คำนำ

การชลประทานเป็นศาสตร์ที่มีความจำเป็นต้องศึกษา ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากความจำเป็นต้องใช้น้ำในการอุปโภค บริโภค ตลอดจนมีน้ำเพื่อทำการเกษตรให้ได้มาซึ่ง อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค และที่อยู่อาศัย ซึ่งกล่าวโดยย่อก็คือ ปัจจัย 4 สำหรับใช้ดำรงชีวิต หรืออาจกล่าวได้ว่า "น้ำคือชีวิต" ในเบื้องต้นระดับของการพัฒนาก็เพื่อความมั่นคงของประเทศ หลังจากนั้นก็จะสามารถพัฒนาเป็นระดับมั่งคั่งได้ โดยจะต้องควบคุมการผลิตให้ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพ

หนังสือหลักการชลประทานเล่มนี้ได้ถูกเรียบเรียงขึ้นมาเพื่อให้เกิดแนวคิดและองค์ความรู้ด้านการชลประทาน ตลอดจนการนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม ซึ่งหากศึกษาให้เข้าใจแล้วจะสามารถตอบคำถามดังต่อไปนี้ได้ คือ

1. เมื่อใดควรให้น้ำแก่พืช
2. จะต้องให้น้ำแก่พืชครั้งละเท่าใด
3. จะให้นานเท่าใด และให้กี่วันต่อครั้ง
4. จะให้อย่างไรทั่วถึงสม่ำเสมอและพอเพียง
5. จะพิจารณาแหล่งน้ำจากไหน
6. เมื่อมีระบบชลประทานแล้วคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่

หวังเป็นอย่างยิ่ง และเชื่อมั่นว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์พอสมควรแก่ผู้ที่รักอาชีพด้านการเกษตรชลประทาน ที่จะได้ช่วยกันผลิตอาหารที่ดีมีคุณภาพเพื่อประโยชน์แห่งมวลมนุษย์โลก ทำได้สมบูรณ์และเป็นไปอย่างยั่งยืน ทั้งนี้ประเทศไทยได้ชื่อว่าเป็นแหล่งผลิตอาหารเพื่อป้อนประชากรโลกมานานแล้ว

อาจารย์บุญมา ป้านประดิษฐ์
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน
มกราคม 2546

สารบัญ

หน้า

คำนำ i

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความหมายของหลักการชลประทานและขอบเขตรายวิชา 1
1.2 ความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาการชลประทาน 1
1.3 ประโยชน์ของวิธีการชลประทาน 2
1.4 ประวัติการพัฒนาการชลประทานในประเทศไทย 3
1.5 องค์ประกอบของโครงการชลประทาน 4
1.6 สรุปภาพรวมของการพัฒนาด้านการชลประทาน 7
1.7 กระบวนการเรียนรู้วิชาหลักการชลประทาน 7

บทที่ 2 ดินเกี่ยวข้องกับวิธีการชลประทานอย่างไร

2.1 ความคิดรวบยอด 9
2.2 ดินกับวิธีการชลประทาน 9
2.3 ส่วนประกอบของดิน 9
2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของดินกับวิธีการชลประทาน 10
2.5 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน 15
2.6 คุณสมบัติทางเคมีบางประการที่เกี่ยวข้องกับงานด้านชลประทาน 22

บทที่ 3 น้ำเพื่อประโยชน์ต่องานชลประทาน

3.1 ความคิดรวบยอด 23
3.2 แหล่งน้ำผิวดินเพื่อการชลประทาน 23
3.3 ปริมาณน้ำใต้ดินที่จะนำมาใช้งานด้านชลประทาน 29
3.4 การคาดการปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall) 34
3.5 คุณภาพน้ำชลประทานที่มีผลกระทบต่อผลผลิตและระบบชลประทาน 37
3.6 การแก้ไขคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ 42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 พืชและพฤติกรรมของพืชที่เกี่ยวข้องกับงานด้านวิศวกรรมชลประทาน

4.1 ความคิดรวบยอด 59
4.2 พฤติกรรมการใช้น้ำของพืชเพื่อการเจริญเติบโต 59
4.3 อัตราการใช้น้ำของพืชและการคำนวณ 59
4.4 ระยะวิกฤตของพืชที่จะต้องระมัดระวังเรื่องการขาดน้ำของพืช 80
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างรากพืชกับประสิทธิภาพในการดูดน้ำ 81
4.6 หลักในการวางแผนการปลูกพืช การคัดเลือกพืชที่เหมาะสมกับสภาพดินและฤดูกาล 82
4.7 ราคาพืชผัก ไม้ผล ดอกไม้สด 87

บทที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ พืช สภาพแวดล้อมต่องานด้านวิศวกรรมชลประทาน

5.1 ความคิดรวบยอด 90
5.2 ระบบต่อเนื่องระหว่างดิน น้ำ พืช บรรยากาศ 90
5.3 น้ำในดินและความเป็นประโยชน์ของน้ำ 92
5.4 พลังงานกำกับแรงดึงความชื้นของดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 94
5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้น และปริมาณความชื้นของดินในระบบ 3 สถานะ และการตรวจวัด 96
5.6 การคาดคะเนผลกระทบของผลผลิตพืช เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่ให้ 104

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 หลักเกณฑ์และวิธีการทางด้านวิศวกรรมชลประทาน

6.1 ความคิดรวบยอด 109
6.2 การพิจารณาประมาณน้ำที่จะต้องจัดหาและสำรองไว้ใช้งาน 109
6.3 การพิจารณาหาขนาดแหล่งน้ำบนผิวดินและใต้ดิน 112
6.4 การพิจารณาระบบส่งน้ำและการแพร่กระจายน้ำ 116
6.5 หลักเกณฑ์และวิธีการเลือกใช้ระบบให้น้ำแบบต่าง ๆ 119
6.6 หลักการด้านวิศวกรรมในการให้น้ำแก่พืช และการกำหนดการให้น้ำแก่พืช 147
6.7 การควบคุมปริมาณความชื้นในดินโดยวิธีการระบายน้ำ 155
6.8 วิธีการชลประทานสำหรับดินที่มีปัญหาบางประการ 165
6.9 การตรวจสอบความสม่ำเสมอในการให้น้ำ และการประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน 167

บทที่ 7 หลักเกณฑ์และวิธีการพิจารณาวางโครงการชลประทาน

7.1 ความคิดรวบยอด 170
7.2 หลักในการพิจารณาวางโครงการชลประทาน 170
7.3 ระดับในการศึกษา 171
7.4 การตัดสินใจดำเนินการตามโครงการ 171
7.5 การพิจารณาตัดสินใจดำเนินการทางด้านเศรษฐศาสตร์ 172
7.6 ตัวอย่างการศึกษาการพิจารณาวางโครงการชลประทาน 173
7.7 มูลค่าของจำนวนเงินในเวลาที่แตกต่างกัน 184

บทที่ 8 บทสรุปท้ายเล่ม 187

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 องค์ประกอบของระบบชลประทาน 6
รูปที่ 1.2 กระบวนการเรียนรู้วิชาหลักการชลประทาน 8
รูปที่ 2.1 สัดส่วนของทราย ตะกอนทราย และดินเหนียว สำหรับการเรียกชื่อดิน 11
รูปที่ 2.2 ประเภทต่าง ๆ ของโครงสร้างดิน 12
รูปที่ 2.3 เขตอิ่มน้ำและช่วงต่อเนื่อง เขตส่งผ่าน เขตเริ่มเปียก และแนวเปียกน้ำ ในขณะที่ให้น้ำจากผิวดิน 16
รูปที่ 2.4 รูปแบบการแพร่กระจายของน้ำ ด้วยวิธีการให้น้ำแบบร่องคู 16
รูปที่ 2.5 การเปรียบเทียบรูปแบบการแพร่กระจายน้ำของการให้น้ำแบบฉีดฝอย และแบบผิวดิน 17
รูปที่ 2.6 ลักษณะพื้นที่เปียกน้ำของระบบน้ำหยดและแบบหัวฉีดฝอยเล็ก 18
รูปที่ 2.7 ลักษณะการดูดซึมน้ำของดิน 19
รูปที่ 2.8 เปรียบเทียบลักษณะการแผ่กระจายความชื้นของดินร่วนปนทราย (SANDY LOAM) และดินร่วนปนดินเหนียว (CLAY LOAM) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังให้น้ำ 20
รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบการไหลซึมของน้ำในร่องคู 21
รูปที่ 3.1 วัฏจักรของทรัพยากรน้ำตามธรรมชาติ 24
รูปที่ 3.2 แผนที่มาตราส่วน 1:50,000 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนด้านเหนือเขื่อน 25
รูปที่ 3.3 แผนที่แสดงทิศทางลมและร่องมรสุมของประเทศไทย 27
รูปที่ 3.4 รูปตัดความลึกบ่อขุดกรณีเป็นดินทราย 30
รูปที่ 3.5 รูปตัดความลึกบ่อตอก 31
รูปที่ 3.6 แผนที่อุทกธรณีวิทยาของจังหวัดลพบุรี 33
รูปที่ 3.7 แผนภูมิแสดงสิ่งเจือปนในน้ำ 40
รูปที่ 3.8 เครื่องกรองแบบไซโคลน 45
รูปที่ 3.9 เครื่องกรองแบบแผ่น Disk 46
รูปที่ 3.10 เครื่องกรองแบบตะแกรง 47

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.11 ถังกำจัดตะกอนหนักแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า 48
รูปที่ 3.12 แสดงวิธีการตกผลึกตะกอนทางเคมี 51
รูปที่ 3.13 บึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน 55
รูปที่ 3.14 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (SFS) 56
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของอัตราการใช้น้ำต่อการเจริญเติบโตของฝ้าย 60
รูปที่ 4.2 อัตราส่วนระหว่างการใช้น้ำกับการระเหยตลอดอายุของพืช 77
รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของความชื้นที่พืชดูดไปจากดินในชั้นต่าง ๆ 81
รูปที่ 4.4 ตัวอย่างปฏิทินการปลูกพืชในภาคต่าง ๆ 86
รูปที่ 5.1 แสดงการเคลื่อนที่ของน้ำจากดินสู่บรรยากาศแบบต่อเนื่อง 91
รูปที่ 5.2 น้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่าง ๆ 92
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงลักษณะการอุ้มน้ำของดิน 93
รูปที่ 5.4 ระบบสามสถานะของดิน 96
รูปที่ 5.5 เครื่องขุดเจาะเก็บตัวอย่างดิน 100
รูปที่ 5.6 เครื่องวัดความชื้นแบบ Tensiometer 101
รูปที่ 5.7 เครื่องวัดความชื้นในดินแบบความต้านทานไฟฟ้า 102
รูปที่ 5.8 เครื่องวัดความชื้นแบบ Neutron Moisture Meter 103
รูปที่ 6.1 วิธีการดำเนินงานจัดหาน้ำเพื่อการเกษตรกรรม 117
รูปที่ 6.2 ส่วนต่าง ๆ ของอ่างเก็บน้ำ 118
รูปที่ 6.3 วิธีการให้น้ำแบบใต้ดินชนิดฝังท่อใต้ดินและแบบคูเปิด 120
รูปที่ 6.4 วิธีการให้น้ำแบบใต้ผิวดินชนิดคูเปิดที่นิยมใช้ในประเทศไทย 121
รูปที่ 6.5 แสดงพื้นที่เพาะปลูกและการให้น้ำแบบร่องคู 124
รูปที่ 6.6 การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนยาว (GRADED BORDER) 126
รูปที่ 6.7 องค์ประกอบระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย 133
รูปที่ 6.8 ตัวอย่างอัตราการให้น้ำของหัวฉีดฝอย (Sprinkler) 135
รูปที่ 6.9 รูปแบบทั่วไปองค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยด 137

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.10 หัวจ่ายน้ำของระบบชลประทานแบบจุลภาค 143

รูปที่ 6.11 ส่วนประกอบของ Pressure Chamber 148

รูปที่ 6.12 ส่วนประกอบของ Scheduler Plant Stress Monitor 149

รูปที่ 6.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช 150

รูปที่ 6.14 รูปประกอบตัวอย่าง 153

รูปที่ 6.15 แสดงองค์ประกอบของระบบระบายน้ำ 156

รูปที่ 6.16 ระบบระบายน้ำในพื้นที่ซึ่งลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ลุ่มต่ำมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะเกลี่ยปรับพื้นที่กระจายอยู่เป็นจุด ๆ ให้ขุดคูระบายเชื่อมโยงระหว่างแต่ละที่ลุ่ม เพื่อระบายน้ำออกไปจากพื้นที่ 157

รูปที่ 6.17 ระบบระบายน้ำแบบคูขนานในพื้นที่ซึ่งลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบให้ปรับพื้นที่ให้มีความลาดเทอย่างต่อเนื่องสู่คูระบายน้ำในแปลง 158

รูปที่ 6.18 ระบบระบายน้ำแบบทำแปลงระหว่างร่องระบายให้นูนแบบหลังเต่าเหมาะสำหรับพื้นที่ราบ 159

รูปที่ 6.19 ระบบระบายน้ำแบบขวางความลาดเทของพื้นที่เหมาะสำหรับลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ชัน แต่ต้องชันน้อยกว่า 4% 160

รูปที่ 6.20 วิธีการปรับพื้นที่เพื่อการระบายน้ำ 161

รูปที่ 6.21 ระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน 163

รูปที่ 6.22 ระบบระบายน้ำใต้ผิวดินในแปลงเพาะปลูก 164

รูปที่ 6.23 ขั้นตอนการคำนวณหาประสิทธิภาพของการชลประทานที่ระดับต่าง ๆ 169

รูปที่ 7.1 ตัวอย่างรูปแปลงโครงการพัฒนาที่ดินแห่งหนึ่ง 180

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการจำแนกดินจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดดินตามระบบของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA) และระบบสากล (ISSS) 10

ตารางที่ 2.2 ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินชนิดต่าง ๆ 13

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องว่างกับค่าพลังงานกำกับก้อนดินของน้ำในช่องว่างนั้น 13

ตารางที่ 2.4 ค่าอัตราการซึมพื้นฐานของน้ำผ่านผิวดินโดยประมาณ 19

ตารางที่ 3.1 ปริมาณน้ำฝนตกเฉลี่ยและปริมาณน้ำท่าที่คาดการ 26

ตารางที่ 3.2 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าตามพื้นที่รับน้ำฝน ความลาดชัน 28

ตารางที่ 3.3 ค่าฝนใช้การ (Effective Rainfall) ของพืชไร่สำหรับฝนรายเดือนเฉลี่ยและอัตราการใช้น้ำของพืชขนาดต่าง ๆ 35

ตารางที่ 3.4 ฝนใช้การของนาข้าว 36

ตารางที่ 3.5 แสดงผลกระทบของเกลือต่อผลผลิตของพืช 38

ตารางที่ 3.6 ความเหมาะสมของน้ำที่มีเกลือโซเดียมต่อการเกษตรกรรมและการปรับแก้ 39

ตารางที่ 3.7 แสดงโอกาสที่จะเกิดการอุดตันของระบบชลประทานแบบหยดที่เกิดจากคุณภาพน้ำ 41

ตารางที่ 3.8 วิธีปรับแก้คุณภาพน้ำเสียเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนต่าง ๆ 43

ตารางที่ 3.9 ข้อมูลออกแบบถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า 48

ตารางที่ 3.10 สารเคมีบางชนิดที่นิยมใช้ในการปรับแก้คุณภาพน้ำ 50

ตารางที่ 3.11 ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับกำจัดสารปนเปื้อนในน้ำชลประทาน 52

ตารางที่ 3.12 ปริมาณสารเคมีที่ต้องการใช้ทางทฤษฎีสำหรับการตกตะกอนผลึกของมลสาร 1 กิโลกรัม 53

ตารางที่ 4.1 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ระยะการเจริญเติบโตช่วงต่าง ๆ เมื่อเทียบกับ Et_p ของหญ้า 61

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงโตคลุมดินเต็มที่ (Effective Cover) และอายุเก็บเกี่ยวของพืชไร่ที่ได้การรับรองพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตร 62

ตารางที่ 4.3 ค่าความดันไออิ่มตัว (ea) หน่วยเป็น มิลลิบาร์ ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 65

ตารางที่ 4.4 ค่าแฟคเตอร์ในเทอมของอุณหภูมิและความสูง ซึ่งมาจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ 65

ตารางที่ 4.5 ค่าปริมาณรังสีนอกชั้นบรรยากาศ มีหน่วยเป็น มม./วัน 66

ตารางที่ 4.6 Effect of Temperature f (t) on Longwave Radiation (Rnl) 66

ตารางที่ 4.7 Effect of Vapour Pressure f (ed) on Longwave Radiation (Rnl) 66

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 68

ตารางที่ 4.9 ข้อแนะนำการคำนวณหาค่า ETp โดยวิธี Modified Penman 69

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Etp) ที่อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยวิธี Modified Penman 71

ตารางที่ 4.11 ปริมาณการใช้น้ำของพืชจากการคำนวณโดยข้อมูลภูมิอากาศ หรือการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration, Etp) 73

ตารางที่ 4.12 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคูณการระเหยจากถาดวัดการระเหยแบบ Class-A pan เพื่อให้ได้ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ 77

ตารางที่ 4.13 ค่าการระเหยน้ำที่ครอบคลุมทั่วประเทศไทย (มิลลิเมตร/เดือน) 78

ตารางที่ 4.14 ช่วงวิกฤติ (Critical Period) ในความต้องการน้ำของพืชชนิดต่าง ๆ 80

ตารางที่ 4.15 ความลึกของรากพืชชนิดต่าง ๆ (ซ.ม.) 81

ตารางที่ 4.16 พืชใช้น้ำน้อย พืชรากลึกทนแล้ง พืชไร่ทนเค็ม พืชผักทนเค็ม หญ้าทนเค็ม ไม้ยืนต้นทนเค็ม 83

ตารางที่ 4.17 พืชเศรษฐกิจที่มีโอกาสขยายการผลิตและขยายตลาด 84

ตารางที่ 4.18 พืชเศรษฐกิจที่แนะนำให้ปลูกในแต่ละชลประทานภาคต่าง ๆ 85

ตารางที่ 4.19 ราคาผักสด ณ ตลาดไท ระหว่างวันที่ 16-31 พฤษภาคม 2544 87

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.20 ราคาผลไม้สด ณ ตลาดไท ระหว่างวันที่ 16-31 พฤษภาคม 2544 88

ตารางที่ 4.21 ราคาดอกไม้สด ณ ตลาดไท ระหว่างวันที่ 16-31 พฤษภาคม 2544 89

ตารางที่ 5.1 ระดับแรงดึงความชื้นของดินที่ควรจะให้น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด สำหรับพืชที่ปลูกในดินที่ลึกและมีการระบายน้ำดี 94

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความชื้นในดินที่พืชจะนำไปใช้ได้ 98

ตารางที่ 5.3 ผลผลิตที่ดีของพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงปลูกสอดคล้องกับฤดูกาล มีน้ำสมบูรณ์ มีปัจจัยทางเกษตรอย่างดีเป็น กก./ไร่ 105

ตารางที่ 5.4 แฟคเตอร์การตอบสนองของผลผลิต (ky) 107

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลการใช้น้ำของคนและสัตว์ 110

ตารางที่ 6.2 ข้อมูลการใช้น้ำของนาข้าว, พืชไร่, ไม้ผล 110

ตารางที่ 6.3 ประสิทธิภาพของโครงการ 110

ตารางที่ 6.4 แสดงตัวอย่างการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของอ้อยและส้มอย่างง่าย สำหรับพื้นที่ประมาณ 2,400 ไร่ 113

ตารางที่ 6.5 ความยาวของร่องคูสูงสุด (เมตร) สำหรับดิน ความลาดเทของพื้นที่และความลึกของน้ำที่จะให้ขนาดต่าง ๆ 125

ตารางที่ 6.6 ขนาดมาตรฐานสำหรับออกแบบการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation) สำหรับพืชที่รากลึก 127

ตารางที่ 6.7 ขนาดมาตรฐานสำหรับออกแบบการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation) สำหรับพืชที่รากตื้น 128

ตารางที่ 6.8 ขนาดของแปลงที่ควรใช้ (ไร่) สำหรับดินและอัตราการให้น้ำขนาดต่าง ๆ กัน (Basin Irrigation) 129

ตารางที่ 6.9 การเปรียบเทียบหัวจ่ายน้ำ 146

ตารางที่ 6.10 ค่าเฉลี่ยของความลึกและระยะระหว่างท่อระบายน้ำสำหรับดินชนิดต่าง ๆ 162

ตารางที่ 7.1 แสดงถึงการหาค่าปัจจุบันสุทธิ วิธีที่ 1 174

ตารางที่ 7.2 แสดงถึงการหาค่าปัจจุบันสุทธิ วิธีที่ 2 175

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 7.3 แสดงรายละเอียดและอัตราผลตอบแทนของโครงการ 177

ตารางที่ 7.4 แสดงค่าปัจจุบันของผลตอบแทนและค่าใช้จ่าย 178

ตารางที่ 7.5 แสดงการหาจุดคุ้มทุนของโครงการ 179

ตารางที่ 7.6 สูตรพีชคณิตและสูตรสัญลักษณ์ของความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเงินต่าง ๆ 185

ตารางที่ 7.7 ค่าตัวประกอบสำหรับการคำนวณค่าของเงิน 186

หลักการชลประทาน (Irrigation Principle)

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความหมายของหลักการชลประทานและขอบเขตรายวิชา

หลักการชลประทาน หมายถึง หลักเกณฑ์และวิธีการให้น้ำแก่พืชโดยการเพิ่มความชื้นให้แก่ดินจนดินมีความชุ่มชื้นพอเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช เพื่อให้เกิดผลผลิตสูงสุด รวมถึงการจัดหาน้ำและการจัดการน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้นด้วย

ขอบเขตรายวิชาหลักการชลประทาน จึงมุ่งเน้นถึงหลักเกณฑ์และวิธีการด้านวิศวกรรมที่จะให้น้ำแก่พืชอย่างเหมาะสมที่สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งมุ่งใช้ประโยชน์จากความสัมพันธ์ของดิน น้ำ พืช และสภาพแวดล้อม มาพิจารณาออกแบบขนาดแหล่งน้ำ ออกแบบระบบส่งน้ำ และการนำน้ำไปใช้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ ตลอดจนพิจารณาเบื้องต้นได้ว่าเมื่อดำเนินการงานด้านวิศวกรรมชลประทานแล้วจะคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่

1.2 ความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาการชลประทาน

ปัจจัยพื้นฐานของมนุษย์ที่จะดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างต่อเนื่องตามอายุไขจะประกอบไปด้วยปัจจัย 4 คือ อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่มและยารักษาโรค อาจกล่าวได้ว่า 80-90 เปอร์เซนต์ของปัจจัยพื้นฐานจะมาจากพืชเป็นส่วนใหญ่ ปัจจุบันประชากรของพลโลกได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่พื้นที่การเกษตรกำลังลดลง ทั้งนี้ เพื่อแบ่งพื้นที่ส่วนหนึ่งเป็นที่อยู่อาศัย พร้อมกับสภาพแวดล้อมถูกทำลาย อาหารที่ผลิตได้จึงไม่พอเพียงต่อพลโลก ดังนั้นประเทศต่าง ๆ จึงมุ่งแสวงหาแนวทางเพิ่มผลผลิตให้เกิดขึ้น ดังนั้น **ความจำเป็นในการพัฒนาการชลประทานเพื่อให้มีน้ำไว้ใช้เป็นปัจจัยการผลิต**จึงมาจากประเด็นสำคัญ 2 ประการ คือ

1.2.1 จากความต้องการที่สร้างความมั่นคงต่อประเทศ ทั้งนี้เกิดจากความต้องการและความจำเป็นของประชาชนเป็นหลักที่จะต้องบริโภคปัจจัย 4 รวมทั้งต้องการยกระดับความเป็นอยู่และคุณภาพของชีวิตให้ดีขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาการชลประทานให้พอเพียง สำหรับใช้น้ำเพื่อการผลิต พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช ได้มีพระราชดำรัสต่อความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาการชลประทาน ณ สวนจิตรดา เมื่อวันที่ 17 มีนาคม 2529 ตอนหนึ่ง ความว่า **".....หลักสำคัญว่าต้องมีน้ำบริโภค น้ำใช้ น้ำเพื่อการเพาะปลูก**

เพราะว่าชีวิตอยู่ที่นั่น ถ้ามีน้ำ คนอยู่ได้ ถ้าไม่มีน้ำ คนอยู่ไม่ได้ ไม่มีไฟฟ้า คนอยู่ได้ แต่ถ้ามีไฟฟ้าไม่มีน้ำ คนอยู่ไม่ได้.....”

1.2.2 จากความต้องการที่จะสร้างความมั่งคั่งต่อประเทศ ทั้งนี้เกิดจากประเทศชาติมีศักยภาพของทรัพยากรเหมาะสมเพียงพอที่จะเพิ่มกำลังการผลิต เป็นการเพิ่มรายได้ประชาชาติให้สูงขึ้น ซึ่งจะเป็นการพัฒนาทั้งด้านเศรษฐกิจ การเมืองและสังคมควบคู่กันไป

1.3 ประโยชน์ของวิธีการชลประทาน

ในประเทศที่มีการเกษตรเป็นหลัก ในฤดูแล้งส่วนใหญ่จะเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำไม่พอใช้ แต่หากได้มีการพิจารณาวางโครงการชลประทาน ซึ่งรายละเอียดตามที่จะกล่าวในหัวข้อ 1.5 เป็นไปอย่างเหมาะสมแล้ว ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการมีชลประทานจะช่วยให้สามารถพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศชาติให้ดีขึ้นได้ กล่าวคือ

1.3.1 วิธีการชลประทานสามารถที่จะเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้ได้สูงขึ้นเพราะ

- ในกรณีที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดี หากมีการให้น้ำในปริมาณที่เหมาะสม พืชจะให้ผลผลิตที่สูง
- ลดความเสี่ยงในการขาดแคลนน้ำ โดยการจัดเก็บและใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
- ปลูกพืชได้หลายครั้งต่อปี และปลูกได้หลายชนิด
- ถ้ามีการจัดการดินอย่างดีและมีการให้น้ำที่เหมาะสม จะช่วยรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ดีด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการปลูกพืชครั้งต่อไป

1.3.2 วิธีการชลประทานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้ได้ราคาสูงขึ้นได้ ทั้งนี้เพราะ

- การใช้ปุ๋ยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผลผลิตได้ทั้งคุณภาพและปริมาณตลอดจนความสม่ำเสมอ
- สามารถที่จะผลิตพืชผลให้ออกนอกฤดูกาลได้ ทำให้ได้ราคาสูงขึ้น

1.3.3 วิธีการชลประทานอาจจะพิจารณาให้เกิดโครงการอเนกประสงค์เกี่ยวกับ การประมง การพักผ่อนหย่อนใจ การป้องกันน้ำท่วม การคมนาคมทางน้ำ เป็นต้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในระดับรองลงไป ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อดำเนินกิจการด้านชลประทานแล้ว จะมีองค์ประกอบให้เกิดประโยชน์ดังกล่าวตามมา

1.4 ประวัติการพัฒนาการชลประทานในประเทศไทย

วัตถุประสงค์ในการศึกษาประวัติการณ์พัฒนาการชลประทานในประเทศไทยนั้น ก็เพื่อที่จะนำมาเป็นข้อคิดเกี่ยวกับการชลประทานบ่งบอกถึงความนำสมัยในการพัฒนาประเทศ และเพื่อใช้เป็นหลักในการใช้เป็นประโยชน์สำหรับการเปรียบเทียบวิธีการชลประทานในปัจจุบันกับอดีตว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด จะได้ปรับปรุงหรือหาแนวทางในการพัฒนาให้ก้าวหน้าต่อไป

<u>การพัฒนาการชลประทานในประเทศไทย พอสรุปลำดับการพัฒนาได้ดังนี้</u>

1.4.1 ภาคเหนือสมัยล้านนา คนไทยภาคเหนือรู้จักวิธีการชลประทานมานานกว่า 700 ปีแล้ว โดยการสร้างเหมืองฝายเพื่อยกระดับน้ำในแม่น้ำลำธารให้สูงขึ้น ในภาคเหนือ สภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาหรือลูกเนินที่เป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำลำธาร จึงมีน้ำไหลตลอดปี เมื่อจัดทำฝายขึ้นโดยนำไม้ไปปักหรือนำหินไปทิ้งเพื่อยกน้ำในแม่น้ำให้สูงขึ้น น้ำก็จะถูกบังคับให้ไหลไปตามเหมือง หรือคลองส่งน้ำที่ขุดขึ้นเพื่อชักน้ำเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูกได้ตามความต้องการ การสร้างเหมืองฝายนี้เป็นที่นิยมและแพร่หลายกันมาก ในรัชสมัยพระเจ้าเม็งรายจึงได้มีกฎหมายควบคุมการจัดสร้างเหมืองฝายหรือการชลประทาน ซึ่งหลักการยังคงใช้ได้มาจนถึงปัจจุบัน

1.4.2 ในสมัยกรุงสุโขทัย ระบบการชลประทานที่ได้รับการพัฒนาขึ้นบริเวณภาคเหนือตอนล่าง โดยมีการจัดสร้างอ่างเก็บน้ำขึ้นเพราะไม่มีน้ำไหลตลอดปีอย่างภาคเหนือตอนบน เช่น อ่างเก็บน้ำสรีดภงษ์ที่สร้างขึ้นสมัยพ่อขุนรามคำแหงมหาราช ต่อมาในยุคกรุงศรีอยุธยาก็ได้มีการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำเช่นเดียวกัน เช่น อ่างเก็บน้ำ “ธารทองแดง” ที่พระพุทธบาท สระบุรี สร้างขึ้นในรัชสมัยของสมเด็จพระเจ้าปราสาททอง และ อ่างเก็บน้ำ “ห้วยซับเหล็ก” เพื่อชักน้ำขึ้นไปในตัวเมืองลพบุรี สร้างขึ้นในรัชสมัยของสมเด็จพระนารายณ์มหาราช

