ใช้} = 15 \times 10 = 150 \text{ ลิตร}$$ ตอบ

จากตัวเลขข้างต้น ปริมาณปุ๋ย 150 ลิตรที่คำนวณได้คือ ปริมาณปุ๋ยที่เติมลงถัง เพื่อที่จะให้ผสมไปกับน้ำชลประทานที่ส่ง

7.7.4 การปรับอัตราการไหลผ่านถังผสมปุ๋ย ปริมาตรของน้ำซึ่งต้องผ่านเข้าไปในถัง ถ้าปุ๋ยถูกละลายจนหมดสิ้น จะเท่ากับ 4 × ความจุของถัง ถังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 7.4 คือต้องใช้น้ำปริมาตร 4 ส่วน ในการละลายปุ๋ย 1 ส่วน ดังนั้น

$$\text{อัตราการไหลของน้ำผ่านถัง (ลิตร/นาที)} = \frac{\text{ปริมาตรของน้ำ (ลิตร)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการส่งปุ๋ย (นาที)}} \quad \ldots\ldots 7.4$$

ตัวอย่างที่ 7.4 ถังผสมปุ๋ยมีความจุ 120 ลิตร ระยะเวลาในการส่งปุ๋ย 20 นาที หาอัตราที่น้ำผ่านถัง

วิธีคำนวณ

ปริมาตรน้ำผ่านถัง = 120 ลิตร × 4 = 480 ลิตร

และจากสมการ 7.4

อัตราการไหลของน้ำผ่านถัง = $\frac{480}{20}$ = 24 ลิตร/นาที

หรือ 1,440 ลิตร/ชม. ตอบ

7.7.5 การคำนวณสัดส่วนความเจือจางที่คงที่และต่อเนื่อง

อัตราการสูบหรือจ่ายปุ๋ย(ลิตร/ชม.) = สารละลาย(ลิตร)ต่อน้ำ($ม^3$) × อัตราการไหลของน้ำชลประทาน($ม^3$/ชม.) ...7.5

ตัวอย่างที่ 7.5 ทุกๆ 1 $ม^3$ ของน้ำที่ส่งให้พืชต้องการให้มีสารละลายปุ๋ย 2 ลิตร โดยมีอัตราการจ่ายน้ำ 15 $ม^3$/ชม.

วิธีคำนวณ

จากสมการ 7.5 จะได้

อัตราการจ่ายจากปั๊ม = 2 ลิตร/$ม^3$ × 15 $ม^3$/ชม.

= 30 ลิตร/ชม. ตอบ

7.7.6 อัตราการสูบของสารละลายปุ๋ยในการส่งน้ำชลประทาน 1 รอบเวร

อัตราการสูบ(ลิตร/ชม.) = $\frac{\text{ปริมาตรสารละลายปุ๋ยที่ส่งให้พืชในรอบเวรการส่งน้ำ(ลิตร)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ในการส่งน้ำ 1 รอบเวร(ชม.)}}$ ...7.6

ตัวอย่างที่ 7.6 พื้นที่เพาะปลูก 50 ไร่ ปริมาณสารละลายปุ๋ยที่ใช้ 10 ลิตร/ไร่ หาอัตราการจ่ายปุ๋ยของเครื่องสูบ ระยะเวลาในการให้น้ำ 5 ชม.

วิธีคำนวณ

ปริมาตรปุ๋ยทั้งหมดที่จ่าย = 50 × 10 = 500 ลิตร

ระยะเวลาในการให้น้ำ 1 รอบ 5 ชม.

จากสมการ 7.6 จะได้

∴ อัตราการสูบสารละลายปุ๋ย = $\frac{500}{5}$ = 100 ลิตร/ชม.

วิธีคำนวณ

จากสมการ 7.8 แทนค่าจะได้

$$\text{ความเข้มข้นสัมพัทธ์} = \frac{14\ (\text{ม}^3/\text{ชม.})}{20\ (\text{ลิตร}/\text{ชม.})} = 0.7\ \text{ม}^3/\text{ลิตร}$$

7.7.10 ความเจือจางสัมพัทธ์ของสารละลายปุ๋ย

ความเจือจางสัมพัทธ์ (%) = ความเข้มข้นสัมพัทธ์(ม^3/ลิตร) × ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยที่ต้องการในน้ำชลประทาน(ลิตร/ม^3) × 100 ...7.9

ตัวอย่างที่ 7.10 แนะนำให้ใส่ไนโตรเจน 60 ppm. ลงในน้ำชลประทาน ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%) ความถ่วงจำเพาะ 1.3 อัตราการไหลของน้ำชลประทานในท่อ 180 ม^3/ชม. อัตราการสูบของปั๊มฉีดปุ๋ย 150 ลิตร/ชม. อยากทราบความเจือจางสัมพัทธ์กี่เปอร์เซ็นต์

วิธีคำนวณ

จากสมการ 7.8 จะได้

$$\text{ความเข้มข้นสัมพัทธ์} = \frac{80}{150} = 0.53\ \text{ม}^3/\text{ลิตร}$$

$$\text{พิจารณาความเข้มข้นปุ๋ยในน้ำชลประทาน} = \frac{60\ (\text{ppm}) \times 100}{1.3 \times 21\%} = 0.22\ \text{ลิตร}/\text{ม}^3$$

จากสมการ 7.9 จะได้

ความเจือจางสัมพัทธ์ = 0.53 × 0.22 × 100 = 11.7% ตอบ

ผลการคำนวณเก็บไว้ใช้ในหัวข้อต่อไป

7.7.11 การคำนวณปริมาณธาตุ N,P,K ที่ต้องเติมในน้ำชลประทาน

เพื่อให้ได้ธาตุอาหารพืช N,P,K ตามสัดส่วนที่ต้องการ อาจจะทำได้โดยการเติมปุ๋ยสูตรเดี่ยวหรือปุ๋ยสูตรผสม ทั้งที่เป็นชนิดเหลวและชนิดเม็ดได้ ดังตัวอย่างการคำนวณ

7.7.7 การหาน้ำหนักปุ๋ยที่ใช้(กรัม)ต่อน้ำ 1 $ม^3$

ปกติมักจะนิยมเรียกเป็น ปุ๋ยกี่ส่วนในน้ำ 1 ล้านส่วน หรือ พี.พี.เอ็ม. (ppm) เป็นปุ๋ย 1 กรัมต่อน้ำ 1 $ม^3$ ฉะนั้น

$$\text{น้ำหนักปุ๋ย(กรัม)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของธาตุอาหารในปุ๋ย (ppm)} \times 100}{\text{\% ของธาตุอาหารที่มีในปุ๋ย}} \quad \ldots 7.7$$

ตัวอย่างที่ 7.7 ต้องการธาตุไนโตรเจนเติมลงในน้ำชลประทานให้มีความเข้มข้น 90 ppm โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งประกอบด้วย ไนโตรเจน 20% จะต้องใช้ปุ๋ยกี่กรัมต่อน้ำ 1 $ม^3$

วิธีคำนวณ

จากสมการ 7.7 จะได้

$$\text{น้ำหนักปุ๋ยที่จะใส่} = \frac{90 \text{ ppm} \times 100}{20\ \%} = 450 \text{ กรัม/}ม^3 \text{ ตอบ}$$

7.7.8 การหาปริมาตรปุ๋ยที่ใช้ต่อน้ำ 1 ลบ. เมตร

ตัวอย่างที่ 7.8 ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรทเหลวประกอบด้วยไนโตรเจน 21% หาปริมาตรที่ต้องการ โดยให้มีความเข้มข้น 90 ppm.

วิธีคำนวณ ปริมาตรที่ต้องการ

$$= \frac{90(\text{ppm.}) \times 100}{21\ (\%) \times 1.3\ (\text{กก./ลิตร})}$$

$$= 0.323$$

7.7.9 ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ย

เมื่ออัตราการจ่ายน้ำชลประทานและความเข้มข้นของปุ๋ยคงที่

$$\text{ความเข้มข้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{อัตราการจ่ายน้ำชลประทาน}(ม^3/\text{ชม.})}{\text{อัตราการสูบสารละลายปุ๋ย(ลิตร/ชม.)}} \quad \ldots\ldots 7.8$$

ตัวอย่างที่ 7.9 อัตราการจ่ายน้ำชลประทานผ่านท่อ 14 $ม^3$/ชม.

อัตราการจ่ายปุ๋ย 20 ลิตร/ชม.

หาความเข้มข้นสัมพัทธ์

ตัวอย่างที่ 7.11 ต้องการให้สารละลายปุ๋ยเคมีที่ให้แก่พืชในครั้งหนึ่งมีส่วนผสมของ ไนโตรเจน (N) = 60 ppm. และฟอสเฟต (P_2O_5) = 40 ppm. โดยขั้นแรกใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตเหลว (8-24-0) และขั้นที่สองใช้ แอมโมเนียมไนเตรท (N-21%)

วิธีคำนวณ

จากสมการ 7.7

ถ้าต้องการฟอสเฟต 40 ppm.

ต้องใช้แอมโมเนียมฟอสเฟต $= 40 \frac{(ppm) \times 100}{24\ \%}$

$= 167$ กรัม/ม.^{3}

หาเป็นปริมาตร $= \frac{\text{น้ำหนักปุ๋ย}}{\text{ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยนั้น}}$

ความถ่วงจำเพาะของปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (S.G) $= 1.3$

แทนค่า

ปริมาตรแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ใช้ $= \frac{167}{1.3} = 128$ ซม.^{3}/ม.^{3}

หาว่าแอมโมเนียมฟอสเฟตมีไนโตรเจน (N) อยู่จำนวนเท่าใด

จำนวนไนโตรเจน (N) $= \frac{167(\text{กรัม/ม.}^3) \times 8\%}{100} = 13$ กรัม/ม.^{3}

ต้องการไนโตรเจน (N) $= 60$ ppm.

∴ ยังขาดไนโตรเจนอีก 60-13 = 47 ppm. จึงเติมแอมโมเนียมไนเตรทเหลว (N-21%)

คิดเป็นน้ำหนัก $= \frac{47(ppm) \times 100}{21\ \%} = 224$ กรัม/ม.^{3}

คิดเป็นปริมาตร $= \frac{224}{1.3} = 172$ ซีซี/ม.^{3}

สรุปได้ว่า น้ำ 1 ม.^{3} ต้องเติมแอมโมเนียมฟอสเฟตเหลว $= 128$ ซีซี

แอมโมเนียมไนเตรทเหลว $= 172$ ซีซี

หรืออาจใช้ตารางภาคผนวกที่ 7.1 ถึง 7.4 ซึ่งบอกน้ำหนักและปริมาตรของปุ๋ยเคมีหลายชนิด ที่ใช้เติมลงในน้ำชลประทาน 1 ม.^{3} เพื่อให้ได้ธาตุ N,P หรือ K มีปริมาณอยู่ 100 ppm.

ตัวอย่างที่ 7.12 การคำนวณสัดส่วนปุ๋ยที่ให้ตามอัตราส่วนที่ต่อเนื่องโดย

ระบบมีการจ่ายน้ำที่ต้นทางด้วยอัตรา 30 ม.^{3}/ชม.

อัตราการจ่ายปุ๋ยจากปั๊ม 80 ลิตร/ชม.

ต้องการให้ปุ๋ยไปกับน้ำมีความเข้มข้น 100-0-0 ppm.

ถังผสมปุ๋ยมีความจุ 500 ลิตร

ปุ๋ยที่ใช้คือ: แอมโมเนียมซัลเฟต (N=21%)

ต้องการทราบว่า

ก) จะต้องใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นจำนวนเท่าใดในถังผสมปุ๋ย เพื่อให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการในการให้น้ำชลประทาน

ข) ถ้าต้องให้น้ำชลประทานเป็นจำนวน 800 ม.^{3}/ไร่ จะมีเนื้อปุ๋ยที่ได้รับจำนวนเท่าใดต่อไร่

วิธีคำนวณ

ก) จากสมการ 7.7

ต้องใช้แอมโมเนียมซัลเฟต $= \frac{100\ (\text{ppm.}) \times 100}{21\ \%} = 476.2$ กรัม/ม.^{3}

นั่นคือ น้ำ 1 ม.^{3} จะมีแอมโมเนียมซัลเฟต 476.2 กรัม

หาอัตราส่วนความเจือจาง $= \frac{80}{30,000} \frac{\text{ลิตร/ชม.}}{\text{ลิตร/ชม.}} = \frac{1}{375}$

หรืออัตราส่วนความเข้มข้น 375: 1 คือระหว่างความเข้มข้นที่น้ำชลประทานมีปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตผสมอยู่

$\therefore$ ความเข้มข้นของปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต $= 476.2 \times 375 = 178,500$ กรัม/ม.^{3}

$= 178$ กิโลกรัม/ม.^{3}

แต่ปริมาตรของถังผสมปุ๋ยมี 500 ลิตร

$\therefore$ จะต้องใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตจำนวน $= \frac{178 \times 500}{1,000} = 89.25$ กิโลกรัม

ข) หาจำนวนเนื้อปุ๋ยที่ใส่ต่อพื้นที่เพาะปลูก 1 ไร่ เมื่อให้น้ำ 800 ม.^{3}

ให้น้ำ 1 ม.^{3} มีปุ๋ย 476.2 กรัม

∴ ให้น้ำ 800 ม.^{3} จะมีปุ๋ย $\frac{476.2 \times 500}{1000}$ = 238 กิโลกรัม ตอบ

ตัวอย่างที่ 7.13 วิธีการคำนวณสัดส่วนของการให้ปุ๋ยผสมไปกับน้ำชลประทานอย่างต่อเนื่อง โดยมีข้อมูลดังต่อไปนี้

- ปริมาณการจ่ายน้ำที่ต้นทาง 40 ม.^{3}/ชม.
- อัตราการจ่ายปุ๋ยจากปั๊ม 60 ลิตร/ชม.
- ต้องการให้ปุ๋ยผสมไปกับน้ำมีความเข้มข้น 100-50-150 ppm.
- ถังผสมปุ๋ยมีความจุ 2 ม.^{3}
- สูตรที่ใช้การมี โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต 12-61-0 %
  โปแตสเซียมไนเตรท 13-0-46 %
  แอมโมเนียมไนเตรท (เหลว) 21-0-0 % มีความถ่วงจำเพาะ 1.26

อยากทราบว่าจะต้องผสมปุ๋ยลงในถังอย่างละจำนวนเท่าใด เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของธาตุอาหารตามที่ต้องการ

วิธีคำนวณ

ขั้นแรก หาปริมาณฟอสเฟตที่ใช้โดยมีความต้องการ 50 ppm.

∴ โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ใช้ = $\frac{50\text{ppm.} \times 100}{61\%}$ = 81.97 = 82 กรัม/ม.^{3}

ขั้นที่สอง หาในโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต มีไนโตรเจนอยู่กี่ ppm.

จำนวนไนโตรเจน = 82 กรัม × 12% = 10 ppm.

ขั้นที่สาม หาปริมาณโปแตสเซียมไนเตรทที่ใช้โดยมีความต้องการ 150 ppm.

∴ โปแตสเซียมไนเตรทที่ใช้ = $\frac{150\text{ ppm.} \times 100}{46\%}$ = 326 กรัม/ม.^{3}

ขั้นที่สี่ หาในโปแตสเซียมไนเตรท มีไนโตรเจนอยู่กี่ ppm.

จำนวนไนโตรเจน = 326 กรัม × 13% = 42 ppm.

ขั้นที่ห้า หาจำนวนไนโตรเจนที่ยังขาดอยู่ โดยต้องการ 100 ppm.

∴ ยังขาดอยู่ = 100-10-42 = 48 ppm.

ขั้นที่หก หาจำนวนแอมโมเนียมไนเตรทที่ต้องใช้

จำนวนแอมโมเนียมไนเตรท $= \frac{48 \text{ ppm.} \times 100}{21\%} = 229$ กรัม/ม.^{3}

แต่เนื่องจากเป็นปุ๋ยเหลวจึงควรเปลี่ยนเป็นปริมาตร โดยมีความถ่วงจำเพาะ 1.26

∴ ปริมาตรแอมโมเนียมไนเตรทที่ใช้ $= \frac{229 \text{ กรัม}}{1.26 \text{ (ถ.พ.)}} = 181.7$ ซีซี

ขั้นที่เจ็ด หาอัตราส่วนความเจือจางของปุ๋ยที่จะผสมร่วมไปกับน้ำชลประทาน

$$= \frac{60 \text{ ลิตร/ชม.}}{40{,}000 \text{ ลิตร/ชม.}} = \frac{1}{667}$$

หรืออัตราส่วนความเข้มข้นของปุ๋ยในถังผสม $= 667 : 1$

∴ โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ใส่ในถัง $= \frac{82 \text{ กรัม/ม.}^3 \times 667}{1000} = 54.7$ กก/ม.^{3}

โปแตสเซียมไนเตรทที่ใส่ในถัง $= \frac{326 \text{ กรัม/ม.}^3 \times 667}{1000} = 217.4$ กก/ม.^{3}

แอมโมเนียมไนเตรทที่ใช้ $= \frac{181.7 \text{ ซีซี/ม.}^3 \times 667}{1000} = 121.2$ ลิตร/ม.^{3}

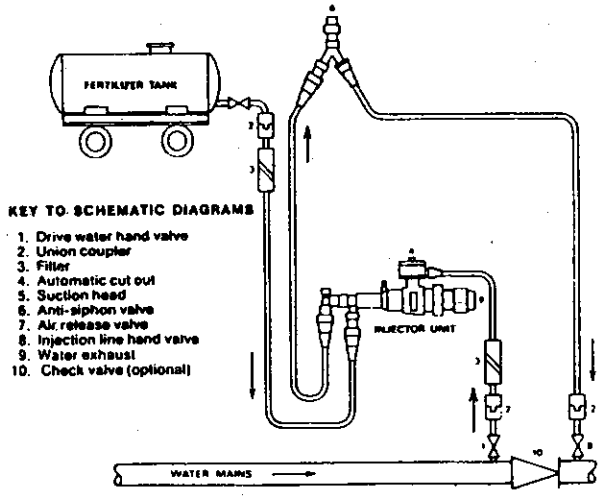
แต่ปริมาตรของถังผสมปุ๋ยมี $= 2$ ม.^{3}

สรุปต้องใส่ โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตทั้งสิ้น $= 54.7 \times 2 = 109.4$ กก.

โปแตสเซียมไนเตรททั้งสิ้น $= 217.4 \times 2 = 434.8$ กก.