1.4.3 ในสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ พระมหากษัตริย์ทุก ๆ พระองค์ทรงทำนุบำรุงกิจการชลประทานของประเทศตลอดมา โดยพระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราชโปรดให้ขุดคลองต่าง ๆ สำหรับการคมนาคมทางน้ำ ประโยชน์ทางยุทธศาสตร์ และเป็นแหล่งน้ำสำหรับการอุปโภคบริโภค นอกจากนี้ทรงโปรดให้สร้างทำนบปิดกั้นคลองปากลัดที่อำเภอพระประแดง เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องน้ำเค็มที่ปากน้ำไหลเข้ามาในแม่น้ำเจ้าพระยา ทำให้น้ำกร่อยเป็นอันตรายต่อการเพาะปลูกและน้ำอุปโภคบริโภค พระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัยโปรดให้ขุดคลองลัดหลวงที่จังหวัดสมุทรปราการ และสร้างทำนบปิดกั้นแม่น้ำเจ้าพระยาที่เมืองอ่างทอง เพื่อให้น้ำไหลเข้าทางคลองบางแก้ว ไม่ให้เกิดการตื้นเขิน จัดสร้างสถานีวัดระดับน้ำแห่งแรกในประเทศไทย ซึ่งได้ใช้เป็นสถิติทางอุทกวิทยามาจนปัจจุบันนี้เป็นเวลานานกว่า 150 ปี คือ เสาหินสำหรับใช้วัดระดับน้ำสูงสุดของแม่น้ำเจ้าพระยาได้จัดสร้างขึ้นในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว และได้ทำการขุดคลองเชื่อม

แม่น้ำสายต่าง ๆ เพื่อขยายพื้นที่เพาะปลูกและใช้เป็นเส้นทางคมนาคม ซึ่งได้ดำเนินการสืบเนื่องกันมาตลอดรัชสมัยของพระองค์ และรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ต่อมาในรัชสมัย พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ทรงนำวิทยาการด้านชลประทานสมัยใหม่มาใช้ พระองค์ได้พระราชทานพระบรมราชานุญาตให้สัมปทานแก่บริษัทขุดคลองและคูนาสยาม เพื่อให้ขุดคลองทำประตูระบายน้ำในบริเวณทุ่งรังสิต เพื่อจะได้เก็บกักน้ำหรือระบายแล้วแต่ความต้องการตามฤดูกาล และสามารถส่งน้ำเข้าสู่ที่นาที่อยู่ลึกห่างจากลำน้ำเข้าไป ในปี พ.ศ.2445 ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ตั้ง “กรมคลอง” สังกัดกระทรวงเกษตราธิการ มีหน้าที่ดำเนินการเกี่ยวกับการทำนุบำรุงการคมนาคมทางน้ำที่ตื้นเขิน และวางโครงการเพื่อ ช่วยเหลือการเพาะปลูกในทุ่งราบภาคกลางโครงการเจ้าพระยาโดยมีเขื่อนทดน้ำกั้นแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดชัยนาทและสร้างระบบส่งน้ำเพื่อส่งน้ำให้แก่พื้นที่นาทั้งสองฝั่งลงมาจนถึงชายทะเลเป็นพื้นที่ประมาณ 4.5 ล้านไร่ ได้เริ่มต้นขึ้น แต่เนื่องจากโครงการนี้เป็นโครงการใหญ่ ต้องใช้เงินลงทุนในสมัยนั้นประมาณ 47 ล้านบาท และในระยะนั้นรัฐบาลไม่มีเงินลงทุนเพียงพอ จึงต้องชลอโครงการนี้ไว้ก่อน โครงการชลประทานที่สร้างเป็นเขื่อนทดน้ำมีอาคารบังคับน้ำ และคลองชลประทานที่ใช้สำหรับส่งน้ำโครงการแรกคือ โครงการป่าสักใต้ หรือ โครงการท่าหลวง ซึ่งสร้างในรัชกาลพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว โครงการนี้ประกอบด้วย เขื่อนพระรามหก ซึ่งสร้างกั้นแม่น้ำป่าสักที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา คลองส่งน้ำ และอาคารในคลองเป็นระยะ ๆ เพื่อส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกทางทิศใต้ของลำน้ำลงมาจนถึงคลองรังสิต โครงการโพธิ์พระยาเพื่อพัฒนาแม่น้ำสุพรรณบุรี โครงการเชียงรากคลองด่าน ซึ่งเป็นงานระบายน้ำและใช้น้ำส่วนที่เหลือจากโครงการป่าสักใต้ส่งลงมาล้างความเค็มของดินบริเวณชายทะเล และโครงการนครนายกเป็นโครงการชลประทานที่ได้รับการพัฒนาในลำดับต่อมา รัชสมัยพระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว และพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวในรัชกาลปัจจุบันกิจการชลประทานได้ขยายไปสู่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น โครงการแม่แฝก โครงการแม่ปิงเก่า จังหวัดเชียงใหม่ โครงการแม่วัง จังหวัดลำปาง โครงการลำตะคอง โครงการทุ่งสัมฤทธิ์ จังหวัดนครราชสีมา โครงการห้วยหลวง จังหวัดอุดรธานี ฯลฯ ภายหลังสงครามโลกครั้งที่สองจนถึงปัจจุบันได้มีการพัฒนาการเกษตรเพื่อเพิ่มผลผลิตสำหรับเลี้ยงประชากรภายในประเทศและเป็นสินค้าออก ทำให้กิจการด้านชลประทานได้รับการพัฒนาและขยายอย่างรวดเร็วตามไปด้วย โครงการเขื่อนเพื่อเอนกประสงค์ต่าง ๆ เช่น โครงการเจ้าพระยาใหญ่ โครงการเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนศรีนครินทร์ เขื่อนวชิรลงกรณ์ เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนสิรินทร เขื่อนจุฬาภรณ์ เขื่อนบางลาง เขื่อนเขาแหลม เขื่อนน้ำพง เขื่อนบางพระ ฯลฯ และโครงการชลประทานเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำต่าง ๆ ได้ดำเนินการออกไปทั่วทุกภาคของประเทศ ซึ่งปัจจุบันอยู่ในความรับผิดชอบของกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นส่วนใหญ่

1.5 องค์ประกอบของโครงการชลประทาน

โครงการชลประทานหมายถึง หน่วยงานและสิ่งก่อสร้างที่จัดตั้งขึ้นเพื่อเก็บกักน้ำ และควบคุมปริมาณน้ำให้เหมาะสมในการเพาะปลูก องค์ประกอบของระบบชลประทานจะประกอบไปด้วย

1.5.1 แหล่งน้ำ (Source of water supply) จะเป็นปริมาณน้ำต้นทุนที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นดัชนีบ่งชี้ว่า พื้นที่ชลประทานจะกว้างใหญ่เพียงใด ซึ่งแหล่งน้ำนี้จะเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะต้องพัฒนาขึ้นมาให้สอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ มีปัจจัยหลายอย่างที่จะต้องพิจารณา ซึ่งรายละเอียดจะได้กล่าวต่อไปเกี่ยวกับเรื่องปริมาณน้ำและคุณภาพของน้ำ

1.5.2 พื้นที่ดินและพืช (Land & Crops) พื้นที่ดิน หมายถึง ขอบเขตพื้นที่ที่กำหนดไว้ว่าจะได้รับประโยชน์จากโครงการชลประทาน สำหรับพืชจะเป็นตัวกำหนดการใช้น้ำของโครงการชลประทาน และเป็นตัวกำหนดให้ค่าผลตอบแทนต่อโครงการ จำเป็นต้องระบุว่าเป็นพืชชนิดใด ปลูกบริเวณใด พื้นที่เท่าใด จากเดือนใดถึงเดือนใด เพื่อจะได้พิจารณากำหนดการทำบัญชีน้ำและการจัดการน้ำได้ถูกต้อง

1.5.3 หัวงานโครงการชลประทาน (Head Work) หมายถึงบรรดาสิ่งก่อสร้างทั้งหมดที่ก่อสร้างไว้ที่ในลำน้ำ เพื่อยกระดับน้ำให้สูงขึ้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการชลประทานได้ ซึ่งอาจจะเป็นแบบเหมือง ฝาย เขื่อนระบายน้ำ เขื่อนเก็บกักน้ำ หรือเป็นการสูบน้ำก็ได้

1.5.4 ระบบส่งน้ำ (Delivery System) เป็นระบบที่จะนำน้ำจากแหล่งน้ำไปสู่พื้นที่เพาะปลูก ซึ่งอาจจะเป็นระบบแบบคลองเปิดหรือระบบท่อส่งก็ได้ ระบบทางน้ำเปิดส่วนใหญ่การส่งน้ำจะอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) โดยอาศัยการยกระดับของน้ำให้สูงขึ้นจากการสร้างหัวงานที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 1.5.3 ส่วนระบบท่อจะมีแรงดันสูงมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะทางที่จะต้องนำน้ำไปถึง

1.5.5 ระบบการให้น้ำแก่พืช (Irrigation System) เป็นระบบการให้น้ำที่ใช้ในแปลงเพาะปลูกพืช มีอยู่ 4 ระบบใหญ่ ๆ ได้แก่ ระบบการให้น้ำแก่พืชแบบใต้ผิวดิน ระบบการให้น้ำแก่พืชทางผิวดิน ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย ระบบการให้น้ำแบบหยด

1.5.6 ระบบระบายน้ำ (Drainage System) เป็นระบบที่กำจัดน้ำที่มากเกินความต้องการของพืช ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายและมีผลกระทบต่อพืชได้

สาเหตุที่นำเอาความหมายและองค์ประกอบของโครงการชลประทานมากล่าวไว้ที่นี้ ก็เพื่อให้มีแนวความคิดเกี่ยวกับการดำเนินกิจกรรมในการผลิตพืชเพื่อให้ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพ ซึ่งจะพบว่าองค์ประกอบของโครงการชลประทานในหัวข้อ 1.5.1 และ 1.5.2 จะเป็นปัจจัยการผลิตหลัก ซึ่งประกอบไปด้วย แหล่งน้ำ พืช และแร่ธาตุ ส่วนลำดับที่ 1.5.3 ถึง 1.5.6 นั้นจะเป็นส่วนควบคุมปริมาณน้ำที่ให้มีความเหมาะสม หรือไม่เป็นอันตรายต่อต้นพืช ซึ่งจะสอดคล้องกับความหมายของหลักการชลประทานทุกประการ โดยในส่วนของปัจจัยการผลิตในหัวข้อ 1.5.1 และ 1.5.2 เมื่อดำเนินกิจกรรมแล้วจะให้ผลผลิตเป็นรายรับของโครงการ (Benefit) ส่วนรายการ 1.5.3 ถึง 1.5.6 เป็นรายจ่าย หรือค่าลงทุน (Cost) ที่คงที่ ซึ่งจะนำไปใช้ในการพิจารณาวางโครงการชลประทาน และใช้เป็นข้อมูลตอบคำถามว่า เมื่อมีการชลประทานแล้วจะคุ้มค่ากับการ ลงทุนหรือไม่ องค์ประกอบของโครงการชลประทาน พิจารณารูปที่ 1.1 ประกอบ

bot-1

1.6 สรุปภาพรวมของการพัฒนาด้านการชลประทาน

จากความหมายของหลักการชลประทาน ประวัติการพัฒนาการชลประทานในประเทศไทย และองค์ประกอบของโครงการชลประทานจะพิจารณาความแตกต่างได้ชัดเจนว่า

1.6.1 ในช่วงต้น ๆ ตั้งแต่สมัยล้านนาจนถึงรัชสมัยรัชการที่ 4 จะพบว่าวิวัฒนาการด้านชลประทานจะดำเนินการกิจกรรมเกี่ยวกับการพัฒนาแหล่งน้ำเป็นส่วนใหญ่

1.6.2 ตั้งแต่รัชสมัยรัชกาลที่ 5 เป็นต้นมา วิวัฒนาการจะเจริญก้าวหน้าตามลำดับ เป็นรูปธรรมมากขึ้น ตั้งแต่การจัดหาน้ำ การควบคุมปริมาณน้ำ โดยปัจจุบันสภาพปัญหาการขาดแคลนน้ำ ปัญหาภาวะมลพิษที่เป็นสาเหตุกระทบกระเทือนต่อคุณภาพน้ำเริ่มมีมากขึ้น **ดังนั้นหนังสือเล่มนี้จึงมุ่งเน้นถึงหลักการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนวิธีการและแนวทางพัฒนาแหล่งน้ำให้เหมาะสม ซึ่งจะนำไปสู่การวางแผนพิจารณาโครงการชลประทาน การออกแบบระบบชลประทาน การออกแบบโครงสร้าง การก่อสร้าง การบำรุงรักษา รวมทั้งการจัดการเรื่องน้ำ หลักการให้น้ำแก่พืช วิธีการให้น้ำแก่พืช การกำหนดการให้น้ำแก่พืช ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำเอาทรัพยากร ดิน น้ำ อากาศ สภาพแวดล้อม มาใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช จะก่อให้เกิดผลผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพ มีความสมดุลของสภาพแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง จะเป็นการนำไปสู่การมีแหล่งน้ำสำหรับการเพาะปลูกให้ได้มาซึ่งปัจจัย 4 เพื่อมวลมนุษย์ที่ยั่งยืนสืบไป**

1.7 กระบวนการเรียนรู้วิชาหลักการชลประทาน

หนังสือเล่มนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 ส่วนใหญ่ ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของบทนำ เพื่อกำหนดขอบเขตและความหมายของการชลประทาน ประโยชน์ของการชลประทาน ความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาการชลประทาน องค์ประกอบโครงการชลประทาน โดยกล่าวรายละเอียดไว้ในบทที่ 1

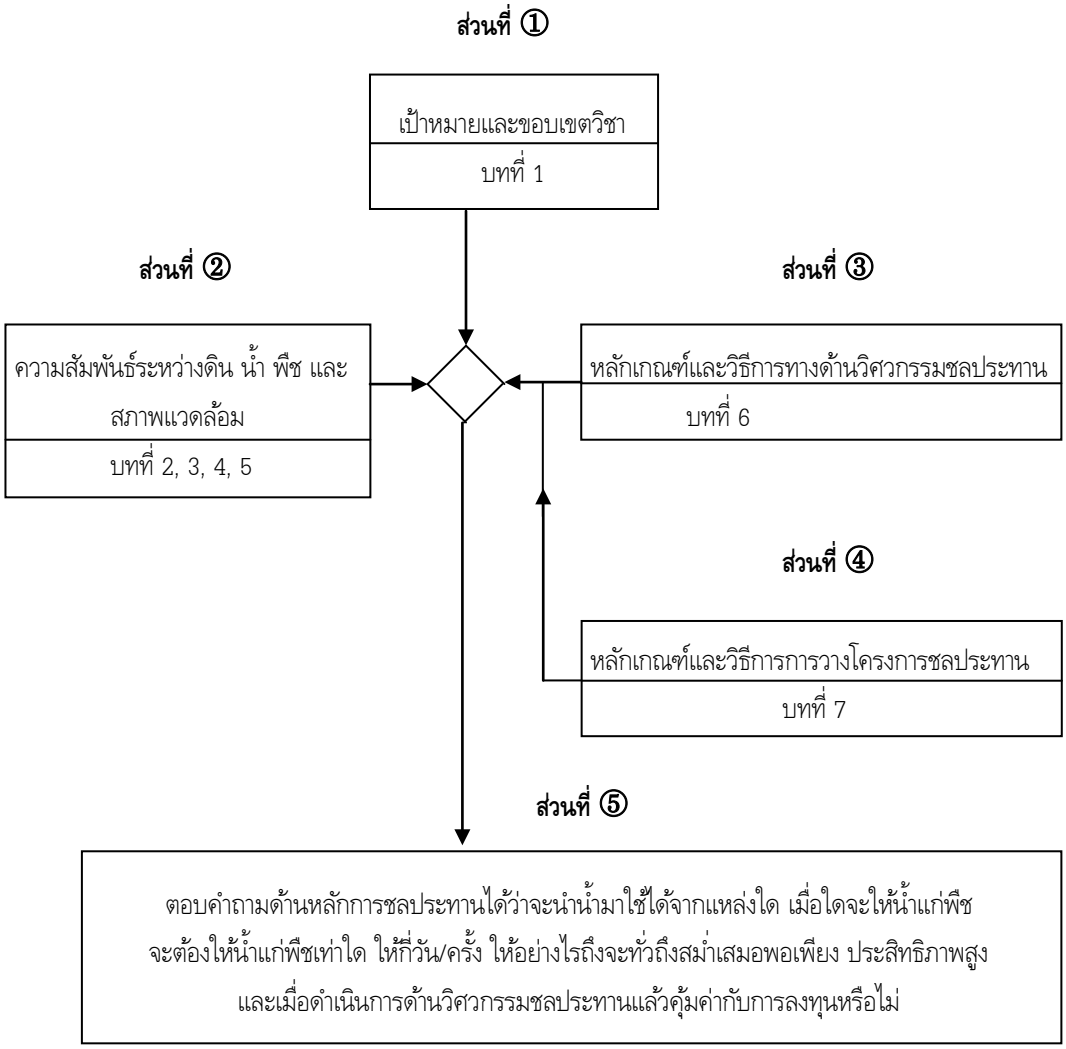
ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของการศึกษาข้อมูลทางด้าน ดิน น้ำ พืช สภาพแวดล้อม ที่มีความสัมพันธ์ต่องานด้านชลประทาน โดยรายละเอียดจะกล่าวในบทที่ 2, 3, 4, 5

ส่วนที่ 3 เป็นส่วนของหลักเกณฑ์และวิธีการทางด้านวิศวกรรมชลประทาน เกี่ยวกับการพิจารณาแหล่งน้ำ วิธีการให้น้ำแก่พืชแบบต่าง ๆ การกำหนดการให้น้ำแก่พืช ซึ่งจะกล่าวไว้ในบทที่ 6

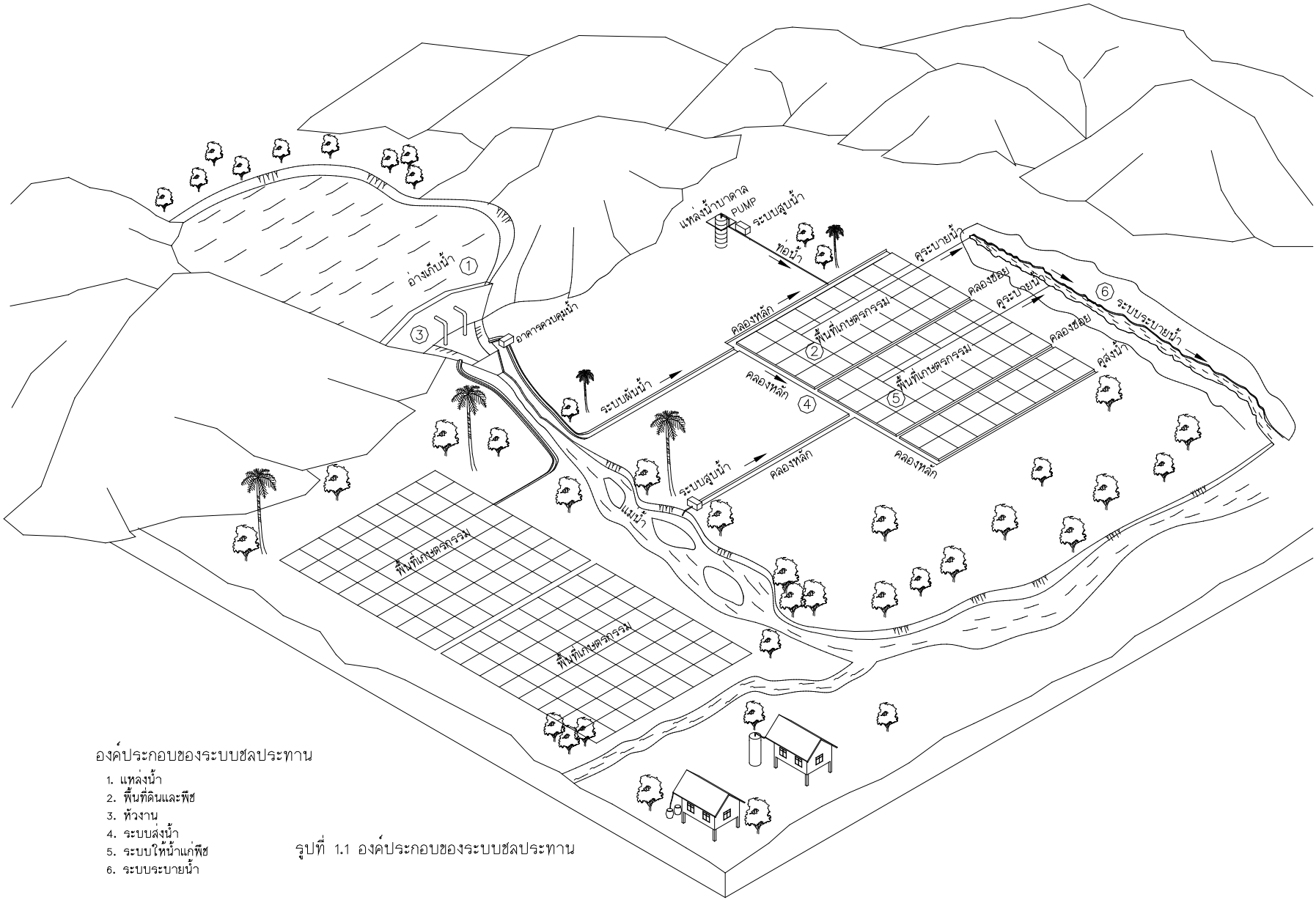
ส่วนที่ 4 เป็นส่วนของหลักเกณฑ์และวิธีการวางโครงการชลประทาน ว่าเมื่อดำเนินกิจการด้านการชลประทานแล้วคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่

ส่วนที่ 5 เป็นส่วนของการนำรายละเอียดทั้ง 4 ส่วนมาสรุปเพื่อให้เกิดแนวความคิดและการนำเอาไปใช้ประโยชน์

รายละเอียดทั้ง 5 ส่วน สามารถนำมาจัดทำเป็นแผนภูมิกระบวนการเรียนรู้อย่างง่าย ตามแผนภูมิรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 กระบวนการเรียนรู้วิชาหลักการชลประทาน



องค์ประกอบของระบบชลประทาน

1. แหล่งน้ำ
2. พื้นที่ดินและพืช
3. ห้วงาน
4. ระบบส่งน้ำ
5. ระบบให้น้ำแก่พืช
6. ระบบระบายน้ำ

รูปที่ 1.1 องค์ประกอบของระบบชลประทาน

บทที่ 2 ดินเกี่ยวข้องกับวิธีการชลประทานอย่างไร

2.1 ความคิดรวบยอด

ลักษณะทางกายภาพของดิน ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างของดิน ความถ่วงจำเพาะปรากฏ ช่องว่างระหว่างเม็ดดิน มีส่วนสำคัญกับวิธีการทางด้านชลประทาน โดยเฉพาะการกำหนดการให้น้ำแก่พืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับลักษณะชลศาสตร์ของน้ำในดิน รูปแบบการแพร่กระจายน้ำ ลักษณะดังกล่าวจะนำมาพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้วิธีการให้น้ำอย่างเหมาะสม ตลอดจนศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน พลังงานที่กำกับในการปลดปล่อยให้พืชดูดน้ำไปใช้ได้ เพื่อหาระยะเวลาในการให้น้ำ ความถี่ในการให้น้ำ วิธีการควบคุมความชื้นในดิน นอกจากนี้คุณสมบัติทางด้านเคมีบางประการของดิน เช่น ความเค็ม ยังเกี่ยวข้องกับงานด้านชลประทานที่จะต้องมีเทคนิคในการควบคุมให้ความเค็มมีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชด้วย

2.2 ดินกับวิธีการชลประทาน

ดิน หมายถึง ส่วนประกอบของสารซึ่งเกิดจากการสลายตัวและผุกร่อนของหินต้นกำเนิดและอินทรีย์วัตถุที่เน่าเปื่อยจนเป็นชั้นบาง ๆ เพื่อห่อหุ้มโลกเอาไว้ เมื่อมีอากาศและน้ำในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยค้ำจุนพร้อมทั้งช่วยในการยังชีพและการเจริญเติบโตของพืช สำหรับงานด้านการชลประทานจะพิจารณาว่าดินจะประกอบไปด้วยอะไร มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำอย่างไรบ้าง เพื่อที่จะได้นำไปประยุกต์ใช้ในหลักวิศวกรรมชลประทาน ซึ่งความสัมพันธ์กับน้ำ พืช และหลักวิศวกรรมชลประทาน ดังจะกล่าวต่อไปในบทที่ 5 และบทที่ 6

2.3 ส่วนประกอบของดิน

ส่วนประกอบของดินจะประกอบไปด้วย อินทรีย์วัตถุ อนินทรีย์วัตถุ น้ำและอากาศ โดยอินทรีย์วัตถุเมื่อย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้วจะให้ธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม รวมทั้งธาตุอาหารรอง ให้พลังงานกับจุลินทรีย์ในดิน รวมถึงยังเป็นตัวสำคัญในการควบคุมโครงสร้างของดินว่าจะเป็นโครงสร้างที่มีความพรุนหรือความหนาแน่นมาน้อยเพียงใด จะมีผลกระทบต่อการกำหนดการให้น้ำแก่พืช ว่าเมื่อใดจะต้องให้น้ำ การให้น้ำแต่ละครั้งใช้ระยะเวลาเท่าใด และจะให้กี่วันครั้ง เป็นต้น รวมถึงการควบคุมความชื้นในดินโดยวิธีการระบายน้ำ และการถ่ายเทอากาศ สำหรับอนินทรีย์วัตถุจะให้แร่ธาตุต่าง ๆ และเป็น

ส่วนหนึ่งของเนื้อดิน มีผลทำให้สามารถจำแนกดินได้ชัดเจนกว่า เป็นดินเหนียว ดินร่วน ดินทรายได้ นอกจากนี้อนุภาคดินที่เกิดจากการวางและเรียงตัวโดยธรรมชาติ จะทำให้ดินก่อตัวเป็นโครงสร้าง ทำให้เกิดช่องว่างในดินได้ ซึ่งช่องว่างเหล่านี้จะมีขนาดไม่เท่ากัน ทำให้น้ำและอากาศสามารถเข้าไปแทรกได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ในที่นี้ส่วนของอินทรีย์วัตถุที่เน่าเปื่อยผุพังจนเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ที่เรียกว่า ฮิวมัส เท่านั้น ที่นับว่าเป็น องค์ประกอบของดิน

2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของดินกับวิธีการชลประทาน

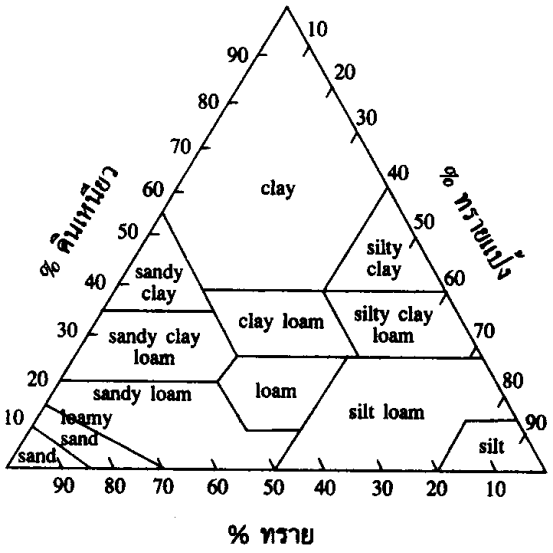
คุณสมบัติทางกายภาพของดินมีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถ**ในการอุ้มน้ำของดิน การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศในดิน จะมีผลต่อการเลือกระบบการให้น้ำแก่พืช ปริมาณน้ำที่จะให้ได้สูงสุดที่ดินจะสามารถอุ้มไว้ได้** ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานด้านชลประทานโดยตรง คุณสมบัติทางกายภาพที่จะต้องพิจารณา ได้แก่

2.4.1 เนื้อดิน หมายถึง ขนาดของชิ้นส่วนของสารที่ประกอบขึ้นเป็นเม็ดดินที่บ่งบอกว่าหยาบหรือละเอียดในการแบ่งแยกหรือจำแนกเนื้อดิน ได้แบ่งเป็น 2 ระบบใหญ่ คือ ระบบของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา United State Department of Agriculture, USDA และระบบสากล (International Society of Soil Science ISSS) ความแตกต่างของระบบ USDA และ ISSS แตกต่างกันตามตารางที่ 2.1 โดย USDA จะแบ่งกลุ่มดินมีความละเอียดมากกว่ากลุ่ม ISSS สาระสำคัญของการศึกษาประเภทเนื้อดินมีวัตถุประสงค์ก็เพื่อจะได้สื่อความหมายตามระบบต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบการจำแนกดินจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเม็ดดินตามระบบของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา **(USDA)** และระบบสากล **(ISSS)**

ชนิดดิน	ช่วงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดดิน-มม.	
	ระบบ **USDA**	ระบบ **ISSS**
ทรายหยาบมาก **(Very Coarse Sand)**	1.0 - 2.0	-
ทรายหยาบ **(Coarse Sand)**	0.5 - 1.0	0.2 - 2.0
ทรายหยาบปานกลาง **(Medium Sand)**	0.25 - 0.5	-
ทรายละเอียด **(Fine Sand)**	0.10 - 0.25	0.02 - 0.2
ทรายละเอียดมาก **(Very Fine Sand)**	0.05 - 0.10	-
ทรายแป้ง **(Silt)**	0.002 - 0.05	0.002 - 0.02
อนุภาคดินเหนียว **(Clay)**	เล็กกว่า 0.002	เล็กกว่า 0.002

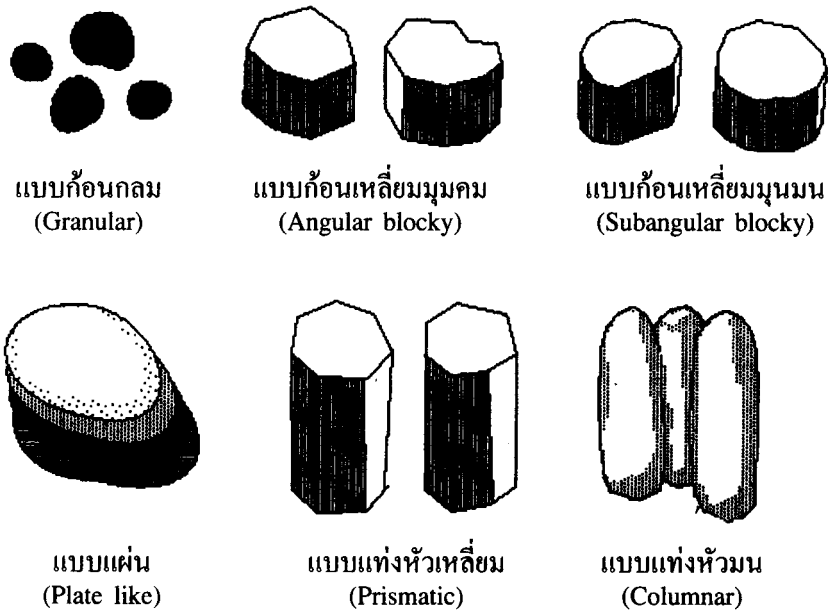
เช่น ถ้ากำหนดว่าเป็นทรายละเอียด ระบบ USDA จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 0.10 - 0.25 มม. ขณะที่ระบบ ISSS จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.02 – 0.2 มม. เป็นต้น ดังนั้นการเรียกชื่อดินควรระบุด้วยว่าเรียกตามระบบใด และเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน กระทรวงเกษตรของสหรัฐได้จัดทำระบบการจำแนกดินเป็นรูปกราฟ ตามเปอร์เซนต์ของดินเหนียว ดินทราย และตะกอนทราย ตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สัดส่วนของทราย ตะกอนทราย และดินเหนียว สำหรับการเรียกชื่อดิน

ตัวอย่างที่ 2.1 ดินมีลักษณะของดินทราย 70 เปอร์เซ็นต์ ดินเหนียวและตะกอนทราย อย่างละ 15 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟรูป 2.1 เรียกดินชนิดนี้ว่า ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam)

2.4.2 โครงสร้างของดิน (Soil Structure) หมายถึง การเรียงตัวและเกาะตัวของเม็ดดินจนดินกลายเป็นก้อน ซึ่งอาจเป็นรูปก้อนกลม ก้อนเหลี่ยม แบบแผ่น หรือแบบแท่ง ซึ่งแสดงได้ตามรูปที่ 2-2 โครงสร้างของดินจะเกี่ยวข้องกับงานชลประทานในส่วนของ **อัตราการซึมของน้ำในดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำ การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศ ซึ่งในขั้นตอนสุดท้าย ตามหลักวิศวกรรมชลประทาน จะนำไปสู่การเลือกวิธีการให้น้ำชลประทาน และการกำหนดการให้น้ำแก่พืช**



รูปที่ 2.2 ประเภทต่าง ๆ ของโครงสร้างดิน

2.4.3 ความถ่วงจำเพาะของดิน หมายถึง อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักดินต่อน้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่าเม็ดดิน จำแนกได้เป็น ความถ่วงจำเพาะแท้จริงกับความถ่วงจำเพาะปรากฏ โดย

$$Rs = \frac{Ws}{Vs\gamma w} \quad \text{.....(2.1)}$$

$$As = \frac{Ws}{V\gamma w} \quad \text{..... (2.2)}$$

เมื่อ Rs = Real Specific Gravity = ความถ่วงจำเพาะแท้จริง

As = Apparent Specific Gravity = ความถ่วงจำเพาะปรากฏ

Ws = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ

Vs = ปริมาตรของเม็ดดินเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็ง

V = ปริมาตรของดินทั้งก้อน

γw = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

จากสมการที่ 2.1 และ 2.2 จะเห็นได้ว่า ค่าความถ่วงจำเพาะแท้จริงและความถ่วงจำเพาะปรากฏ จะแตกต่างตรงวิธีคิดปริมาตรเท่านั้น **ประโยชน์ของความถ่วงจำเพาะในงานด้านชลประทาน จะใช้สำหรับการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะให้กับพืช โดยเปลี่ยนน้ำหนักเป็นปริมาตร เพื่อจะได้กำหนดระยะเวลาในการให้น้ำได้ถูกต้อง** โดยจะกล่าวโดยละเอียดอีกครั้งในเรื่องของความสัมพันธ์ระหว่าง ดิน น้ำ อากาศ ในระบบสามสถานะ เพื่อสะดวกในการคำนวณส่วนใหญ่จะใช้ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏประกอบการคำนวณ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยทั่วไปตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินชนิดต่าง ๆ

เนื้อดิน	ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (A_s)	
	ช่วงค่าปกติ	ค่าเฉลี่ย
ดินทราย **(Sand)**	1.55 - 1.80	1.65
ดินร่วนปนทราย **(Sandy Loam)**	1.40 - 1.60	1.50
ดินร่วน **(Loam)**	1.35 - 1.50	1.40
ดินร่วนปนดินเหนียว **(Clay Loam)**	1.30 - 1.40	1.35
ดินเหนียวปนตะกอนทราย **(Silty Clay)**	1.25 - 1.35	1.30
ดินเหนียว **(Clay)**	1.20 - 1.30	1.25

2.4.4 ช่องว่างระหว่างเม็ดดิน จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และพลังงานกำกับก้อนดิน โดยอาศัยหลักความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานกำกับก้อนดินของน้ำกับขนาดรัศมีของช่องว่างที่มีน้ำอยู่ จะสามารถประเมินความสามารถในการอุ้มน้ำของดินได้ ตารางที่ 2.3 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องว่างกับค่าพลังงานกำกับก้อนดิน ซึ่งเมื่อทราบช่องว่างก็จะหาสัดส่วนของช่องว่าง และคำนวณปริมาณน้ำที่ดินจะอุ้มไว้ได้

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดช่องว่างกับค่าพลังงานกำกับก้อนดินของน้ำในช่องว่างนั้น

พลังงานกำกับก้อนดิน	ขนาดช่องว่าง μm.	
Pa	รัศมี	เส้นผ่าศูนย์กลางโดยประมาณ
-0.01	142.4	300
-0.05	28.5	60
-0.1	14.2	30
-0.33	4.3	10
-1	1.4	3
-15	0.09	0.2

ที่มา : สุนทรี. 2529 หลักปฐพีฟิสิกส์

จากตารางที่ 2.3 ถ้าสามารถตรวจวัดแรงดึงความชื้นในดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ได้ ก็จะสามารถหาขนาดช่องว่างได้ ซึ่งขนาดของช่องว่างกับสัดส่วนของปริมาตรช่องว่างได้แสดงไว้ดังนี้

ขนาดช่องว่าง/μm.	สัดส่วนปริมาตรช่องว่าง
< 0.2	0.30
0.20 – 60	0.26
> 60	0.09

ที่มา : สุนทรี. 2529. หลักปฐพีฟิสิกส์

สัดส่วนของปริมาตรช่องว่างจะเป็นสัดส่วนระหว่าง ช่องว่างเม็ดดินกับปริมาตรของเม็ดดิน ดังนั้น ถ้าทราบสัดส่วนช่องว่าง ก็จะสามารถหาปริมาตรช่องว่างหรือปริมาตรน้ำที่จะบรรจุอยู่ในดินได้ ตามสมการที่ 2.3 จะช่วยให้การคำนวณปริมาณน้ำที่จะให้กับพืชเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพได้

$$Vv = eVs \quad \text{.....(2.3)}$$

เมื่อ Vv = ปริมาตรช่องว่าง (ปริมาณที่จะจุน้ำได้)
e = สัดส่วนช่องว่าง
Vs = ปริมาตรดิน

<u>ตัวอย่างที่ 2.2</u> ดินชนิดหนึ่งที่ความลึก 0.60 เมตร วัดพลังงานกำกับก้อนดินได้ –0.33 Pa. ถ้าทรงพุ่มต้นไม้ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เมตร จะพิจารณาว่าดินชนิดนี้จะบรรจุน้ำได้กี่ลูกบาศก์เมตร

<u>วิธีทำ</u> 1. พิจารณาตาราง 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของช่องว่างกับค่าพลังงานกำกับก้อนดิน จะได้ขนาดช่องว่าง มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 μm.

2. พิจารณาขนาดช่องว่าง 10 μm. จะมีสัดส่วนช่องว่าง เท่ากับ 0.26

3. ปริมาตรทรงพุ่ม = พื้นที่ทรงพุ่ม x ความลึกราก

$$= \P \frac{(6)^2}{4} \times \frac{60}{100}$$

$$= 16.96 \quad ม^3$$

4. จากสูตร สัดส่วนช่องว่าง e $= \frac{Vv}{Vs}$

ดังนั้น $Vv = e\,Vs$

หรือ	Vv	=	0.26 Vs	1
และ	Vv + Vs	=	V	2
ดังนั้น	0.26 Vs + Vs	=	16.96 $ม^3$	
	1.26 Vs	=	16.96 $ม^3$	
	Vs	=	16.96/1.26 $ม^3$	
		=	13.46 $ม^3$	
	Vv	=	0.26 x 13.46 $ม^3$	
สรุป ดินชนิดนี้จะจุน้ำได้		=	3.5 $ม^3$ หรือ 3,500 ลิตร	

2.5 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน

การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน จะเป็นประโยชน์ต่องานด้านชลประทาน เพื่อประกอบการคำนวณหาระยะเวลาการให้น้ำ และเลือกอัตราการให้น้ำให้เหมาะสม โดยเฉพาะการชลประทานแบบผิวดินและแบบฉีดฝอยในเรื่องการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน จะพิจารณา 2 ประเด็นหลัก ๆ คือ รูปแบบการแพร่กระจายน้ำ และอัตราการ ดูดซึม

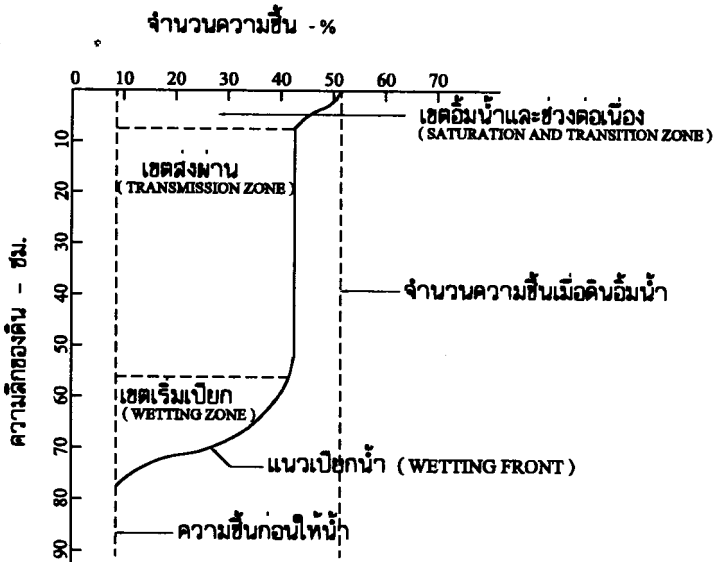
2.5.1 รูปแบบการแพร่กระจายน้ำ ศึกษาเพื่อต้องการที่จะทราบว่าทิศทางการไหลของน้ำภายใต้สภาวะและชนิดดินต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างไร เพื่อประโยชน์ในการเลือกใช้วิธีการให้น้ำแบบต่าง ๆ จากการศึกษาพบว่า **ทิศทางการไหลของน้ำในดินไม่มีทิศทางการไหลที่แน่นอน** ทั้งนี้เพราะ

- โครงสร้างของดินแปรปรวน ทำให้ช่องว่างของดินมีขนาดไม่เท่ากัน ลักษณะการไหลจึงไม่แน่นอน
- สิ่งมีชีวิตในดินมีมากและมีหลายขนาดทำให้ช่องว่างแตกต่างกันและมีผลต่อทิศทางการไหล
- ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำมีผลต่อทิศทางการไหล

อย่างไรก็ตามจากการตรวจสอบ พอสรุปได้ว่า การแพร่กระจายของน้ำจะแบ่งได้เป็น 3 โซนใหญ่ คือ

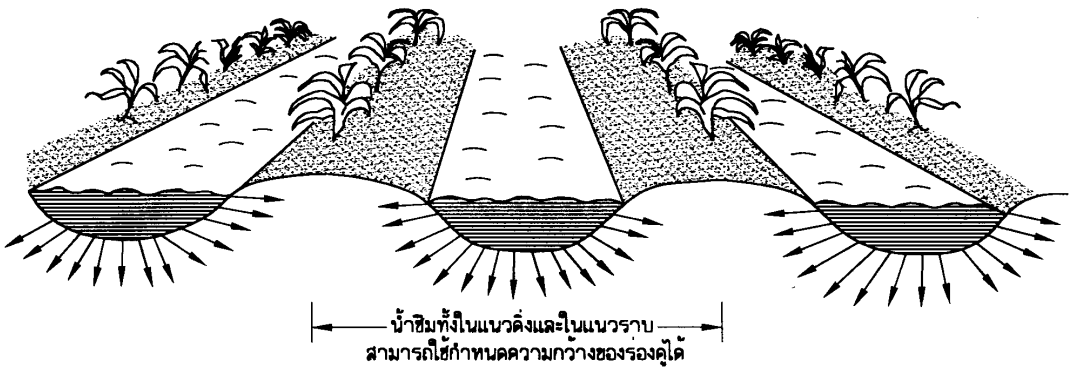
- **เขตอิ่มน้ำและช่วงต่อเนื่อง** (Saturation and Transition Zone) คือส่วนที่เป็นชั้นดินบาง ๆ ตอนผิวบนของดินซึ่งสัมผัสกับน้ำ
- **เขตส่งผ่าน** (Transmission Zone) คือส่วนที่เป็นตัวนำน้ำจากบริเวณที่ให้น้ำไปสู่บริเวณที่แห้งกว่า
- **เขตเริ่มเปียก** (Wetting Zone) คือส่วนที่กำลังได้รับน้ำจากเขตส่งผ่าน (Transmission Zone) ความชื้นในดินส่วนนี้จะอยู่ระหว่างความชื้นของดินเดิมและความชื้นของดินในเขตส่งผ่าน และ **แนวเปียกน้ำ** (Wetting Front) คือแนวเขตที่ความชื้นในเขตเริ่มเปียกแผ่ไปถึง แนวเปียกน้ำ

(Wetting Front) นี้จะมองเห็นได้ชัดถ้าดินเดิมนั้นแห้งมาก ซึ่งถ้าพิจารณารูปตัดของดินตามรูปที่ 2.3 จะทำให้เข้าใจทิศทางการไหลของน้ำได้ดียิ่งขึ้น



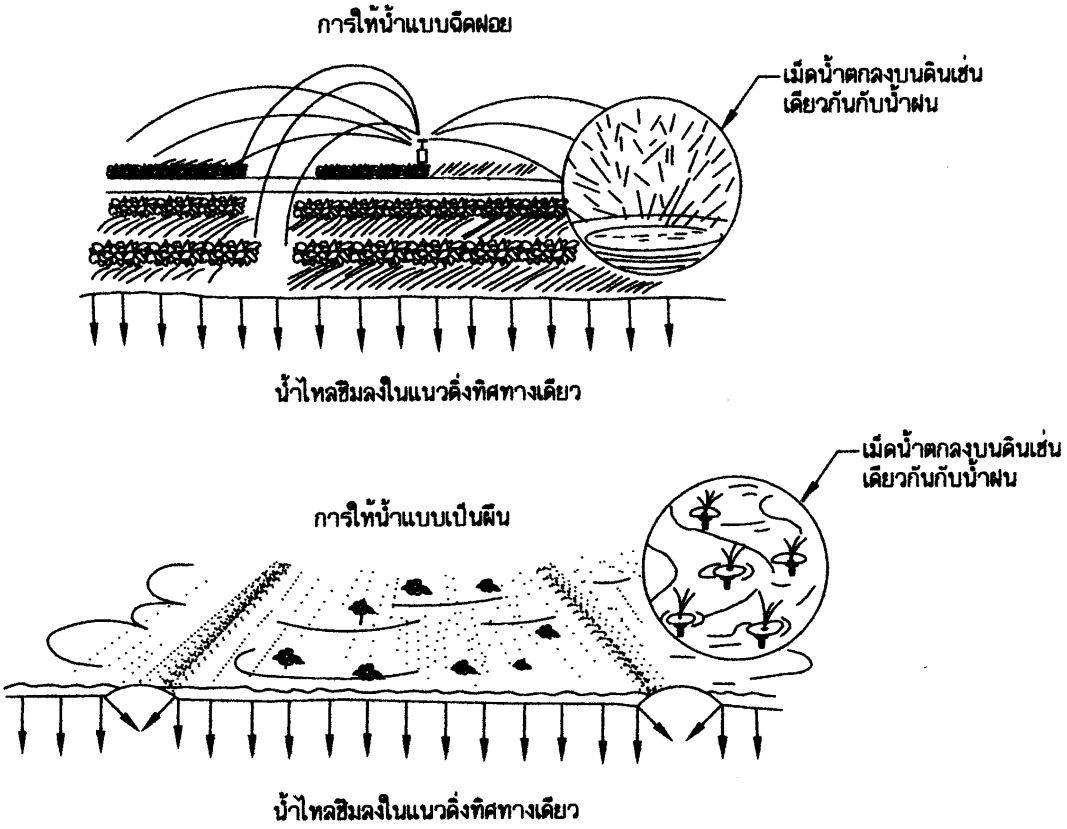
รูปที่ 2.3 เขตอิ่มน้ำและช่วงต่อเนื่อง เขตส่งผ่าน เขตเริ่มเปียก และแนวเปียกน้ำในขณะที่ให้น้ำจากผิวดิน

รูปแบบการแพร่กระจายน้ำตามรูปที่ 2.3 จะช่วยให้การออกแบบ วิธีการให้น้ำทำได้เหมาะสมยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น ตามรูปที่ 2.4 เป็นรูปแบบการแพร่กระจายของน้ำที่มีการให้น้ำแบบผิวดินประเภทร่องคู เมื่อทดสอบวัดความชื้นในดิน จะทำให้ทราบถึงความสามารถในการแพร่กระจายของน้ำ ทำให้การออกแบบความกว้างของร่องคูทำได้อย่างเหมาะสม



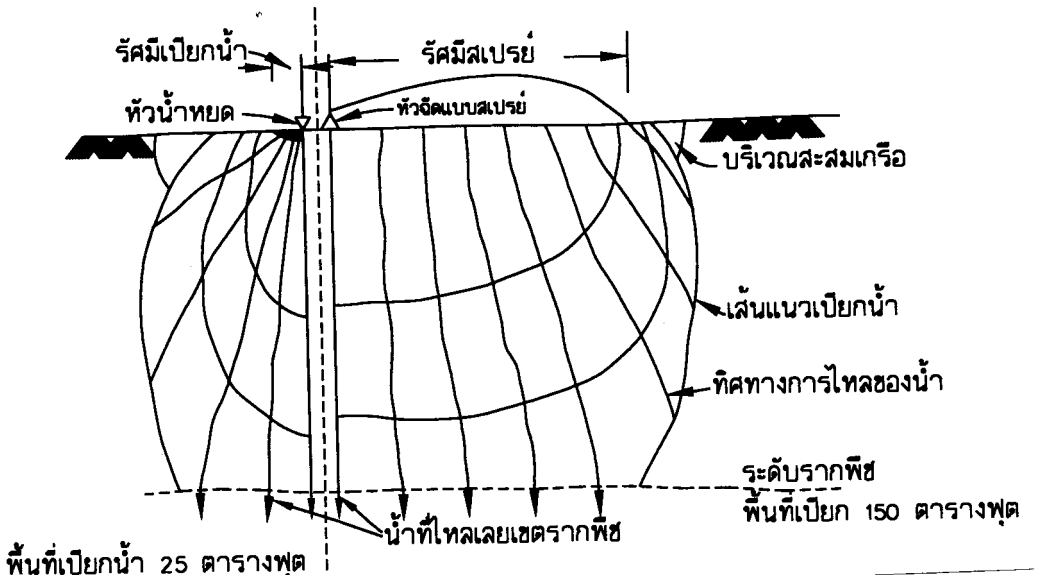
รูปที่ 2.4 รูปแบบการแพร่กระจายของน้ำ ด้วยวิธีการให้น้ำแบบร่องคู

สำหรับกรณีการให้น้ำด้วยระบบฉีดฝอยและแบบท่วมเป็นผืนมีลักษณะการแพร่กระจายน้ำคล้ายคลึงกัน ตามรูปที่ 2.5 ในลักษณะนี้ถ้ามีการตรวจวัดอัตราการซึมของน้ำ ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อที่ 2.5.2 ก็จะทำให้สามารถกำหนดระยะเวลาการให้น้ำแก่พืชได้



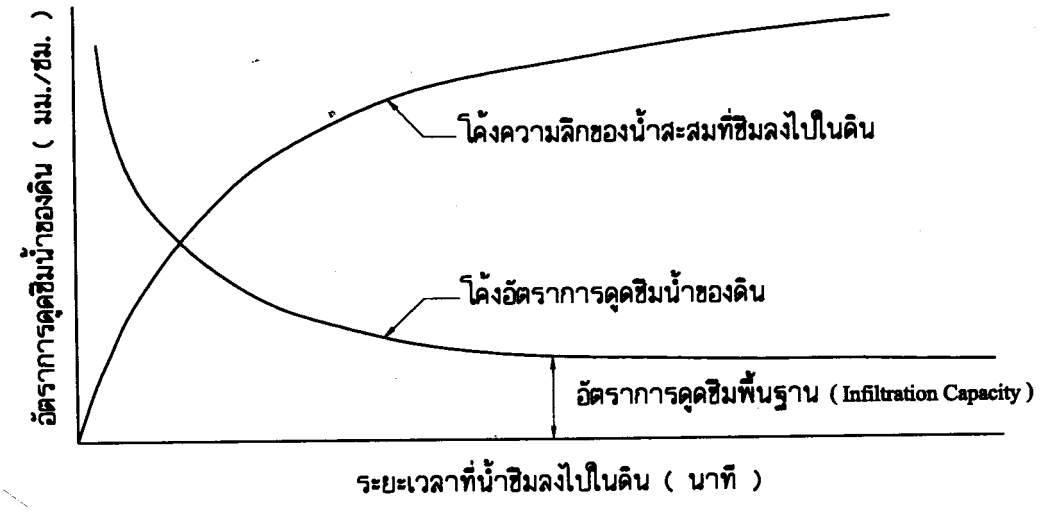
รูปที่ 2.5 การเปรียบเทียบรูปแบบการแพร่กระจายน้ำของการให้น้ำแบบฉีดฝอยและแบบผิวดิน

ในกรณีของการให้น้ำแบบหยดและแบบฉีดฝอยเล็ก ลักษณะการแพร่กระจายน้ำจะแตกต่างกัน พิจารณาได้ตามรูปที่ 2.6 ซึ่งจะพบว่าการแพร่กระจายน้ำของระบบฉีดฝอยทำได้ดีกว่าระบบน้ำหยด ซึ่งหากจะใช้ระบบน้ำหยดสอดคล้องกับพื้นที่เปียกน้ำก็จะสามารถกำหนด จำนวนหัว/ต้น หรือ จำนวนหัว/แถวของต้นพืชได้ถูกต้อง



รูปที่ 2.6 ลักษณะพื้นที่เปียกน้ำของระบบน้ำหยดและแบบหัวฉีดฝอยเล็ก

2.5.2 อัตราการดูดซึม (Infitration Rate) หมายถึงอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากผิวดินเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วยแรงดึงดูดของโลก เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของดินที่จะนำเอาไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาระยะเวลาการให้น้ำแก่พืช ว่าการให้น้ำแต่ละครั้งจะให้นานเท่าใด โดยเฉพาะการให้น้ำแบบผิวดินประเภทร่องคู และแบบผืน รวมทั้งการให้น้ำแบบฉีดฝอยด้วย ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งก็เพื่อใช้เลือกออกแบบระบบการให้น้ำแก่พืช เช่น กรณีดินมีอัตราการซึมมากกว่า 75 มิลลิเมตร/ชั่วโมง ควรเลือกการให้น้ำแบบหยดหรือฉีดฝอยแทนการให้น้ำแบบผิวดินเป็นต้น ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการดูดซึมของน้ำในดินได้แก่ โครงสร้างของดิน ลักษณะเนื้อดิน สภาพผิวดิน ความชื้นของดินก่อนการให้น้ำ ความลึกของน้ำที่ขังอยู่เหนือผิวดิน โดยดินที่มีโครงสร้างประเภทความพรุนสูง อัตราการซึมของน้ำจะสูงตามไปด้วย ลักษณะเนื้อดินหยาบจะซึมได้เร็วกว่าเนื้อดินละเอียด ดินที่สภาพผิวดินได้พรวนเป็นประจำจะดูดซึมน้ำได้ดีกว่าดินที่อยู่ตามปกติ เป็นต้น รูปที่ 2.7 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของดิน ค่าที่นิยมนำมาใช้งานด้านชลประทาน คือ ค่าอัตราการดูดซึมพื้นฐาน (Infiltration Capacity) ซึ่งเป็นค่าที่พิจารณาแล้วว่าเกือบคงที่ โดยเปรียบเทียบกับค่าอัตราการซึมที่เริ่มแรก ซึ่งมีค่าโดยประมาณตามตารางที่ 2.4

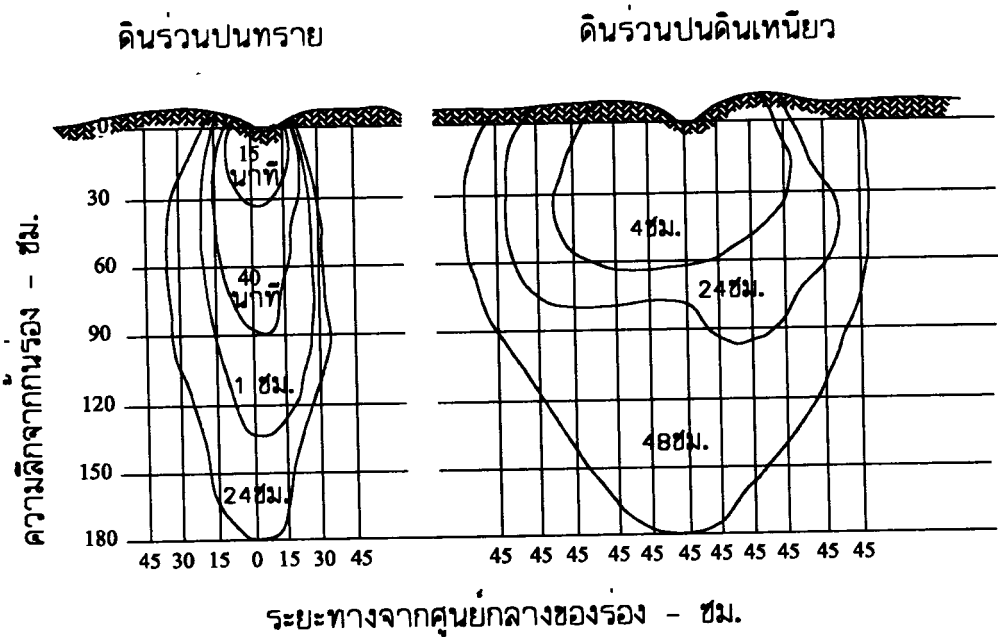


รูปที่ 2.7 ลักษณะการดูดซึมน้ำของดิน

ตารางที่ 2.4 ค่าอัตราการซึมพื้นฐานของน้ำผ่านผิวดินโดยประมาณ

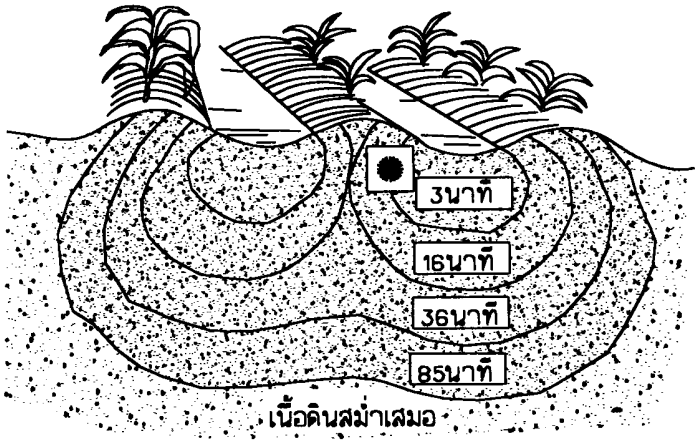
ชนิดของดิน	อัตราการซึมโดยประมาณ (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)
ดินร่วนปนทราย	เฉลี่ย 25
ดินร่วน	เฉลี่ย 15
ดินร่วนเหนียว	เฉลี่ย 10
ดินเหนียว	เฉลี่ย 5