แอมโมเนียมไนเตรททั้งสิ้น $= 121.2 \times 2 = 242.4$ ลิตร

ตอบ



7.8 การควบคุมและกำหนดการให้ปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำ

อาจจะมีการกระทำได้หลายอย่างในการควบคุมปริมาณและ(หรือ)ความเข้มข้นของปุ๋ยในการให้ร่วมกับการให้น้ำ ในถังผสมปุ๋ย สำหรับการใช้งานแต่ละครั้ง เราจะทราบจำนวนปุ๋ยเท่าที่จะต้องการใช้จริงๆ ในถังเท่านั้น เราเพียงแต่ให้แน่ใจว่าจะมีความดันแตกต่างที่เพียงพอในการจ่ายปุ๋ยออกไปในระบบเท่านั้น

จำนวนปุ๋ยที่จะบรรจุในถัง จะเป็นผลคูณของพื้นที่ชลประทานกับความเข้มข้นที่ต้องการต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

ในระบบ F.I นี้ เราจำเป็นต้องพิจารณาตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้อง 2 ตัวแปร คือ

1) ปริมาณสารละลายปุ๋ย หมายถึงปริมาณที่ใช้บรรจุถัง หรือสัดส่วนต่างๆ ที่ใช้ผสมสารเคมี

2) เวลาที่ใช้ในการทำงาน หมายถึงเวลานับแต่เริ่มให้น้ำแก่พื้นที่ จนถึงตอนพื้นที่ได้รับน้ำและปุ๋ยไปผสมอยู่จนถึงระดับที่ต้องการ

7.8.1 <u>ปริมาณสารละลายปุ๋ย</u> เป็นสัดส่วนที่ใช้บรรจุของสารละลายปุ๋ยและน้ำ หมายถึงความแน่นอนในการผสมปุ๋ยเคมี+สารเคมี และน้ำให้ได้สัดส่วนที่ถูกต้อง ระบบที่ใช้ในการควบคุมสัดส่วนที่ใช้บรรจุของสารละลายปุ๋ยและน้ำมี 2 ระบบคือ

ก) ระบบอัตราการจ่ายปุ๋ยคงที่ เช่น ความดันและอัตราการสูบของของเหลวมีค่าคงที่และอยู่ในความควบคุม อาจจะใช้เวนจูรี่ปั๊ม ถังแบบไหลผ่านด้วยความดัน (By-Pass Pressure) ปั๊มที่ใช้แรงดันน้ำ ปั๊มที่ใช้เครื่องยนต์หรือไฟฟ้า ซึ่งจะฉีดสารละลายผ่านท่อไปผสมกับน้ำชลประทาน ความไม่แน่นอนของแรงดัน และอัตราการสูบของปั๊ม จะทำให้สัดส่วนของน้ำและปุ๋ยมีค่าผิดพลาดได้

ข) ระบบที่อัตราการจ่ายปุ๋ยมีการเปลี่ยนแปลง เป็นเงื่อนไขของการปฏิบัติงานแบบไม่สม่ำเสมอ โดยผันแปรไปกับอัตราการจ่ายน้ำที่เปลี่ยนแปลงในระบบ การทำงานของปั๊มเป็นไปตามระบบควบคุมอีเล็กโทรนิค ซึ่งรับสัญญาณจากมาตรวัดปริมาณน้ำ โดยระบบควบคุมนี้ทำหน้าที่ส่งคำสั่งไปยังปั๊มให้ทำงานตามโปรแกรมที่กำหนด รวมทั้งบันทึกปริมาตรสะสมของสารละลายปุ๋ย อัตราส่วนผสมที่ต้องการทำได้โดย ควบคุมปริมาณสารละลายปุ๋ยที่นำไปฉีดผสมกับน้ำ

7.8.2 <u>เวลาที่ใช้ในการทำงาน</u> ในงานควบคุมการส่งปุ๋ยให้แก่พืชในรอบเวรหนึ่งๆ และควบคุมปริมาตรปุ๋ย สารเคมี และน้ำ โดยใช้ถังบรรจุ หรือมิฉะนั้นอาจใช้ระบบควบคุม 3 ขั้นตอนก็ได้โดย

<u>ขั้นแรก</u> จะให้น้ำแก่ดินจนเปียกก่อน โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยในน้ำ ซึ่งก็คือดินยังไม่ได้รับปุ๋ยนั่นเอง

<u>ขั้นสอง</u> ปุ๋ยถูกฉีดไปผสมกับน้ำชลประทาน

<u>ขั้นสาม</u> ปุ๋ยและน้ำชลประทานที่ถูกส่งออกไปสู่ระบบ จะไปอยู่ในดินที่ความลึกตามต้องการ

จะเห็นว่าระบบควบคุมแบบ 3 ขั้นตอนนี้ เป็นผลจากการควบคุมทั้งปริมาตรและเวลาด้วย สำหรับอัตราส่วนที่ใช้ในการผสมสารละลายปุ๋ยหรือสารเคมี ควรใช้ค่าความเข้มข้นที่น้อยจะดีกว่าความเข้มข้นสูง เพราะในกรณีของแปลงเพาะปลูก หรือส่วนที่ต้นไม้อายุน้อยๆ หากเกิดความผิดพลาดในงานชลประทาน ผลเสียหายที่เกิดจากการใช้ความเข้มข้นสูงจะมีค่ามากกว่าความเข้มข้นต่ำ ปกตินิยมที่จะไม่ให้ถังผสมปุ๋ยมีความเข้มข้นเกิน 1:700 คือปุ๋ย 1 ส่วน น้ำอย่างน้อยต้องมีผสมอยู่ 700 ส่วน

7.9 <u>การเลือกตำแหน่งติดตั้งระบบ F.I</u>

ตำแหน่งที่เหมาะในการติดตั้งระบบ F.I มีให้เลือกพิจารณา 3 แห่งคือ

1. บริเวณจุดเริ่มต้นของแปลงย่อยต่างๆ
2. บริเวณจุดเชื่อมต่อของระบบท่อที่กระจายไปยังแปลง
3. บริเวณจุดศูนย์กลางในแปลง

โดยวิธีจะพิจารณาว่า ควรเลือกสถานที่ใดนั้น จะได้กล่าวต่อไป

7.9.1 <u>บริเวณจุดเริ่มต้นของแปลง</u> เหมาะกับการติดตั้งระบบขนาดเล็ก ราคาการติดตั้งต่อหน่วยถูก แต่ถ้ามีการติดตั้งหลายๆ หน่วย ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดจะมากกว่าติดตั้งที่จุดควบคุมศูนย์กลางในแปลงก็ได้ งานหลักในการดำเนินงานคือ การขนส่งปุ๋ยไปในแต่ละจุด รวมทั้งปฏิบัติการต่างๆ เพื่อให้ปุ๋ยแก่พืช ถ้าต้องการความคล่องตัวในการเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ ไม่ควรติดตั้งอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ การเลือกสถานที่แบบนี้ เหมาะกับแปลงเพาะปลูกที่ต้องการส่งน้ำและให้ปุ๋ยแก่พืชที่มีการกระจายอย่างทั่วถึงทั้งแปลง

7.9.2 บริเวณจุดเชื่อมต่อของระบบท่อที่กระจายไปยังแปลงเพาะปลูก จะเลือกสถานที่แบบนี้ติดตั้งก็ต่อเมื่อ เป็นระบบงานใหญ่ เช่นในแปลงเพาะปลูกขนาดใหญ่ หรือสวนผลไม้ที่มีการรับน้ำโดยตรงจากท่อประธาน

7.9.3 บริเวณจุดศูนย์กลางในแปลง เป็นการติดตั้งในพื้นที่เพาะปลูกขนาดใหญ่มากๆ ข้อดีของมันคือ มีประสิทธิภาพสูง คล่องตัวดี และสามารถดัดแปลงระบบให้ทำงานกับเครื่องจักรในแปลงได้ ข้อเสียคือ การใช้ระบบน้ำบริโภคปะปนกับน้ำชลประทาน ทำให้น้ำที่ใช้ไม่เหมาะกับการดื่มกิน ข้อเสียอีกประการหนึ่งก็คือ ขาดความแน่นอน อันเนื่องมาจากการปรับระบบเพื่อใช้ในการส่งน้ำไปยังหัวแปลงย่อย โดยการต่อท่อจากศูนย์กลางที่ติดตั้ง ขนานกับท่อประธานไปยังจุดเริ่มต้นของแปลง ซึ่งวิธีนี้ทำให้ค่าใช้จ่ายของการติดตั้งแบบนี้มีราคาลดลง จนสามารถเปรียบเทียบกับวิธีการติดตั้งระบบขนาดเล็กกระจายทั่วแปลงได้ แต่อาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ในการกระจายน้ำและปุ๋ยขาดความแน่นอน

ตารางที่ 7.1 ความสามารถละลายน้ำได้ของปุ๋ยสูตรต่างๆ

ปุ๋ย	ความสามารถละลายน้ำ (กรัม/ลิตร)
ยูเรีย	1,190
แอมโมเนียมไนเตรท	1,185
แอมโมเนียมซัลเฟต	700
แคลเซียมไนเตรท	2,670
โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต MAP	225
ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต DAP	413
กรดฟอสฟอริค	—
โปแทสเซียมคลอไรด์	277
โปแทสเซียมซัลเฟต	67
โปแทสเซียมไนเตรท	135

7.10 ความสามารถในการผสมกันได้ของปุ๋ยเคมีในระบบ F.I

7.10.1 ปุ๋ยเคมีให้ธาตุอาหารหลัก

ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้ ปุ๋ยในถังผสมปุ๋ยมีความเข้มข้นต่ำกว่า 1 ต่อ 700 หรือ ปุ๋ย 1.43 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตรนั้น ถ้าหากใช้เฉพาะปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารหลัก (NPK) 10 ชนิดที่นิยมกัน คือ ให้ไนโตรเจน ได้แก่ ยูเรีย, แอมโมเนียมซัลเฟต, แอมโมเนียมไนเตรท ให้ฟอสฟอรัส ได้แก่กรดฟอสฟอริค, โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต, ไค-แอมโมเนียมฟอสเฟต, แอมโมเนียมโพลีฟอสเฟต ให้โปแทสเซียม ได้แก่ โปแทสเซียมคลอไรด์, โปแทสเซียมซัลเฟต, โปแทสเซียมไนเตรท ปุ๋ยเคมีเหล่านี้ทุกชนิดล้วนละลายน้ำได้ดีเกินกว่า 100 กรัมต่อลิตรทั้งสิ้น ดังนั้นไม่ว่าจะเลือกชนิดใดผสมกัน โดยทางทฤษฎีจึงไม่มีปัญหาการตกตะกอนทั้งสิ้น

แต่ในทางปฏิบัติอาจเกิดการตกตะกอนของฟอสเฟตได้ เพราะขณะผสมเกิดปฏิกริยาทันที่ ถ้าหากปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้ จะลดปัญหาการตกตะกอนของฟอสเฟตได้

1) เติมน้ำลงถังผสมประมาณ 80-90% ของปริมาตรสุดท้าย

2) ผสมปุ๋ยโปแทสเซียม (โดยเฉพาะโปแทสเซียมซัลเฟต) ก่อนการให้ละลายให้หมด

3) ผสมปุ๋ยไนโตรเจน การให้ละลาย

4) ปรับพีเอชของน้ำให้อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 ด้วยกรดเกลือเจือจาง หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจาง

5) ผสมปุ๋ยฟอสเฟตดังนี้

ถ้าใช้กรดฟอสฟอริค ผสมได้เลย ถ้าพีเอชไม่ต่ำกว่า 5.0 ใช้ได้เลย แต่ถ้าพีเอชต่ำกว่า 5.0 ปรับด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจาง ให้พีเอชสูงกว่า 5.0 ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต, ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต, แอมโมเนียมโพลีฟอสเฟต ต้องละลายในน้ำ (ใช้น้ำไม่เกิน 10-20% ของปริมาตรสุดท้าย) เมื่อละลายดีแล้วจึงเทลงในถัง พีเอชควรจะประมาณ 5.5-6.5 ถ้าหากพีเอชสูงกว่า 6.5 จะมีการตกตะกอนของฟอสเฟตให้เห็น

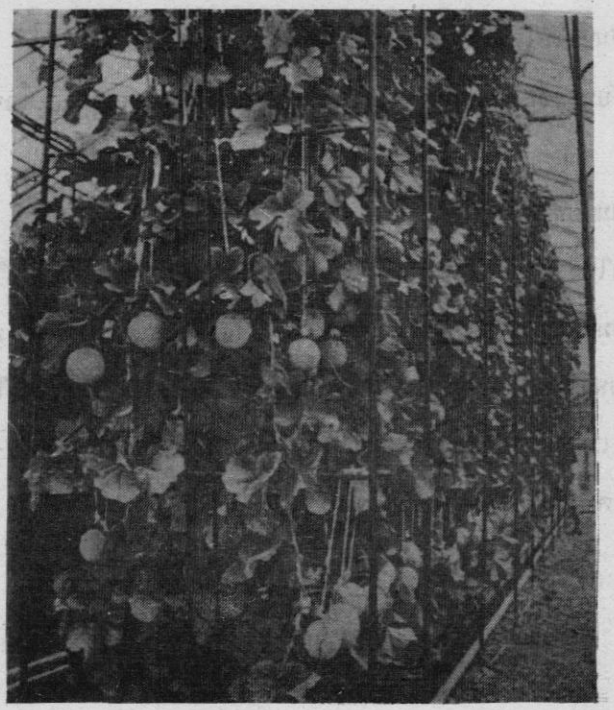
7.10.2 ปุ๋ยเคมีให้ธาตุอาหารประกอบ

ธาตุอาหารประกอบต่างๆ ควรอยู่ในสภาพสารละลาย โดยเฉพาะธาตุเหล็กควรอยู่ในสารละลายที่มีคีเลต และมีพีเอช 5-6 โดยทั่วไปสารเคมีที่ให้

เหล่านี้มักเป็นเกลือที่มีฤทธิ์เป็นกลาง ซึ่งละลายในน้ำอยู่แล้ว ตอนนี้ถ้าปรับให้สารละลายของธาตุเหล่านี้มีพีเอช 5-6 ก่อนที่จะนำไปผสมในถังผสมปุ๋ย จะไม่มีปัญหาใดๆ เมื่อผสมสารละลายเหล่านี้ลงในถังผสมปุ๋ย

7.11 การปลูกพืชโดยให้สารอาหารอย่างต่อเนื่อง

ระบบการปลูกพืชแบบนี้มักจะไม่ใช้ดินเป็นเครื่องปลูก แต่จะใช้วัสดุปลูกที่เป็นกลาง คือไม่มีสารอาหารหรือดูดยึดสารอาหารของพืชไว้ ระบบนี้นิยมให้สารละลายอาหารพืชพร้อมกับการให้น้ำแบบหยด โดยพยายามควบคุมการให้น้ำ และสารละลายอาหารพืชให้พอดีกับที่พืชใช้ เพื่อลดการสูญเสีย เพราะวิธีนี้จะไม่นำน้ำที่จ่ายเกินจากที่พืชใช้ กลับมาใช้ในระบบอีก จะทิ้งไปหรือนำไปใช้รดน้ำต้นไม้ที่ปลูกในดินธรรมดา (ดูรูปที่ 7.8)

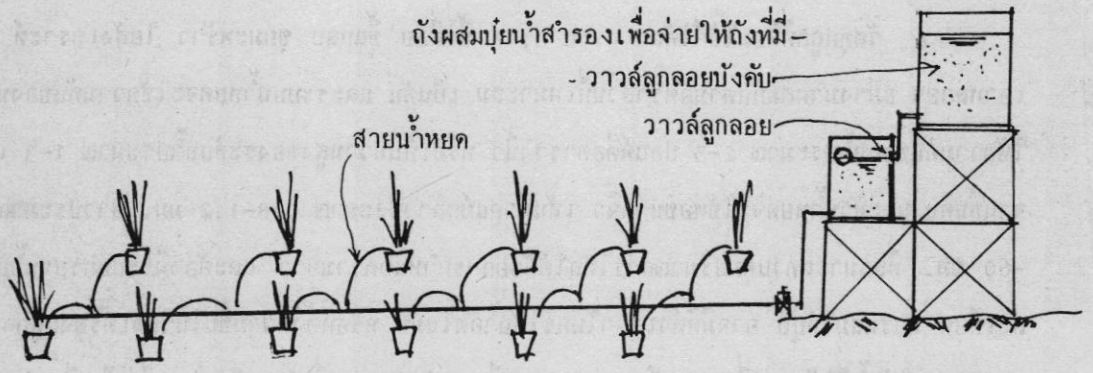


รูปที่ 7.8 ปลูกแคนตาลูปในวัสดุเครื่องปลูกที่เป็นทรายและให้น้ำแบบหยด

วัสดุปลูกที่นิยมใช้ก็ได้แก่ ทราย กรวด ขี้เลื่อย ขี้แกลบ ขุยมะพร้าว ใยสังเคราะห์ หรือเอาหลายๆ อย่างมาผสมกันตามอัตราส่วนที่เหมาะสม เป็นต้น และระบบน้ำหยดจะใช้ความดันของน้ำต่ำ ใช้ความดันของน้ำประมาณ 2-5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือเป็นความสูงของระดับน้ำประมาณ 1-3 เมตร จากพื้นดิน และหัวน้ำหยดจะใช้ท่อขนาดจิ๋ว เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.8-1.2 มม. ยาวประมาณ 30 -60 ซม. ที่สามารถควบคุมปริมาณการไหลได้ด้วยการกำหนดความยาว และต้องมีระบบกรองน้ำอย่างละเอียด การผสมให้ปุ๋ย อาจมีที่ตั้งเวลาในกรให้น้ำอัตโนมัติ หรือที่ตั้งความชื้นในวัสดุเครื่องปลูก เพื่อควบคุมการให้น้ำก็ได้ ดูรูปที่ 7.9 เป็นการปลูกมะเขือเทศในทราย ซึ่งบรรจุในท่อปูนที่ผ่าซีก มีการควบคุมการให้สารละลายอาหารพืชด้วยระบบน้ำหยด ซึ่งสามารถทำได้หลายรูปแบบเช่น

ก) โดยการผสมสารละลายอาหารพืชตามอัตราส่วนที่เหมาะสม หรือจะผสมเป็นระยะๆ ก็แล้วแต่ สิ่งสำคัญคือการกำหนดและบังคับอัตราการจ่ายน้ำของหัวน้ำหยดให้ได้ตามที่ต้องการนั้น เป็นเรื่องที่จะต้องพิจารณา รูปที่ 7.10 การควบคุมการไหลด้วยระดับความสูงของสารละลายอาหารพืชให้คงที่ด้วยการใช้วาวล์ลูกลอยที่ทำด้วยพลาสติกบังคับ คล้ายๆในระบบโถชักโครก ต่างกันที่ชักโครกใช้น้ำประปาเข้าถัง แต่ของเราใช้ถังผสมสารอาหารพืชเป็นที่จ่ายน้ำสำรอง

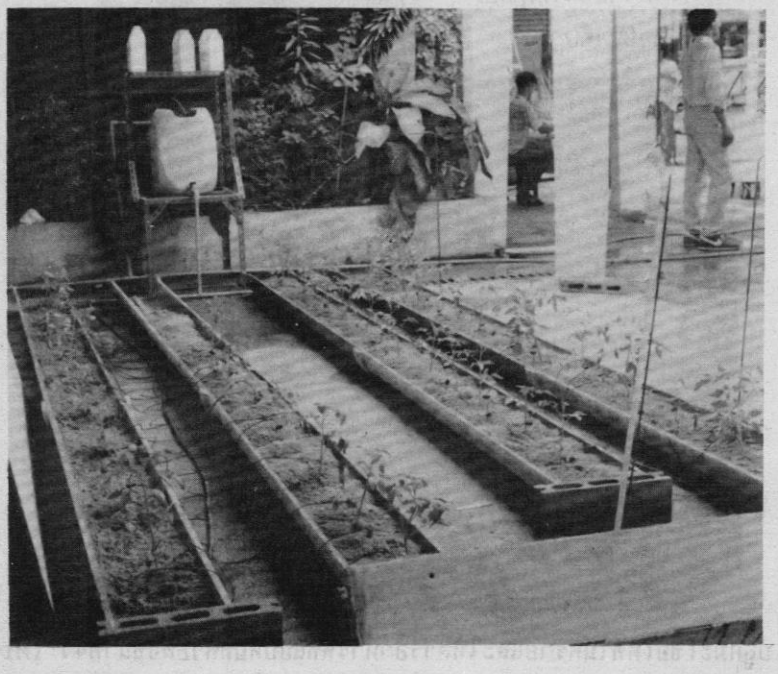
รูปที่ 7.9 ปลูกมะเขือเทศในทรายและให้สารอาหารพืชแบบหยดด้วยท่อขนาดจิ๋ว (Microtube) ที่ใช้ถังสำรองปุ๋ยน้ำ