ค่าอัตราการซึมพื้นฐานของน้ำที่ผ่านผิวดิน จะมีประโยชน์ 2 ประการ คือ **ประการแรก ใช้พิจารณาว่าจะให้น้ำแก่พืชนานเท่าใด** ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้น้ำแก่พืช คิดเป็นความลึกของน้ำ 100 มิลลิเมตร ดินเป็นดินทราย ถ้าให้น้ำด้วยระบบผิวดิน ระยะเวลาให้น้ำอย่างน้อยที่สุดจะเท่ากับความลึกของน้ำที่จะให้ หารด้วยอัตราการซึมน้ำของดิน คือ 100 มิลลิเมตร หารด้วย 25 มิลลิเมตร/ชั่วโมง เท่ากับ 4 ชั่วโมง เป็นต้น **ประการที่ 2 ใช้ในการเลือกหัวจ่ายน้ำแบบฉีดฝอย** สำหรับการให้น้ำด้วยระบบฉีดฝอย จะต้องเลือกหัวจ่ายน้ำที่จะให้กับต้นพืช จะต้องมีอัตราการจ่ายน้ำน้อยกว่าอัตราการซึมของดิน ซึ่งถ้าหากเลือกใช้อัตราการจ่ายน้ำมากกว่าอัตราการซึมน้ำของดินจะทำให้เกิดน้ำไหลบ่า ทำให้สิ้นเปลืองน้ำและอาจเป็นอันตรายต่อต้นพืชได้ รูปที่ 2.8 เป็นการเปรียบเทียบระยะเวลาการไหลของน้ำที่ความลึก 180 เซนติเมตร พบว่า ดินร่วนปนทรายจะมีรูปร่างเรียวแคบตามแนวดิ่ง ความกว้างของเส้นผ่าศูนย์กลางเปียกน้ำประมาณ 90 เซนติเมตร และใช้เวลาเพียง 24 ชั่วโมง ส่วนดินร่วนปนดินเหนียวจะใช้เวลานานถึง 48 ชั่วโมง และให้เส้นผ่าศูนย์กลางถึง 150 เซนติเมตร

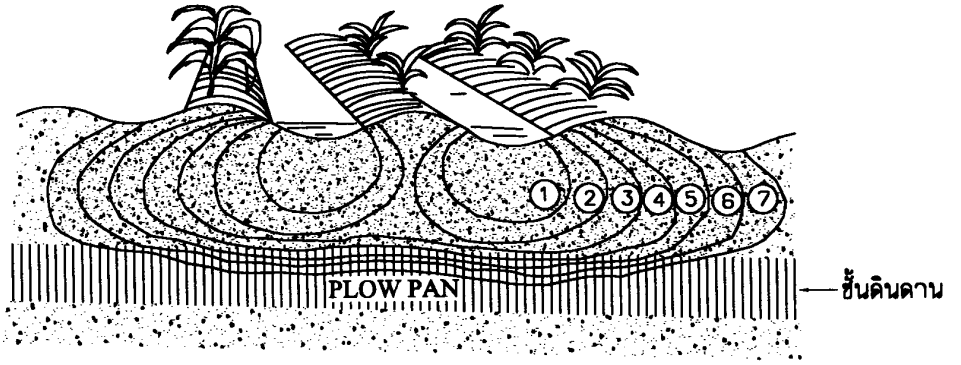


รูปที่ 2.8 เปรียบเทียบลักษณะการแผ่กระจายความชื้นของดินร่วนปนทราย (SANDY LOAM) และดินร่วนปนดินเหนียว (CLAY LOAM) ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังให้น้ำ

สำหรับรูปที่ 2.9 เป็นการเปรียบเทียบการให้น้ำแบบร่องคูในลักษณะดินที่แตกต่างกัน ในรูป 2.9 (1) จะเห็นได้ว่า ในช่วง 3-16 นาทีแรก รูปแบบการแพร่กระจายน้ำจะเป็นแต่ละชุดแยกจากกัน แต่ระยะเวลาเมื่อผ่านไปประมาณ 36 นาที รูปแบบการแพร่กระจายน้ำในดินจะเปลี่ยนเป็นชุดเดียวกัน ส่วนรูปที่ 2.9 (2) ถ้าหากมีชั้นดานรองรับอยู่ จะมีผลทำให้รูปแบบการแพร่กระจายน้ำเปลี่ยนไป โดยจะแพร่กระจายออกไปด้านข้าง และในรูป 2.9 (3) ถ้าดินมีลักษณะเป็นดินทรายอยู่ชั้นล่างเมื่อระยะเวลาการให้น้ำผ่านไป ปริมาณน้ำที่ให้จะไหลเลยลงไปในแนวดิ่งมีผลทำให้สิ้นเปลืองน้ำ ซึ่งรูปแบบดังกล่าวจะช่วยให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับการแพร่กระจายน้ำและการซึมของน้ำดีขึ้น

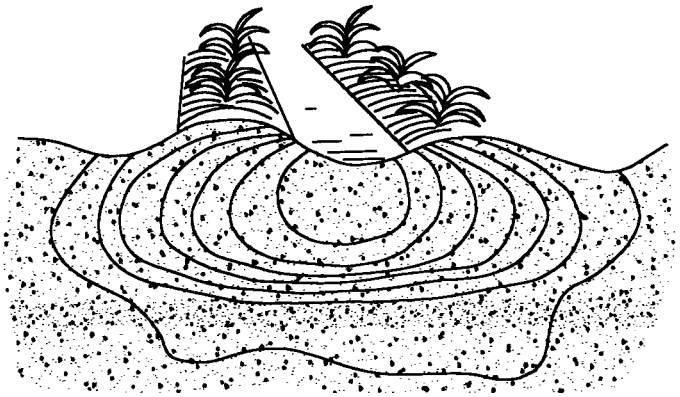


รูปที่ 2.9 (1) การไหลซึมของน้ำในร่องคูที่มีเนื้อดินสม่ำเสมอ



* ①13นาที ②22นาที ③40นาที ④64นาที ⑤74นาที ⑥125นาที ⑦196นาที

รูปที่ 2.9 (2) ผลของการมีชั้นดินดานใต้ระดับจานไถ ต่อการไหลซึมของน้ำในร่องคู



รูปที่ 2.9 (3) ผลของการมีชั้นทรายต่อการไหลซึมของน้ำในร่องคู

*** เวลาที่แสดงเป็นเวลาที่นับจากเริ่มให้น้ำ**

รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบการไหลซึมของน้ำในร่องคู (1) เมื่อเนื้อดินสม่ำเสมอ (2) เมื่อมีชั้นดินดานอยู่ และ (3) เมื่อมีชั้นดินทรายโปร่งอยู่ใกล้ผิวดิน

2.6 คุณสมบัติทางเคมีบางประการที่เกี่ยวข้องกับงานด้านชลประทาน

ปัญหาของดินบางประการที่เกี่ยวข้องกับงานด้านชลประทาน ก็คือ ดินเค็ม ซึ่งแบ่งแยกออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ได้แก่ ดินเค็ม (Saline Soil) ดินโซดิก (Sodic Soil) และดินเค็มโซดิก (Saline-Sodic Soil) ในการเรียกชื่อของดินเค็มจะต้องมีดัชนีกำกับ คือ ค่าความนำไฟฟ้าและเปอร์เซนต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ดังนี้

2.6.1 ดินเค็ม (Saline Soils) หมายถึง ดินที่มีค่าความนำไฟฟ้ามากกว่า 0.4 ซีเม็น/เมตร 1/ และค่าปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนต่ำกว่า 13 2/

2.6.2 ดินโซดิก (Sodic Soils) หมายถึง ดินที่มีค่าความนำไฟฟ้าน้อยกว่า 0.4 ซีเม็น/เมตร 1/ ค่าปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนสูงกว่า 13 2/

2.6.3 ดินเค็มโซดิก (Saline-Sodic Soils) หมายถึง ดินที่มีค่าความนำไฟฟ้ามากกว่า 0.4 ซีเม็น/เมตร 1/ และค่าปริมาณแลกเปลี่ยนโซเดียมสูงกว่า 13 2/

โดยการวัดค่าความนำไฟฟ้าของดินจะวัดกับดินที่อิ่มตัวไปด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 25° เซลเซียส สำหรับเปอร์เซนต์โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Sodium Percentage, ESP) เท่ากับ Exchangeable Sodium หารด้วย Total Exchangeable คูณด้วย 100 สามารถเลือกปลูกพืชให้เหมาะสมโดยไม่ต้องปรับปรุงสภาพดินมากเกินไป หรือ หากจะไม่ปรับปรุงดินก็สามารถเลือกใช้วิธีการให้น้ำอย่างเหมาะสม สามารถควบคุมปริมาณเกลือให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลูกพืชได้

1/ วัดจากสารละลายดินที่สกัดจากดินอิ่มตัวด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 25 °C (1 Siemen/meter = 10 ds/m)

2/ SAR = $\frac{Na^{+}}{(Ca^{++} + Mg^{++})^{\frac{1}{2}}}$ เมื่อความเข้มข้นของอิออนมีหน่วยเป็น มิลลิโม/ลิตร

บทที่ 3 น้ำเพื่อประโยชน์ต่องานชลประทาน

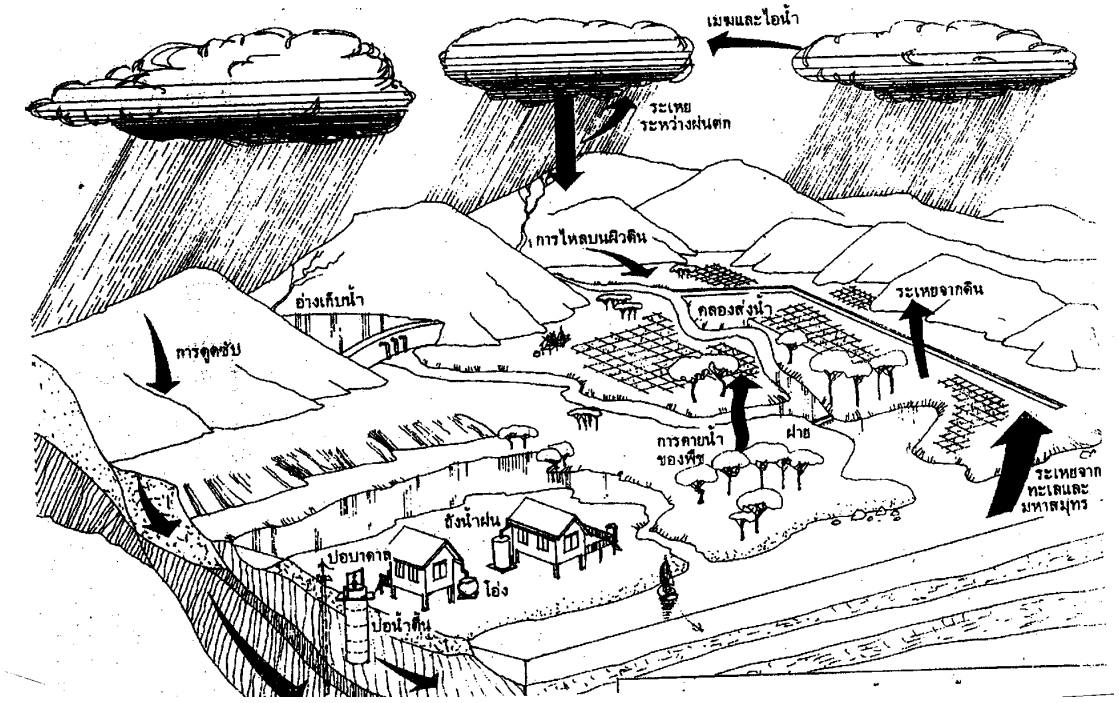
3.1 ความคิดรวบยอด

น้ำเป็นปัจจัยสูงสุดในการผลิตพืชผลทางการเกษตร จึงเป็นความจำเป็นที่จะต้องศึกษาทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ ซึ่งจะมีผลกระทบโดยตรงเกี่ยวกับการกำหนดชนิดของพืชให้สอดคล้องกับปริมาณและคุณภาพของน้ำ นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อการออกแบบระบบชลประทาน โดยเฉพาะการเลือกวิธีการให้น้ำและอุปกรณ์ประกอบ เพื่อให้ระบบที่ออกแบบไว้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการศึกษาด้านปริมาณจะพิจารณาถึงแนวทางหาแหล่งน้ำทั้งผิวดินและใต้ดิน รวมทั้งฝนใช้การของพืชไร่ ไม้ผล นาข้าว ว่าจะสามารถจัดเก็บและนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไร ส่วนในด้านคุณภาพน้ำจะพิจารณาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านเคมี ชีวภาพ และกายภาพ ที่เหมาะสมกับงานชลประทาน รวมทั้งวิธีการแก้ไขบางประการเพื่อการเตรียมพร้อมต่อการประยุกต์ใช้ในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย

3.2 แหล่งน้ำผิวดินเพื่อการชลประทาน

แหล่งน้ำผิวดินเป็นแหล่งน้ำหลักที่จะนำมาใช้ในการชลประทานเพื่อการเกษตร ในเรื่องนี้จำเป็นต้องศึกษาว่า **จะมีปริมาณน้ำมากน้อยเพียงใดที่จะสามารถจัดเก็บและพัฒนาเป็นแหล่งน้ำผิวดินได้** ก่อนที่จะศึกษาเรื่องปริมาณน้ำ จำเป็นจะต้องทราบถึงวัฏจักรของน้ำที่จะก่อให้เกิดการหมุนเวียนน้ำตามธรรมชาติ วัฏจักรของน้ำ หมายถึง เส้นทางการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (สถานะ) และที่อยู่ของน้ำเป็นวงกลม จากสถานะหนึ่งในที่แห่งหนึ่ง ไปเป็นอีกสถานะหนึ่งในที่อีกแห่งหนึ่งไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งกลับมาอยู่ในสถานะเดิมในที่แห่งเดิมนั่นเอง โดยมีอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้วัฏจักรน้ำดำเนินไปได้ เพราะเป็นกลไกสำคัญในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ อุณหภูมิที่กล่าวถึงมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มอุณหภูมิสูงที่มีแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานส่องลงมาบนโลก ให้อุณหภูมิสูงแก่น้ำ และกลุ่มอุณหภูมิต่ำ ได้แก่ พื้นที่ซึ่งพื้นที่หรือบรรยากาศมีอุณหภูมิต่ำ (อากาศเย็น) เช่น ขั้วโลก หรือภูเขาสูงที่มีป่าไม้ปกคลุม โดยวัฏจักรของน้ำกันจะเริ่มด้วย น้ำทะเลในมหาสมุทรได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ จึงเปลี่ยนสถานะเป็นไอระเหยขึ้นไปในอากาศกลายเป็นก้อนเมฆ จากนั้นก้อนเมฆก็ถูกลมทะเลพัดจากมหาสมุทรเข้าสู่แผ่นดิน ในระหว่างที่ลอยอยู่นั้นจะสะสมไอน้ำมาเรื่อย ๆ จนก้อนเมฆมีขนาดใหญ่และลอยเข้าใกล้ภูเขา ซึ่งมีความชื้นสูงและอากาศเย็น ความเย็นจากภูเขาจะทำให้ไอน้ำในก้อนเมฆควบแน่นกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำ แล้วตกลงมาเป็นฝน และฝนตกลงมาก็ไหลไปตามทางน้ำโดยแรงดึงดูดของโลก

ไหลมารวมกันเป็นคลอง จนกลายเป็นแม่น้ำ ที่นี้แม่น้ำก็ไหลออกจากแผ่นดินตรงปากแม่น้ำ สู่ทะเลและมหาสมุทร กลับมาสู่มหาสมุทรอีกครั้ง

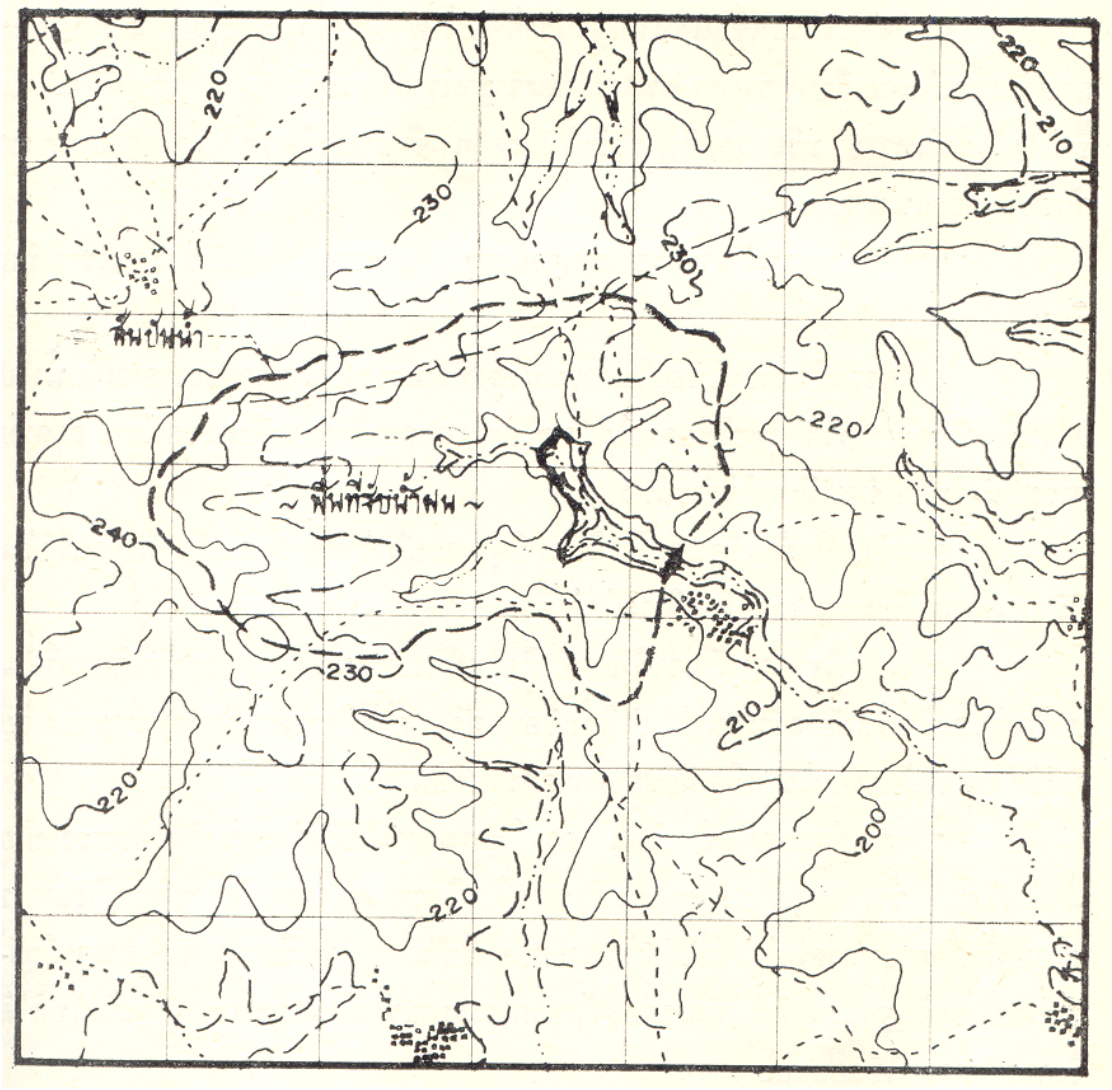


รูปที่ 3.1 วัฏจักรของทรัพยากรน้ำตามธรรมชาติ

การคาดการปริมาณน้ำท่าบนผิวดินจะต้องทราบข้อมูล 3 ประการคือ

1. พื้นที่รับน้ำฝน 2. ปริมาณน้ำฝนที่ตกเฉลี่ยทั้งปี 3. ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า หรือค่าปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่จะไหลลงพื้นที่ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 พื้นที่รับน้ำฝน จะพิจารณาได้จากแผนที่ภูมิประเทศ สำหรับการพิจารณาแหล่งน้ำส่วนใหญ่จะใช้มาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งจะมีความต่างระดับของเส้นชั้นความสูง 10 ถึง 20 เมตร แผนที่นี้จะใช้ประกอบเป็นจุดที่ตั้งของโครงการ ขนาดและรูปร่างของโครงการ โดยใช้แนวสันเขาปันน้ำ หรือเส้นชั้นความสูงของระดับพื้นที่เป็นตัวกำหนดลักษณะของพื้นที่จะเป็นตัวกำหนดว่าน้ำจะมีทิศทางการไหลเป็นอย่างไร จะสามารถกำหนดแนวและระดับของอาคารหัวงาน แนวคลองส่งน้ำชลประทาน และรายละเอียดต่าง ๆ เช่น พื้นที่เพาะปลูก ป่าไม้ หนองน้ำ ถนน และทางรถไฟ เป็นต้น รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างพื้นที่รับน้ำฝนที่จะนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร



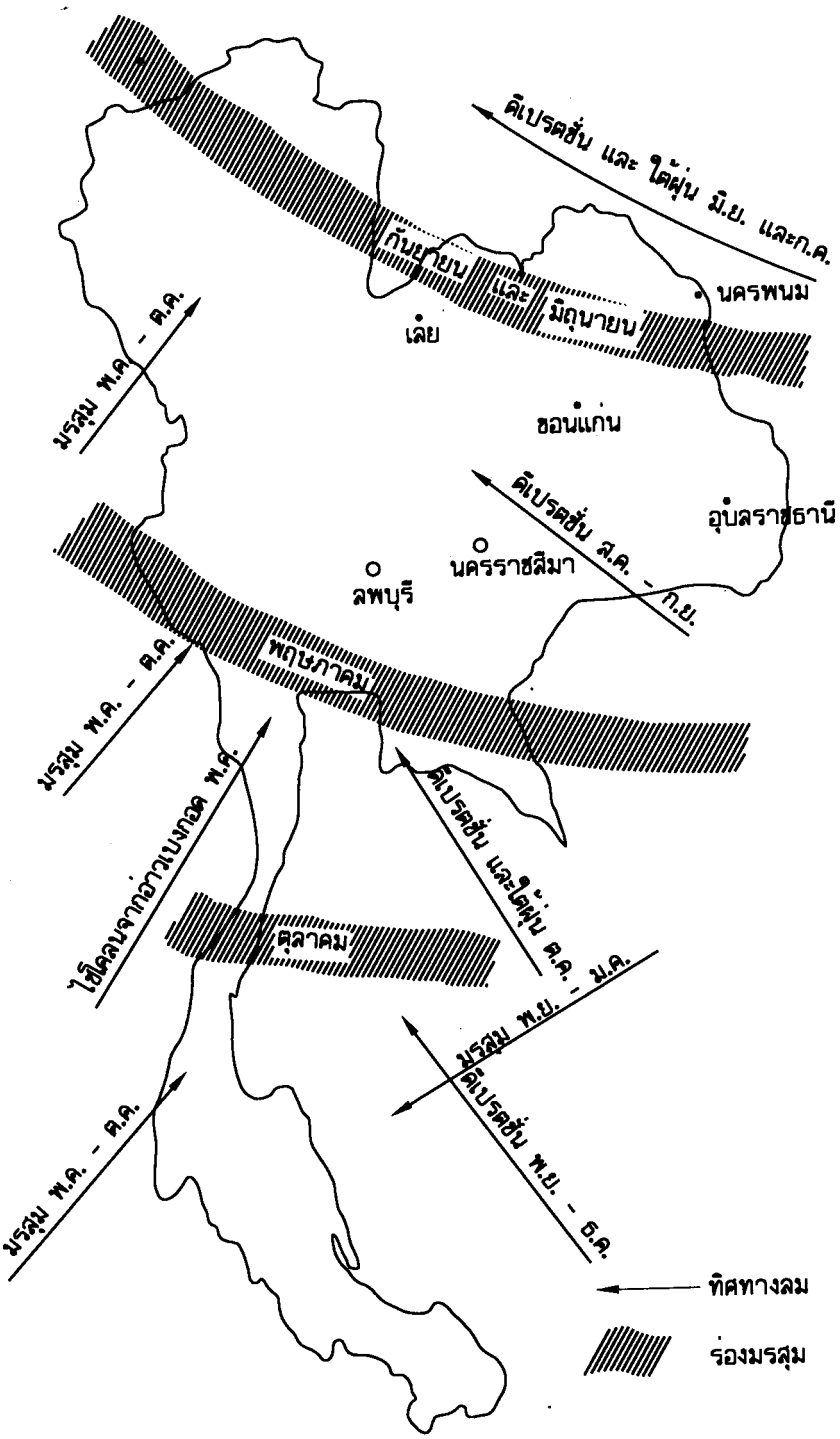
รูปที่ 3.2 แผนที่มาตราส่วน 1:50,000 แสดงพื้นที่รับน้ำฝนด้านเหนือเขื่อน

3.2.2 ปริมาณน้ำฝนที่จะตกทั้งปี ปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นทั้งปี สามารถพิจารณาได้ตามตารางที่ 3.1 ซึ่งตารางนี้จะให้ข้อมูลในภาพรวมของปริมาณน้ำฝนที่ตกทั้งปี ในรูปของความสูงของน้ำกับปริมาณน้ำท่าที่คาดการเกิดจากฝนตกในภาคต่าง ๆ ของประเทศ

ตารางที่ 3.1 ปริมาณน้ำฝนตกเฉลี่ยและปริมาณน้ำท่าที่คาดการ

ภาค	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำท่าที่คาดการ (ล้านลูกบาศก์เมตร)
ตะวันออกเฉียงเหนือ	1,400	238,000
เหนือ	1,300	220,500
ตะวันออก	2,100	76,500
กลาง	1,350	83,700
ใต้	2,400	182,000
รวมทั้งประเทศ	**1,710**	**800,700**

นอกจากทราบปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าโดยประมาณแล้ว ยังจำเป็นต้องทราบถึงฤดูกาลและทิศทางที่จะทำให้เกิดฝนเพื่อที่จะได้คาดการ ระยะเวลาที่น้ำจะไหลลงอ่าง และการจัดการอ่างเก็บน้ำให้มีความเหมาะสมต่อการรับน้ำและการป้องกันอันตรายของตัวอ่างเก็บน้ำ รูปที่ 3.3 เป็นแผนที่แสดงทิศทางลมและร่องมรสุมของประเทศไทย แผนที่นี้จะเป็นประโยชน์ในการคาดการปริมาณฝนและฤดูกาลที่จะเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ในเดือนสิงหาคม และ กันยายน ของทุกปีจะมีพายุดีเปรสชั่นพัดเข้ามาทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย จังหวัดที่จะมีประโยชน์หรืออาจเกิดผลกระทบจากพายุ ได้แก่ จังหวัดเลย ขอนแก่น อุบลราชธานี นครราชสีมา เป็นต้น



รูปที่ 3.3 แผนที่แสดงทิศทางลมและร่องมรสุมของประเทศไทย

3.2.3 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า หรือค่าปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่จะไหลลงพื้นที่ จะขึ้นอยู่กับพื้นที่รับน้ำฝน ความลาดชันของพื้นที่และสภาพของภูมิประเทศ ตารางที่ 3.2 เป็นตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าที่แบ่งแยกเป็น 3 ลักษณะใหญ่ คือ

A = พื้นที่รับน้ำฝนที่มีความลาดชันมากกว่า 8% ขึ้นไป และสภาพพื้นที่เป็นต้นน้ำลำธาร

B = พื้นที่รับน้ำฝนที่มีความลาดชันปานกลางระหว่าง 3-8% สภาพพื้นที่เป็นป่าค่อนข้างสมบูรณ์

C = พื้นที่รับน้ำฝนค่อนข้างราบ ระหว่าง 0-3% สภาพพื้นที่เป็นป่า ต้นไม้ปกคลุมมีน้อย

ตารางที่ 3.2 ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าตามพื้นที่รับน้ำฝน ความลาดชัน

พื้นที่รับน้ำฝน	**ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า**		
ตารางกิโลเมตร	**A**	**B**	**C**
น้อยกว่า 1.0	0.40	0.30 – 0.35	0.20 – 0.25
1.0 – 5.00	0.35 – 0.40	0.25 – 0.30	0.20 – 0.25
5.00 – 10.00	0.30 – 0.35	0.20 – 0.25	0.15 – 0.25
มากกว่า 10	0.30	0.20	0.10 – 0.20

ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าที่คาดการว่าจะเกิดขึ้นจากปริมาณฝนที่ตกทั้งปี จะแปรตามขนาดพื้นที่กับสภาพภูมิประเทศ โดยทั่วไปจะคำนวณจากสูตร

$$R = CIA \quad .....3.1$$

เมื่อ

R = ปริมาณน้ำท่าที่คาดว่าจะเก็บไว้ใช้งานได้ ($ม^3$)

C = สัมประสิทธิ์น้ำท่าตามตารางที่ 3.2

A = พื้นที่หน่วยเป็นตารางเมตร

I = ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี (เมตร)

<u>ตัวอย่างที่ 3.1</u> พื้นที่รับน้ำฝนของอ่างเก็บน้ำแห่งหนึ่งมีขนาดประมาณ 2.3 ตารางกิโลเมตร สภาพพื้นที่มีความลาดชันค่อนข้างราบ 2% มีต้นไม้ปกคลุมน้อยมาก และในบริเวณนั้นจะมีปริมาณฝนตกเฉลี่ยทั้งปี 1,300 มิลลิเมตร จงคาดการว่าจะมีปริมาณน้ำน่าที่จะเก็บกักทั้งปีโดยเฉลี่ยประมาณเท่าใด

<u>วิธีทำ</u>

1. จากตารางที่ 3.2 พิจารณาค่าปรับแก้ปริมาณน้ำฝนที่จะไหลลงอ่างตามสภาพภูมิประเทศจะมีพื้นที่อยู่ระหว่าง 1.0-5.00 ตารางกิโลเมตร และความลาดชันค่อนข้างราบและมีต้นไม้ปกคลุมน้อย ในช่องที่ 3 จะได้ค่า C อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.25 ในที่นี้เลือกใช้ 0.22

2. คำนวณปริมาณน้ำท่าที่คาดว่าจะเก็บกักได้จากสูตร

$$R = CIA$$

$$= 0.22 \times \frac{1,300}{1,000} \times 2.3 \times 1000^2$$

$$= 657,800 \text{ ลูกบาศก์เมตร}$$

3.3 ปริมาณน้ำใต้ดินที่จะนำมาใช้งานด้านชลประทาน

แหล่งน้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำแหล่งหนึ่งที่จะสามารถพัฒนาเป็นแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรได้ รูปแบบของแหล่งน้ำใต้ดินที่ปรากฏอยู่ในประเทศไทยจะมีสองรูปแบบ **คือ แหล่งน้ำใต้ดินที่เป็นแหล่งน้ำตื้น ซึ่งจะพัฒนาได้เป็นแบบบ่อขุดและบ่อตอก ส่วนบ่อน้ำลึกจะพัฒนาในรูปของบ่อบาดาล**

3.3.1 การพิจารณาบ่อน้ำตื้นว่ามีปริมาณน้ำหรือไม่

วิธีการพิจารณาสถานที่ขุดบ่อน้ำตื้นที่คาดว่าจะมีแหล่งน้ำใต้ดิน ได้แก่

1) บริเวณที่มีต้นไม้ขึ้นเขียวชะอุ่ม บริเวณนั้นอาจมีน้ำอยู่ระหว่างความลึก 2-6 เมตร ทั้งนี้พิจารณาว่ารากพืชสามารถดูดน้ำขึ้นมาใช้ได้ พืชจึงมีชีวิตอยู่ได้

2) พื้นที่บริเวณนั้นมีจอมปลวกเป็นที่สังเกต ทั้งนี้เพราะปลวกชอบที่เย็น

3) มีแหล่งศิลาแลง แสดงให้เห็นว่าชั้นใต้ดินอาจเป็นชั้นทึบน้ำ เมื่อฝนตกลงมาสามารถขังอยู่ พอที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้

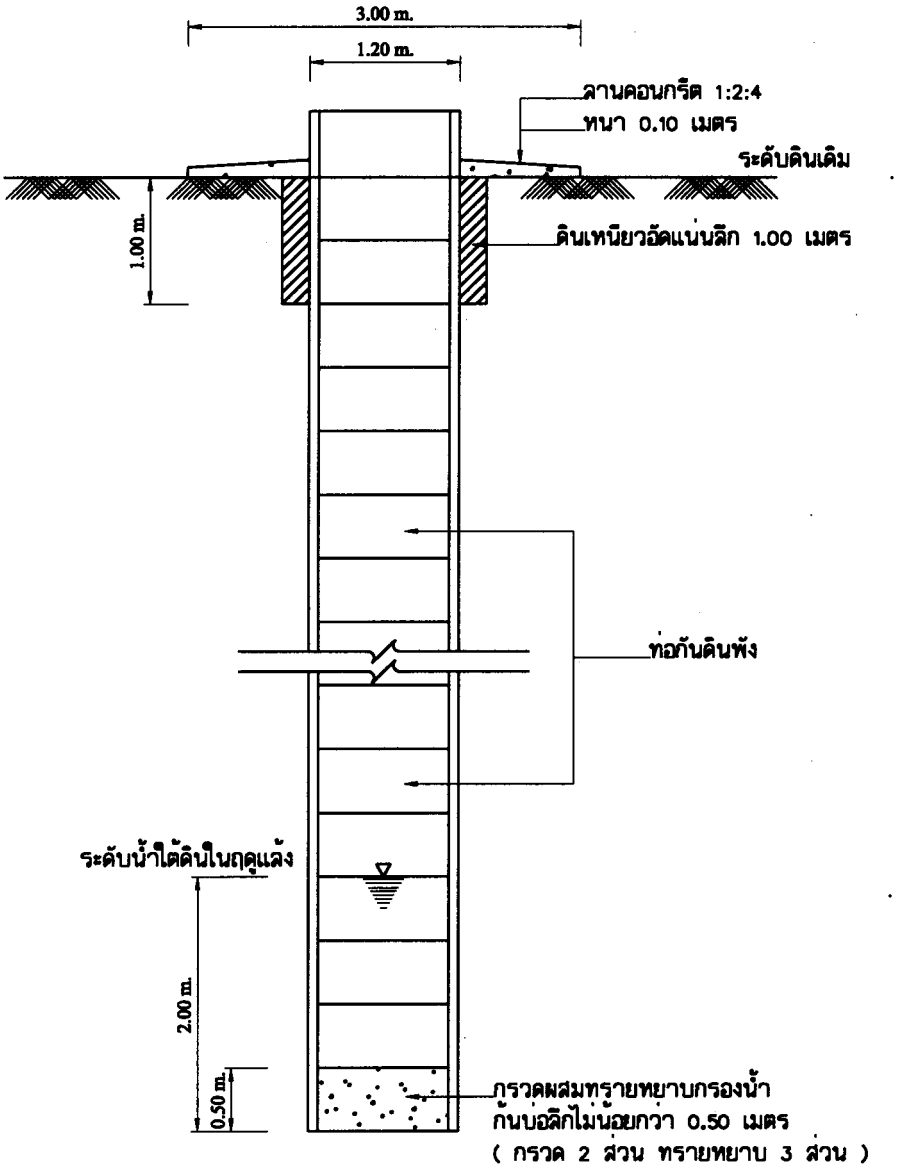
4) ที่ลุ่มตามหุบเขา พิจารณารูป 3.1 ประกอบ จะพบว่าบางแห่งจะมีน้ำขังจากบนเขาไหลลงสู่หุบเขาได้

5) ที่เคยเป็นลำน้ำหรือห้วยเก่า บริเวณนี้อาจเกิดจากการเปลี่ยนทางน้ำแล้วมีทรายมาตกตะกอนน้ำ สามารถจะซึมและอยู่บริเวณนี้ได้

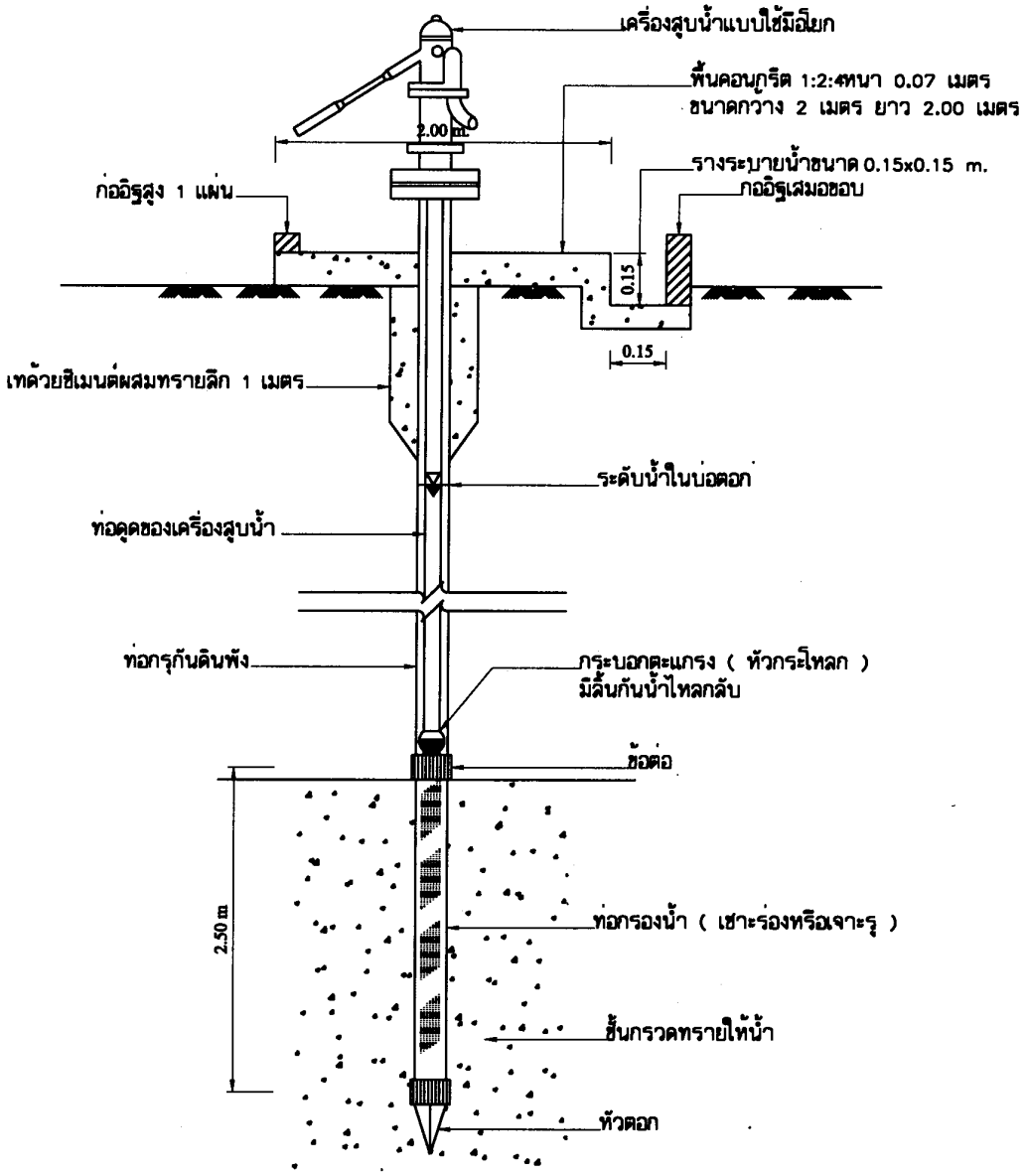
6) ใช้วิธีทดสอบโดยการสัมผัส โดยอาศัยความร้อนของน้ำในดินเป็นหลัก ในช่วงตอนเย็นบริเวณที่มีน้ำจะอุ่นกว่าบริเวณอื่น ๆ

7) ใช้วิธีทดสอบโดยการใช้แผ่นพลาสติกมาคลุมบริเวณที่จะเจาะบ่อน้ำตื้นทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน 1 วัน แล้วสังเกตุดู ความชื้นที่มาเกาะในแผ่นพลาสติก ถ้ามีไอน้ำมากแสดงว่ามีแหล่งน้ำใต้ดิน

ตัวอย่างของการพัฒนาแหล่งน้ำตื้นพิจารณาได้ตามรูปที่ 3.4 และ 3.5 ซึ่งถ้าหากปริมาณน้ำมีมากพอ หรือเลือกใช้วิธีการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ระบบน้ำหยด ก็จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเกษตรได้



รูปที่ 3.4 รูปตัดความลึกบ่อขุดกรณีเป็นดินทราย

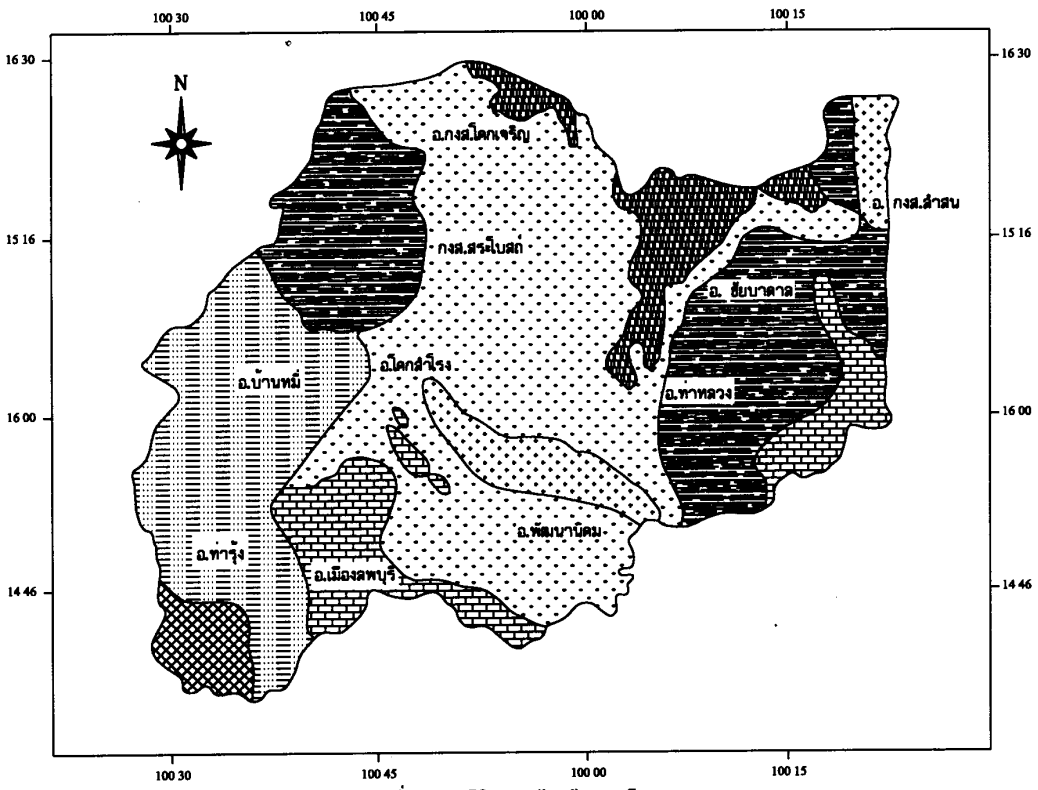


รูปที่ 3.5 รูปตัดความลึกบ่อตอก

3.3.2 การพิจารณาพัฒนาบ่อน้ำบาดาล

การพิจารณาเลือกบ่อบาดาลค่อนข้างจะยุ่งยาก เพราะอยู่ลึกจากระดับผิวดินลงไปมาก การเลือกบ่อบาดาลจะต้องใช้ข้อมูลการเจาะบ่อบาดาล ส่วนใหญ่จะดำเนินการโดยกรมโยธาธิการ กรมพัฒนาที่ดิน และกรมทรัพยากรธรณีวิทยา ซึ่งจะจัดทำเป็นแผนที่อุทกธรณีวิทยา แผนที่อุทกธรณีวิทยาที่จัดทำขึ้นจะแสดงข้อมูลของชั้นน้ำ ความลึก ปริมาณนี้ที่คาดว่าจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างของแผนที่อุทกธรณีวิทยา จังหวัดลพบุรี ซึ่งในตอนล่างของภาพจะแสดงสัญลักษณ์ว่าเป็นแหล่งชั้นน้ำแบบไหน ความลึกเท่าใด ปริมาณน้ำที่จะได้กี่ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ตัวอย่างเช่น ชั้นน้ำในลุ่มน้ำหลาก (ชั้นน้ำเจ้าพระยา) ระดับความลึกของชั้นน้ำตั้งแต่ 15-150 เมตร จะให้น้ำในปริมาณ 3-60 ม^3/ชั่วโมง **ข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์มากกล่าวคือ ถ้าต้องการพิจารณาว่าอำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จะมีน้ำใต้ดินหรือไม่ เมื่อพิจารณาแผนที่อุทกวิทยา จะพบว่าความลึกของชั้นน้ำจะอยู่ที่ 10-50 เมตร ปริมาณน้ำทั่วไปประมาณ 25 ม^3/ชั่วโมง แต่บางแห่งอาจได้ 100 ม^3/ชั่วโมง ซึ่งจะช่วยตัดสินใจในการเลือกแหล่งน้ำได้**

การเลือกใช้บ่อน้ำตื้นและบ่อบาดาล จะต้องทำการทดสอบปริมาณน้ำที่สูบทุกครั้ง ทั้งนี้เพื่อต้องการหาประสิทธิภาพในการให้น้ำของบ่อ ซึ่งจะแสดงออกมาในรูปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่สูบกับค่าระดับน้ำที่ลด อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่สูบต่อระดับน้ำที่ลดเรียกว่า Specific Capacity ซึ่งค่านี้จะนำไปใช้ในการออกแบบเครื่องสูบน้ำบาดาลของบ่อนั้นๆ ได้ นอกจากนี้ยังใช้หาสมรรถภาพของชั้นน้ำ เช่น ค่าสัมประสิทธิ์ของความจุ สัมประสิทธิ์การซึมได้ สัมประสิทธิ์การไหลผ่านของน้ำ เป็นต้น



แผนที่อุทกธรณีวิทยา จังหวัดลพบุรี

แหล่งน้ำบาดาลในหินรวน

ชั้นน้ำในลุ่มน้ำหลาก (ชั้นน้ำเจ้าพระยา) ประกอบด้วย กรวด ทราย และดินเหนียว ระดับความลึกของชั้นน้ำตั้งแต่ 15 - 150 เมตร ให้น้ำในปริมาณ 3 - 80 ม^3/ ชม.

ชั้นน้ำในที่ราบตะพักใหม่ (ชั้นน้ำเชียงราย) ประกอบด้วย กรวด ทรายดินเหนียว ดินเหนียวปนทราย และดินมาร์ล ซึ่งเกิดจากหินปูนผุ ความลึกของชั้นน้ำตั้งแต่ 10 - 100 เมตร ให้น้ำในปริมาณ 2 - 30 ม^3/ ชม

แหล่งน้ำบาดาลในหินแข็ง

ชั้นน้ำในหินปูน ได้น้ำจากรอยแตก โพรง หรือรอยเลื่อน ที่ความลึก 10 - 50 เมตร ปริมาณน้ำโดยทั่วไปไม่เกิน 25 ม^3/ ชม. แต่บางแห่งอาจจะได้น้ำถึง 100 ม^3/ ชม.

ชั้นน้ำในหินทราย (หินชุดโคราช) ประกอบด้วยหินทรายและหินดินดาน ได้น้ำจากรอยแตกและรอยต่อของชั้นหิน ที่ความลึกประมาณ 20 - 50 เมตร ให้น้ำประมาณ 3 - 15 ม^3/ ชม.

ชั้นน้ำในหินกึ่งหินแปร ได้น้ำจากรอยแตก รอยเลื่อน รอยต่อ ที่ความลึกประมาณ 10 - 60 เมตร ปริมาณน้ำโดยทั่วไปจะได้น้ำประมาณ 2 - 7 ม^3/ ชม. แต่บางแห่งอาจจะเจาะไม่ได้น้ำ หรือบางแห่งอาจจะได้น้ำมากถึง 50 / ม^3/ ชม. ถ้าพบรอยแตกขนาดใหญ่

ชั้นน้ำในหินภูเขาไฟ ได้น้ำจากรอยแตก และบริเวณที่หินผุ ที่ระดับความลึก 10 - 60 เมตร โดยทั่วไปได้น้ำในปริมาณน้อย ประมาณ 1 - 5 ม^3/ ชม. และโอกาสที่เจาะไม่ได้น้ำมีอยู่มาก แต่มีบางบริเวณที่เจาะพบรอยแตกขนาดใหญ่จะให้น้ำมาก

รูปที่ 3.6 แผนที่อุทกธรณีวิทยาของจังหวัดลพบุรี

3.4 การคาดการปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall)

ฝนใช้การ หมายถึง ปริมาณฝนที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช การคำนวณฝนใช้การของพืชไร่ นาข้าว ไม้ผลจะพิจารณาค่าฝนใช้การไม่เท่ากัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 ฝนใช้การของพืชไร่ ฝนใช้การของพืชไร่จะพิจารณาจาก

1) ฝนรายเดือนเฉลี่ย (มิลลิเมตร)

2) อัตราการใช้น้ำของพืชรายเดือน (มิลลิเมตร)

3) ความสามารถในการเก็บน้ำของดินในเขตรากพืช โดยพิจารณาหน่วยความลึกที่ 75 มิลลิเมตร ตารางที่ 3.3 แสดงค่าฝนใช้การของพืชไร่ ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างฝนรายเดือนเฉลี่ยและอัตราการใช้น้ำของพืชรายเดือน เมื่อกำหนดดินในเขตรากพืชเก็บน้ำไว้ได้ 75 มิลลิเมตร หากน้อยกว่าหรือมากกว่าจะต้องปรับแก้ ตามตัวคูณปรับแก้ท้ายตารางที่ 3.3

ตัวอย่างที่ 3.2 จงหาฝนใช้การของพืชไร่ที่ปลูกในจังหวัดนครปฐม รากพืชลึก 1.50 เมตร ดินเป็นดินร่วน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน 1.00 มิลลิเมตร/เซนติเมตร มีฝนตกเฉลี่ยรายเดือน 130 มิลลิเมตร อัตราการใช้น้ำของพืช 125 มิลลิเมตร/เดือน

วิธีทำ

1. คำนวณหาความสามารถเก็บน้ำของดินที่รากพืชลึกเท่ากับ 1.50 เมตร
   = 150 เซนติเมตร x 1.0 มิลลิเมตร/เซนติเมตร
   = 150 มิลลิเมตร
2. พิจารณาตารางที่ 3.3 ฝนรายเดือนเฉลี่ย 130 มิลลิเมตร อัตราการใช้น้ำของพืช 125 มิลลิเมตร/เดือน จะได้ฝนใช้การ = 89 มิลลิเมตร
3. เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 150 มิลลิเมตร มากกว่า 75 มิลลิเมตร ดังนั้นต้องปรับแก้โดยคูณด้วยตัวปรับแก้ เท่ากับ 1.06 ดังนั้นฝนใช้การ
   = 89 x 1.06
   = 94.34 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.3 ค่าฝนใช้การ (Effective Rainfall) ของพืชไร่สำหรับฝนรายเดือนเฉลี่ย และอัตราการใช้น้ำของพืชขนาดต่าง ๆ ตัวเลขในตารางสำหรับกรณีที่ดินในเขตรากเก็บน้ำไว้ได้ 75 มม.

ฝนรายเดือน	อัตราการใช้น้ำของพืช (ET) ประจำเดือน-มม.									
เฉลี่ย-มม.	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
	ฝนใช้การประจำเดือน (Re) มม.									
15	9	10	10	11	11	12	12	13	14	15
20	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20
30	18	19	21	22	22	23	24	25	28	30
40	23	25	27	29	30	31	32	35	38	40
50	25	32	34	35	35	38	40	43	46	49
60		38	40	42	43	45	47	51	55	59
70		43	46	49	51	53	55	59	63	68
80		48	52	55	58	60	63	67	71	77
90		50	57	61	64	67	70	75	79	85
100			63	67	71	74	78	82	87	94
110			68	73	78	80	84	89	95	102
120			73	78	84	85	91	97	102	110
130			75	83	89	92	98	104	110	118
140				89	95	99	105	112	118	126
150				94	101	105	110	120	125	134
160				99	106	110	117	125	132	142
170				100	111	116	123	131	138	149
180					116	121	129	136	144	155
190					121	126	134	142	150	161
200					125	132	140	148	157	168
ความสามารถเก็บน้ำของดินในเขตราก มม.	20	30	40	50	60	75	100	125	150	175
ตัวคูณปรับแก้	0.74	0.82	0.88	0.93	0.96	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07

หมายเหตุ ฝนใช้การเฉลี่ยประจำเดือนต้องไม่มากกว่าจำนวนฝนเฉลี่ยหรืออัตราการใช้น้ำของพืชในเดือนเดียวกันในกรณีที่ฝนเฉลี่ยรายเดือนน้อยกว่าค่าต่ำสุดของฝนใช้การในตารางข้างบนให้ถือว่าฝนดังกล่าวเป็นฝนใช้การทั้งหมด

3.4.2 ฝนใช้การของนาข้าว

ปริมาณฝนใช้การของนาข้าว พิจารณาจากฝนรายเดือนเฉลี่ย โดยกำหนดเป็นปริมาณฝนที่จะใช้ประโยชน์ได้ ตารางที่ 3.4 แสดงฝนรายเดือนเฉลี่ย ตั้งแต่ 200 ถึง 500 มิลลิเมตร ฝนใช้การที่เป็นประโยชน์ตั้งแต่ 100 เปอร์เซนต์ลดลงเหลือ 65 เปอร์เซนต์ เปอร์เซนต์ฝนที่เพิ่มจากช่วง 50 มิลลิเมตรจะเป็น 75 เปอร์เซนต์ และลดลงเหลือ 10 เปอร์เซนต์ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 ฝนใช้การของนาข้าว

ฝนรายเดือนเฉลี่ย (มม.)	ฝนใช้การ		ฝนที่เพิ่ม 50 มม. (เปอร์เซนต์)
	มม.	%	
200	200	100	-
250	237.5	95	75
300	270	90	65
350	292.5	83.6	45
400	310	77.5	35
450	320	77.1	20
500	325	65	10

ตัวอย่างที่ 3.3 จงหาปริมาณฝนใช้การของนาข้าวที่มีฝนตกรายเดือนเฉลี่ย 350 มิลลิเมตร

วิธีทำ

1. ปริมาณฝนที่เป็นประโยชน์ = 83.6 เปอร์เซนต์
2. ปริมาณฝนใช้การ = $\frac{83.6 \times 350}{100}$
   = 292.6 มิลลิเมตร

3.4.3 ฝนใช้การของไม้ผล

ฝนใช้การของไม้ผลจะแตกต่างจากการคำนวณของพืชไร่ และนาข้าว ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ของฝนที่ตก, อัตราการใช้น้ำของพืช และปริมาณความชื้นที่จะต้องเพิ่มในเขตรากพืชก่อนการให้น้ำชลประทานมาเกี่ยวข้องด้วย การคำนวณฝนใช้การของไม้ผล ส่วนใหญ่จะคำนวณจากสูตรของ FAO ดังนี้

Re = $2.54f\ (0.329R^{0.824} - 0.116) \times 10^{0.009ET}$ .....สมการที่ 3.2

เมื่อ Re = ปริมาณฝนใช้การเฉลี่ยในเดือนที่พิจารณา (เซนติเมตร)

f = $(0.532 + 0.116D + 0.009D^2 + 0.002D^3)$

D = ปริมาณความชื้นที่ต้องเติมในเขตรากพืชก่อนการให้น้ำชลประทาน (เซนติเมตร)

R = ฝนตกเฉลี่ยรายเดือน (เซนติเมตร)

ET = ปริมาณน้ำที่พืชใช้ (เซนติเมตร)

ตัวอย่างที่ 3.4 จงหาฝนใช้การของไม้ผลประเภทส้มโอ ซึ่งมีความชื้น ก่อนการให้น้ำเท่ากับ 25 มิลลิเมตร มีฝนตกรายเดือนเฉลี่ย 100 มิลลิเมตร ส้มโอใช้น้ำ 150 มิลลิเมตร/เดือน

วิธีทำ

1. หาค่า f = $(0.532 + 0.016D + 0.009D^2 + 0.002D^3)$

= $[0.532 + 0.016(2.5) + 0.009(2.5)^2 + 0.002(2.5)^3]$

= 0.9095

2. หาค่า Re = $2.54f\ (0.329R^{0.824} - 0.116) \times 10^{0.009ET}$

= $2.54\ (0.9095)\ [0.329(10)^{0.824} - 0.116] \times 10^{0.009(15)}$

= 6.54 เซนติเมตร

หรือ 65.4 มิลลิเมตร

3.5 คุณภาพน้ำชลประทานที่มีผลกระทบต่อผลผลิตและระบบชลประทาน

3.5.1 คุณภาพน้ำชลประทานที่มีผลกระทบต่อผลผลิต

ดัชนีที่บ่งบอกว่าคุณภาพน้ำชลประทานจะมีผลกระทบต่อต้นพืช โดยทั่วไปจะพิจารณาจากปริมาณเกลือในน้ำ อนุมูลโซเดียม และความเป็นพิษต่อต้นพืช ปริมาณเกลือในน้ำจะวัดเป็นค่าความนำไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โมห์ต่อเซนติเมตร หรือ ซีเมนส์ต่อเซนติเมตร mho/cm หรือ S/cm **การพิจารณาว่าคุณภาพน้ำมีผลกระทบต่อผลผลิตหรือไม่ จะพิจารณาจากคุณภาพน้ำที่มีความเค็ม ทำให้ผลผลิตลดลง 50 เปอร์เซนต์ ของผลผลิตในดินธรรมดา** ตารางที่ 3.5 เป็นตารางแสดงผลกระทบของเกลือต่อผลผลิตพืช ตัวอย่างเช่น ข้าว ถ้ามีความนำไฟฟ้าเท่ากับ 3.3 มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร จะมีผลกระทบต่อผลผลิต แต่ถ้าค่าความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 7 มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร จะทำให้ผลผลิตข้าวลดลง 50% นอกจากนี้หากจะทำการชะล้างเกลือ จะต้องมีความเข้มข้นไม่เกินที่กำหนดจึงจะปล่อยออกนอกระบบได้ ตัวอย่างเช่น หากใช้น้ำชลประทานชะล้างเกลือในพื้นที่ปลูกข้าว ค่าความเข้มข้นของเกลือจะต้องมีค่าความนำไฟฟ้าไม่เกิน 24 มิลลิซีเมนต์/เซนติเมตร ซึ่งหมายถึงการควบคุมปริมาณน้ำชลประทานให้เหมาะสมนั่นเอง

ตารางที่ 3.5 แสดงผลกระทบของเกลือต่อผลผลิตของพืช

ประเภทพืช	ชนิดพืช	% ผลผลิตลดลง				ความเข้มข้นของเกลือมากที่สุดที่ยอมให้เกิดในน้ำที่ชะล้างเกลือออกจากดิน (ECe.milli S/cm.)
		0	10	25	50	
		ความนำไฟฟ้าของสารละลายที่จุดอิ่มตัว (ECe.milli S/cm.)				
พืชไร่และธัญญพืช	ฝ้าย	6.7	10	12	16	42
	ข้าวฟ่าง	4	6	9	12	36
	ถั่วเหลือง	3.7	5.5	7	9	26
	ข้าว	3.3	5	6	8	24
	ข้าวโพด	3.3	5	6	7	18
	ถั่ว	1	1.5	2	3.5	12
ผัก	มะเขือเทศ	2.7	4	6.5	8	22
	กะหล่ำปลี	1.7	2.5	4	7	26
	มันฝรั่ง	1.7	2.5	4	6	20
	ข้าวโพดหวาน	1.7	2.5	4	6	20
	หัวหอม	1.3	2	3.5	4	12
	แตงโม	2	-	-	-	-
ผลไม้	องุ่น	2.7	4	-	8	24
	ส้ม	1.7	2.5	-	5	16
	มะนาว	1.7	2.5	-	5	16
	แอปเปิ้ล	1.7	2.5	-	5	16