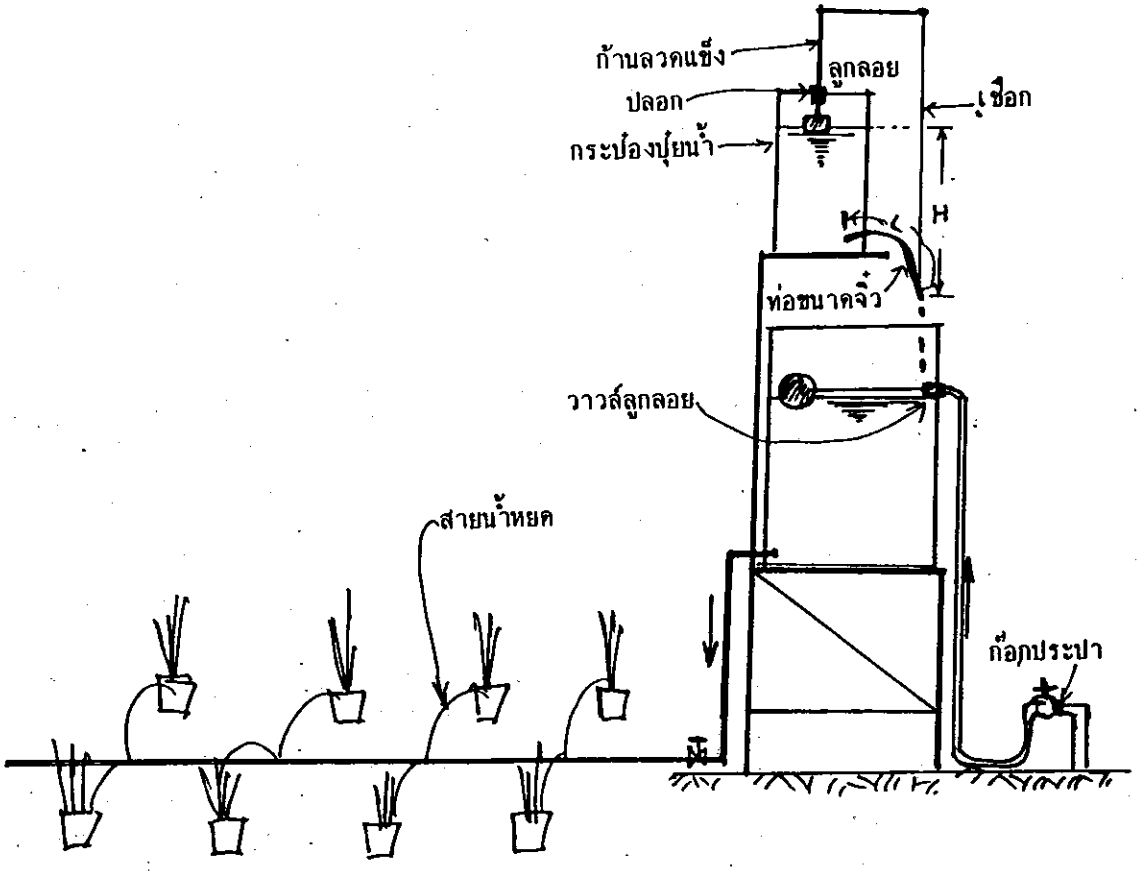
รูปที่ 7.10 แสดงผังการให้น้ำแบบหยดที่ใช้ถังสำรองสารอาหารพืช

สำหรับท่อขนาดจิ๋วที่ควบคุมการให้น้ำแบบหยดนั้น จะต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดท่อ ความยาวของท่อ และระดับความสูงของน้ำที่จ่ายออก ในที่นี้ใช้ท่อฉนวนสายไฟขนาด 0.5 มม.^{2} หรือเส้นผ่าศูนย์กลางของรู 0.8 มม. ซึ่งดึงเอาทองแดงออก และทดลองหาความสัมพันธ์ได้ดังกราฟรูปที่ 2.10

ข) สำหรับการใช้วิธีหยดสารละลายอาหารพืชเข้มข้นผสมกับน้ำประปา ตามอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้น้ำแบบหยดแก่พืช ดังในรูปที่ 7.11 ซึ่งปลูกมะเขือเทศในทรายนั้น ก็อาศัยหลักการของวาวล์ลูกลอยควบคุมระดับเช่นกัน แต่ว่าเป็นการควบคุม 2 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 7.12

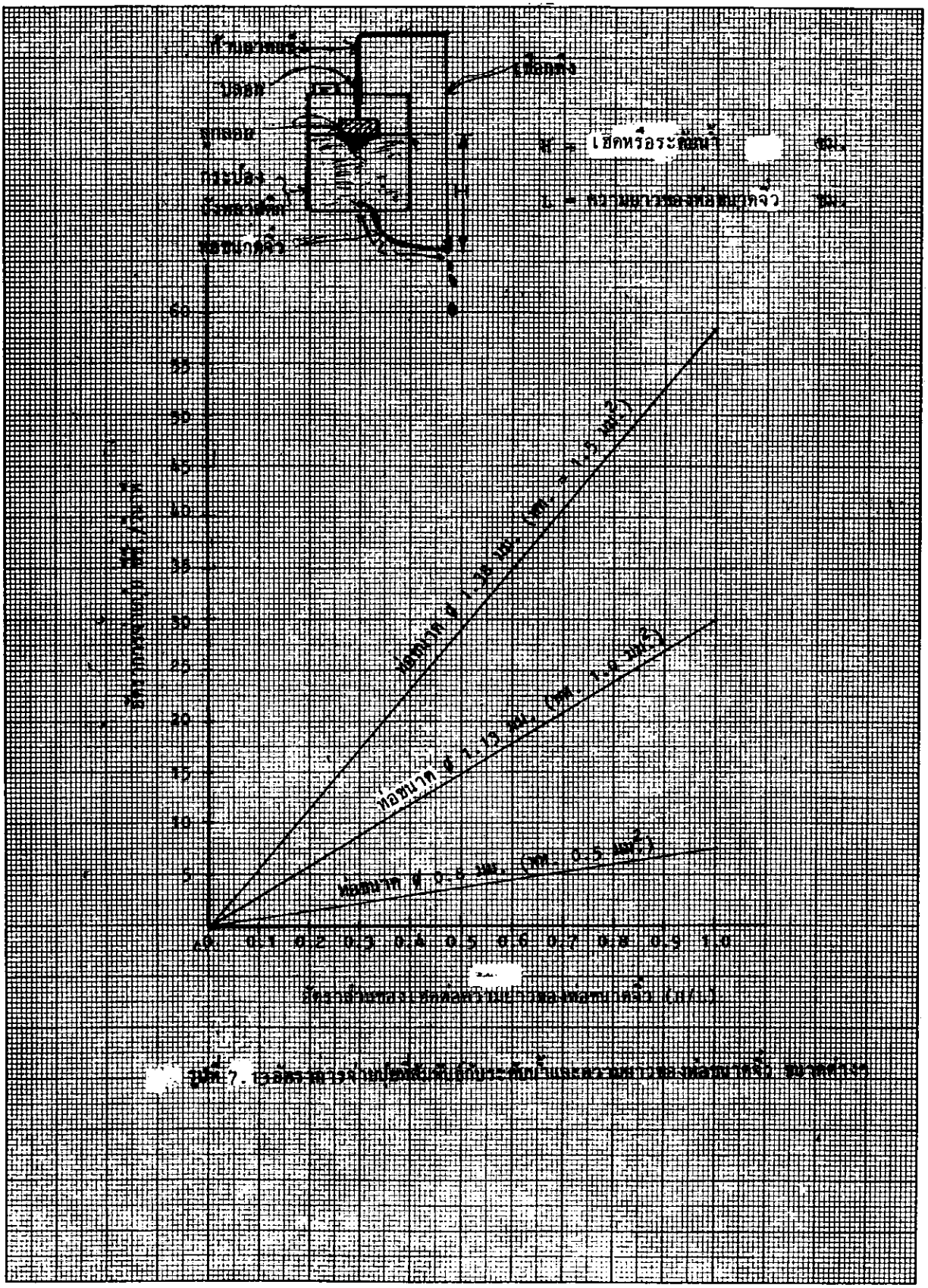


รูปที่ 7.11 การปลูกมะเขือเทศในทรายด้วยระบบน้ำหยดที่ผสมสารอาหารพืชในน้ำประปาแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 7.12 แสดงการควบคุมระดับน้ำจากประปาและการหยดผสมสารละลายอาหารพืชเข้มข้นเข้าผสมในถังน้ำประปา

สำหรับหลักการและอัตราการจ่ายปุ๋ย โดยกระป๋องที่มีลูกลอยบังคับระดับโดยการใส่แกนลวดแข็ง เพื่อโยงท่อขนาดจิ๋วให้มีระดับคงที่ และจะได้อัตราการจ่าย ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำ ขนาดท่อ และความยาวของท่อขนาดจิ๋ว ดังรูปที่ 7.13 ซึ่งได้จากการทดลองให้ท่อฉนวนสายไฟที่ดึงเอาลวดทองแดงออก ขนาด ϕ 0.8 มม. (พท. 0.5 มม.^{2}), ขนาด ϕ 1.13 มม. (พท. 1.0 มม.^{2}) และขนาด ϕ 1.38 มม. (พท. 1.5 มม.^{2})


ก๊อกหรือระดับน้ำ
ท่อยางหรือสายยาง
ปลอก
ลูกลอย
ก้านโยก
ข้อต่อสามทางหรือข้อต่อเกลียว
ท่อพีวีซี
ก๊อกหรือระดับน้ำ
ความยาวของท่อพีวีซีและข้อต่อเกลียว
ความดันน้ำ (เมตร)
ท่อขนาด ø 1.5 นิ้ว (พื้นที่ 1.5 ตร.นิ้ว)
ท่อขนาด ø 1.25 นิ้ว (พื้นที่ 1.25 ตร.นิ้ว)
ท่อขนาด ø 0.5 นิ้ว (พื้นที่ 0.5 ตร.นิ้ว)
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0

รูปที่ 7. ...

บทที่ 8

การติดตั้งระบบชลประทานน้ำหยดและการดำเนินงาน

การติดตั้งระบบการให้น้ำแบบหยดไม่ใช่เรื่องยาก สิ่งสำคัญอยู่ที่ว่าจะต้องดอยดูแล และบำรุงรักษา เพื่อให้ได้รับผลประโยชน์อย่างเต็มที่ จากระบบที่ได้ออกแบบไว้อย่างดีแล้ว

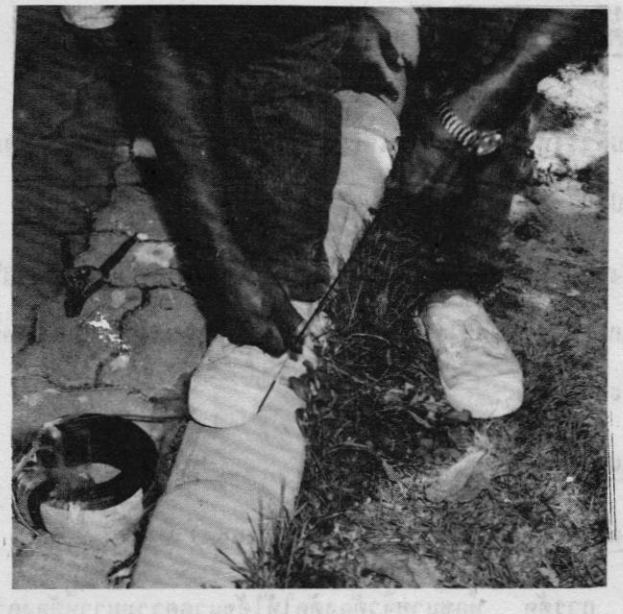
บทนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการปฏิบัติและข้อแนะนำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการติดตั้งส่วนประกอบต่างๆ ของระบบ เพื่อช่วยทำให้มั่นใจได้ว่า การทำงานจะมีประสิทธิภาพดีตามที่ออกแบบและมีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม

8.1 การติดตั้งหัวปล่อยน้ำแบบต่างๆ

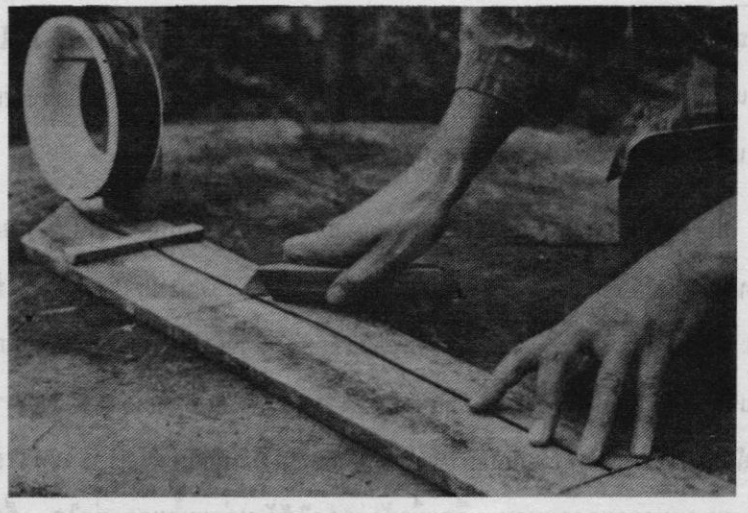
8.1.1 หัวปล่อยน้ำชนิดใช้ท่อขนาดจิ๋ว (Microtube)

ก. การตัด ท่อขนาดจิ๋วต้องตัดให้ได้ขนาดความยาวที่ต้องการ ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน (± 1 ซม.) การตัดต้องปราณีต และจะต้องไม่ตัดให้รูปหน้าตัดของท่อเสียทรง ตัดเป็นรูปปากฉลามทำมุมประมาณ 45° เพื่อป้องกันท่อขนาดจิ๋วไม่ให้ชนผนังของท่อแขนง เมื่อดอนเสียบท่อขนาดจิ๋วเข้าไปในท่อแขนง มีดที่ใช้ตัดจะต้องมีความคม เช่น คัตเตอร์ (Cutter) หรือใบมีดโกน วิธีตัดที่ง่ายและรวดเร็ว แสดงไว้ในรูปที่ 8.1 หรือถ้าใช้สายไฟที่รูดออกจากทองแดง จะต้องวัดความยาวให้เผื่อไว้ 2-3 ซม. เพื่อตัดบริเวณปลายส่วนที่รูดออกทิ้ง

ข. วิธีดึงเอาลวดทองแดงออกจากฉนวนสายไฟ ปกติสายไฟเส้นเดี่ยวที่ขายในท้องตลาดจะเป็นม้วนมีความยาว 100 เมตร และมีหลายสีให้เลือก แต่ที่เหมาะจะนำมาใช้เป็นหัวน้ำหยดชนิดท่อขนาดจิ๋ว (Micro tube) นั้น ควรจะต้องใช้สีดำ แต่สีอื่นๆ ก็พอใช้ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก ถ้าซื้อเป็นม้วนจะถูกกว่าซื้อปลีกประมาณ 20-30% ส่วนการดึงเอาลวดทองแดงออกจากฉนวนสายไฟนั้น ที่ถูกต้องแล้วควรเป็นการรูดฉนวนสายไฟออกจากทองแดงมากกว่า เพราะจะทำได้สะดวกและง่ายกว่าการดึงเอาทองแดงออกจากฉนวน คือเมื่อต้องการใช้หัวปล่อยน้ำยาวเท่าใด ก็วัดความยาวของสายไฟเท่าที่ต้องการ แล้วใช้คีมสำหรับปอกสายไฟตัดเฉพาะฉนวนให้ขาดจากกัน โดยไม่ให้ลวดทองแดงขาด และถ้าสายไฟส่วนที่จะรูดเอาฉนวนออกนั้นบิดงอหรือไม่ตรง ควรใช้ผ้าแห้งๆ รูดให้มีลักษณะตรงเสียก่อน แล้วจึงใช้หัวแม่มือกับนิ้วชี้เริ่มรูดฉนวนบริเวณส่วนที่ตัดไว้ออกจากฉนวนทองแดง



การรูดฉนวนสายไฟ



รูปที่ 8-1 การตัดท่อขนาดจิ๋วตามความยาวที่ต้องการ

ฉนวนสายไฟก็จะหลุดออกได้โดยง่าย และถ้าต้องการหัวปล่อยน้ำที่ยาวเกินกว่า 100 ซม. ควรใช้ผ้าแห้งรูดแรงๆ หลายๆ เที่ยว เพื่อให้สายไฟตรงที่สุด และเกิดการเสียดสีจนร้อน ในขณะที่ใช้ผ้ารูดสายนั้น ควรเอาอีกมือช่วยหมุนสายให้ฉนวนกับลวดทองแดงหลวมตัวจากกัน จะทำให้รูดท่อฉนวนออกได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าไม่จำเป็น ก็ไม่ควรใช้หัวปล่อยน้ำยาวเกินกว่า 100 ซม. เพราะอาจจะทำให้สิ้นเปลืองรายจ่ายมากขึ้น แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้ยาวกว่า 100 ซม. ควรใช้วิธีต่อกันสองท่อนให้ยาวเท่าที่ต้องการ โดยใช้ที่ พีวีซี หรือท่อยางขนาดจิ๋วที่สายไฟเสียบได้แน่นพอดี ซึ่งหาซื้อได้ในท้องตลาดตัดเป็นท่อนสั้นๆ เอาไว้ต่อสายให้ยาวได้ตามต้องการ ปกติสามารถรูดฉนวนได้ไม่ต่ำกว่าชั่วโมงละ 60 เมตร ยิ่งถ้าใช้สองคนช่วยกันจับจะทำให้รูดได้เร็วขึ้น

สิ่งที่ไม่ควรปฏิบัติในการเอาฉนวนสายไฟออกจากลวดทองแดงคือ แทนที่จะใช้วิธีการรูดฉนวนสายไฟออก กลับใช้วิธีดึงฉนวนทางด้านปลาย ซึ่งถ้าใช้แรงดึงมากๆ อาจจะทำให้ท่อฉนวนยืดได้ เป็นเหตุให้เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อฉนวนอาจเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำที่ไหลต่างไปจากที่ได้ทดลองไว้ แต่อย่างไรก็ตาม แม้ในต่างประเทศก็ไม่สามารถผลิตท่อขนาดจิ๋วให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในได้สม่ำเสมอเท่ากันตลอด ยังยอมให้มีค่าคลาดเคลื่อนจากการผลิตได้ประมาณ 10% แต่สายไฟถ้ารูดดีๆ จะมีความแตกต่างกันน้อยมาก ไม่เกิน 2% จึงนับว่าใช้ได้ผลถูกต้องดี