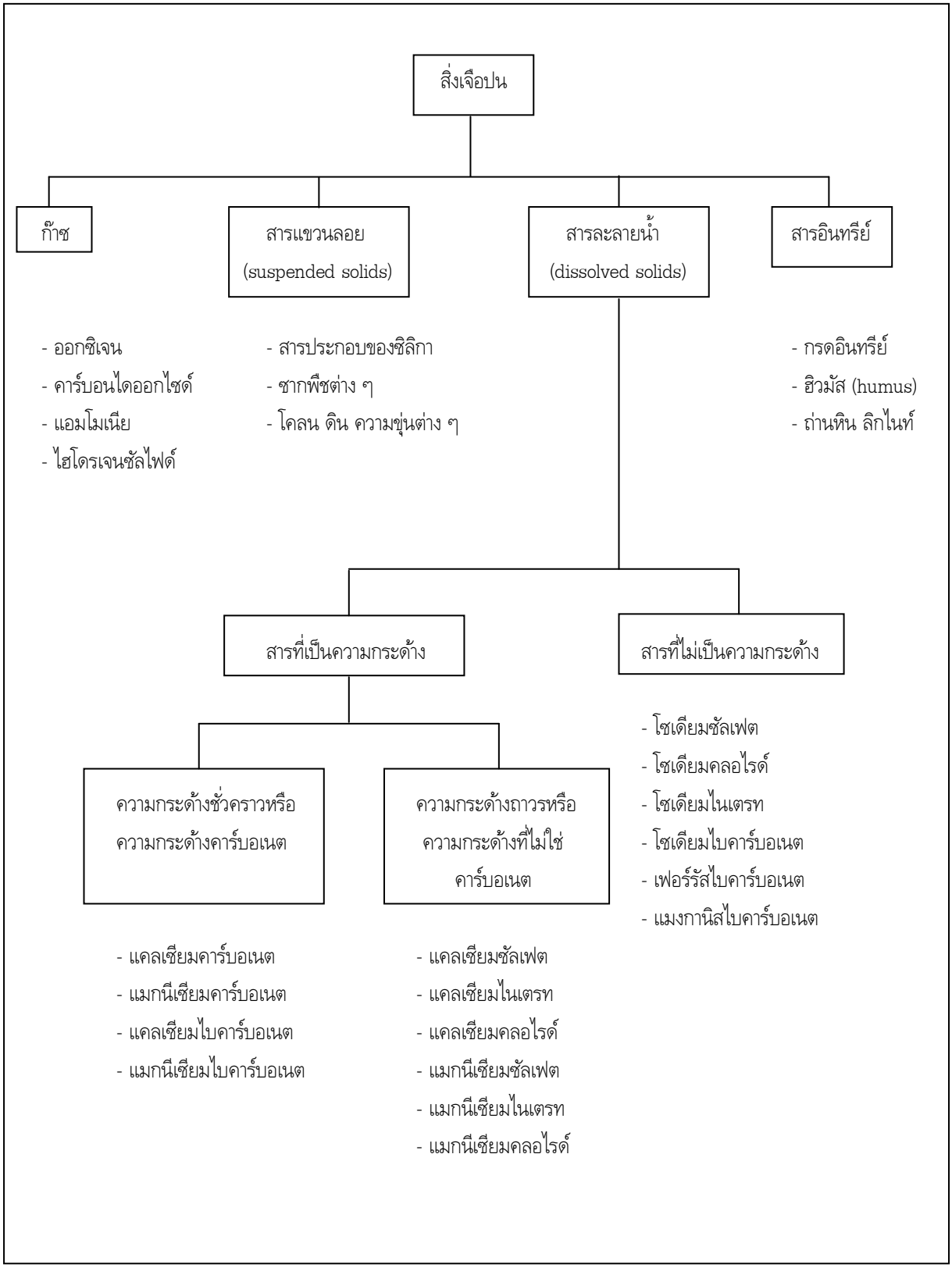
สำหรับอนุมูลโซเดียม จะวัดเป็นค่า Sodium Absorbtion Ratio, SAR ซึ่งจะมีค่าไม่เกิน 26 ส่วน ความเหมาะสมของอนุมูลโซเดียมแสดงไว้ตามตารางที่ 3.6 ซึ่งแบ่งความรุนแรงที่เป็นอันตรายต่อพืช 4 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก ตามลำดับ

ตารางที่ 3.6 ความเหมาะสมของน้ำที่มีเกลือโซเดียมต่อการเกษตรกรรมและการปรับแก้

ปริมาณเกลือโซเดียม	ค่า SAR	ความหมาย
ต่ำ	0-10	- สามารถใช้ปลูกพืชแทบทุกชนิดในดินทุกประเภท เว้นแต่พืชที่ไวต่อโซเดียม เช่น พวกผลไม้เปลือกแข็ง
ปานกลาง	10-18	- จะก่อให้เกิดอันตรายต่อดินที่มีเม็ดละเอียด แต่สามารถใช้สำหรับพื้นดินที่มีดินเม็ดหยาบ มีชีวสารปนอยู่มาก และสามารถดูดซึมน้ำได้ดี
สูง	18-26	- ก่ออันตรายต่อดินทุกประเภท ต้องมีการปรับปรุงดินให้เหมาะสมก่อนการเพาะปลูก
สูงมาก	มากกว่า 26	- น้ำนี้ไม่เหมาะต่อการเกษตรกรรม

3.5.2 คุณภาพน้ำที่มีผลกระทบต่อระบบชลประทาน

การพิจารณาคุณภาพน้ำที่มีผลกระทบต่อระบบชลประทาน จะพิจารณาทางด้านกายภาพ ทางเคมี และชีวภาพ ซึ่งคุณภาพน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปโดยขณะที่น้ำไหลผ่านผิวพื้นของโลก จะละลายสิ่งเจือปนต่าง ๆ บนพื้นโลก ซึ่งมีทั้งสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สิ่งเจือปนเหล่านี้เป็นของแข็งและก๊าซ ทำให้คุณภาพของน้ำเปลี่ยนแปลงตามแผนภูมิ 3.7 โดย **คุณสมบัติทางกายภาพ** จะได้แก่ สี ความขุ่น ของแข็งที่ละลายน้ำ และของแข็งที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งอยู่ในรูปตะกอนแขวนลอย **คุณสมบัติทางเคมี** เช่น ความกระด้าง ความเค็ม ความเป็นกรด ความเป็นด่าง แร่ธาตุต่าง ๆ เช่น เหล็ก มังกานิส ซัลเฟต ไนเตรต ฟอสเฟต ส่วนคุณสมบัติทางชีวภาพ ได้แก่ จุลชีพต่าง ๆ รวมทั้งเชื้อโรคที่มากับน้ำ เช่น โรคท้องร่วง บิด อหิวาห์ รวมทั้งพยาธิต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดโรค



รูปที่ 3.7 แผนภูมิแสดงสิ่งเจือปนในน้ำ

คุณสมบัติของน้ำทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ จะมีผลกระทบต่องานด้านชลประทาน เกี่ยวกับการเลือกระบบการให้น้ำ ตัวอย่างเช่น ในระบบชลประทานแบบหยดและฉีดฝอยเล็ก จะมีปัญหาเรื่องการอุดตัน จำเป็นต้องออกแบบระบบกรองให้เหมาะสม รวมทั้งหาวิธีป้องกันการอุดตันให้ได้ ทั้งนี้เพราะหากอุดตันแล้วการแก้ไขทำได้ยากมาก ตารางที่ 3.7 เป็นตารางแสดงโอกาสที่จะเกิดการอุดตันของระบบชลประทานแบบหยดที่เกิดจากคุณภาพของน้ำ โดยแบ่งระดับความรุนแรงออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับความรุนแรงน้อย ระดับปานกลาง และระดับรุนแรงมาก ตัวอย่างเช่น ถ้าพบว่าคุณภาพน้ำมีสิ่งมีชีวิตประมาณ 30,000 pH ประมาณ 7.8 และอนุภาคสารแขวนลอยมีประมาณ 120 พีพีเอ็ม สารไม่ละลายน้ำ 1200 พีพีเอ็ม กำมะถัน 1.8 พีพีเอ็ม ระดับของความรุนแรงที่จะก่อให้เกิดการอุดตัน จะอยู่ในระดับรุนแรงมาก

ตารางที่ 3.7 แสดงโอกาสที่จะเกิดการอุดตันของระบบชลประทานแบบหยดที่เกิดจากคุณภาพน้ำ

ระดับความรุนแรง	การอุดตันทางกายภาพ		การอุดตันทางเคมี			การอุดตันทางชีวภาพ
	อนุภาคสารแขวนลอย (ppm.)	pH	สารไม่ละลายน้ำ (ppm.)	เหล็กและแมงกานิส (ppm.)	กำมะถัน (ppm.)	(สิ่งมีชีวิตต่อมิลลิลิตร)
0	10	<6.8	<100	<0.1	0.2	<100
น้อย 1	20	6.9	200	0.2	0.3	1,000
2	30	7.0	300	6.3	0.4	2,000
3	40	7.1	400	0.4	0.5	3,000
4	50	7.2	500	0.5	0.8	4,000
ปาน 5	60	7.4	600	0.6	1.0	5,000
กลาง 6	80	7.5	800	0.7	1.4	10,000
7	100	7.6	1,000	0.8	1.6	20,000
รุนแรง 8	120	7.8	1,200	0.9	1.8	30,000
มาก 9	140	8.0	1,400	1.0	2.0	40,000
10	>160	>8.1	1,600	>1.1	>2.0	>50,000

3.6 การแก้ไขคุณภาพน้ำทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ

การแก้ไขคุณภาพน้ำขึ้นอยู่กับมาตรฐานของน้ำที่จะนำไปใช้ และขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งน้ำ สาเหตุที่นำเรื่องการแก้ไขคุณภาพน้ำมากล่าวไว้ที่นี้ ก็เพื่อที่จะเน้นให้ทราบว่า คุณภาพน้ำนั้นมีปัญหาต่อการออกแบบระบบชลประทาน ถ้าหากจะต้องออกแบบจะได้พิจารณาได้กว้างขวางมากขึ้น แนวทางการแก้ปัญหาคุณภาพน้ำที่เกี่ยวกับงานด้านวิศวกรรมชลประทาน สามารถพิจารณาได้ตามตารางที่ 3.8 ซึ่งเมื่อพิจารณาปรับแก้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กระบวนการใหญ่ คือ

1. กระบวนการทางกายภาพ (Physical Unit Operations) คือวิธีการปรับแก้โดยอาศัยวิธีการทางกายภาพในการแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกจากน้ำที่มีการปนเปื้อน โดยมากจะเป็นขั้นตอนแรกของวิธีการปรับแก้คุณภาพน้ำ ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง (Screening) การตัดย่อย (Comminution) การกวาด (Skimming) การกวน (Mixing) การทำให้ลอย (Flotation) การตกตะกอน (Sedimentation) การแยกตัวด้วยแรงเหวี่ยง (Centrifugation) การกรอง (Filtration) การกำจัดตะกอนหนัก (Grit Removal) เป็นต้น

2. กระบวนการทางเคมี (Chemical Unit Processes) คือ วิธีการปรับแก้คุณภาพน้ำโดยที่อาศัยสารเคมีผสมกับน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อแยกเอามลสารต่าง ๆ ออกจากน้ำที่มีการปนเปื้อน ได้แก่ การตกตะกอนผลึก (Precipitation) การทำให้เป็นกลางหรือการสะเทิน (Neutralization) การฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เป็นต้น

3. กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Unit Processes) คือ วิธีการปรับแก้คุณภาพน้ำที่อาศัยจุลชีพ ทำการย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปเป็นก๊าซลอยขึ้นสู่อากาศ และจะได้จุลชีพเพิ่มจำนวนขึ้น ได้แก่ Activated Sludge, Trickling Filter, Aerated Lagoon, Anaerobic Filter, Anaerobic Pond, Stabilization Pond เป็นต้น

4. กระบวนการทางกายภาพ-เคมี (Physicochemical Unit Processes) คือ วิธีการปรับแก้คุณภาพน้ำที่อาศัยวิธีทั้งทางกายภาพและทางเคมีมารวมกัน จะใช้ในการกำจัดสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ ได้แก่ Ion Exchange, Carbon Adsorption, Reverse Osmosis, Electrodialysis เป็นต้น

ตารางที่ 3.8 วิธีปรับแก้คุณภาพน้ำเสียเพื่อกำจัดสารปนเปื้อนต่าง ๆ

สารปนเปื้อน	วิธีการปรับแก้
1. สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้	1. กระบวนการเอเอส (Activated Sludge) 2. ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) 3. ระบบแผ่นหมุนชีวภาพ (RBC) 4. สระบำบัดน้ำเสีย 5. ระบบทรายกรอง 6. ระบบบำบัดทางกายภาพ-เคมี 7. ระบบบำบัดธรรมชาติ
2. สารไนโตรเจน	1. ระบบ Nitrification และ Denitrification ทั้งแบบแขวนลอยและแบบเกาะผิวตัวกลาง 2. ระบบไล่ก๊าซแอมโมเนีย (Ammonia Stripping) 3. ระบบแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchange) 4. ระบบคลอรีน 5. ระบบบำบัดธรรมชาติ
3. สารฟอสฟอรัส	1. ระบบ Anoxic และ Aerobic 2. ระบบบำบัดแบบชีวภาพ-เคมี 3. ระบบ Coagulation 4. ระบบบำบัดแบบเคมี 5. ระบบบำบัดธรรมชาติ
4. สารตะกอนแขวนลอย	1. ตะแกรงดักขยะ 2. เครื่องบดขยะ 3. ระบบกำจัดตะกอนหนัก 4. ระบบตกตะกอน 5. ระบบกรอง 6. ระบบลอยตะกอน 7. ระบบ Coagulation 8. ระบบบำบัดแบบเคมี 9. ระบบบำบัดธรรมชาติ
5. สารโลหะหนัก	1. ระบบตกตะกอนผลึกเคมี 2. ระบบแลกเปลี่ยนประจุ 3. ระบบบำบัดธรรมชาติ
6. สารอินทรีย์ย่อยสลายยาก (Refractory Organics)	1. ระบบดูดซับด้วยคาร์บอน 2. ระบบเติมโอโซน 3. ระบบบำบัดธรรมชาติ

สารปนเปื้อน	วิธีการปรับแก้
7. สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organics)	1. ระบบไล่ก๊าซ (Gas Stripping) 2. ระบบดูดซับด้วยคาร์บอน
8. สารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำ	1. ระบบอาร์โอ (Reverse Osmosis) 2. ระบบแลกเปลี่ยนประจุ 3. ระบบแยกด้วยไฟฟ้า-เยื่อกรอง
9. จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคภัย	1. ระบบคลอรีน 2. ระบบเติมโอโซน 3. ระบบแสงอัลตราไวโอเลต (UV) 4. ระบบเติม Bromine Chloride 5. ระบบบำบัดธรรมชาติ

จากกระบวนการปรับแก้คุณภาพน้ำเสีย และวิธีการปรับแก้คุณภาพน้ำที่กล่าวมาแล้ว จะพิจารณาเลือกใช้วิธีการที่ปฏิบัติได้เหมาะสมกับคุณภาพน้ำเพื่อการชลประทานดังนี้

3.6.1 การแก้ปัญหาทางด้านกายภาพ

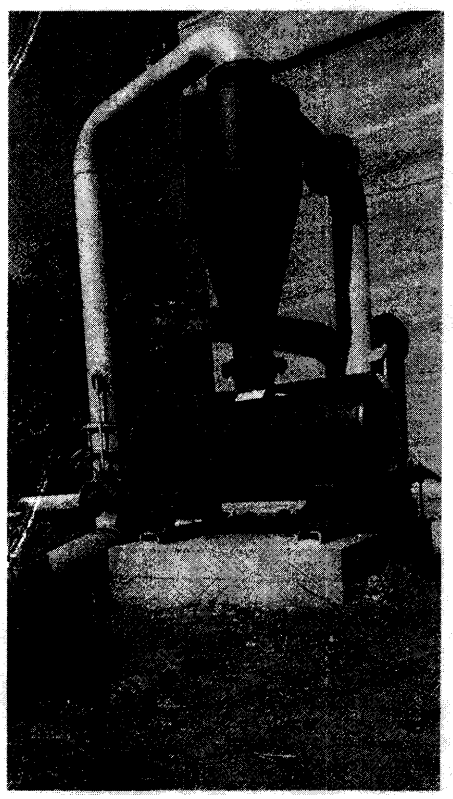
ปัญหาทางด้านกายภาพส่วนใหญ่จะเกิดจากขนาดและปริมาณของอนุภาคมีมากเกินไป การแก้ไขทำได้โดยให้ตกตะกอน ซึ่งอาจจะขุดบ่อให้กว้างและลึก เพื่อลดความเร็วของน้ำ ถ้าจะเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบชลประทานแบบจุลภาค (น้ำหยดและฉีดฝอยเล็ก) อาจจะใช้กรองแบบไซโคลน เพื่อแยกทรายออกจากน้ำ เป็นต้น หรือ ถ้าหากขนาดของอนุภาคที่ต้องการไม่เกิน 120 ไมครอน อาจเลือกใช้กรองประเภทแผ่นจาน หรือตะแกรงก็ได้ รูปที่ 3.8 แสดงรูปแบบของกรองแบบไซโคลน รูปที่ 3.9 แสดงรูปแบบการกรองของแผ่นจาน รูปที่ 3.10 แสดงรูปแบบการกรองแบบตะแกรง การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับอัตราการไหล และการสูญเสียแรงดันของน้ำ

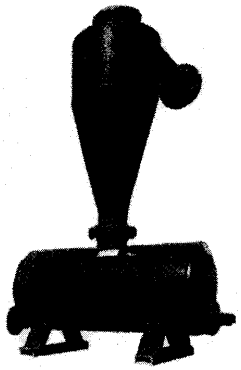
การแก้ไขโดยให้ตกตะกอน ส่วนใหญ่จะใช้กับตะกอนที่มีความถ่วงจำเพาะสูง จำเป็นต้องปรับแก้เพื่อป้องกันปัญหาต่าง ๆ ดังนี้

1) เพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์สูบน้ำ
2) เพื่อป้องกันมิให้เกิดการอุดตันในระบบท่อส่งน้ำและหัวจ่ายน้ำ

วิธีแก้ไขวิธีหนึ่งที่ทำให้เกิดการตกตะกอนก็คือ การกำจัดตะกอนหนักด้วยถังสี่เหลี่ยมผืนผ้า หลักการทำงานอาศัยการควบคุมความเร็วของน้ำที่ไหลเข้าในถังให้ความเร็วเหมาะสมต่อการตกตะกอนได้ ตารางที่ 3.9 เป็นข้อมูลออกแบบถังกำจัดตะกอนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนรูปที่ 3.11 เป็นรูปตัวอย่างถังตกตะกอนสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เครื่องแยกทราย (Hydrocyclone Filters)



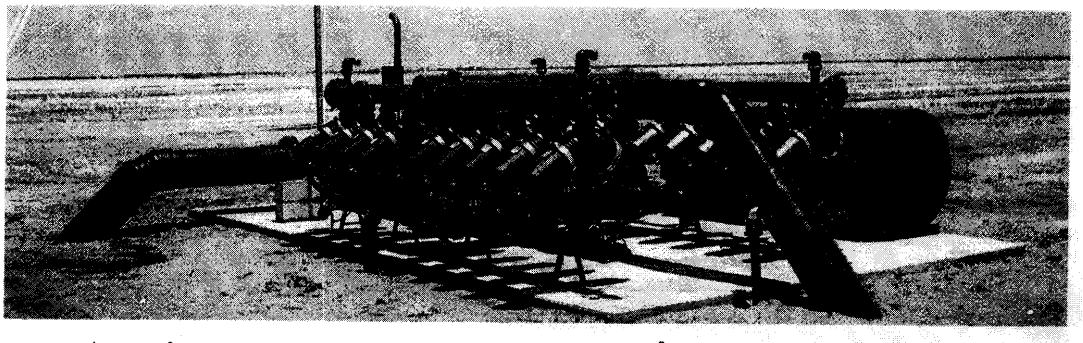


เส้นผ่าศูนย์กลาง ทางน้ำเข้า/ออก (นิ้ว)	อัตราการไหล ที่แนะนำ (ลบ.ม./ชม.)	ขนาดมาตรฐาน ของถังแยกน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	น้ำหนัก ของถัง *(กก.)	ปริมาตร รวมโดย ประมาณ *(ลบ.ม./ชม)
3/4	2-3.5	2	8	0.02
1	3.5-7.5	2	9	0.02
1.5	7.5-12	5**	18	0.06
2	11-17	5**	20	0.08
3	18-34	5**	27	0.08
4x3	35-52	60	66	0.6
4	52-82	120	90	1.1
6	98-160	220	172	1.35
6	140-230	220	205	1.75
8	230-360	220	240	2.0

* รวมถึง ถังแยก

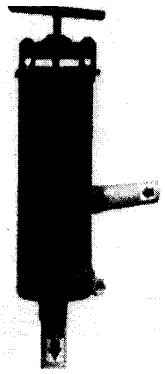
** หรือ 10 ลิตร

รูปที่ 3.8 เครื่องกรองแบบไซโคลน



- มีประสิทธิภาพในการกรองสูงสุด
- รับรองผลในการสะกัดกั้นวัสดุของแข็งต่างๆ การอัดแน่นของแผ่นจานด้วยไฮดรอลิค ทำให้สามารถป้องกันการแทรกซึมของวัตถุแปลกปลอมแม้จะมีวัสดุของแข็งมากและมีความแตกต่างของแรงดันสูง
- ออกแบบให้สามารถปรับระดับการกรองตามความต้องการของระบบชลประทาน
- มีระดับการกรองหลายระดับตามความต้องการของระบบชลประทาน
- มีช่วงการกรอง (filtration range) กว้าง กล่าวคือ 25 ถึง 800 ไมครอน (600-18 mesh)

รูปที่ 3.9 เครื่องกรองแบบแผ่น Disk



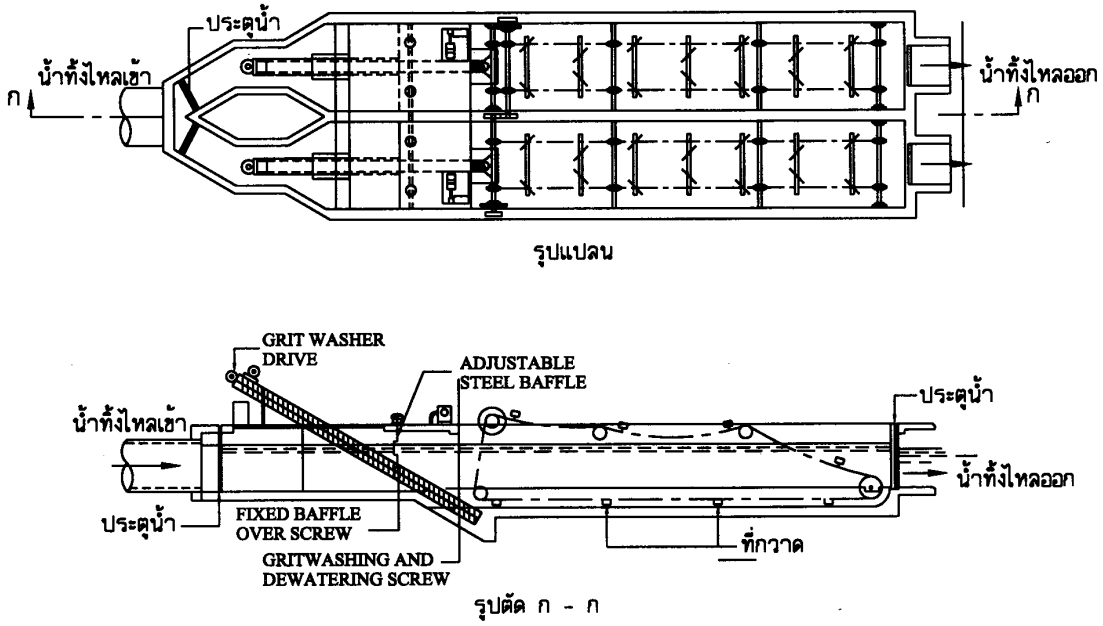
เส้นผ่าศูนย์กลางทางน้ำเข้า/ออก (นิ้ว)	อัตราการไหลที่แนะนำ (ลบ.ม./ชม.)	น้ำหนัก (กก.)	ปริมาตรรวมโดยประมาณ (ลบ.ม./ชม)
1.5	15	6	0.02
2	23	13	0.03
2	30	16	0.05
3	38	17	0.05

รูปที่ 3.10 เครื่องกรองแบบตะแกรง

ตารางที่ 3.9 ข้อมูลออกแบบถังตกตะกอนแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ข้อมูลออกแบบ	เกณฑ์การออกแบบ	ค่าเฉลี่ย
เวลาเก็บกัก (วินาที)	45-90	60
ความเร็วของน้ำในแนวราบ (ม./วินาที)	0.25-0.40	0.30
ความเร็วการตกตะกอน (ม./วินาที)	0.60-1.30	1.00
อัตราล้น ($ม^3/ม^2$/วัน)	900-2000	1,200
ความยาวถัง (ม.)	10-20	15

ที่มา : เกรียงศักดิ์. 2539



รูปที่ 3.11 ถังกำจัดตะกอนหนักแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ตัวอย่างที่ 3.2 ปริมาณน้ำท่ามีอัตราการไหลเท่ากับ 5,000 ลูกบาศก์เมตร/วัน มีตะกอนทรายปนอยู่มาก ถ้ากำหนดให้ความเร็วในการตกตะกอนหนักเท่ากับ 1.00 ม./วินาที ความเร็วที่ไหลเข้าถัง 0.30 ม./วินาที จงออกแบบขนาดของถังตกตะกอนว่าควรมีขนาดเท่าใด

วิธีทำ

1. คำนวณหาความกว้างของถัง โดยกำหนดให้ความลึกของน้ำในถัง = 1.5 เท่าความกว้างถัง

ดังนั้น พื้นที่หน้าตัดถัง (A) = ความลึก x ความกว้างถัง

= 1.5W x W

A = $1.5\ W^2$ .....(1)

จากสูตร Q = AV

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{5{,}000\ \text{ม}^3}{0.3\ \text{ม./วินาที} \times 24\ \text{ชั่วโมง} \times 3{,}600\ \text{วินาที}}$$

$$= 0.19\ \text{ม}^2$$

แทนค่าใน (1) จะได้ $W = \frac{(0.19)^{1/2}}{1.5} = 0.36$ ม.

D = 1.5 W

= 1.5 x 0.36 = 0.54 ม.

2. คำนวณหาความยาวของถัง โดยเลือกค่าออกแบบของเวลาเก็บกักเท่ากับ 60 วินาที

ความยาว (L) = ระยะเวลาเก็บกัก x ความเร็วในการเดินทางของน้ำ

= 60 วินาที x 0.30 ม./วินาที

= 18 เมตร

3.6.2 การแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำทางด้านเคมี

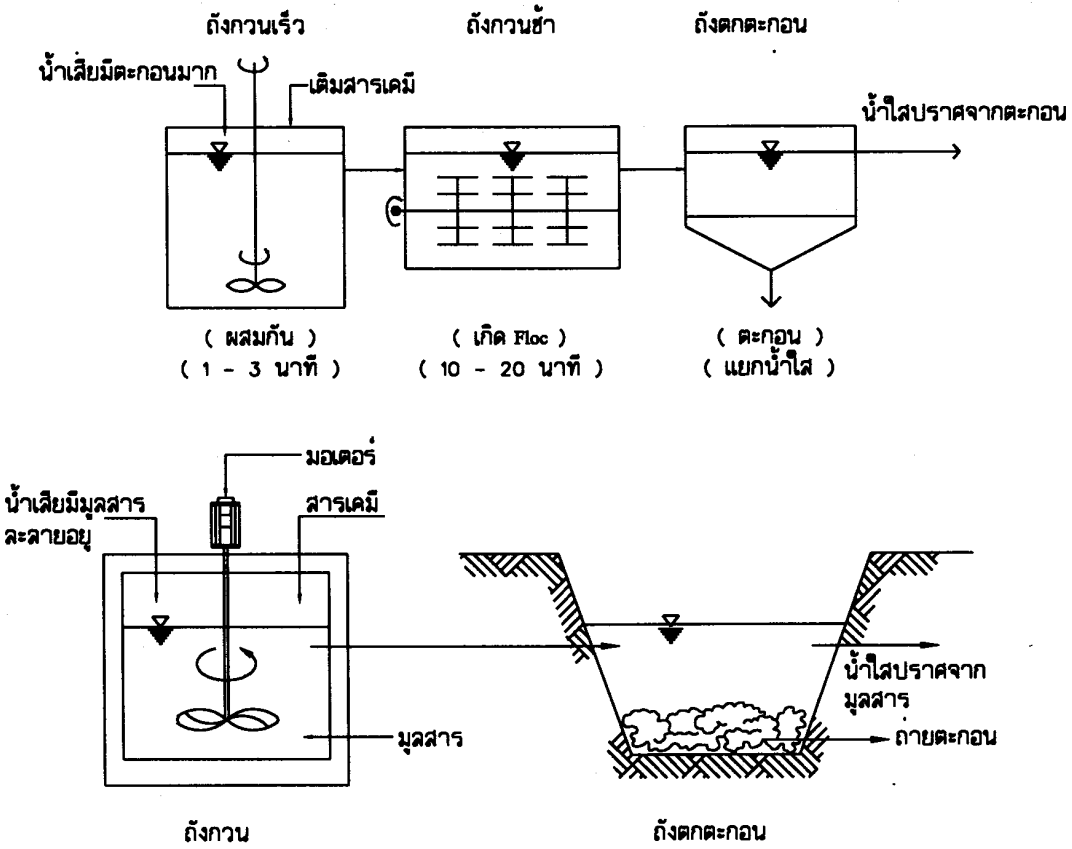
การแก้ไขจะพิจารณาเป็น 2 แนวทางเลือก กล่าวคือ แนวทางที่ 1 จะพิจารณาเลือกพืชให้เหมาะสมกับคุณภาพน้ำและทำการปรับปรุงดินเพิ่มเติม ตัวอย่างเช่น ถ้าคุณภาพน้ำมีค่าความนำไฟฟ้า 8 mill S/cm. ค่า SAR = 16 การแก้ไขก็คือ เลือกพืชที่ปลูก ถ้าเป็นพืชไร่และธัญญพืชจะสามารถเลือก ฝ้าย ข้าวฟ่าง ถั่งเหลือง จะเลือก ข้าว ข้าวโพด หรือถั่วมาปลูกไม่ได้ เพราะจะทำให้ผลผลิตลดลงเกินกว่า 50 เปอร์เซนต์ และจะต้องปรับปรุงดินโดยการเติมอินทรีย์ลงไปเพื่อลดอนุมูลโซเดียมลง เป็นต้น จะช่วยให้การ

แก้ไขคุณภาพน้ำไม่แพงเกินไป ส่วนแนวทางที่ 2 จะเป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เช่น ถ้ามีธาตุเหล็กในน้ำมาก การลดปริมาณธาตุเหล็กลงโดยการสูบน้ำผ่านให้สัมผัสอากาศก่อน เพื่อให้ไอออนของเหล็กทำปฏิกริยากับอากาศเป็นเหล็กออกไซด์ สามารถตกตะกอนและลดการอุดตันได้ หรือกรณีที่น้ำเป็นกรดจัด อาจปรับปรุงดินโดยใส่ปูนขาว เพื่อให้น้ำทำปฏิกริยา หรืออาจเลือกใช้การให้น้ำชลประทานที่มากกว่าปกติเพื่อควบคุมเกลือก็ได้ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เกิดแนวความคิดในการทำให้สารตกตะกอน จึงได้นำวิธีการตกตะกอนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ กล่าวคือ การตกตะกอนผลึกทางเคมี (Chemical Precipitation) จะทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพของสารต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำชลประทานให้อยู่ในสภาพสารไม่ละลายน้ำ โดยวิธีการเติมสารเคมีลงไป ตารางที่ 3.10 เป็นตารางที่แสดงชนิดของสารเคมีที่นิยมใช้ในการปรับแก้คุณภาพน้ำ ส่วนรูปที่ 3.12 แสดงวิธีการตกผลึกของตะกอนทางเคมี

ตารางที่ 3.10 สารเคมีบางชนิดที่นิยมใช้ในการปรับแก้คุณภาพน้ำ

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล	ความหนาแน่น, กก./ลบ.ม.	
		ชนิดแห้ง	ชนิดของเหลว
สารส้ม ($Al_2(SO_4)_3 . 18H_2O$)	666.7	961-1201	1249-1281
Ferric Chloride ($FeCl_3$)	162.1	-	1346-1490
Ferric Sulfate ($Fe_2 (SO_4)_3 . 3H_2O$)	454	-	1121-1153
Ferrous Sulfate (Copperas, $FeSO_4 . 7H_2O$)	278	993-1057	-
Lime ($Ca (OH)_2$)	56 ของ CaO	561-801	-

ที่มา : เกรียงศักดิ์. 2539



รูปที่ 3.12 แสดงวิธีการตกผลึกตะกอนทางเคมี

การเกิดตะกอนผลึก จะขึ้นอยู่กับค่า pH ค่า pH ที่เหมาะสมจะเป็นไปตามตารางที่ 3.11 แสดงชนิดของสารเคมีที่จะเติมลงไปเพื่อให้สารละลายที่มากับน้ำชลประทาน ตกตะกอนผลึก

ตารางที่ 3.11 ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับกำจัดสารปนเปื้อนในน้ำชลประทาน

มลสารที่ละลายอยู่ในน้ำชลประทาน	สารเคมีที่เติมผสมลงไป	ค่า pH ที่เหมาะสม	สารเคมีที่ตกตะกอนได้
Aluminum	Lime	5	$Al(OH)_3$
Arsenic	Ferric chloride	8	$AsCl_2$
Barium	Sodium sulfate	10	$BaSO_4$
Cadmium	Lime	9.5-12	$Cd(OH)_2$
Chromic	Lime	8.0-9.5	$Cr(OH)_3$
Cupric	Lime	9-10	$Cu(OH)_2$
Ferric	Lime	7	$Fe(OH)_3$
Fluoride	Lime	12	CaF_2
Manganese	Lime	10	$Mn(OH)_2$
Mercury	Sodium sulfide	8.5	HgS
Nickel	Lime	10	$Ni(OH)_2$
Phosphorus	Ferric chloride	7	$FePO_4$
Plumbic	Lime	6-10	$Pb(OH)_2$
Selenium	Sodium sulfide	6.5	SeS_2
Silver	Sodium chloride	8	AgCl
Stannic	Lime	4-4.5	$Sn(OH)_2$
Zine	Lime	5-6	$Zn(OH)_2$

ที่มา : เกรียงศักดิ์. 2529

สำหรับปริมาณสารเคมีที่จะต้องปรับแก้คุณภาพน้ำ จะต้องนำมาทดสอบก่อนใช้ เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมในการปรับแก้ วิธีการทำได้โดยใช้ปริมาตรของน้ำชลประทาน 2 ลิตร เทใส่ลงในถ้วยทดลองหลาย ๆ ใบวางเรียงกัน แล้วจึงค่อยเติมสารเคมีด้วยปริมาณที่แตกต่างกัน นำมากวนให้เข้ากัน วัด pH แล้วปล่อยให้ตกตะกอนจนได้น้ำใส จากนั้นนำน้ำใสมาวิเคราะห์หาค่ามลสารว่ามีค่าความเข้มข้นเหลือเท่าใด ก็จะสามารถเลือกปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่จะต้องนำมาใช้งานได้ ตารางที่ 3.12 แสดงปริมาณสารเคมีที่จะต้องใช้ทางทฤษฎีสำหรับการตกตะกอนผลึกของมลสาร 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 3.12 ปริมาณสารเคมีที่ต้องการใช้ทางทฤษฎีสำหรับการตกตะกอนผลึกของมลสาร 1 กิโลกรัม

สารเคมีที่ใช้	ปริมาณสารเคมีที่ใช้ (กก.)					
	มลสารต่าง ๆ (1 กก. ของแต่ละมลสาร)					
	Cr^{+3}	Cu^{+2}	Fe^{+2}	Fe^{+3}	Ni^{+2}	Zn^{+2}
Calcium Oxide (CaO)	1.62	0.88	1.00	1.50	0.96	0.86
Lime ($Ca(OH)_2$)	2.13	1.16	1.34	2.01	1.26	1.14
Sodium Hydroxide (NaOH)	2.31	1.26	1.44	2.16	1.36	1.22
Sodium Carbonate (Na_2CO_3)	3.07	1.68	1.90	2.85	1.81	1.62
Magnesium Oxide (MgO)	1.17	0.63	0.73	1.10	0.69	0.62
Magnesium Hydroxide ($Mg(OH)_2$)	1.69	0.92	1.05	1.58	1.00	0.90

ที่มา : เกรียงศักดิ์. 2539

ตัวอย่างที่ 3.3 ปริมาณน้ำท่า 10,000 $ม^3$/วัน มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 8 มิลลิกรัม/ลิตร จากการทดลองพบว่าต้องใช้สารส้ม 1.5 โมล ในการกำจัดฟอสฟอรัส 1 โมล และถ้ากำหนดให้สารส้มที่ใช้คือ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\ H_2O$ มีความเข้มข้น 48% และความหนาแน่น 1,280 กก./$ม^3$ จงหาว่าจะต้องใช้ปริมาณสารส้มในอัตราเท่าใด

วิธีทำ

1. คำนวณหาอลูมิเนียม Al ที่ต้องการใช้กำจัดฟอสฟอรัส

   ปริมาณสารส้มมีความเข้มข้น 48% จะมี

   ความหนาแน่น $= \frac{48 \times 1,280}{100} = 614.4$ กก./$ม^3$

   น้ำหนักโมเลกุลสารส้ม $= 666.7$

   น้ำหนักอะตอมของ Al $= 26.98$

   $\therefore$ ปริมาณ Al/$ม^3$ $= \frac{614.4 \text{ กก./ม}^3 \times 2 \times 26.98}{666.7}$

   $= 49.73$ กก./$ม^3$

   น้ำหนักอะตอมของ P $= 30.97$

   ดังนั้นปริมาณ Al/กก. ของ P $= \frac{1.00 \times 26.98}{30.97}$

   $= 0.87$ กก. Al/กก. ของ P

2. คำนวณหาปริมาณสารส้มที่ต้องการใช้

จากการทดลองกำหนดว่าต้องใช้สารส้ม 1.5 โมล ในการกำจัด P 1 โมล

ดังนั้นปริมาณสารส้มต้องใช้ $= \frac{1.5 \times 0.87}{49.73}$

$= 0.026 \frac{\text{ลบ.ม.ของสารส้ม}}{\text{กก. ของ P}}$

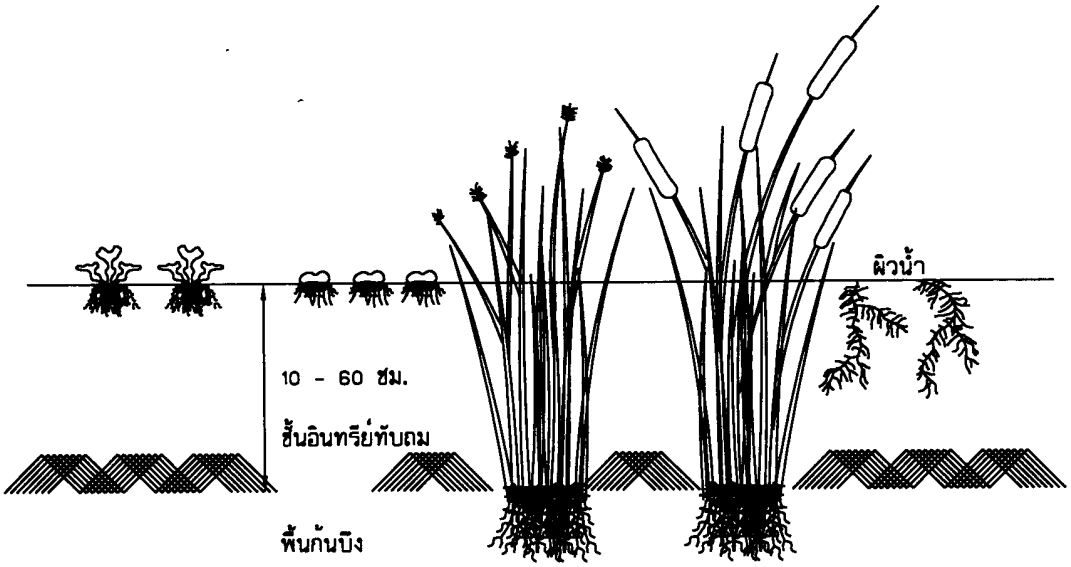
$\therefore$ อัตราของปริมาณสารส้มต้องใช้ = 10,000 $ม^3$/วันx8 มก./ลิตรของ Px0.026 $\frac{ม^3 \text{ สารส้ม}}{\text{กก.ของP}}$ x $\frac{10^{-6} \text{ กก.ของ P}}{1 \text{ มก. ของ P}}$ x $\frac{10^3 \text{ ลิตร}}{\text{ลบ.ม.}}$

$= 2.08$ ลบ.ม./วัน

3.6.3 การแก้ไขคุณภาพน้ำทางด้านชีววิทยา

กระบวนการปรับแก้คุณภาพน้ำด้วยวิธีชีววิทยา เป็นกระบวนการที่นิยมมากที่สุด เพราะเป็นวิธีที่ประหยัดเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่น ๆ สามารถกำจัดหรือแยกสิ่งปนเปื้อนได้ในระดับหนึ่ง สิ่งปนเปื้อนในที่นี้ได้แก่ของแข็งแขวนลอย สารอินทรีย์ ในโตรเจน ฟอสฟอรัส ธาตุอื่น ๆ รวมทั้งจุลินทรีย์ เป็นต้น ในการปรับแก้คุณภาพน้ำโดยวิธีบึงประดิษฐ์เป็นวิธีหนึ่งในหลายวิธีที่ใช้ปรับแก้คุณภาพน้ำได้ โดยหลักการแล้ววิธีบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland System) เป็นวิธีเลียนแบบธรรมชาติ โดยมีความลึกของบ่อน้อยกว่า 0.60 ม. แล้วปลูกต้นพืชที่เจริญแพร่พันธุ์ได้ดี ลำต้นจะเจริญจากพื้นดินใต้น้ำ ใบพืชจะทำหน้าที่เป็นแผ่นตัวกลางให้จุลินทรีย์มาเกาะ และทำหน้าที่เป็นตัวกรองและดูดซับสารปนเปื้อนต่าง ๆ และยังสามารถทำหน้าที่ถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำได้ จะทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้น เหมาะกับการนำไปใช้เพื่อการชลประทานได้ วิธีบึงประดิษฐ์จะมีอยู่ 2 ประเภท คือ แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (Free Water Surface System, FWS) และแบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (Sub Surface flow system, SFS) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) <u>แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน</u> จะประกอบไปด้วย บ่อดินที่มีน้ำไหลซึมลงดินได้น้อยหลายบ่อวางเรียงขนานกัน มีพืชชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่ในบ่อ มีระดับน้ำลึกประมาณ 10-60 ซม. ในการปล่อยน้ำเข้าสู่ระบบควรปล่อยให้ไหลช้า ผ่านต้นพืชและรากพืช รูปที่ 3.13 เป็นรูปของบึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน การเติมอากาศจะมาจากต้นพืช ลมพัด และจากการสังเคราะห์แสง และควรมีค่าออกซิเจนในน้ำประมาณ 1 มก./ลิตร เพื่อให้ปลามีชีวิตอยู่ได้ และ BOD ไม่ควรเกิน 6 กรัม BOD_5/ตารางเมตร/วัน เวลาเก็บกักประมาณ 4-15 วัน และมีค่าภาระชลศาสตร์เท่ากับ 10-50 ลิตร/ตารางเมตร/วัน



รูปที่ 3.13 บึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน

ในการออกแบบบึงประดิษฐ์จะต้องพิจารณาหาขนาดกว้าง ยาว และลึก ของบึงประดิษฐ์ ซึ่งในแบบน้ำไหลบนผิวดินสามารถคำนวณขนาดกว้าง ยาว ได้จากสมการ 3.2

$$Qt = LWnd \quad \text{.....3.2}$$

ในเมื่อ Q = อัตราไหลเฉลี่ยของระบบ ((Q เข้า + Q ออก)/2) , ลบ.ม./วัน

t = เวลาเก็บกัก, วัน

L = ความยาวของบึง, ม.

W = ความกว้างของบึง, ม.

n = ค่าเศษส่วนของขนาดพื้นที่หน้าตัดขวางที่พืชไม่ได้ใช้ปรับแก้คุณภาพน้ำ, (เท่ากับ 0.75)

d = ความลึกของบึง, ม.

เมื่อพิจารณาค่า BOD ที่ต้องการบำบัดน้ำเสียสามารถคำนวณหาค่าเวลาเก็บกัก (t) ที่เหมาะสมได้จากสมการ (3.3)

$$\frac{BOD_{ออก}}{BOD_{เข้า}} = 0.52\ e(-0.7K_T tA_m^{1.75}) \quad .....3.3$$

ในเมื่อ K_T = ค่าคงที่ของปฏิกิริยาลำดับหนึ่งที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ, ต่อวัน (ดูสมการ (10-11)

t = เวลาเก็บกัก, วัน

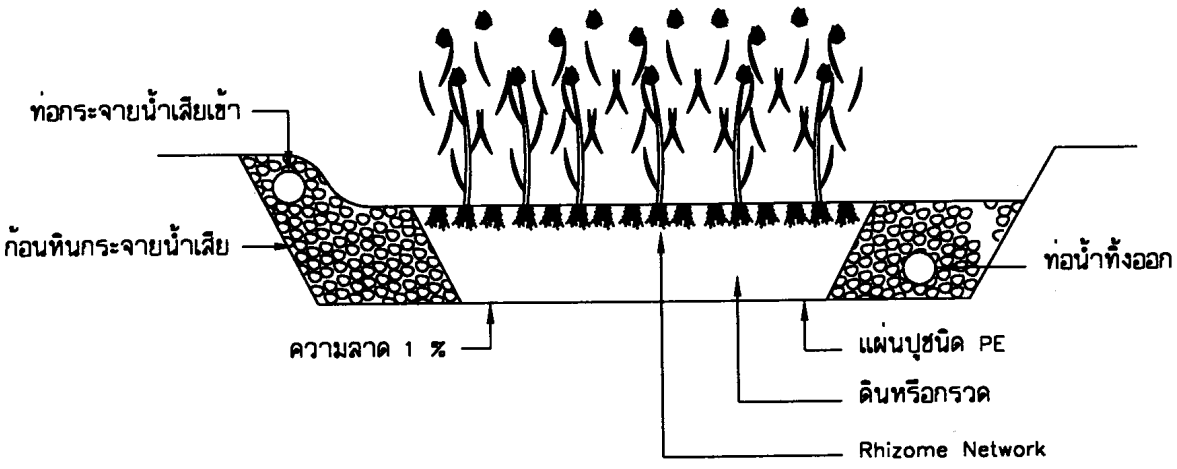
A_m = ขนาดพื้นที่ผิวจำเพาะสำหรับจุลชีพ, $ม^2/ม^3$ ($15.7\ ม^2/ม^3$)

$$K_T = K_{20}(1.1)^{T-20} \quad .....3.4$$

ในเมื่อ T = อุณหภูมิในระบบ, °ซ

K_{20} = 0.0057 ต่อวัน

2) <u>แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน</u> ประกอบไปด้วย บ่อดินลึก 30-80 ซม. ด้านล่างดาดด้วยแผ่น PE เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำซึมลงใต้ชั้นดินของบ่อ จากนั้นวางท่อระบายน้ำเข้าและน้ำออกพร้อมใส่ก้อนหินกระจายน้ำ ตามรูปที่ 3.14 นำดินมาใส่ในช่องว่างเพื่อปลูกพืชที่เหมาะสม พื้นด้านล่างควรมีความชันประมาณ 1% ระบบนี้จะอาศัยการเติมอากาศด้วยพืชเป็นหลัก ค่า BOD ที่เหมาะสมประมาณ 11-13 กรัม BOD_5/ตารางเมตร/วัน และค่าภาระชลศาสตร์ประมาณ 10-50 ลิตร/ตารางเมตร/วัน



รูปที่ 3.14 บึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (SFS)

การคำนวณหาขนาดกว้างยาวและลึกของบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ผิวดิน สามารถคำนวณได้จากสมการ 3.5

$$Qt = LWpd \quad \text{.....3.5}$$

ในเมื่อ Q = อัตราไหลเฉลี่ยของระบบ ((Q เข้า + Q ออก)/2) , ลบ.ม./วัน

t = เวลาเก็บกัก, วัน

L = ความยาวของบึง, ม.

W = ความกว้างของบึง, ม.

p = ค่าความพรุนของก้อนหินในบึง

d = ความลึกของบึง, ม.

เมื่อคำนวณหาเวลาเก็บกัก โดยพิจารณาถึงประสิทธิภาพของการกำจัด BOD จะใช้สมการ 3.6

$$\frac{BOD_{ออก}}{BOD_{เข้า}} = e^{-K\,Tt} \quad \text{.....3.6}$$

และเมื่อพิจารณาถึงสภาพค่านำทั้งทางชลศาสตร์ (Hydraulic Conductivity) จะใช้สมการ 3.7 คำนวณหาค่า t

$$t = \frac{L}{k_S S} \quad \text{.....3.7}$$

ในเมื่อ t = เวลาเก็บกัก, วัน

L = ความยาวของบ่อ, ม.

k_S = ค่าสภาพนำทางชลศาสตร์, ลบ.ม./(ตร.ม.วัน)

S = ความลาดของพื้นบ่อ, ม./ม.

$k_S S$ = ค่าความเร็วไหลควรมีไม่เกิน 6.8 ม./วัน

<u>ตัวอย่างที่ 3.4</u> จงคำนวณหาขนาดพื้นที่บึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวที่มีข้อมูลออกแบบดังนี้

1) ปริมาณน้ำท่า 2000 ลบ.ม./วัน อุณหภูมิ 22°ซ
2) BOD_5 ของน้ำท่าเท่ากับ 100 มก./ล
3) BOD_5 ของน้ำทิ้งที่ต้องการเท่ากับ 20 มก./ล
4) K_{20} เท่ากับ 0.0057 ต่อวัน

วิธีทำ

1. คำนวณหาค่า K_T ณ 22°ซ

   ใช้สมการ (10-11)

$$K_T = K_{20}(1.1)^{T-20}$$

$$= 0.0057 \times 1.1^{22-20} = 0.0069 \text{ ต่อวัน}$$

2. คำนวณหาค่าเวลาเก็บกัก (t)

   ใช้สมการ (10-10)

$$\frac{BOD_{ออก}}{BOD_{เข้า}} = 0.52\, e(-0.7K_T t A_m^{1.75})$$

$$\frac{20}{100} = 0.52\, e(-0.7 \times 0.0069t \times 15.7^{1.75})$$

$$t = 1.6 \text{ วัน}$$

3. คำนวณหาขนาดของบึงประดิษฐ์

   ใช้สมการ (10-9)

$$Qt = LWnd$$

$$2000 \times 1.6 = LW(0.75)d$$

$$LWd = 4267 \text{ ลบ.ม.}$$

กำหนดให้น้ำลึกในบึง = 50 ซม. = 0.50 ม.

$$LW = 8534 \text{ ตร.ม.}$$

ขนาดกว้างของบึง = 70 ม.

ขนาดยาวของบึง = 122 ม.

ขนาดพื้นที่ของบึง = 70 x 122 = 8540 ตร.ม.

บทที่ 4 พืชและพฤติกรรมของพืชที่เกี่ยวข้องกับงานด้านวิศวกรรมชลประทาน

4.1 ความคิดรวบยอด

พืชเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการพิจารณาวางโครงการชลประทาน โดยจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตของพื้นที่โครงการ การกำหนดขนาดแหล่งน้ำ และยังเป็นตัวกำหนดค่าตอบแทนของโครงการ ระยะเวลาการคืนทุนของโครงการ นอกจากนี้ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการกำหนดการให้น้ำให้สอดคล้องกับปริมาณที่พืชต้องการอีกด้วยจึงจะได้ทั้งปริมาณและคุณภาพ

4.2 พฤติกรรมการใช้น้ำของพืชเพื่อการเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของพืช อาจพิจารณาได้เป็นขั้นตอน การงอกของเมล็ด การเกิดรากและลำต้น การเจริญเติบโตทางกิ่งก้านและใบ การเจริญทางดอกและผล สำหรับงานด้านชลประทานจำเป็นต้องศึกษาพฤติกรรมการเจริญเติบโตของพืช เพื่อจะได้ให้น้ำได้ถูกต้องและเหมาะสม ทั้งนี้เพราะการใช้น้ำแต่ละขั้นตอนมีอัตราการใช้น้ำไม่เท่ากัน รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราการใช้น้ำต่อการเจริญเติบโตของฝ้าย ในช่วงแรกระยะเวลาประมาณ 10 วัน เป็นช่วงเมล็ดงอกจะใช้น้ำน้อยมาก ในช่วง 10-40 วัน จะเป็นระยะช่วงออกดอก จะใช้น้ำน้อยกว่า 3 มม./วัน ช่วง 50-60 วัน จะเป็นช่วงดอกเริ่มบาน พืชจะใช้น้ำประมาณ 3-6 มม./วัน และช่วงเวลา 80-120 วัน จะเป็นช่วงสมอเริ่มเปิด อัตราการใช้น้ำ 6-10 มม./วัน หลังจากนั้นการใช้น้ำของพืชจะลดลง ซึ่งในหลักการแล้วหากให้น้ำไม่เหมาะสมตามที่พืชต้องการ จะทำให้เกิดการสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์

4.3 อัตราการใช้น้ำของพืชและการคำนวณ

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Consumptive Use หรือ Evapotranspiration) หมายถึง ปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วย การคายน้ำ (Transpiration) และการระเหย (Evaporation) อัตราการใช้น้ำของพืชจะนำไปสู่งานชลประทานเกี่ยวกับพิจารณาขนาดของแหล่งน้ำ การกำหนดความถี่ในการให้น้ำและระยะเวลาในการให้น้ำ การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชที่นิยมใช้จะคำนวณจากสมการ

ET = Kc x ETp .....สมการ 4.1

เมื่อ

ET = ค่าการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ มิลลิเมตร/วัน

Kc = ค่าสัมประสิทธิการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช หาได้โดยใช้ตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตารางที่ 4.1 จะแบ่ง Kc เป็น 2 ช่วง ช่วงแรกเทียบจากเปอร์เซนต์อายุพืชในช่วงที่พืชโตปกคลุมดิน ช่วงที่สองเทียบจากจำนวนวัน หลังจากที่พืชโตเต็มที่จนถึงอายุเก็บเกี่ยว โดยตารางที่ 4.2 จะบอกตัวอย่างของอายุพืชที่โตเต็มที่และอายุเก็บเกี่ยว

ETp = ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration) ซึ่งคำนวณได้หลายสูตร ในที่นี้ได้ยกตัวอย่างของ **Modified Penman** มาประกอบการคำนวณ

ตารางที่ 4.1 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ระยะการเจริญเติบโตช่วงต่างๆ เมื่อเทียบกับ Et_p ของหญ้า

พืช	**เริ่มปลูกจนถึงคลุมดินเต็มที่ - เปอร์เซนต์**									
	10	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**
ธัญพืช	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
ทุ่งหญ้า	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
พืช	**จำนวนวันนับจากคลุมดินเต็มที่**									
	10	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**
ธัญพืช	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
ทุ่งหญ้า	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05

ตารางที่ 4.2 ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงโตคลุมดินเต็มที่ (Effective Cover) และอายุเก็บเกี่ยวของพืชไร่ที่ได้การรับรองพันธุ์โดยกรมวิชาการเกษตร

พืช	โตเต็มที่ วัน	เก็บเกี่ยว วัน	พืช	โตเต็มที่ วัน	เก็บเกี่ยว วัน
ข้าวโพด			**ถั่วลิสง**		
สุวรรณ 1	55	105	สุโขทัย 38	37	100-110
ปากช่อง 1602	55	100-110	ลำปาง	37	100-110
ฮาวายเอี้ยนซูการ์			ไทนาน 9	41	110-120
หวานพิเศษ	45	65-70			
ข้าวฟ่าง			**ถั่วเหลือง**		
เฮกการี่เบา	55	85-100	ส.จ. 1	35	91
เฮกการี่หนัก	65	100-120	ส.จ. 2	40	95
ไอเอส 8719 อี 173	70	120	ส.จ. 4	37	90
ทีเอสเอส 7-5	70	120-150	ส.จ. 5	35	92
ถั่วเขียว			**ฝ้าย**		
อู่ทอง 1	35	65-70	เดลต้าไพน์สมูทลีฟ	45	105-155
อู่ทอง 2	40	70-90	รีบา บีทีเค 12	45	110-160
			ศรีสำโรง 2	45	110-150
			ตากฟ้า 1	45	105-155

4.3.1 การคำนวณหาค่า Kc

การหาค่า Kc จำเป็นต้องรู้ระยะเจริญเติบโตเต็มที่ และระยะการเก็บเกี่ยว ตารางที่ 4.2 เป็นตัวอย่างพืชไร่ เช่น ข้าวโพดพันธ์สุวรรณ 1 มีอายุเจริญเติบโตเต็มที่ 55 วัน ระยะเก็บเกี่ยว 105 วัน

ตัวอย่างที่ 4.1 จงหาค่า Kc ของข้าวโพดพันธุ์ซุปเปอร์สวีทที่อายุพืช 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 90 วัน ตามลำดับ เมื่ออายุเติบโตเต็มที่ 50 วัน อายุเก็บเกี่ยว 100 วัน

วิธีทำ

1. หาเปอร์เซนต์อายุพืชในช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ โดยเทียบเป็น % จากช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ 50 วัน

พืชอายุ 10 วัน % อายุพืช = $\frac{10 \times 100}{50}$ = 20%

พืชอายุ 20 วัน % อายุพืช = $\frac{20 \times 100}{50}$ = 40%

พืชอายุ 30 วัน % อายุพืช = $\frac{30 \times 100}{50}$ = 60%

พืชอายุ 40 วัน % อายุพืช = $\frac{40 \times 100}{50}$ = 80%

2. หา Kc ในช่วงแรก โดยพิจารณาตารางที่ 4.1 พิจารณาพืชเป็นข้าวโพดที่

% อายุพืช 20% Kc = 0.28

% อายุพืช 40% Kc = 0.46

% อายุพืช 60% Kc = 0.73

% อายุพืช 80% Kc = 0.98

% อายุพืช 100% Kc = 1.15

3. หาจำนวนวันที่นับจากพืชโตเต็มที่ (50 วัน)