ค. <u>การเสียบท่อขนาดจิ๋วกับท่อแขนง</u> เจาะรูที่ท่อแขนงด้วยเครื่องเจาะรู ซึ่งอาจจะใช้ที่เจาะรูเข็มขัดหรือเครื่องเจาะที่ทำขึ้นเฉพาะ โดยเจาะรูให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดท่อจิ๋วเล็กน้อย แล้วใช้เหล็กปลายแหลมขยายรูชั่วครู่ เพื่อทำให้ท่อขนาดจิ๋วเสียบเข้าได้โดยง่าย หลังจากที่เราดึงที่เจาะออก หรือมิฉะนั้นเมื่อเจาะรูแล้ว จะต้องรีบเสียบท่อขนาดจิ๋วเข้าไปทันที ก่อนที่ท่อจะคืนตัว และโดยปกติเราจะเสียบท่อขนาดจิ๋วเข้าไปในรูที่เจาะจนกระทั่งปลายท่อไปสัมผัสกับผนังท่อด้านในของท่อแขนง ส่วนที่เหลือโผล่ออกมาเล็กน้อย เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถว จะสะดวกในการวางท่อ และเก็บเมื่อสิ้นสุดฤดูกาลเพาะปลูก หรือเพื่อประโยชน์ในการเคลื่อนย้ายท่อไปให้น้ำแก่แถวอื่น เช่น การใช้กับมะเขือเทศ สตรอเบอรี่ เป็นต้น การเจาะและเสียบท่อที่ถูกวิธีจะไม่มีน้ำไหลซึม หรือท่อขนาดจิ๋วหลุดออกมาได้ ด้วยวิธีดังกล่าว สามารถทนความดันได้ถึง 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือมากกว่า แต่ถ้าใช้ท่อขนาดจิ๋วที่เป็นพีวีซี ควรใส่ตาไก่ป้องกันการรัดตัวของผนังท่อ มิฉะนั้นท่อขนาดจิ๋วบริเวณที่เสียบนั้นอาจบีบตันได้

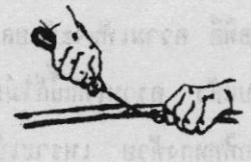
สำหรับกรณีที่ท่อขนาจิ๋วไม่ได้ควบคุมอัตราการไหลด้วยความยาวของท่ออย่างแท้จริง เพื่อความสะดวกในการควบคุมอัตราการไหล มักจะนิยมใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่มีเกลียวปรับอัตราการไหลได้เสียบต่อที่ปลายท่อขนาดจิ๋ว เพื่อปรับอัตราการไหลตามต้องการ ฉะนั้นความยาวของท่อจึงไม่สำคัญเพียงแต่ให้ยาวพอเหมาะสำหรับการกระจายน้ำตามจุดที่ต้องการ ปกตินิยมยาวไม่เกิน 1.00 เมตร และใช้กับพืชไม้ผลต่างๆ เช่น มะม่วง มะขาม เงาะ ทุเรียน ลิ้นจี่ เป็นต้น สำหรับที่ปลายของหัวปล่อยน้ำชนิดนี้ควรมีขาตั้ง และมีที่บังแสง เพื่อให้ปลายอยู่สูงกว่าผิวดินไม่น้อยกว่า 5 ซม. จะทำให้สามารถสังเกตุได้ว่าน้ำไหลหรือไม่ และโคลนหรือทรายจะไม่ถูกดูดเข้าไปอุดตันเมื่อตอนปิดน้ำ และแสงแดดจะไม่ส่องที่ปลายหัวโดยตรง ทำให้ไม่เกิดตะไคร่น้ำและหินปูนจับที่ปลายหัว ในรูป 8.2 แสดงการติดตั้งท่อขนาดจิ๋วที่ปลายหัวมีขาตั้งและที่บังแสงแดด โดยใช้ฝาขวดและลวดทองแดงที่ดึงออกจากสายไฟเป็นที่ยึดหัวปล่อยน้ำ

ง. <u>ข้อดีของการใช้ฝาขวดหรือเศษท่อพีอีขนาดเล็กและลวดเป็นที่ยึดหัวปล่อยน้ำ</u>

1. ช่วยยึดหัวปล่อยน้ำให้อยู่กับที่ในตำแหน่งที่ต้องการ
2. ป้องกันแสงแดดและความร้อนจากดวงอาทิตย์ถูกที่ปลายหัวปล่อยน้ำโดยตรง
3. ป้องกันไม่ให้กระแสน้ำพุ่งออกจากหัวปล่อยน้ำเป็นสาย
4. ป้องกันตะกอนดินหรือทรายไหลเข้าหัวปล่อยน้ำเมื่อหยุดส่งน้ำ
5. ป้องกันไม่ให้เศษดินหรือโคลนกระเด็นเข้าไปอุดในหัวปล่อยน้ำเมื่อฝนตก
6. ทำให้สามารถสังเกตุเห็นการไหลของน้ำเป็นหยดได้จากระยะไกล
7. ใช้วัสดุเหลือใช้ให้เป็นประโยชน์
8. ทำได้ง่าย สะดวก และราคาถูก

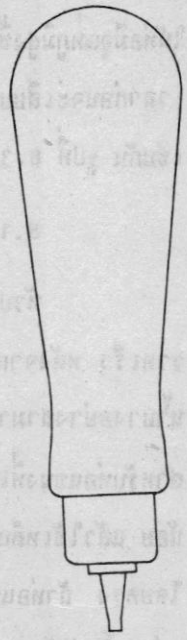
8.1.2 <u>การเสียบหัวปล่อยน้ำชนิดต่อเป็นส่วนของท่อแขนง</u>

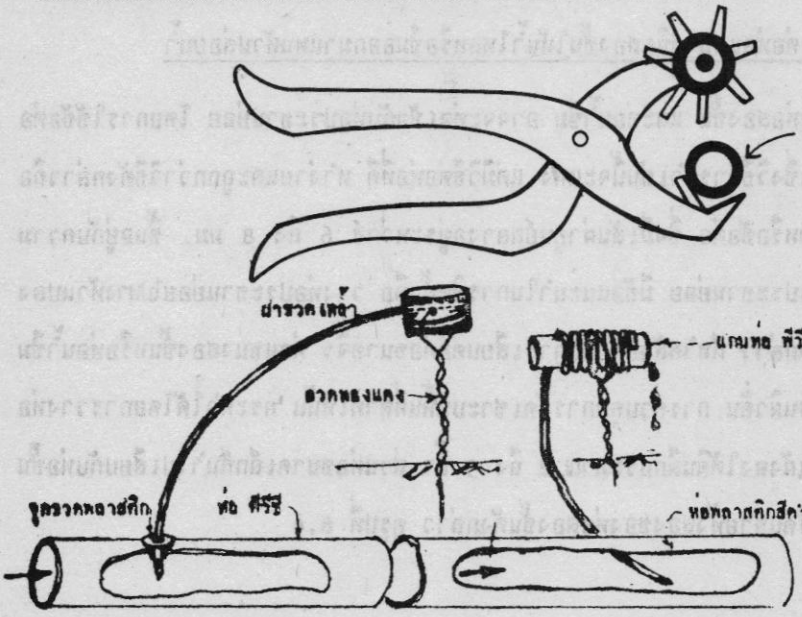
โดยทั่วไปท่อแขนงที่มีหัวปล่อยน้ำชนิดต่อเป็นส่วนของท่อแขนง จะมีระยะห่างของหัวปล่อยน้ำที่กำหนดไว้แล้วจากโรงงาน อย่างไรก็ดี ท่อแขนงและหัวปล่อยน้ำ สามารถประกอบได้เองภายหลังตามระยะห่างที่ต้องการ โดยมีขั้นตอนดังนี้ ตัดท่อแขนงให้ได้ความยาวเท่ากับระยะห่างของหัวปล่อยที่ใช้แล้วก็เสียบต่อหัวปล่อยน้ำเข้ากับท่อแขนง ซึ่งก็ทำได้โดยง่ายถ้าใช้วิธีนำท่อแขนงไปอังความร้อน วิธีนี้



ก. การใช้เหล็กปลายแหลมแทงท่อขนิดอ่อน

ข. การเสียบหัวปล่อยน้ำ





จ. การต่อหัวปล่อยน้ำกับท่อ พีวีซี

ฉ. การพันหัวปล่อยน้ำเป็นเกลียวบนแกนท่อ พีวีซี

รูปที่ 8.2 การเจาะเสียบท่อขนาดจิ๋วและการติดตั้งที่มีขายึดประกอบที่บังแสงแดด

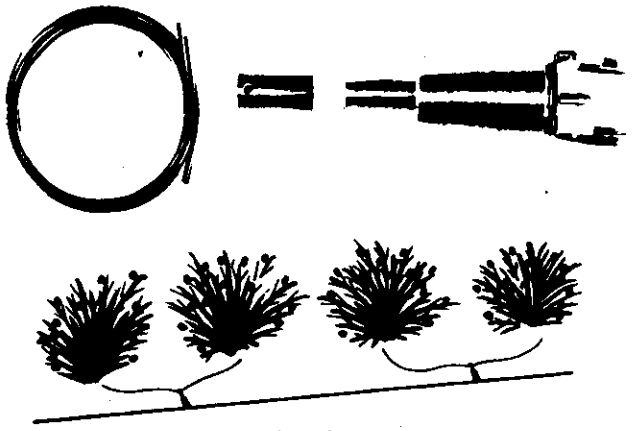
เพื่อเป็นการลดความเสียหายที่อาจเกิดจากการฉีกขาดของท่อแขนงตามแนวยาวได้อย่างมาก ความเค้นที่เกิดจากการที่เราเอาหัวปล่อยน้ำยัดใส่เข้าไปในท่อแขนงที่เป็นท่อพีอี ความเค้นจะน้อยลงมาก ถ้าทำให้ท่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น ถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะลดลงหลังจากการประกอบแล้ว ความเค้นนี้ก็ไม่เพิ่มขึ้น และเวลาก่อนจะเสียบควรจะต้องดูทิศทางการไหลจากหัวปล่อยน้ำให้ถูกทิศทางด้วย เพราะเป็นเรื่องสำคัญเช่นกัน รูปที่ 8.3 การต่อหัวปล่อยน้ำแบบเสียบในท่อและบนท่อแบบต่างๆ

8.1.3 <u>การเสียบหัวปล่อยน้ำชนิดที่ติดบนท่อแขนง</u>

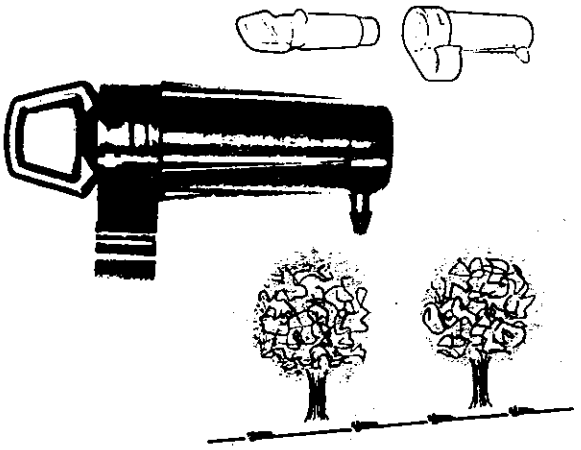
หัวปล่อยน้ำประเภทนี้ ติดตั้งโดยเจาะผนังท่อและเสียบต่อเข้าไปบนท่อที่เจาะรูนั้นอย่างรวดเร็ว หลังจากที่ดึงเครื่องเจาะออกแล้ว เพราะรูยังขยายอยู่จะทำให้เสียบได้ไม่ลำบากนัก หัวปล่อยน้ำบางอย่างสามารถต่อได้กับท่อแขนงที่ฝังใต้ดิน โดยใช้ท่อขนาดเล็กต่อยื่นออกมาให้อยู่เหนือผิวดิน สำหรับท่อแขนงที่เป็นพีอี. การจะต่อท่อที่ยื่นออกมานั้น ควรใช้วิธีเจาะรูให้มีขนาดเล็กกว่าที่ต้องการเล็กน้อย แล้วใช้เหล็กเสียบแทงเข้าไปในรู เพื่อให้รูขยายชั่วคราว หลังจากดันเหล็กก็เสียบท่อยื่นเข้าไปได้โดยตรง ถ้าท่อแขนงเป็นพีวีซี จะใช้วิธีนี้ไม่ได้ จะต้องใส่แหวนยา ในรูที่เจาะก่อนยัดท่อยื่น หรือหัวปล่อยน้ำเข้าไป

8.1.4 <u>การต่อท่อแขนงชนิดสองชั้นให้น้ำไหลหรือซึมออกมาแทนหัวปล่อยน้ำ</u>

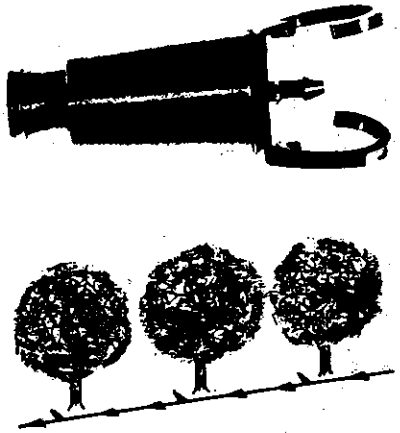
ท่อแขนงที่เป็นท่อสองชั้น และท่อน้ำซึม อาจจะต่อเข้ากับท่อประธานย่อย โดยการใช้ข้อต่อสามทางพลาสติกและที่รัดท่อซึ่งวิธีการทำเช่นนี้จะแพง แต่มีวิธีต่อท่อที่ดี ทำง่ายและถูกกว่าวิธีดังกล่าวคือการใช้ท่อขนาดเล็กต่อเชื่อมหรือข้อต่อ ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 6 ถึง 8 มม. ขึ้นอยู่กับความยาวของท่อสองชั้นที่ต่อกับท่อประธานย่อย มีข้อแนะนำในการติดตั้งคือ วางท่อประธานย่อยไปทางหัวแปลง การต่อท่อเชื่อมขนาดเล็กดังกล่าว ก็ทำคล้ายๆ กับการเสียบต่อท่อขนาดจิ๋ว ท่อแขนงสองชั้นหรือท่อน้ำซึมจะวางไปตามยาวของแถวบนผิวดิน การควบคุมการกัดเซาะบนพื้นที่ลาดเทนั้น กระทำได้โดยการวางท่อลงในร่องตื้นๆ หรือโดยการฝังลงใต้ดินลึกประมาณ 2 ถึง 3 นิ้ว ส่วนท่อขนาดเล็กก็นำไปเสียบกับท่อชั้นในที่เจาะรูแล้ว มีอุปกรณ์ที่รัดปลายทั้งสองของท่อสองชั้นดังกล่าว ดูรูปที่ 8.4



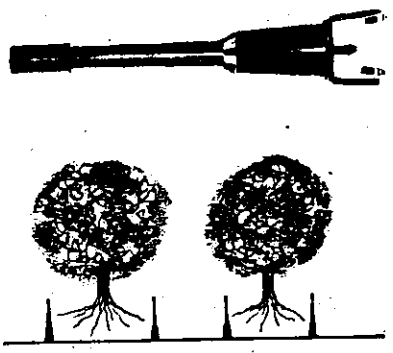
หัวปล่อยน้ำต่อยื่นออก



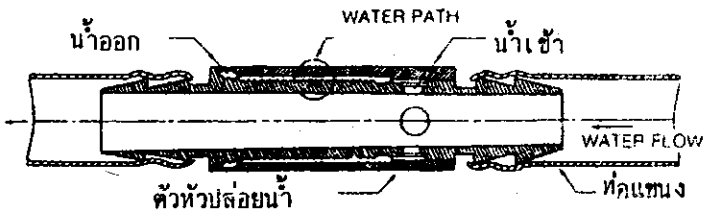
หัวปล่อยน้ำต่อบนท่อแขนง



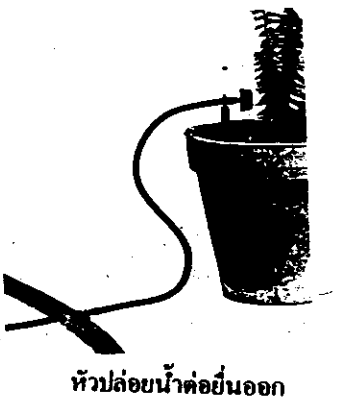
หัวปล่อยน้ำบนท่อแขนง



ท่อแขนงฝังใต้ดิน

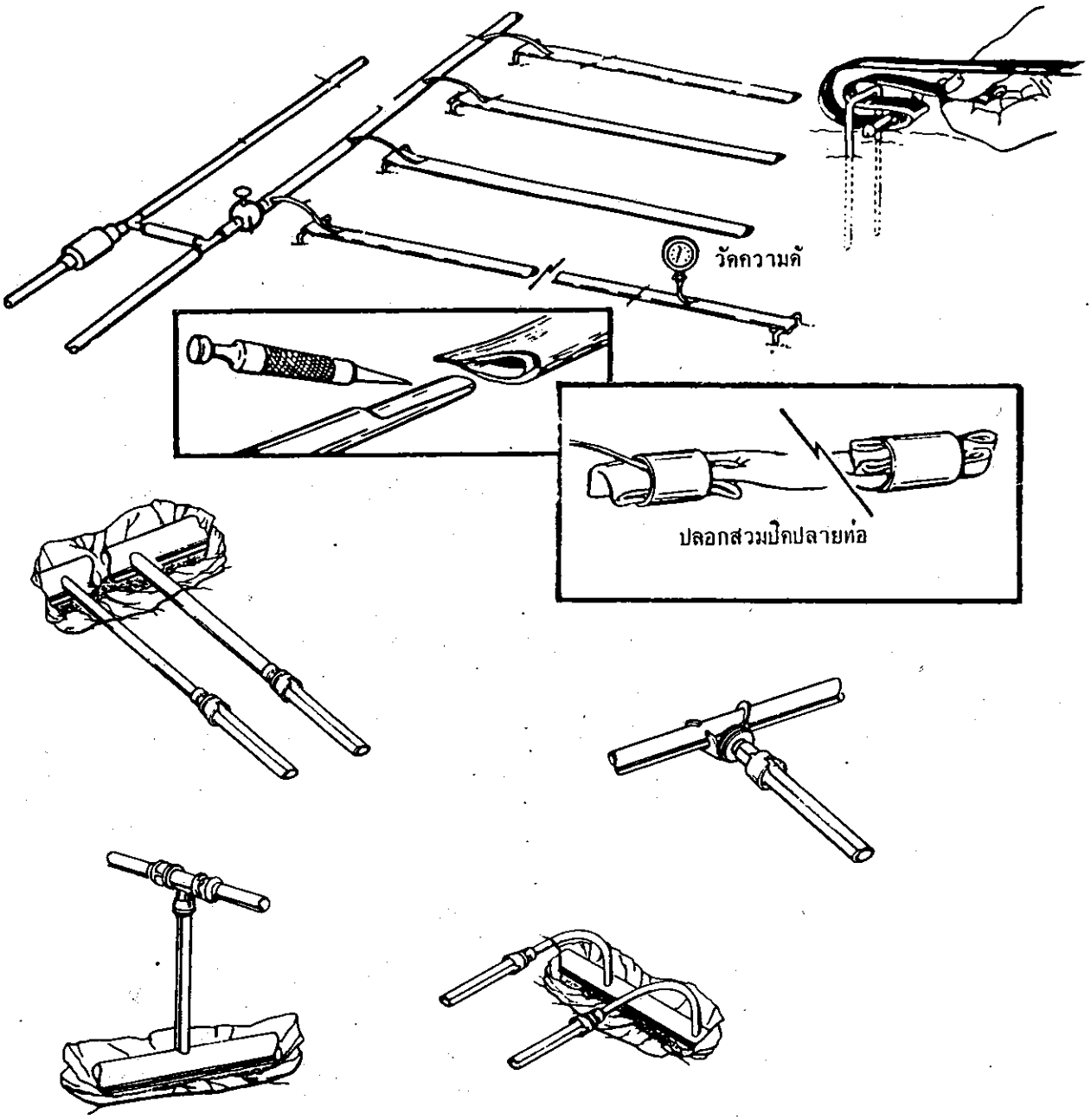


หัวปล่อยน้ำต่อในท่อแขนง



หัวปล่อยน้ำต่อยื่นออก

รูปที่ 8.3 การต่อหัวปล่อยน้ำแบบต่าง ๆ ที่ต่อกับท่อแขนง



รูปที่ 8.4 การต่อท่อแขนงสองชั้นกับท่อประธานย่อย

8.2 การต่อท่อแขนงกับท่อประธานย่อย

8.2.1 ท่อประธานย่อยเป็นท่อพีอี

การต่อที่ง่ายที่สุด สำหรับการใช้งานที่ความดันไม่สูง (เฮดต่ำกว่า 20 เมตร) คือการใช้ท่อแขนงเสียบต่อเข้ากับท่อประธานย่อยโดยตรง โดยการเจาะท่อประธานย่อยด้วยเครื่องเจาะไม้ หรือดอกสว่านเจาะโลหะให้รูที่เจาะมีขนาดเล็กกว่าท่อแขนงเล็กน้อย ขยายรูที่เจาะด้วยเครื่องมือที่มีลักษณะคล้ายท่อนเหล็กที่มีปลายเรียวลงเล็กน้อย เสียบเข้าไปในรูที่เจาะ เมื่อดึงที่ขยายรูออก ก็ให้รีบเสียบท่อแขนงต่อกับท่อประธานย่อยอย่างรวดเร็ว ท่อแขนงต้องตัดปลายด้านที่จะเสียบเป็นมุม 45° การต่อแบบนี้ง่ายและประหยัด แต่อย่างไรก็ตามจะใช้วิธีนี้ได้ ท่อแขนงต้องเล็กกว่าท่อประธานย่อยไม่น้อยกว่า 2.5 เท่า สำหรับการต่อโดยวิธีเสียบเข้าในอุปกรณ์ข้อต่อที่ทำขึ้นเฉพาะนั้นมักจะมีราคาแพงกว่า แต่การใช้งานได้ดีกว่าเป็นต้น ขอให้จำไว้ว่า ท่อพีอีหากาวไม่ติด ห้ามต่อด้วยการหากาวเด็ดขาด

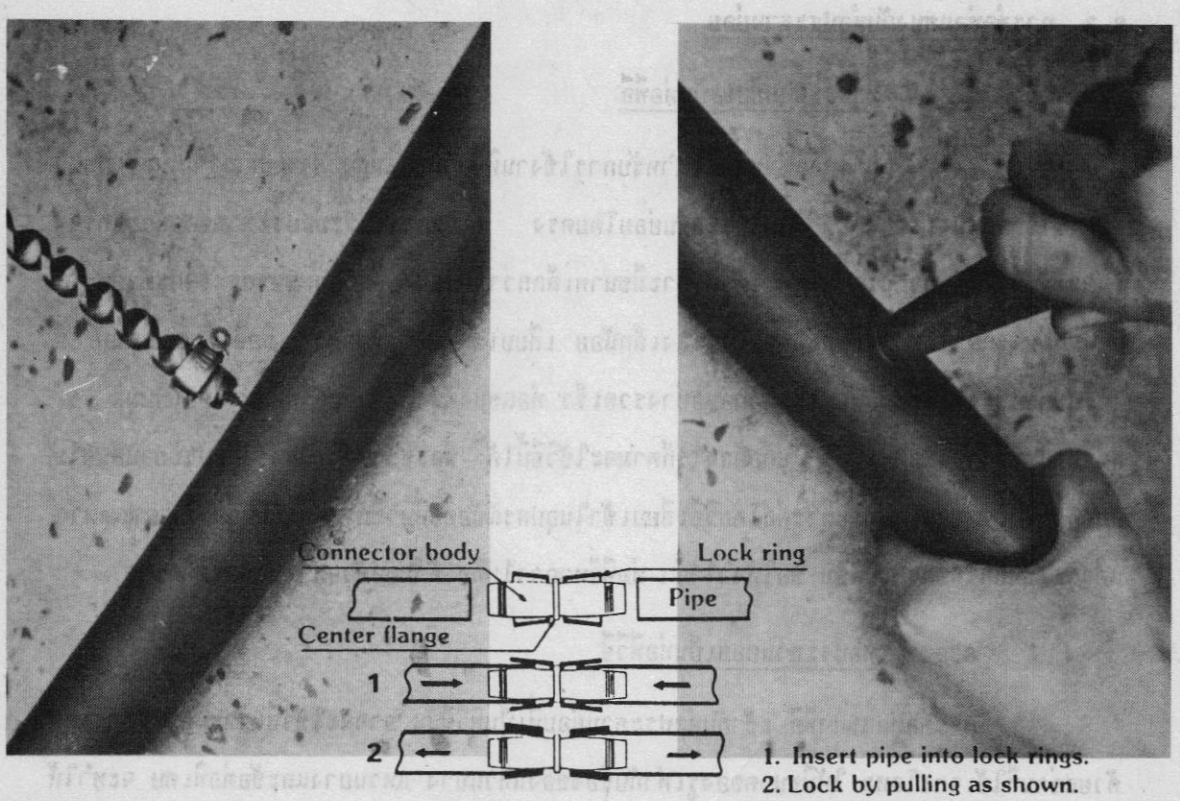
8.2.2 ท่อประธานย่อยเป็นท่อพีวีซี

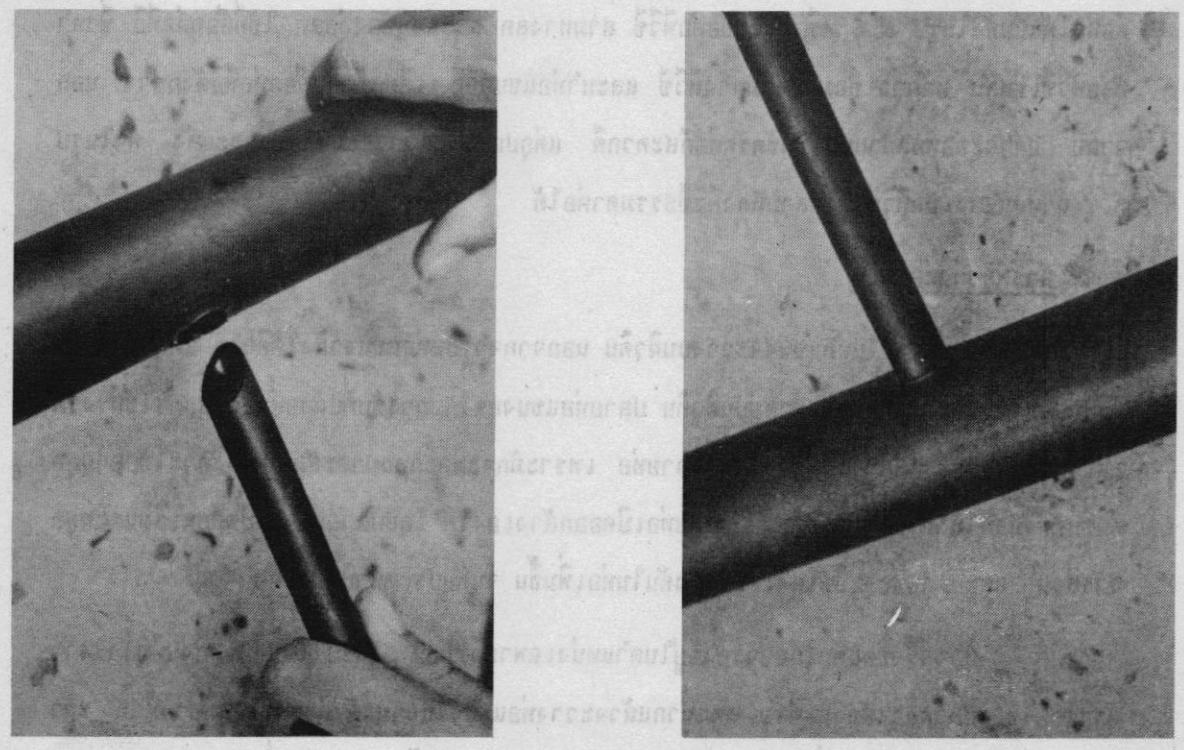
การต่อท่อแขนงพีอี เข้ากับท่อประธานย่อยที่เป็นพีวีซีนั้น อาจจะใช้วิธีเจาะท่อประธานย่อยด้วยสว่านที่ใช้เจาะโลหะ ให้มีขนาดของรูเท่ากับร่องของแหวนยาง แหวนยางและข้อต่อพิเศษ จะทำให้ต่อท่อได้แน่นดังในรูป 8.6 หรือจะใช้ข้อต่อพีวีซี สามทางลด และส่วนของท่อลด ใช้ที่ล็อคท่อพีอี ซึ่งทำด้วยพีวีซีเช่นกัน หากาวเชื่อมกับสามทางพีวีซี และนำท่อแขนงพีอี เสียบทางที่ล็อคท่อพีอีดังกล่าว นอกจากนี้ อาจจะต่อท่อแยกแบบเข็มขัดรัดท่อก็สะดวกดี แต่อุปกรณ์ดังกล่าวจะมีขายเฉพาะแห่ง ดังในรูป 8.7 ถ้าท่อแขนงเป็นพีวีซี ก็ใช้สามทางพีวีซีธรรมดาต่อได้

8.3 การต่อวางท่อแขนง

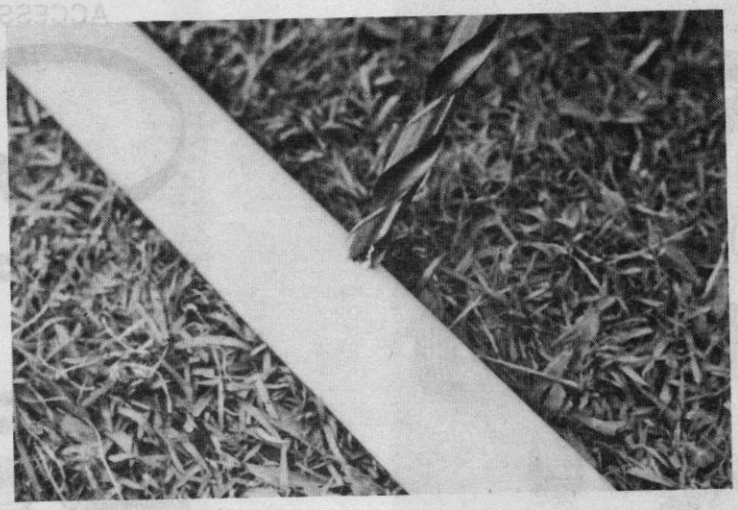
โดยทั่วๆ ไปท่อแขนงจะวางบนผิวดิน นอกจากจำเป็นท่อแขนงก็ฝังใต้ดินได้ แต่ถ้าฝังใต้ดินหัวปล่อยน้ำควรจะต้องต่อยื่นขึ้นมาอยู่บนผิวดิน ปลายท่อแขนงอุดโดยการพับที่ปลายท่อ ด้วยการใช้ห่วงรัด เพื่อเป็นการสะดวกในการเปิดออกล้างที่ปลายท่อ เพราะมักจะมีตะกอนมาสะสมอยู่ หรือจะใช้ปลายอุดท่อชนิดดึงออกได้ หรืออาจจะใช้ชนิดที่ปลายท่อเปิดออกล้างเองได้ โดยปลายท่อจะเปิดตอนเริ่มและหยุดการส่งน้ำ และปลายท่อจะปิดเองเมื่อมีแรงดันในท่อเพิ่มขึ้น จนดันประตูน้ำปิดตัวเอง

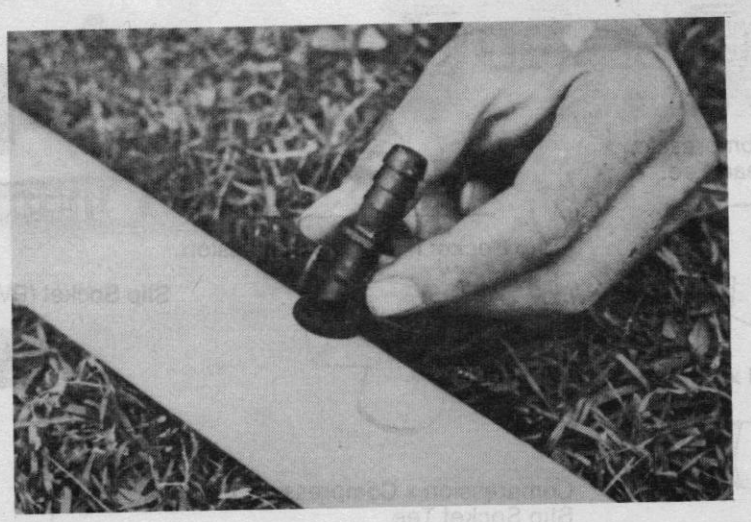
บางครั้งท่อแขนงก็อาจวางอยู่ในตำแหน่งเฉพาะที่ เช่น สำหรับใช้กับแปลงอุ่นที่มีการวางค้างโดยใช้เส้นลวดขึงให้อุ่นเลื้อย ส่วนมากแล้วจะวางท่อแขนงไปตามเส้นลวดที่ขึงเส้นล่างที่สุด แล้วรัดท่อกับลวดด้วยเข็มท่อพีอี ที่ใหญ่กว่าท่อแขนงเล็กน้อย ตัดเป็นท่อนสั้นๆ ดังในรูปที่ 8.8



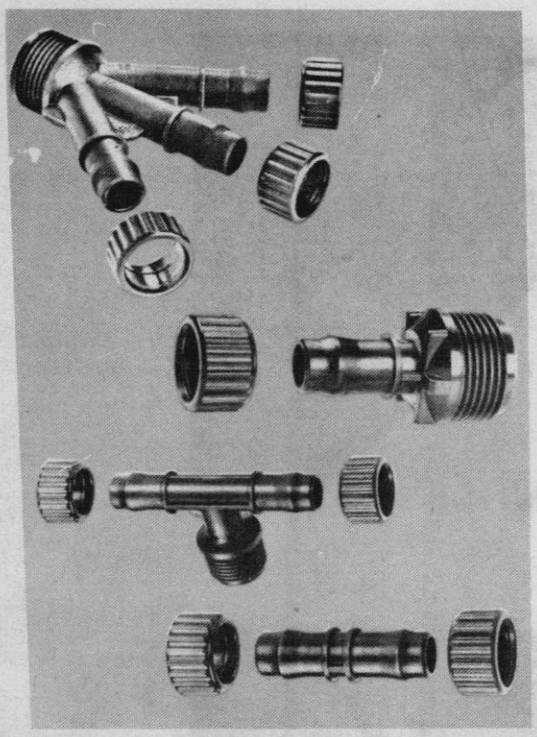


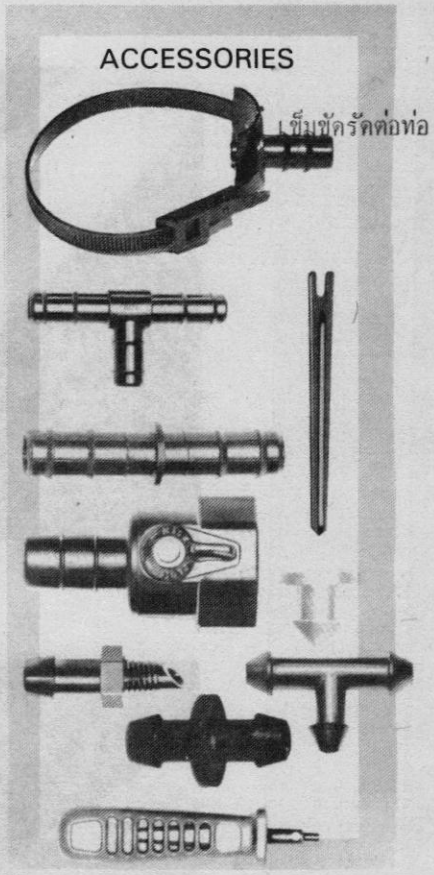
รูปที่ 8.5 การเจาะท่อประธานย่อยและยึดท่อแขนง



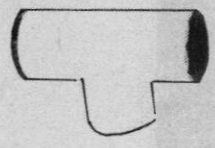


รูปที่ 8.6 การต่อท่อประธานย่อยพีวีซีกับท่อแขนงพีอี



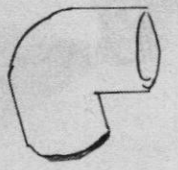


Compression x Compression x Female Pipe Thread Tee.

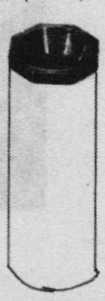


RAIN BIRD

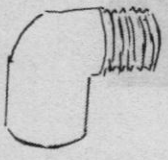
Slip Socket (PVC) x Compression ELL.



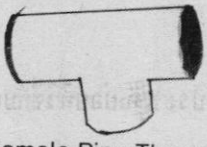
Slip Socket (PVC) x Compression.



Male Pipe Thread x Compression ELL.

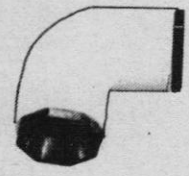


Compression x Compression x Slip Socket Tee



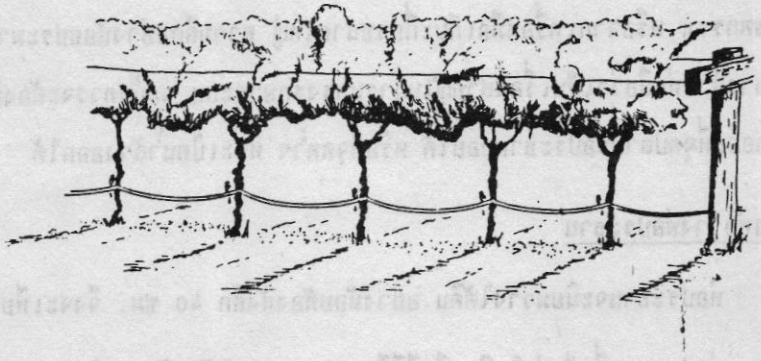
Male Pipe Thread x Compression.

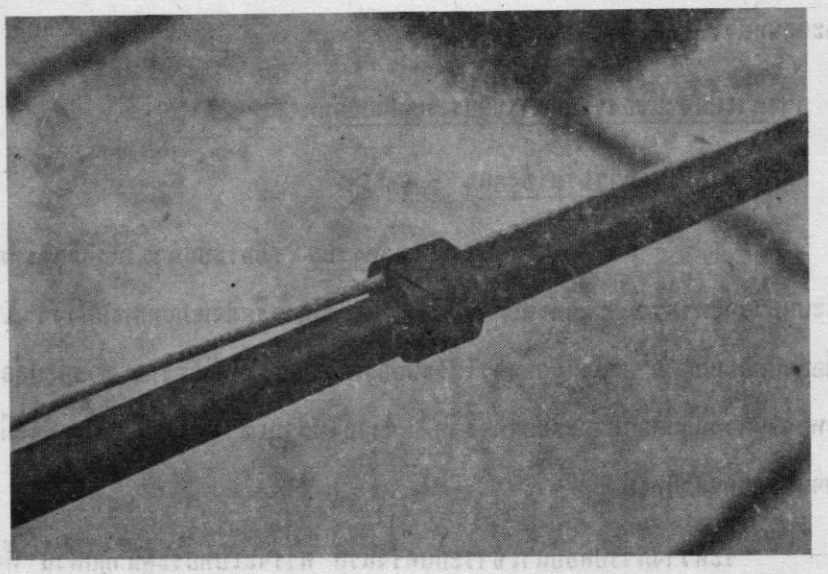
Compression x Compression ELL.



Female Pipe Thread x Compression.

รูปที่ 8.7 อุปกรณ์สำหรับการต่อท่อทั้งพีอีและพีวีซี





รูปที่ 8.8 การวางท่อแขนงโดยการขึงให้ลอยจากพื้นดิน

8.4 การต่อวางท่อประธานย่อย

นอกจากระบบที่มีการเคลื่อนย้ายทั้งระบบแล้วละก็ ท่อประธานย่อยจะฝังใต้ดิน ถึงแม้จะใช้ระบบท่อแขนงที่มีการเคลื่อนย้ายเมื่อสิ้นสุดฤดูกาลก็ตาม แต่ท่อประธานย่อยมักจะฝังใต้ดิน โดยทั่วๆ ไปแล้ว ท่อประธานย่อยจะวางขวางทิศทางของแถวพืช ดังนั้นควรจะฝังท่อให้ลึกพอ ที่จะไม่ได้รับอันตรายจากการเขตกรรม หรือจากเครื่องมือเก็บเกี่ยวขนาดใหญ่ ความลึกอย่างน้อยประมาณ 40 ซม. จึงจะเพียงพอ การล้างท่อถือว่าเป็นเรื่องสำคัญในการบำรุงรักษาระบบ ฉะนั้นควรจะต้องมีประตูน้ำที่สามารถเปิดล้างน้ำออกที่จุดปลายท่อประธานย่อยได้ หรือที่จุดต่ำๆ ที่จะเปิดน้ำล้างออกได้

8.5 การต่อวางท่อประธาน

ท่อประธานจะนิยมวางใต้ดิน อย่างน้อยต้องฝังลึก 40 ซม. จึงจะเพียงพอในการป้องกันต่อ

ท่อประธานที่เป็นท่อใยหินหรือพีวีซี ควรจะวางให้ถูกต้อง โดยเฉพาะพื้นดินที่เป็นดินแข็งหรือหิน หรือดินที่มีการหรุดตัวง่าย ต้องมีการระวังเป็นพิเศษ ท่อพีวีซี ไม่ควรวางเป็นเส้นตรงในดินที่ขุดออก แต่ควรวางให้คดเคี้ยว เพื่อป้องกันการยืดและหดตัว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยเฉพาะตอนที่ยังไม่ได้ฝังดิน

8.6 การดำเนินงานของระบบการชลประทานแบบหยด

8.6.1 การเริ่มใช้งาน

ก. การทำความสะอาดระบบ เมื่อระบบการให้น้ำมีการติดตั้งใหม่ๆ ทุกส่วนของระบบควรจะทำความสะอาดเสียก่อน เพื่อมิให้เศษผงหรือสิ่งแปลกปลอมต่างๆ เข้าไปทำความเสียหายต่อหัวปล่อยน้ำได้ภายหลัง ถ้ามีการใช้ระบบกรองด้วยกรวดและทราย ควรจะปล่อยน้ำทิ้งไปเสียก่อนระยะหนึ่งจนกว่าน้ำที่ออกมาจะสะอาดจริงๆ จึงจะให้ผ่านเข้าระบบได้ ถึงแม้จะมีการล้างกรวดและทรายจนสะอาดแล้วก็ตาม

ระหว่างการปล่อยน้ำเข้าระบบครั้งแรก ควรจะเปิดประตูน้ำทุกส่วน ทั้งที่ท่อประธาน ท่อประธานย่อย ท่อแขนง และปลายท่อแขนงทุกจุด โดยปกติแล้วจะเปิดท่อประธาน หรือท่อประธานย่อยทีละสายเท่านั้น เพื่อที่จะให้น้ำฉีดล้างออกแรงๆ เพราะจะมีน้ำออกด้วยอัตราที่สูง ระบบควรจะเปิดน้ำทิ้งไว้สักระยะหนึ่ง จะนานเท่าไรขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ แต่โดยทั่วๆ ไปประมาณ 15 นาที หลังจากน้ำเริ่มออกจากท่อสุดท้ายแล้ว หลังจากนั้นจะปิดประตูน้ำที่ระบายออกจากท่อประธานก่อน ต่อด้วยท่อประธานย่อย และสุดท้ายจึงจะเปิดที่ปลายท่อแขนงต่างๆ ตามลำดับ

ข. การให้น้ำเปียกในระยะแรก

ถ้าระบบมีการติดตั้งในพื้นที่ ซึ่งช่วงนั้นความชื้นในดินต่ำกว่าความชื้นสูงสุดที่ดินเก็บน้ำให้พืชใช้ได้มาก การให้น้ำหยดครั้งแรก ควรจะให้นานกว่าปกติที่ให้จริงๆ ทั้งนี้เพื่อว่าเป็นการให้ดินมีส่วนเก็บน้ำสำรองไว้ให้พืชใช้ได้มากที่สุด มีข้อแนะนำว่าการให้น้ำหยดครั้งแรกนั้น ควรจะให้นานอย่างน้อยไม่ต่ำกว่าสองเท่าของช่วงให้น้ำปกติ ทั้งนี้เพราะว่าการกำหนดให้น้ำในช่วงปกตินั้น ให้น้ำเพียงเพื่อชดเชยส่วนที่ถูกใช้ไปเท่านั้น ดังนั้นการให้น้ำครั้งแรกนี้ นับว่าเป็นเรื่องสำคัญ เพราะจะเป็นตัวกำหนดถึงแรงดึงความชื้นในดินเขตรากพืชที่ต่างกัน ก่อนการให้น้ำแต่ละครั้ง สำหรับการปฏิบัติโดยทั่วไปนั้น จะดำเนินการส่งน้ำเป็นเวลา 24 ชม. หลังจากติดตั้งระบบเสร็จสมบูรณ์แล้ว รวมทั้งตอนเริ่มการให้น้ำแต่ละฤดูกาลเพาะปลูกด้วย

8.6.2 การใช้งานที่ทำเป็นประจำ

ก. การให้น้ำตามปกติ ดำเนินการตามกำหนดเวลาที่กำหนดไว้ และตรวจสอบปรับให้เหมาะสมตามความเป็นจริง

ข. การทำความสะอาดเครื่องกรองด้วยวิธีล้างกลับทาง คุณภาพของแหล่งน้ำจะเป็นตัวบอกได้ว่า เครื่องกรองควรจะล้างกลับทางบ่อยแค่ไหน ควรจะติดตั้งเกย์บอกความดันที่ต่างกันระหว่างทางน้ำเข้าและทางน้ำออก จะทำให้ทราบได้ว่าเมื่อไรควรจะล้างเครื่องกรองได้แล้ว ปกติจะให้ความดันต่างกันไม่เกิน 3-5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

อย่างไรก็ตามการดำเนินงานที่ดีนั้น ถึงแม้น้ำจะดูสะอาดพอสมควร ก็ควรที่จะทำการล้างเครื่องกรอง เมื่อสิ้นสุดการให้น้ำแต่ละครั้ง เพื่อเป็นการให้แน่ใจได้ว่า จะไม่มีสิ่งแปลกปลอมซึมลึกเข้าไปในวัสดุกรอง ถ้าปล่อยไว้เป็นเวลานานๆ

ค. การล้างสิ่งแปลกปลอมออกที่ปลายท่อ ควรจะเปิดปลายท่อแขนงล้างออกอย่างน้อยเดือนละครั้ง สำหรับท่อประธานย่อยควรจะเปิดปลายล้างออกบ่อยๆ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแหล่งน้ำที่ใช้

8.7 ข้อควรระวังเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายจากน้ำกระแทกท่อ

ไม่เพียงแต่จะต้องออกแบบและติดตั้งระบบท่อต่างๆ ให้เหมาะสม แต่จะต้องใช้มันให้ถูกวิธีด้วย เพื่อจะได้มีสมรรถนะที่ดี วิธีที่จะลดอันตรายจากน้ำกระแทกท่อ มักจะถูกละเลยบ่อยๆ จึงเกิดน้ำ

กระแทกท่อขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วของน้ำในท่ออย่างฉับพลันทันใด ความรุนแรงของน้ำกระแทก เราจะกล่าวถึงในรูปของคลื่นแรงดัน (surge) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างฉับพลันทันใดมากน้อยเพียงใด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความเร็วควรจะทำให้ค่อยเป็นค่อยไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงดันที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก ความเร็วของน้ำในท่อ ซึ่งผ่านพื้นที่หน้าตัดคงที่ จะเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยต่อไปนี้

- การเปิดปิดประตูน้ำ
- การเปิดปิดปั๊มสูบน้ำ (โดยเฉพาะปั๊มประเภทหอยโข่ง)
- การเคลื่อนตัวของกลุ่มฟองอากาศภายในท่อ
- การระบายอากาศอย่างฉับพลันออกจากท่อ

นับเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด ที่จะต้องใช้ระบบการให้น้ำอย่างถูกต้อง เพื่อจะได้หลีกเลี่ยงอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากน้ำกระแทก เมื่อไม่มีน้ำอยู่ภายในท่อ จำเป็นจะต้องค่อยๆ ปล่อยน้ำเข้าไปในท่ออย่างช้าๆ เท่าที่จะทำได้ โดยอาศัยแนวทางปฏิบัติต่อไปนี้

1) เปิดประตูน้ำทุกตัว ยกเว้นที่ตัวเครื่องสูบน้ำอย่างช้าๆ ฉะนั้นอัตราของน้ำจะไหลเข้าไปในท่อไม่ควรจะให้มีความเร็วเกิน 1 เมตรต่อวินาที ถ้าเครื่องสูบน้ำเกิดเดินๆ หยุดๆ ขณะที่สูบน้ำจะทำให้อัตราการไหลน้อยลง เมื่อเดินเครื่องใหม่ ความเร็วสูงสุดไม่ควรเกิน 0.5 เมตรต่อวินาที

2) เมื่อน้ำเริ่มไหลออกที่ปลายท่อ มันอาจจะมีกลุ่มของฟองอากาศ ดังนั้นควรจะเดินเครื่องติดต่อกันอย่างน้อยอีก 15 นาที และถ้าเป็นไปได้ควรหยุดเครื่องสูบน้ำในขณะที่ปิดประตูน้ำทั้งหมด เพื่อไม่ให้อากาศเข้าไป หลังจาก 15 นาทีแล้ว ให้เดินเครื่องใหม่อีกครั้ง และควบคุมให้อัตราการไหลนั้นน้อยลง

3) ค่อยๆ เปิดประตูน้ำ เพื่อให้แรงดันเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงแรงดันสูงสุดในการใช้งาน อย่างน้อยควรจะใช้เวลาประมาณ 10 นาที อย่างไรก็ตามถ้าระบบการให้น้ำจะหยุดทำงานชั่วขณะด้วยเหตุผลใดๆ ก็ตามที สิ่งสำคัญคือ จะต้องลดอัตราการไหลลง

4) ความดันสูงสุดในท่อนั้น จะต้องไม่เกินขนาดที่จะเป็นอันตรายต่อท่อ เวลาที่ใช้ในการปิดประตูน้ำ ไม่ควรน้อยกว่า 10 วินาที

หนังสือและเอกสารอ้างอิง

1. มนตรี ค้ำชู 2521 **การชลประทานแบบหยดน้ำ** รายงานการศึกษาปัญหาพิเศษ, บัญฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 56 หน้า
2. มนตรี ค้ำชู 2521 **การใช้ลำไม้ไผ่เป็นท่อสำหรับการชลประทานแบบหยด** วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 127 หน้า
3. มนตรี ค้ำชู 2521 **การชลประทานแบบหยดน้ำ** เอกสารวิชาการวิศวกรรมประยุกต์เพื่อการเกษตร ฉบับปฐมฤกษ์ งานวันเกษตรแห่งชาติ ประจำปีที่ 1., กุมภาพันธ์ 2521 หน้า 16-22
4. มนตรี ค้ำชู 2524 **การใช้ฉนวนสายไฟพีวีซี เป็นหัวปล่อยน้ำสำหรับการชลประทานแบบหยด** ผลงานวิจัยภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 29 หน้า
5. มนตรี ค้ำชู 2524 **การใช้น้ำอย่างประหยัด** เอกสารวิชาการในการประชุมอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งชาติ พ.ศ. 2525 ณ.โรงแรมบางแสน จังหวัดชลบุรี กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ
6. วิบูลย์ บุญยธโรกุล 2526 **หลักการชลประทาน** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
7. อภิชาต อนุกูลอำไพ, วิบูลย์ บุญยธโรกุล, วราวุธ วุฒิวณิชย์, โกวิทย์ ทัวมเสงี่ยม, มนตรี ค้ำชู 2524 **คู่มือการชลประทานระดับไร่นา** ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย ปทุมธานี
8. Ahmed, Y. Hachum, Jose, F. Alfaro and Lymans. 1967. **Water Movement in Soil from Trickle Source.** Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. 102, No. IR2, 12204, June, pp. 179-192.
9. A.W. "Bill" Fry, 1980 Rain Bird international Drip Irrigation Systems, Design Manual 145 N, Grand Ave., Glendora, Cal, U.S.A.
10. A. Benami, A. Ofen, 1984, Irrigation Engineering Sprinkler Trickle, Surface Irrigation, Faculty of Agriculture Engineering Technion - Israel Institute of Technology. Haifa, Israel.

11. **Applying Nutrients and Other Chemicals to Trickle-Irrigated Crops** Bull. 1893, Viv Ag Sciences, UC, 1979

12. Bernstein, L. and L. E. Francoios. 1973. **Comparisons of Drip. Furrow and Sprinkler Irrigation.** Soil Sci. 115 (29) : 73-86.

13. Booher, L.T. 1967. **Surface Irrigation.** F.A.O., Rome

14. Brandt, A.E. Bresler, N. Diner, I. Ben-Asher, J. Heller, and D. Gddberg. 1971. **Infiltration from a Trickle Spurce. I. Mathematical Models.** Soil Sci. Soc. Amer. Froc. 35(2) : 675-682.

15. Davis, D.V. 1952. **Handbook of Applied Hydraulic.** New York : McGraw-Hill Book Company, Inc.

16. DeRemer, E.D. 1971. A Simple Method of Drip Irrigation. **Irrigation Journal,** Jan - Feb, 2(8) : 10-15

17. **Design, Installation, and Performance of Trickle Irrigation Systems,** ASAE EP-405, 1980

18. **Diesel Powered Pumping for Irrigation** Detroit Diesel Allison Div, Gm Corp. Prepared by R. Bliesner, J. Keller.

19. **Drip Irrigation Management** University of California, Division of Agricultural Sciences Leaflet 21259, Oct. 1981.

20. Eshel Bresler. 1975. **Trickle-Drip Irrigation.** Principles and Application to Water Management in Tropical Soil, New York : Department of Agronomy, Cornell University.

21. I. Vermeiren 1980. **Localized Irrigation** Irrigation and Drainage paper. FAO. No. 36 Rome.

22. S. Armoni 1986. **Micro-Sprinkler Irrigation** Dan Sprinklers, Kibbutz Dan, Israel.

23. Sanuel Dasberg & Eshel Bresler 1985. **Drip Irrigation Manual** International Irrigation Information center, 50250 Bet Dagan, Israel.

24. Goldberg, D., M. Rinot and W. Karu. 1971. Effect of Trickle Irrigation Interval on distribution and Utilization of Soil Moisture in Vineyard. Soil Science Xociety of American Proceeding 35 (1): 127-130.

25. Gddberg, D., and M. Shmneli. 1970. Drip Irrigation. A method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity, Transaction of American Society of Agricultural Engineers. 13 (1) : 38-41.

26. Ford, H.W., Bacterial Clogging in low Pressure Irrigation Systems University of Florida. 1978

27. Ford, H.W., The Present Status of Research on Iron Deposits in Drip Irrigation Emitters U of F, 1975

28. Ford, H.W., The Problem of Clogging in Low Volume Irrigation Systems and Methods for Control U of F, 1980

29. Haleoy, I. and other. 1973. Trickle Irrigation. Irrigation and Drainage Paper No. 14: F.A.O., Rome.

30. Hanks, R.J. and J. Keller. 1972. New Irrigation Method Saves Water but, It's Expensive. Utah Science, 33 (3): 79-82.

31. Howell, T.A. and E.A. Hiler. 1974. Trickle Irrigation Lateral Design. Transaction of the ASAE, 17 (3): 902-908.

32. Jack Keller and David Karmeli. 1975. Trickle Irrigation Design. California: Rain Bird Sprinkler Manufacture Corporation Glendora.

33. Jobling, G.A. 1974. Trickle Irrigation Design Manual-Part 1-2. New Zealand Agricultural Engineering Institute. Lincoln Colleg, Canterberry, New Zealand.

34. Jensen, M.E., Design and Operation of Farm Irrigation Systems ASAE. 1980

35. Karmeli, D. and J. Keller. 1974. Trickle Irrigation Design. Rain Bird Sprinkler Corporation, Glendora, California, U.S.A.

36. Karmeli, D.J. Keller and G. Reri. 1973. Design and Efficiency of Trickle Irrigation Systems. Paper presented at ADCE. I & D. Specialty Conference, Ft. Collins, Colorado. Aug. pp. 22-24.

37. Keller, J., and D. Karmeli. 1974. Trickle Irrigation Design Parameters. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers.

38. Lloyd E. Myers, F. ASCE. and Dale A. Bucks. 1972. Uniform Irrigation with Low Pressure Trickle Systems. Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proc. Paper 98 (IR3).

40. Michael J. Boswell. 1985. Micro Irrigation Design Manual. Jame 1588 Marshall Avenue P.O. Box "X" El Cajon, Ca 92022

41. Myers, L.E., and D.A. Bucks. 1972. Uniform Irrigation with Low-Pressure Trickle System. J. Irr. Drainage Div., ASCE. Proc. Paper 917598 (IR 3): pp. 341-346.

42. Morris, H.M., and Wiggert, J.M., Applied Hydraulics In Engineering Ronald Press Co., 1972

43. Pair, C.H. and other. 1969. Sprinkler Irrigation. Sprinkler Irrigation Association, Washington D.C.

44. Pietro Celestre. 1970. Drip Irrigation for Orchards and Vine Yards. Italy: University of Pisa.

45. Richard D. Chapin. 1973. 99 Questions and Answers on Drip Irrigation for Row Crops. Chapin Water Matics Inc.

46. Rolland L. 1973. An Examination of Trickle Irrigation Techniques Including Their Application with Water of Different Qualities. Trickle Irrigation, Irrigation & Drainage Paper No. 14: F.A.O. Rome.

47. Shaw, B.T. 1952. Soil Physical Conditions and Plant Growth. London: Academic Press, Inc.

48. Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, SCS. National Engineering Handbook. Section 15: Chapter 1. Soil-Plant-Water Relationships, Chapter 3. Planning Farm Irrigation System Chapter 11. Sprinklet Irrigation.

49. Solomon, K., Manufacturing Variation of Emitters in Trickle Irrigation Systems ASAE Paper No. 77-2009, 1977

50. Tscheschke, P.D. 1973. Trickle Irrigation Salinity Patterns as Invluenced by Irrigation Levels and Application Rate. M.s. Thesis, Utah State University, Logan, 1150.

51. Wu, I.P., and H.M. Githin. 1973. Hydraulics and Uniformity for Drip Irrigation. J. Irr. Drainage Div., ASCE. Proc. paper 9786: 99(IR 3).

52. Wu, P.I., and H.M. Githin. 1974. Design of Drip Irrigation Lines. University of Hawaii, Hawaii Agricultural Experiment Station.

53. Wu, P.I. and D.D. Fangmeier. 1974. Hydraulic Design of Twin-Chamber Trickler Irrigation Laterals. The Agriculture Experiment Station, Technical Bulletin No. 216, Anjac Plastics Incorporated.

54. Watters, G.Z. and Keller, J., Trickle Irrigation Tubing Hydraulics ASAE Paper No. 78-2015, 1978

55. Wu, I.P., Howell, T.A., and Hiler, E.A., Hydraulic Design of Drip Irrigation SystemsU Univ. of Hawaii. 1979

56. Wu, I.P., and Gitlin, H.M., Irrigation Efficiencies of Surface, Sprinkler and Drip Irrigation Proc. 2nd World Cong, Int'l Water Resources Assn., New Delhi, Vol 1 pp. 191-199, 1975

ตารางผนวกที่ 1 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ระยะการเจริญเติบโตช่วงต่าง ๆ เมื่อเทียบกับ ET_p ของหญ้า

พืช	เริ่มปลูกจนถึงคลุมดินเต็มที่ - เปอร์เซนต์									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ธัญญพืช	0.19	0.22	0.30	0.44	0.61	0.80	0.98	1.13	1.23	1.25
ถั่ว (ฝัก)	0.24	0.28	0.36	0.47	0.61	0.76	0.91	1.05	1.18	1.28
ถั่ว (เมล็ด)	0.24	0.29	0.37	0.48	0.61	0.76	0.90	1.04	1.16	1.26
มันฝรั่ง	0.12	0.16	0.24	0.36	0.49	0.64	0.78	0.91	1.02	1.09
ข้าวโพด	0.24	0.28	0.35	0.46	0.59	0.73	0.86	0.98	1.09	1.15

พืช	จำนวนวันนับจากคลุมดินเต็มที่									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ธัญญพืช	1.25	1.13	0.89	0.59	0.23	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
ถั่ว (ฝัก)	1.22	1.15	1.02	0.88	0.71	0.54	0.37	0.23	0.12	0.12
ถั่ว(เมล็ด)	1.28	1.22	1.19	0.91	0.24	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
มันฝรั่ง	1.08	1.02	0.90	0.72	0.46	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
ข้าวโพด	1.18	1.18	1.12	0.98	0.82	0.65	0.48	0.34	0.24	0.20

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณการใช้น้ำของพืชมาตรฐาน (Potential Evapotranspiration) ที่สถานีต่าง ๆ ทั่วประเทศ คำนวณโดยวิธีของ Penman (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)

ที่	สถานี	เดือน											
		มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
1	เชียงราย	93	125	151	169	158	143	135	124	128	122	105	91
2	แม่ฮ่องสอน	102	134	166	185	161	139	131	123	125	123	112	97
3	เชียงใหม่	104	134	164	179	160	144	135	122	124	123	110	96
4	แม่สะเรียง	108	139	173	191	166	135	127	120	125	127	117	103
5	ลำปาง	109	139	167	184	167	151	144	132	130	125	113	100
6	น่าน	102	133	162	177	158	144	135	124	126	126	112	97
7	แพร่	108	137	170	188	168	145	142	130	128	125	115	103
8	อุตรดิตถ์	114	140	165	180	160	140	133	124	128	132	123	109
9	ตาก	115	147	182	198	167	150	144	134	128	121	112	103
10	พิษณุโลก	113	138	165	175	159	143	136	126	128	129	121	108
11	แม่สอด	117	146	177	190	163	135	128	118	127	130	123	110
12	เพชรบูรณ์	118	143	176	180	160	140	132	122	123	131	124	112
13	เชื่อนภูมิพล	116	153	186	197	166	148	143	141	130	125	116	106
14	เลย	119	146	172	183	167	155	153	143	139	139	124	109
15	อุดรธานี	112	137	165	174	158	144	140	128	131	134	121	107
16	นครพนม	113	133	157	166	155	134	132	122	127	132	121	107
17	สกลนคร	114	138	163	173	154	143	141	129	132	135	122	108
18	มุกดาหาร	119	140	167	172	156	141	136	128	135	135	127	114
19	ขอนแก่น	117	143	168	177	162	148	147	133	132	131	126	113
20	ร้อยเอ็ด	119	140	165	171	159	147	143	130	129	132	126	114
21	อุบลราชธานี	125	145	166	168	155	140	140	129	129	134	132	120
22	สุรินทร์	119	139	162	162	150	137	135	125	124	126	119	110
23	นครราชสีมา	120	143	163	168	158	151	146	134	132	127	122	112

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ที่	สถานที่	เดือน											
		มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
24	ชัยบ่วง	113	131	147	153	145	142	137	125	125	119	112	105
25	ชัยภูมิ	125	150	172	179	172	150	144	133	130	135	130	119
26	นครสวรรค์	122	149	179	187	167	152	144	134	127	126	121	113
27	ลพบุรี	131	152	177	179	161	148	141	132	131	133	131	128
28	สุพรรณบุรี	129	147	174	182	168	155	149	142	134	132	128	121
29	ปราจีนบุรี	132	147	161	162	152	136	132	158	127	131	134	128
30	กาญจนบุรี	125	151	177	182	163	148	144	135	133	127	121	116
31	ดอนเมือง	130	148	169	170	158	150	145	133	132	131	126	119
32	กรุงเทพมหานคร	120	136	153	156	144	136	132	126	123	120	119	113
33	อรัญประเทศ	126	148	166	166	158	144	137	129	131	130	126	117
34	ชลบุรี	131	149	168	171	153	149	143	136	131	131	131	130
35	สัตหีบ	140	156	171	170	152	158	151	146	139	133	137	139
36	จันทบุรี	128	134	139	146	132	123	121	115	117	123	128	127
37	คลองใหญ่(ตราด)	124	130	137	137	129	120	119	112	116	121	122	123
38	เกาะสีชัง	133	150	166	171	156	152	146	139	134	137	135	132
39	หัวหิน	127	145	165	167	152	146	139	132	132	127	125	123
40	ประจวบคีรีขันธ์	125	141	159	164	154	145	142	137	140	129	128	127
41	ชุมพร	117	133	152	154	139	130	127	150	128	121	113	111
42	สุราษฎร์ธานี	120	143	158	155	142	136	135	131	114	123	110	107
43	นครศรีธรรมราช	116	137	157	153	143	140	142	135	101	124	110	107
44	สงขลา	103	144	153	147	135	133	135	133	79	124	113	116
45	นราธิวาส	121	136	151	154	138	135	133	131	57	127	115	110
46	ระนอง	130	145	158	153	130	118	117	113	109	115	108	120
47	ภูเก็ต	143	159	167	155	132	132	133	132	82	126	124	132
48	สนามบินภูเก็ต	134	150	157	148	137	127	128	125	88	120	120	123
49	ตรัง	140	158	166	155	131	121	128	123	72	122	117	123

ตารางผนวกที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยเบ็ดเสร็จ (Overal Pan Coefficient) สำหรับถาดวัดการระเหยแบบเอ

พืช	เปอร์เซนต์ของอายุพืช										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ถั่วต่าง ๆ	0.20	0.30	0.40	0.65	0.85	0.90	0.90	0.80	0.60	0.35	0.20
พืชผลไม้ประเภทส้ม และอาโวกาโด	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.50	0.55	0.60	0.55	0.50
ข้าวโพด	0.20	0.30	0.50	0.65	0.80	0.90	0.90	0.85	0.75	0.60	0.50
ฝ้าย	0.10	0.20	0.40	0.55	0.75	0.90	0.90	0.85	0.75	0.55	0.35
ไม้ผลประเภทผลัดใบ	0.20	0.30	0.50	0.65	0.70	0.75	0.70	0.60	0.50	0.40	0.20
ไม้ผล มีพืชคลุมดิน	ค่าเฉลี่ยประมาณ 1.0 ในช่วงที่พืชคลุมดินกำลังโตเต็มที่										
ข้าวฟ่าง	0.20	0.35	0.55	0.75	0.85	0.90	0.85	0.70	0.60	0.35	0.15
ธัญญพืชปลูก	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.55	0.75	0.85	0.90	0.90	0.30
ธัญญพืช	0.15	0.25	0.35	0.4	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	0.90	0.30
องุ่น	0.15	0.15	0.20	0.35	0.45	0.55	0.55	0.45	0.35	0.25	0.20
ถั่วลิสง	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.60	0.65	0.65	0.60	0.45	0.30
มันฝรั่ง	0.20	0.35	0.45	0.65	0.80	0.90	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90
ข้าว	0.80	0.95	1.05	1.15	1.20	1.30	1.30	1.20	1.10	0.90	0.50
อ้อย	มีค่าอยู่ในช่วงจาก 0.55-1.0 ขึ้นอยู่กับอัตราและช่วงการเจริญเติบโต										
พืชผัก รากลึก	0.20	0.20	0.25	0.35	0.50	0.65	0.70	0.60	0.45	0.35	0.20
รากตื้น	0.10	0.20	0.40	0.50	0.60	0.60	0.60	0.55	0.45	0.35	0.30

ตารางผนวกที่ 6 เทียบว่าท่อขนาดต่างๆ น้ำจะไหลได้เท่าไรเมื่อมีความเร็วเท่ากัน

สำหรับท่อพีวีซี ชั้น 5 (บาง)

ขนาดท่อ	3/4"	1"	$1\frac{1}{4}$"	$1\frac{1}{2}$"	2"	$2\frac{1}{2}$"	3"	4"	5"	6"	8"	10"
ความเร็ว เมตร/วินาที	อัตราการไหล ลิตร/วินาที											
0.5	–	–	0.60	0.79	1.23	2.0	2.74	4.50	6.80	9.45	16.06	24.6
1.0	–	–	1.20	1.58	2.46	4.0	5.48	9.00	13.6	18.90	32.12	49.2
1.5	–	–	1.80	2.37	3.69	6.0	8.22	13.5	20.4	28.36	48.18	73.8
2.0	–	–	2.40	3.16	4.92	8.0	10.96	18.0	27.2	37.80	64.24	98.4
2.5			3.00	3.95	6.15	10.0	13.70	22.5	34.0	47.26	80.30	123.0
3.0			3.60	4.74	7.38	12.0	16.44	27.0	40.8	56.70	96.36	147.6

สำหรับท่อพีวีซี ชั้น 8.5 (หนากลาง)

0.5	0.20	0.36	0.56	0.75	1.14	1.83	2.52	4.14	6.25	8.69	14.88	22.75
1.0	0.40	0.72	1.11	1.50	2.28	3.66	5.04	8.28	12.50	17.38	29.75	45.5
1.5	0.60	1.08	1.67	2.25	3.42	5.49	7.56	12.42	18.75	26.07	44.64	68.25
2.0	0.80	1.44	2.23	3.00	4.56	7.32	10.08	16.56	25.00	34.76	59.52	91.00
2.5	1.00	1.80	2.80	3.75	5.70	9.15	12.60	20.70	31.25	43.45	74.40	113.75
3.0	1.20	2.16	3.35	4.50	6.84	10.98	15.12	24.84	37.50	52.14	89.28	136.5

สำหรับท่อพีวีซี ชั้น 13.5 (หนา)

0.5	0.19	0.32	0.49	0.64	1.00	1.61	2.21	3.64	5.5	7.65	13.12	20.03
1.0	0.38	0.64	0.98	1.28	2.00	3.22	4.42	7.28	11.0	15.30	26.24	40.06
1.5	0.56	0.96	1.47	1.92	3.00	4.83	6.63	10.92	16.5	22.95	39.36	60.10
2.0	0.75	1.28	1.95	2.56	4.00	6.44	8.50	14.50	22.0	30.60	52.48	80.10
2.5	0.95	1.60	2.45	3.20	5.00	8.05	11.05	18.20	27.5	38.25	65.6	100.15
3.0	1.14	1.92	2.94	3.84	6.00	9.66	13.26	21.84	33.0	45.90	78.72	120.20

ตารางผนวกที่ 5 อัตราการระเหยที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยมาตรฐาน เอ (Class A pan)ในประเทศไทย

เฉลี่ยหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อวัน (ค่าเฉลี่ยปี พ.ศ. 2494-2523)

ที่	สถานี	เดือน											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	เชียงราย	3.33	4.71	5.59	6.21	5.07	3.91	3.33	2.83	3.22	3.40	3.30	3.07
2	เชียงใหม่	3.29	4.50	5.45	6.35	5.41	4.78	4.07	3.77	4.06	4.05	3.60	3.19
3	ลำปาง	2.65	3.82	4.96	6.59	5.08	4.88	4.18	3.80	3.69	3.18	2.93	2.58
4	น่าน	2.54	3.20	3.60	4.56	4.35	3.59	3.21	3.02	3.24	3.26	2.87	2.43
5	พิษณุโลก	3.27	3.88	4.79	5.88	5.37	4.64	4.28	3.85	3.66	3.90	3.69	3.35
6	แม่สอด	4.05	5.43	6.91	7.86	5.41	3.79	3.32	2.76	3.27	3.33	4.50	4.13
7	เพชรบูรณ์	4.40	5.57	6.29	7.13	5.55	4.86	4.21	3.78	3.62	4.46	4.62	4.87
8	เขื่อนภูมิพล	3.60	5.23	6.26	6.96	5.59	4.93	4.58	4.15	3.85	3.57	3.24	3.15
9	หนองคาย	3.71	4.52	5.17	6.17	5.19	4.60	4.25	3.53	3.94	4.24	4.06	3.66
10	เลย	4.01	4.80	5.19	5.86	5.03	4.66	4.45	3.99	3.54	3.95	3.79	3.78
11	สกลนคร	4.51	7.02	7.91	7.31	5.59	5.01	4.91	4.50	4.59	5.95	6.29	5.99
12	ขอนแก่น	5.21	6.00	6.95	7.50	6.56	5.62	5.52	4.90	4.60	5.18	5.31	5.18
13	ร้อยเอ็ด	5.20	5.85	6.55	6.40	5.19	4.46	4.47	3.90	3.47	4.60	5.16	5.20
14	อุดรธานี	5.81	6.44	7.12	7.15	6.25	5.55	5.53	5.00	4.62	5.55	6.07	5.81
15	สุรินทร์	6.37	6.84	7.37	7.17	6.30	5.72	5.75	5.20	4.67	5.66	6.11	6.09
16	นครราชสีมา	4.72	5.43	6.23	6.48	5.90	5.78	5.45	5.15	4.41	4.43	4.49	4.53
17	ชัยภูมิ	4.90	5.67	6.88	6.98	5.89	5.44	4.87	4.56	4.06	5.27	5.52	5.16
18	พิษณุโลก	4.23	4.84	5.92	6.80	6.05	5.68	5.21	4.95	4.15	4.05	4.19	4.04
19	กาญจนบุรี	4.55	5.47	6.82	7.86	6.69	5.30	5.31	4.80	4.25	4.12	4.32	4.52
20	กรุงเทพฯ	4.36	5.03	5.89	6.26	5.46	5.02	4.74	4.68	4.30	4.05	4.16	4.19
21	อรัญประเทศ	5.01	5.70	6.29	6.69	5.67	5.46	4.90	4.67	4.51	4.64	4.57	4.54
22	จันทบุรี	4.93	4.78	5.85	4.86	4.00	3.31	3.39	3.39	3.28	3.84	4.71	5.06
23	คลองใหญ่	4.54	4.75	5.18	5.17	4.18	3.20	2.84	3.06	3.18	3.91	4.81	5.02
24	ประจวบคีรีขันธ์	4.25	4.53	5.22	5.87	4.98	4.82	4.66	4.31	4.57	4.13	4.62	4.62

ตารางผนวกที่ 7 มาตราเปรียบเทียบ*

ความยาว**

• มิลลิเมตร (mm.)	=	๐.๐๓๙๔	นิ้ว	• นิ้ว (in.)	=	๒.๕๔	เซ็นติเมตร
					=	๒๕.๔	มิลลิเมตร
• เซ็นติเมตร (cm.)	=	๐.๓๙๔	นิ้ว	• ฟุต (ft.)	=	๓๐.๔๘	เซ็นติเมตร
• เมตร (m.)	=	๓๙.๓๗	นิ้ว	• หลา (yd.)	=	๐.๙๑๔	เมตร
	=	๓.๒๘๐	ฟุต				
• กิโลเมตร (km.)	=	๓๒๘๐	ฟุต	• ไมล์ (mi.)	=	๑.๖๐๙	กิโลเมตร
	=	๐.๖๒๐	ไมล์		=	๕๒๘๐	ฟุต

เนื้อที่

• เฮกตาร์ (ha.)	=	๒.๔๗๑๐	เอเคอร์	• เอเคอร์ (A.)	=	๐.๔๐๔๗	เฮกตาร์
• ตารางเมตร (sq.m.)	=	๑๐.๗๑๔	ตารางฟุต (sq. ft.)	• ตารางฟุต	=	๐.๐๙๒๙	ตารางเมตร
• ตารางเซ็นติเมตร (sq.cm.)	=	๐.๑๕๕๐	ตารางนิ้ว	• ตารางนิ้ว (sq.in.)	=	๖.๔๕๒	ตารางเซ็นติเมตร

น้ำหนัก

• กรัม (g.)	=	๐.๐๓๕๓	อะวัวดูปัว ออนซ์	• อะวัวดูปัว ออนซ์ (oz.)	=	๒๘.๓๕	กรัม
• กิโลกรัม (kg.)	=	๒.๒๐๔๖	ปอนด์	• ปอนด์ (lb.)	=	๐.๔๕๓๖	กิโลกรัม
	=	๑๐๐๐	กรัม				
• ควินตัล	=	๒๒๐.๔๖	ปอนด์	• หน่วยน้ำหนักที่ใช้ในอเมริกา	=	๔๕.๓๖	กิโลกรัม
	=	๑๐๐	กิโลกรัม		=	๑๐๐	ปอนด์
• เมตริกตัน(m.ton)	=	๒๒๐๔.๖	ปอนด์	• หน่วยวัดน้ำหนักที่ใช้ในอังกฤษ	=	๕๐.๘	กิโลกรัม
	=	๑.๑๐๒๓	ตันอเมริกา		=	๑๑๒	ปอนด์
	=	๐.๙๘๔	ตันอังกฤษ	• ตันอเมริกา	=	๐.๙๐๗๒	เมตริกตัน
	=	๑๐๐๐	กิโลกรัม		=	๒๐๐๐	ปอนด์
				• ตันอังกฤษ	=	๑.๐๑๖๐	เมตริกตัน
					=	๒๒๔๐	ปอนด์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

ผลผลิต

• กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (kg./ha.)	= ๐.๘๙	ปอนด์ต่อเอเคอร์	• ปอนด์ต่อเอเคอร์ (lb./A.)	= ๑.๑๒๐	กิโลกรัมต่อเฮกตาร์
• เฮกโตลิตรต่อเฮกตาร์ (hl./ha.)	= ๑.๑๔๙๔	บุเชล (60 lb.) ต่อเอเคอร์	• บุเชล (60 bl.) ต่อเอเคอร์	= ๐.๘๙๑	เฮกโตลิตรต่อเฮกตาร์
				= ๖๗.๒๖	กิโลกรัมต่อเฮกตาร์
• ควินตัลต่อเฮกตาร์ (q./ha. 100 kg./ha.)	= ๑.๔๘๖๙	บุเชล (60 lb.) ต่อเอเคอร์			
• เมตริกตันต่อเฮกตาร์ (m.ton/ha.)	= ๐.๔๔๖	ตันสหรัฐฯ ต่อเอเคอร์	• ตันสหรัฐฯ ต่อเอเคอร์	= ๒.๒๔๒	เมตริกตันต่อเฮกตา

ความดัน

• บรรยากาศ (atm.)	= ๑๔.๖๙๖	ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	• ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (lb./sq. in. or psi.)	= ๗๐.๓๐๗	กรัมต่อตารางเซนติเมตร
	= ๗๖๐	มม. ของปรอท (๐°ซ)		= ๗๐๓.๐๗	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
	= ๑๐๓๖	ซม. ของน้ำ			
• กรัมต่อตารางเซนติเมตร (g./sq.cm.)	= ๐.๔๙๑๒	ปอนด์ต่อตารางนิ้ว	• ปอนด์ต่อตารางฟุต (lb./sq. ft.)	= ๐.๔๘๒๔	กรัมต่อตารางเซนติเมตร
				= ๔.๘๒๔	กิโลกรัมต่อตารางเมตร
• กิโลกรัมต่อตารางเมตร (kg./sq. m.)	= ๐.๒๐๔๘๒	ปอนด์ต่อตารางฟุต			
	= ๐.๐๐๑๔๒๒๓	ปอนด์ต่อตารางนิ้ว			

ปริมาตร

• ลูกบาศก์เซนติเมตร (cc.)	= ๐.๐๖๑	ลูกบาศก์นิ้ว	• ลูกบาศก์นิ้ว (cu.in.)	= ๑๖.๓๗๗	ลูกบาศก์เซนติเมตร
	= ๑๐๐๐	ลูกบาศก์มิลลิเมตร			
• ลูกบาศก์เมตร (cu. m.)	= ๓๕.๓๑๔	ลูกบาศก์	• ลูกบาศก์ฟุต (cu. ft.)	= ๐.๐๒๘๓	ลูกบาศก์เมตร
	= ๒๖๔.๑๗	แกลลอนสหรัฐฯ		= ๑๗๒๘	ลูกบาศก์นิ้ว
	= ๒๘.๓๘	บุเชลสหรัฐฯ		= ๗.๔๘๑	แกลลอนสหรัฐฯ
	= ๑.๓๐๘	ลูกบาศก์หลา	• ลูกบาศก์หลา	= ๒๘.๓๑๖	ลิตร
				= ๐.๗๖๔๖	ลูกบาศก์เมตร
				= ๒๗	ลูกบาศก์ฟุต

ตารางผนวกที่ 8 ชื่อขนาดและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อพีวีซีชั้นต่างๆ ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม

ชื่อขนาด มม. (นิ้ว)	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก มม.	ท่อ พี.วี.ซี. ชั้น 6		ท่อ พี.วี.ซี. ชั้น 8.6		ท่อ พี.วี.ซี. ชั้น 13.6	
		เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน มม.	ความหนา มม.	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน มม.	ความหนา มม.	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน มม.	ความหนา มม.
18 ($\frac{1}{2}$)	22 ± 0.15			18.20	1.9 ± 0.20	17.00	2.5 ± 0.20
20 ($\frac{3}{4}$)	26 ± 0.15			22.00	2.0 ± 0.20	21.00	2.5 ± 0.20
25 (1)	34 ± 0.15			30.00	2.0 ± 0.20	28.00	3.0 ± 0.25
35 ($1\frac{1}{4}$)	42 ± 0.15	39.00	1.5 ± 0.15	38.00	2.0 ± 0.20	35.80	3.1 ± 0.25
40 ($1\frac{1}{2}$)	48 ± 0.15	45.00	1.5 ± 0.15	43.40	2.3 ± 0.20	41.00	3.5 ± 0.25
55 (2)	60 ± 0.15	56.40	1.8 ± 0.20	54.20	2.9 ± 0.25	51.40	4.3 ± 0.30
65 ($2\frac{1}{2}$)	76 ± 0.20	71.60	2.2 ± 0.20	69.00	3.5 ± 0.25	65.20	6.4 ± 0.35
80 (3)	89 ± 0.20	84.00	2.5 ± 0.20	80.80	4.1 ± 0.30	76.20	6.4 ± 0.40
100 (4)	114 ± 0.30	107.60	3.2 ± 0.25	103.60	5.2 ± 0.35	97.80	8.1 ± 0.50
125 (5)	140 ± 0.30	132.20	3.9 ± 0.30	127.20	6.4 ± 0.40	120.20	9.9 ± 0.55
150 (6)	165 ± 0.40	155.20	4.6 ± 0.30	150.00	7.5 ± 0.45	141.60	11.7 ± 0.65
200 (8)	216 ± 0.50	205.20	5.4 ± 0.35	198.40	8.8 ± 0.50	188.60	13.7 ± 0.75
250 (10)	267 ± 0.70	253.80	6.6 ± 0.40	245.20	10.9 ± 0.60	233.20	16.9 ± 0.90
300 (12)	318 ± 0.80	302.40	7.8 ± 0.45	292.20	12.9 ± 0.70	277.80	20.1 ± 1.05

ตารางผนวกที่ 9

ชนิด High Density Polyethylene (HDPE) ผลิตตามมาตรฐาน Din 8074, 8075 ตามมาตรฐานสากล ISO R 161

Dimensioning Stress 5,0 N/mm.²

Size designation DN	Wall series S-20			S-16			S-12.5						S-5			S 3.2			
	Nominal pressures PN 2.5			PN 3.2			PN 4			PN 6			PN 10			PN16			
d_e mm	e mm	d_{ic} mm	w kg/m	e mm	d_{ic} mm	w kg/m	e mm	d_{ic} mm	w kg/m	e mm	d_{ic} mm	w kg/m	e mm	d_{ic} mm	w kg/m	e mm	d_{ic} mm	w kg/m	NS
16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1.8	12.8	0.08	2.2	11.8	0.10	10
20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1.9	16.2	0.11	2.8	14.4	0.16	15
25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1.8	21.8	0.13	2.3	20.4	0.17	3.5	18.0	0.24	20
32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1.9	28.2	0.19	2.9	26.2	0.28	4.4	23.2	0.39	25
40	–	–	–	–	–	–	1.8	36.4	0.21	2.3	35.4	0.29	3.7	32.6	0.44	5.5	29.0	0.61	32
50	–	–	–	1.8	46.8	0.26	2.0	46.0	0.32	2.9	44.2	0.45	4.6	40.8	0.69	6.9	36.2	0.95	40
63	1.6	59.8	0.33	2.0	59.0	0.41	2.4	58.2	0.48	3.6	55.8	0.70	5.8	51.4	1.07	8.6	45.8	1.49	50
75	1.9	71.2	0.46	2.3	70.4	0.56	2.9	69.2	0.69	4.3	66.4	0.99	6.8	61.4	1.45	10.3	54.4	2.13	65
90	2.2	85.6	0.65	2.8	84.4	0.80	3.5	83.0	0.99	5.1	79.8	1.41	8.2	73.6	2.16	12.3	65.4	3.05	80
110	2.7	104.6	0.96	3.4	103.2	1.19	4.2	101.6	1.45	6.3	97.4	2.11	10.0	90.0	3.19	15.1	79.8	4.56	100
125	3.1	118.8	1.25	3.9	117.2	1.54	4.8	115.4	1.87	7.1	110.8	2.70	11.4	102.2	4.14	17.1	90.8	5.81	100
140	3.5	133.0	1.57	4.3	131.4	1.91	5.4	129.2	2.36	8.0	124.0	3.39	12.7	114.6	5.16	19.2	101.6	7.37	125
160	4.0	152.0	2.03	4.9	150.2	2.46	6.2	147.6	3.09	9.1	141.8	4.42	14.5	130.8	6.77	21.9	116.2	9.59	150
180	4.4	171.2	2.52	5.5	169.0	3.11	6.9	166.2	3.85	10.2	159.6	5.56	16.4	147.2	8.56	24.6	130.8	12.10	150
200	4.9	190.2	3.10	6.2	187.6	3.90	7.7	184.6	4.77	11.4	177.2	6.89	18.2	163.6	10.60	27.3	145.4	15.00	200
225	5.5	214.0	3.92	6.9	211.2	4.85	8.6	207.8	5.99	12.8	199.4	8.68	20.5	184.0	13.40	30.8	153.4	19.00	200
250	6.2	237.6	4.90	7.7	234.6	6.01	9.6	230.8	7.41	14.2	221.6	10.70	22.7	204.6	16.40	34.2	181.6	23.40	250
280	6.9	266.2	6.07	8.6	262.8	7.51	10.7	258.6	9.24	15.9	248.2	13.40	25.4	229.2	20.60	38.3	203.4	28.30	250
315	7.7	299.6	7.62	9.7	295.6	9.51	12.1	290.8	11.80	17.9	279.2	17.00	28.6	257.8	26.00	43.0	229.0	37.00	300
355	8.7	337.6	9.69	10.9	333.2	12.03	13.6	327.8	14.90	20.2	314.6	21.60	32.2	290.6	33.00	48.5	258.0	47.00	350
400	9.8	380.4	12.30	12.3	375.4	15.30	15.3	369.4	18.80	22.7	354.6	27.30	36.3	327.4	41.50	54.7	290.6	59.90	400
450	11.0	428.0	15.90	13.8	422.2	19.70	17.2	415.6	24.00	25.5	393.0	35.20	40.8	358.2	54.30	61.5	327.0	77.10	450
500	12.3	475.4	19.70	15.3	469.4	24.20	19.1	461.8	30.00	28.3	443.4	43.50	45.4	409.2	66.90	–	–	–	500
560	13.7	532.6	24.50	17.2	525.6	30.50	21.4	517.2	37.70	31.7	496.6	54.50	50.8	458.4	83.90	–	–	–	550
630	15.4	593.2	31.03	19.3	591.4	38.50	24.1	581.8	47.70	35.7	558.6	69.00	57.2	515.6	106.00	–	–	–	–
710	17.4	675.2	39.50	21.8	668.4	49.00	27.2	655.6	60.50	40.2	629.5	87.60	–	–	–	–	–	–	700
800	19.6	760.8	50.00	24.5	751.0	62.00	30.6	738.8	76.70	45.3	709.4	111.00	–	–	–	–	–	–	800
900	22.0	856.0	63.50	27.6	844.8	78.60	34.4	831.2	97.00	50.9	798.2	141.00	–	–	–	–	–	–	900
1000	24.5	951.0	78.00	30.6	938.8	96.70	38.2	923.6	120.00	56.6	886.8	173.00	–	–	–	–	–	–	1000
1200	29.4	1141.2	112.00	35.7	1126.6	139.00	45.9	1108.2	172.00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1200
1400	34.3	1331.4	153.00	42.9	1314.2	190.00	53.5	1293.0	234.00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1400
1600	38.2	1521.6	193.00	49.0	1502.0	243.00	61.2	1477.6	306.00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1600

ท่อโพลีเอทิลีน ชนิด Low Density Polyethylene (LDPE)
ผลิตตามมาตรฐาน Din 8072, 8073 ตามมาตรฐานสากล ISO R 161

Size designation DN	Series 1			2			3		
d_e mm	e mm	d_{ic} mm	w kg/m	e mm	d_{ic} mm	w kg/m	e mm	d_{ic} mm	w kg/m
10	–	–	–	–	–	–	2.0	6.0	0.050
12	–	–	–	–	–	–	2.0	8.0	0.062
16	–	–	–	2.0	12.0	0.088	2.7	10.6	0.111
20	–	–	–	2.3	15.6	0.134	3.4	13.2	0.174
25	2.0	21.0	0.145	2.7	19.6	0.168	4.2	16.6	0.269
32	2.0	28.0	0.189	3.5	25.0	0.310	5.4	21.2	0.439
40	2.0	36.0	0.240	4.3	31.4	0.475	6.7	29.8	0.679
50	2.4	45.2	0.363	5.4	39.2	0.741	8.4	33.2	1.06
63	3.0	54.0	0.561	6.8	49.4	1.17	10.5	42.0	1.67
75	3.6	67.8	0.801	8.1	58.8	1.66	12.5	50.0	2.36
90	4.3	81.4	1.15	9.7	70.6	2.37	15.0	60.0	3.40
110	5.3	99.4	1.72	11.8	86.4	3.52	18.6	73.2	5.09
125	6.0	113.0	2.19	13.4	98.2	4.55	20.9	83.2	6.56
140	6.7	126.6	2.75	–	–	–	–	–	–
160	7.7	144.6	3.60	–	–	–	–	–	–

d_e - เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกท่อ e - ความหนาของท่อ
d_{ic} - เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ PN - ความดันใช้งาน (บาร์ bar)

ท่อโพลีโพรพีลีน (PP)
ผลิตตามมาตรฐาน AWWA C 902, ASTM D 2666

TUBING DIMENSIONS DR. 13.5 PRESSURE CLASS 160 PSI				
Nominal Size mm (in)	Outside Diameter mm (in) Average Tolerance		Wall Thickness mm (in) Minimum Tolerance		Standard Coil Length m
10 (3/8)	12.70 (0.500)	+0.15 (+0.006)	1.57 (0.062)	+0.25 (+0.010)	300
15 (½)	15.87 (0.625)	+0.20 (+0.008)	1.57 (0.062)	+0.25 (+0.010)	200
20 (3/4)	22.22 (0.875)	+0.20 (+0.008)	1.65 (0.065)	+0.25 (+0.010)	150
25 (1)	28.57 (1.125)	+0.25 (+0.010)	2.11 (0.083)	+0.25 (+0.010)	150
30 (1 ¼)	34.92 (1.375)	+0.25 (+0.010)	2.59 (0.102)	+0.25 (+0.010)	100
40 (1 ½)	41.27 (1.625)	+0.30 (+0.012)	3.05 (0.120)	+0.30 (+0.012)	100
50 (2)	53.97 (2.125)	+0.30 (+0.012)	3.99 (0.157)	+0.375 (+0.015)	50

ศูนย์รวมเทคโนโลยี่ด้านการชลประทาน

หจก. สยามเออริเทค แอนด์ คอนซัลติ้ง

SIAM IRRI-TECH & CONSULTING LP.

1051 ถนนกรุงเทพ-นนทบุรี บางซ่อน คุลิต กรุงเทพ 10800 โทร. 585-1083

ท่านมีปัญหาหรือต้องการวางแผนระบบการให้น้ำแก่แปลงพืชทุกชนิด เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย และให้มีประสิทธิภาพ เชิญปรึกษาเรา เรารู้ซึ้งถึงวิธีการให้น้ำทุกรูปแบบที่มีใช้กันในโลก เรามีผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์ มีความชำนาญพิเศษเฉพาะด้าน ผ่านงานสอน งานวิจัย และปฏิบัติจริง ๆ มาแล้วเป็นเวลานาน มีผลงานมากมายพร้อมที่จะให้ท่านพิสูจน์ เราพร้อมที่จะบริการท่านทุกรูปแบบ เสมือนเป็นเพื่อนร่วมคิด มิตรช่วยงานของท่าน

บริการของเรา ปรึกษา คำนวณ ออกแบบ จำหน่ายอุปกรณ์และติดตั้ง ตรวจสอบ และประเมินผล

- แหล่งน้ำ
- คูคลองและอาคารชลประทานทุกประเภท
- วางระบบการให้น้ำแก่พืช
  ระบบน้ำหยด (Trickle Irrigation), ระบบฉีดฝอย (Sprinkle), ระบบร่องคู (Furrow)
- วางระบบการให้น้ำสนามหญ้า
  สนามกอล์ฟ, สนามกีฬาต่าง ๆ, สนามหญ้าบริเวณบ้าน, สวนและต้นไม้ในอาคารและนอกอาคาร
- ติดตั้งระบบควบคุมน้ำอัตโนมัติ
- วิเคราะห์คุณภาพของดินและน้ำ
- ระบบเครื่องสูบน้ำ
- สำรวจทำแผนที่บริเวณและทำระดับชั้นดินในแปลงเพาะปลูก
- วางแผนสาธิตและแปลงทดลองต่าง ๆ
- ระบบระบายน้ำในแปลงเพาะปลูก
- เครื่องกรองน้ำเพื่อการชลประทานหลายรูปแบบ
- ระบบท่อส่งน้ำชนิดต่าง ๆ
- มีอุปกรณ์ผสมสารเคมีและปุ๋ยพร้อมกับการให้น้ำพืช
- เครื่องมือวัดความชื้นของดิน
- เครื่องมือวัดการขาดน้ำของพืช
- เครื่องมือวัดความเป็นกรด และความเข้มข้นของเกลือในดินและในน้ำ
- อุปกรณ์การปลูกพืชโดยไม่ง้อดิน
- สารอาหารพืชที่ใช้ปลูกในน้ำยา
- มีอุปกรณ์การให้น้ำแก่พืชให้ชมและจำหน่ายเป็นจำนวนมาก
- มีสไลด์และวีดีโอด้านการชลประทานทั้งภายในประเทศและต่างประเทศมากมาย

เปิดบริการ 09.00 - 20.00 น. ทุกวัน ไม่เว้นเสาร์-อาทิตย์ บริการปรึกษาทางไปรษณีย์ และเพื่อประกันความผิดหวัง โปรดโทรศัพท์นัดเวลาว่างล่วงหน้า จะได้ไม่เสียเวลานั่งคอยผู้อื่น

proper filtration is the heart of every irrigation installation.