พืชอายุ 60 วัน จำนวนวันนับจากพืชคลุมดินเต็มที่ = 10 วัน

พืชอายุ 80 วัน จำนวนวันนับจากพืชคลุมดินเต็มที่ = 30 วัน

พืชอายุ 90 วัน จำนวนวันนับจากพืชคลุมดินเต็มที่ = 40 วัน

4. หาค่า Kc ในช่วงที่สองจากตารางที่ 4.1

จำนวนวันนับจากพืชคลุมดินเต็มที่ 10 วัน Kc = 1.18

จำนวนวันนับจากพืชคลุมดินเต็มที่ 30 วัน Kc = 1.12

จำนวนวันนับจากพืชคลุมดินเต็มที่ 40 วัน Kc = 0.98

4.3.2 การคำนวณหาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ETp

การคำนวณหาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงสามารถคำนวณได้หลายสมการ ส่วนใหญ่การศึกษาจะนำมาจาก Guidelines for predicting Crop water requirments ของ FAO หมายเลข 24 การคำนวณส่วนใหญ่ใช้ข้อมูลทางสถานีอุตุนิยมวิทยา สำหรับสูตรการหาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงในที่นี้ จะใช้วิธี Modified Penman มีสมการดังนี้

$$ETp = C\left[W.Rn + (1 - W) \cdot f(U).(ea - ed)\right]$$ .....สมการที่ 4.2

radiation term aerodynamic term

เมื่อ

Etp = ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง มีหน่วยเป็น มม./วัน

W = แฟกเตอร์ในเทอมของอุณหภูมิ และระดับความสูงของพื้นที่

Rn = รังสีแดดสุทธิ เป็นผลต่างระหว่างแสงแดดทั้งหมด ที่มาถึงและกระจายออกไป ซึ่งวัดโดยตรงไม่ได้ แต่คำนวณได้จากความเข้มแสงแดด ปริมาณเมฆ อุณภูมิ และความชื้นของอากาศ มีหน่วยเป็น มม./วัน

f(u) = ฟังก์ชั่นของความเร็วลม มีหน่วยเป็น กม./วัน

(ea-ed) = ความแตกต่าง ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ย กับความดันไอน้ำที่เป็นจริง มีหน่วยเป็นมิลลิบาร์

C = ค่าปรับแก้สำหรับระยะเวลากลางวัน กลางคืน และเงื่อนไขของสภาพอากาศ

ซึ่งในการคำนวณจะต้องพิจารณาตามลำดับ ดังนี้

1) จะต้องทราบค่าอุตุนิยมวิทยา ซึ่งจะใช้เป็นคาบระยะเวลาประมาณ 10-20 ปี ตารางที่ 4-8 เป็นตัวอย่างสถานีนครสวรรค์ คาบ 1951-1975 ซึ่งจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับ

(1.1) Latitude และ Longitude ซึ่งจะใช้สำหรับคำนวณหาค่า Ra หรือปริมาณรังสีนอกชั้นบรรยากาศ

(1.2) ความสูงของสถานีเหนือน้ำทะเลปานกลาง

(1.3) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เกี่ยวกับแรงดัน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ จุดน้ำค้าง ค่าการระเหย ความคลื้มของเมฆ ทัศนวิสัย ความเร็วลม ปริมาณฝน เป็นต้น

2) จะต้องทราบตารางต่าง ๆ และสูตรย่อยในการคำนวณ ดังนี้

(2.1) ตารางที่ 4.3 เป็นตารางหาค่า ea คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัวเฉลี่ย โดยพิจารณาค่าอุณหภูมิเฉลี่ย °C

(2.2) ตารางที่ 4.4 เป็นตารางหาค่า W คือ แฟกเตอร์ ในเทอมของอุณหภูมิที่ Altitudes ต่าง ๆ ซึ่งเมื่อทราบอุณหภูมิก็จะทราบค่า W

(2.3) ตารางที่ 4.5 เป็นตารางหาค่า Ra ซึ่งจะต้องทราบค่า Latitude และเดือน ก็จะหาค่า Ra ได้

(2.4) ตารางที่ 4.6 เป็นตารางหาค่า f(t) หรืออิทธิพลจากอุณหภูมิ เพื่อหารังสีคลื่นยาว ในสูตร Rnl = f(t).f(ed).f(n/N)

(2.5) ตารางที่ 4.7 เป็นตารางหาค่า f(ed) หรือ อิทธิพลจากแรงดันไอ เพื่อหารังสีคลื่นยาวในหัวข้อ 2.4

(2.6) ตารางที่ 4.8 เป็นตารางแสดงข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา เพื่อประกอบการคำนวณในตารางที่ 4.9 และ 4.10

ตารางที่ 4.3 ค่าความดันไออิ่มตัว (ea) หน่วยเป็น มิลลิบาร์ ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (Saturation Vapour Pressure (ea) in mbar as Function of Mean Air Temperature (T) in °C)

Temperature (°C)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
ea (mbar)	23.4	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1

Temperature (°C)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
ea (mbar)	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9

ตารางที่ 4.4 ค่าแฟคเตอร์ในเทอมของอุณหภูมิและความสูง ซึ่งมาจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ (Values of Weighting Factor (W) for the effect of Radiation or Etp at Different Temperatures and Altitudes)

Temperature (°C)	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
W	.69	.71	.73	.75	.77	.78	.80	.82	.83	.84

ตารางที่ 4.5 ค่าปริมาณรังสีนอกชั้นบรรยากาศ มีหน่วยเป็น มม./วัน
(Extra Terrestrial Radiation (Ra) expressed in equivalent evaporation in mm./day)

Lat.	Northern Semisphere											
	Jan	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Aug**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dec**
20°	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7
18	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
16	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6
14	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0
12	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5

ตารางที่ 4.6 Effect of Temperature f (t) on Longwave Radiation (Rnl)

T (°C)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
f (t)	11.0	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6	15.0

T (°C)	24	26	28	30	32	34	36
f (t)	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1

ตารางที่ 4.7 Effect of Vapour Pressure f (ed) on Longwave Radiation (Rnl)

ed mbar	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
f (ed)	0.23	.22	.20	.19	.18	.16	.15	.14	.13	.12	.12	.11	.10

ed mbar	32	34	36	38
f (ed)	.09	.08	.08	.07

(2.7) สูตรย่อยต่าง ๆ

(U) เป็นอิทธิพลของกระแสลม กำหนดให้

$f(U) = 0.27 . (1 + U_2/100)$

เมื่อ U_2 คือความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับเหนือพื้นดิน 2 เมตร มีหน่วยเป็น กม./วัน

ถ้าหากไม่มีการวัดความเร็วลมเฉลี่ยที่ระดับ 2 เมตร ก็อาจแปลงค่าที่วัดได้ในระดับอื่นมาเป็นที่ระดับ 2 เมตร โดยใช้สูตร

$U_2 = U_z \cdot (2.0/z)^{0.2}$

เมื่อ U_z คือความเร็วลมที่ระดับเหนือพื้นดิน Z เมตร มีหน่วยเป็น กม./วัน

ed คือ ความดันไอที่เป็นจริงเฉลี่ย (Mean Actual Vapour Pressure of the Air) มีหน่วยเป็นมิลลิบาร์

= ea . Rhmean/100 (Rhmean คือ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย)

Rn รังสีแสงแดดสุทธิ (Net Radiation, Rn) เป็นค่าผลต่างระหว่างแสงแดดทั้งหมดที่มาถึงและกระจายออกไป ซึ่งวัดโดยตรงไม่ได้ แต่คำนวณได้จากความเข้มแสงแดด ปริมาณเมฆ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ คำนวณได้ดังนี้

Rn = Rns - Rnl

เมื่อ

Rns คือ ปริมาณรังสีคลื่นสั้น (Net Shortwave Radiation)

= $(1 - \infty) \cdot Rs$

∞ = Reflection depends on the nature of the surface cover

= 0.25 for most crop

Rs = Solar Radiation depends on Ra and the transmission through the atmosphere, which is largely dependent on cloud cover

= $Ra \cdot (0.25 + 0.5 \cdot (n/N)$

Ra = ปริมาณรังสีนอกชั้นบรรยากาศ (Extra Terrestrial Radiation) หาค่าได้จากตารางที่ 4.5

n/N = $0.745 + 0.095\ Cc + 0.02\ Cc^2$

เมื่อ Cc = ค่าความเข้มของเมฆ

Rnl = ปริมาณรังสีคลื่นยาว (Net Longwave Radiation)

= f (T) . f (ed) . f (n/N)

ค่า f (T) , f (ed) หาได้จากตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7 ตามลำดับ

3) ใช้ตารางที่ 4.9 คำนวณหาค่า ETp โดยวิธี Modified Penman ซึ่งมีจำนวน 26 ขั้นตอน

ตารางที่ 4.9 และ 4.10 เป็นตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ที่อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ส่วนตารางที่ 4.11 เป็นค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่จะนำมาใช้ประกอบการคำนวณหาการใช้น้ำของพืชได้

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

CLIMATOLOGICAL DATA FOR THE PERIOD 1951-1975

Station NAKHON SAWAN
Index Station 48 400
Latitude 15° 48' N.
Longitude 100° 10' E.

Elevation of station above MSL. 28.00 meters
Height of barometer above MSL. 29.50 meters
Height of thermometer above ground 1.50 meters
Height of wind vane above ground 15.00 meters
Height of raingauge 0.80 meters

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Pressure (+1000 or 900 mbs.)													
Mean	13.84	11.34	09.84	08.28	06.69	05.82	06.02	06.06	07.45	10.45	12.70	13.93	09.37
Ext. Max.	29.74	23.30	21.00	19.38	14.69	13.49	14.59	13.39	15.79	20.61	22.69	24.29	29.74
Ext. Min	13.10	02.36	00.70	99.84	99.10	97.00	96.10	98.10	98.30	01.80	04.29	03.76	96.10
Mean daily rangc	5.30	5.62	5.86	5.85	5.16	4.33	3.85	4.12	4.51	4.74	4.67	4.93	4.91
Temperature (°C)													
Mean	25.5	28.4	30.7	31.9	30.7	29.6	29.1	28.4	28.1	27.9	26.8	25.2	28.5
Mean Max.	31.9	34.6	36.6	37.7	36.0	34.4	33.7	33.0	32.2	31.8	31.4	30.9	33.7
Mean Min.	17.5	20.9	23.5	25.1	25.0	24.6	24.2	24.0	23.8	23.5	21.1	18.1	22.6
Ext. Max.	37.0	39.8	41.2	42.5	42.7	41.0	38.9	37.8	36.3	35.9	35.7	35.8	42.7
Ext. Min	6.1	12.0	14.2	17.0	20.3	21.4	20.9	20.9	20.4	18.4	11.9	8.2	6.1
Relative Humidity (%)													
Mean	63.0	62.0	61.0	63.0	70.0	74.0	76.0	78.0	82.0	80.0	73.0	67.0	71.0
Mean Max.	88.3	87.6	87.7	87.2	89.4	90.8	91.8	93.0	95.4	94.8	93.0	90.7	90.8
Mean Min.	42.3	41.1	40.3	41.9	51.5	57.4	59.1	62.3	66.5	64.2	55.2	47.0	52.4
Ext. Min	16.0	10.0	15.0	20.0	23.0	34.0	36.0	38.0	47.0	38.0	25.0	25.0	10.0
Dew Pont (°C)													
Mean	17.2	19.4	21.3	22.9	23.9	24.1	23.9	24.1	24.4	23.7	21.1	18.2	22.0
Evaporation (mm)													
Mean -Piche	98.8	112.4	143.2	152.5	103.1	84.3	79.2	66.7	49.9	59.7	72.8	91.7	1114.3
-Pan	137.2	156.6	206.0	237.3	199.8	172.5	165.3	149.5	125.0	131.0	122.5	128.5	1931.2
Cloudiness (0-8)													
Mean	3.2	3.3	3.4	4.1	5.8	6.6	6.8	7.0	6.7	5.6	4.4	3.6	5.0
Visibility (Km)													
0700 L.S.T.	5.0	4.1	5.3	8.2	11.0	11.6	10.4	10.0	8.8	8.4	7.8	6.9	8.1
Mean	7.1	5.7	5.9	8.2	11.2	11.7	11.2	10.6	9.9	10.2	10.3	9.6	9.3
Wind (Knots)													
Prevailing wind	E	S	S	S	S	S	S	S	S	S	E	N	-
Mean Wind Speed	4.0	4.6	6.2	6.4	5.4	5.8	5.2	4.6	3.4	3.2	3.6	3.8	-
Max. Wind Speed	33 NE	58 S	62 N	60 N	70 S	50 S	52 S	42 N	65 N	54 NE	27 NW	27 E	-
Rainfall (mm.)													
Mean	13.7	26.9	43.4	65.1	137.3	125.1	140.7	181.0	250.8	152.8	30.5	6.4	1173.7
Mean rainy days	1.4	1.8	3.1	5.0	11.8	13.6	15.5	17.4	18.0	12.4	3.1	1.0	104.1
Greatest in 24 hr.	60.9	69.6	87.1	84.9	89.0	61.8	96.1	90.3	121.2	147.0	121.6	45.6	147.0
Day/Year	11/75	3/53	23/70	11/72	14/70	1/56	29/73	26/65	23/64	8/51	14/66	16/66	8/51
Number of days with													
Haze	24.7	25.8	27.7	19.6	3.8	0.6	0.8	1.6	1.8	5.6	9.6	16.1	137.7
Fog	10.4	7.0	3.1	1.3	0.4	0.1	0.1	0.6	0.6	1.3	5.1	6.8	36.8
Hail	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Thunderstorm	0.4	1.1	3.8	7.2	13.0	8.7	8.4	8.1	10.3	8.0	1.4	0.1	70.5
Squall	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2

ตารางที่ 4.11 ปริมาณการใช้น้ำของพืชจากการคำนวณโดยข้อมูลภูมิอากาศ หรือการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration, Etp)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ที่	สถานที่	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	240	165	180	260	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.	เขื่อนภูมิพล	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	129	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
24.	ชัยภูมิ	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	110
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

ตารางที่ 4.11 ปริมาณการใช้น้ำของพืชจากการคำนวณโดยข้อมูลภูมิอากาศ หรือการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Potential Evapotranspiration, Etp) (ต่อ)

หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ที่	สถานที่	เดือน											
		มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
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	129	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	67	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	134	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

ที่มา : ดิเรก ทองอร่าม

4.3.3 ตัวอย่างการคำนวณหาการใช้น้ำของพืช

ตัวอย่างที่ 4.2 จงคำนวณหาการใช้น้ำของถั่วฝักยาวพันธ์ YB 20 อายุการเจริญเติบโตเต็มที่ 40 วัน อายุเก็บเกี่ยว 90 วัน เริ่มปลูกเดือนมกราคม ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงเดือนมกราคม 155 มิลลิเมตร/เดือน กุมภาพันธ์ 168 มิลลิเมตร/เดือน มีนาคม 160 มิลลิเมตร/เดือน และถ้าปลูกในพื้นที่ 5 ไร่ จะต้องจัดหาน้ำเพื่อการเพาะปลูกเท่าใด เมื่อประสิทธิภาพการชลประทาน 70 เปอร์เซนต์

วิธีทำ

1. แบ่งช่วงการใช้น้ำของพืชเป็น 4 ช่วง โดยช่วงก่อนการเจริญเติบโตเต็มที่ 2 ช่วง และหลังการเจริญเติบโต 2 ช่วง
2. ช่วงการเจริญเติบโตเต็มที่ 40 วัน แบ่งเป็น 2 ช่วง จะได้ช่วงละ 20 วัน ดังนั้น ค่า Kc ที่เป็นตัวแทน จะใช้ค่าที่พืชอายุ 10 วัน และพืชอายุ 30 วัน
3. ช่วงหลังการเจริญเติบโตเต็มที่จะมีอายุเลยช่วงเจริญเติบโตเต็มที่อีก 50 วัน เมื่อแบ่งเป็น 2 ช่วง จะใช้ตัวแทน นับวันเจริญเติบโตเต็มที่ คือ วันที่ 13 และวันที่ 38 หรือนับจากอายุพืชวันที่ 53 และวันที่ 78
4. หาค่า Kc ที่พืชอายุ 10 วัน และพืชอายุ 30 วัน โดยเทียบเป็น % อายุพืช

   พืชอายุ 10 วัน % อายุพืช $= \frac{10 \times 100}{40} = 25\%$; Kc = 0.32

   พืชอายุ 30 วัน % อายุพืช $= \frac{30 \times 100}{40} = 75\%$; Kc = 0.98
5. หาค่า Kc นับจากวันเจริญเติบโตวันที่ 13, 38 หรือพืชอายุ 53 และ 78 วัน

   วันที่ 13 ; $Kc = 1.22 - \frac{(1.22 - 1.15) \times 3}{10} = 1.20$

   วันที่ 38 ; $Kc = 1.02 - \frac{(1.02 - 0.88) \times 8}{10} = 0.91$
6. คำนวณค่าการใช้น้ำของพืชจากสูตร

   $ET = Kc \times ETp$

   6.1 ช่วงที่ 1 20 วัน ; ET ถั่ว $= 0.32 \times \frac{155}{31} \times 20 = 32$ มม.

   6.2 ช่วงที่ 2 20 วัน ; ET ถั่ว $= 0.98 \times \frac{155}{31} \times 11 + 0.98 \times \frac{168}{28} \times 9$

   $= 53.9 + 52.92$ มม.

   $= 106.82$ มม.

6.3 ช่วงที่ 3 25 วัน ; ET ถั่ว = $1.20 \times \frac{168}{28} \times 19 + 1.20 \times \frac{160}{31} \times 6$

= 136.8 + 37.16 มม.

= 173.96 มม.

6.4 ช่วงที่ 4 25 วัน ; ET ถั่ว = $0.91 \times \frac{160}{31} \times 25$

= 117.42 มม.

∴ ปริมาณการใช้น้ำของพืช = 32 + 106.82 + 173.96 + 117.42

= 429.24 มม.

7. พื้นที่ 5 ไร่ ประสิทธิภาพ 70% จะต้องจัดหาน้ำไว้

$= \frac{5 \text{ ไร่} \times 1600 \text{ ม}^2/\text{ไร่} \times 429.24 \text{ มม.}}{0.70 \quad 1000 \text{ มม./ม.}}$

= 4,905.6 ม^3

จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำที่จะใช้ปลูกพืช จะนำไปใช้งานเกี่ยวกับการคาดการปริมาณน้ำที่จะต้องจัดหาตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 และจะกล่าวต่อไปในบทที่ 5 อย่างไรก็ตามสำหรับพื้นที่ที่อยู่ไกลจากสถานีตรวจวัดอากาศเกษตร อาจติดตั้งถาดวัดการระเหยแบบ Class-A Pan และคำนวณหาการใช้น้ำของพืชโดยสมการ

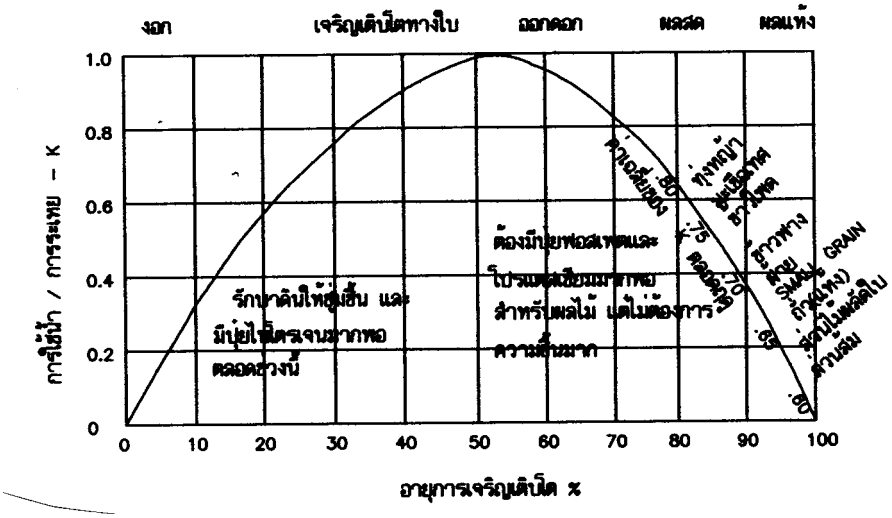
ET = Kp x Epan .....สมการที่ 4.3

เมื่อ

ET = ค่าการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร/วัน)

Kp = ส.ป.ส. ของถาดวัดการระเหยโดยใช้ตารางที่ 4.12 ซึ่งเปอร์เซนต์อายุพืชจะเทียบตลอดอายุการเก็บเกี่ยวตามรูปที่ 4.2

Epan = อัตราการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหย (มิลลิเมตร/วัน)



รูปที่ 4.2 อัตราส่วนระหว่างการใช้น้ำกับการระเหยตลอดอายุของพืช

ตารางที่ 4.12 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับคูณการระเหยจากถาดวัดการระเหยแบบ Class - A pan เพื่อให้ได้ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

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
พืชผลไม้ประเภทส้มและอาโวกาโด	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
ไม้ผลมีพืชคลุมดิน	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
ธัญญพืชปลูกฤดูใบไม้ผลิ	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.55	0.75	0.85	0.90	0.90	0.30
ธัญญพืชปลูกฤดูหนาว	0.15	0.25	0.35	0.40	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 ถึง 1.00 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

ตารางที่ 4.13 เป็นค่าอัตราการระเหยของน้ำที่ครอบคลุมทั่วประเทศไทย สามารถนำมาใช้งานได้

ตารางที่ 4.13 ค่าการระเหยน้ำที่ครอบคลุมทั่วประเทศไทย (มิลลิเมตร/เดือน)

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.	ตลอดปี
1. แม่ฮ่องสอน	95.4	117.2	170.0	206.5	186.7	129.7	116.6	112.3	117.6	114.5	90.7	82.0	1539.2
2. เชียงราย	90.1	123.1	164.2	184.3	145.8	110.2	97.1	86.0	91.3	96.5	84.7	79.4	1352.7
3. พะเยา	96.0	119.2	169.7	191.1	163.1	138.2	125.5	118.8	109.5	101.3	86.4	84.2	1503.0
4. เชียงใหม่	106.9	129.4	172.2	194.6	180.3	142.3	129.9	126.3	130.3	130.0	105.0	96.4	1643.6
5. ลำปาง	89.2	112.5	157.4	183.5	166.2	135.7	127.7	118.7	108.6	99.8	86.8	81.2	1467.3
6. ลำพูน	108.1	145.9	207.7	227.4	203.0	160.4	151.1	138.4	120.8	107.1	93.1	94.5	1757.5
7. แพร่	110.6	128.3	188.4	213.5	195.4	155.1	147.3	138.7	131.2	125.1	109.7	104.0	1747.3
8. น่าน	80.9	91.1	119.3	142.7	137.2	109.9	100.5	95.7	100.0	101.5	85.8	77.5	1242.1
9. ท่าวังผา	95.1	112.4	149.5	170.7	165.9	132.7	118.7	117.9	122.2	116.8	96.1	87.1	1485.1
10. อุตรดิตถ์	111.3	121.1	163.9	191.0	176.5	134.0	123.2	121.0	121.4	123.7	115.4	112.9	1615.4
11. ตาก	123.9	175.7	244.1	262.4	214.3	147.4	153.8	144.8	132.6	108.8	102.7	104.0	1914.5
12. อุ้มผาง	108.1	124.8	159.0	160.2	128.8	91.5	85.7	74.1	88.4	98.1	97.5	100.1	1316.3
13. พิษณุโลก	108.6	119.0	161.2	187.6	177.5	147.2	140.2	128.3	120.1	124.5	114.9	111.0	1640.1
14. เพชรบูรณ์	121.8	133.5	176.0	192.3	160.2	130.7	118.7	106.0	106.6	119.5	125.3	126.8	1617.4
15. หล่มสัก	123.2	130.5	163.6	171.6	167.5	141.4	133.8	124.5	121.9	127.2	123.5	122.3	1651.0
16. กำแพงเพชร	108.1	123.2	154.0	178.3	162.8	120.3	118.1	109.4	109.7	99.4	93.7	98.4	1475.4
17. หนองคาย	109.0	116.8	152.1	178.4	151.0	118.9	115.8	102.8	114.2	121.4	118.0	109.3	1507.7
18. เลย	116.0	128.7	162.7	173.0	153.6	137.3	133.5	119.9	109.4	115.0	107.9	110.3	1567.3
19. อุดรธานี	130.4	140.3	182.2	198.7	178.6	149.0	140.2	130.8	125.5	131.6	128.7	125.0	1761.0
20. สกลนคร	166.4	168.5	214.8	208.8	164.0	136.5	141.3	129.5	155.4	160.3	156.0	1930.3	
21. นครพนม	116.0	114.8	146.1	159.9	142.8	103.4	105.8	96.9	108.6	116.4	115.2	107.3	1433.2
22. ขอนแก่น	144.1	150.9	202.0	210.5	190.0	160.8	159.7	136.8	128.2	141.6	143.5	143.1	1911.2
23. มุกดาหาร	130.1	132.3	176.0	181.0	158.6	125.7	125.3	110.9	118.1	125.9	128.0	122.1	1634.0
24. โกสุมพิสัย	128.3	137.8	182.9	193.2	169.1	146.5	144.3	129.5	122.4	128.4	124.6	125.6	1732.6
25. ชัยภูมิ	151.4	158.6	210.3	222.6	185.5	160.3	156.7	139.1	130.4	146.7	155.3	153.4	1970.3
26. ร้อยเอ็ด	146.2	143.9	185.1	183.3	157.3	130.7	132.3	117.4	105.6	130.6	138.8	143.5	1714.7
27. อุบลราชธานี	165.1	163.8	204.9	205.0	186.2	154.0	153.1	139.5	125.6	150.2	161.9	164.5	1973.8
28. นครราชสีมา	141.0	147.8	188.6	190.0	174.3	166.6	167.3	152.7	129.0	129.2	130.7	136.3	1853.5
29. โชคชัย	129.2	138.5	181.4	186.4	179.4	165.5	167.5	154.4	138.5	130.5	121.5	124.2	1817.0
30. สุรินทร์	175.5	170.2	210.1	198.5	184.2	160.5	164.1	152.0	133.3	154.3	164.5	168.1	2035.3
31. นางรอง	126.0	130.3	163.5	163.9	153.2	134.6	134.9	124.4	111.8	113.0	114.6	120.4	1590.6
32. นครสวรรค์	146.7	177.5	235.5	251.8	210.5	181.8	171.9	151.4	130.1	128.9	129.1	134.9	2050.1
33. สุพรรณบุรี	131.0	139.2	185.8	201.8	191.5	171.0	164.3	154.7	136.0	132.5	130.3	130.6	1868.7
34. ลพบุรี	156.2	153.3	200.3	204.2	188.1	163.5	161.7	148.4	135.0	129.0	148.8	162.8	1951.2
35. กาญจนบุรี	139.7	150.8	208.3	224.4	194.0	155.6	164.3	156.3	140.1	124.6	131.7	144.3	1934.1
36. ทองผาภูมิ	117.9	136.6	174.7	177.9	138.9	92.6	88.5	81.0	101.0	108.5	99.6	108.4	1425.6
37. กรุงเทพฯ	138.7	145.4	188.3	191.3	173.3	154.5	152.2	152.3	132.9	127.7	127.6	135.4	1819.6
38. ปราจีนบุรี	138.4	130.5	170.2	161.5	146.8	123.8	134.5	127.9	123.7	124.5	135.0	137.2	1654.0
39.อรัญประเทศ	147.1	150.1	192.5	190.9	167.6	148.3	146.7	142.6	129.0	127.7	130.1	135.6	1808.2
40. กบินทร์บุรี	147.1	146.9	187.0	182.2	156.6	130.0	132.7	127.7	124.6	128.5	135.6	148.9	1747.8
41. ชลบุรี	141.7	139.1	177.1	180.0	159.3	151.3	155.1	150.7	134.0	128.5	136.0	147.5	1800.3
42. พัทยา	140.7	145.3	181.7	181.0	164.9	166.4	167.2	161.4	135.4	118.9	132.3	144.6	1839.8
4.3. ระยอง	143.9	144.1	174.3	178.9	157.6	145.0	154.7	149.0	118.6	121.2	141.5	153.5	1783.2

ตารางที่ 4.13 ค่าการระเหยน้ำที่ครอบคลุมทั่วประเทศไทย (มิลลิเมตร/เดือน) (ต่อ)

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.	ตลอดปี
44. จันทบุรี	148.9	130.1	154.0	14.5.6	124.4	103.9	109.2	102.8	96.2	119.8	143.3	156.1	1534.3
45. คลองใหญ่	143.4	133.6	156.3	151.5	138.6	100.6	108.1	99.7	101.1	113.0	133.1	147.3	1526.3
46. เพชรบุรี	122.0	131.1	173.8	171.8	162.0	132.6	138.3	129.9	125.1	106.0	107.3	117.4	1617.3
47. ประจวบฯ	136.5	133.2	166.3	177.7	163.6	136.3	147.5	132.4	132.3	122.5	138.5	151.0	1737.8
48. ชุมพร	114.0	115.8	146.7	149.7	128.2	109.5	110.7	106.3	106.6	101.8	94.0	101.5	1384.8
49. สุราษฎร์ธานี	126.4	136.3	170.9	163.1	145.5	136.9	141.0	133.0	124.3	115.1	98.0	102.8	1593.3

ที่มา : สถิติภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา (พ.ศ. 2509-2538)

4.4 ระยะวิกฤตของพืชที่จะต้องระมัดระวังเรื่องการขาดน้ำของพืช

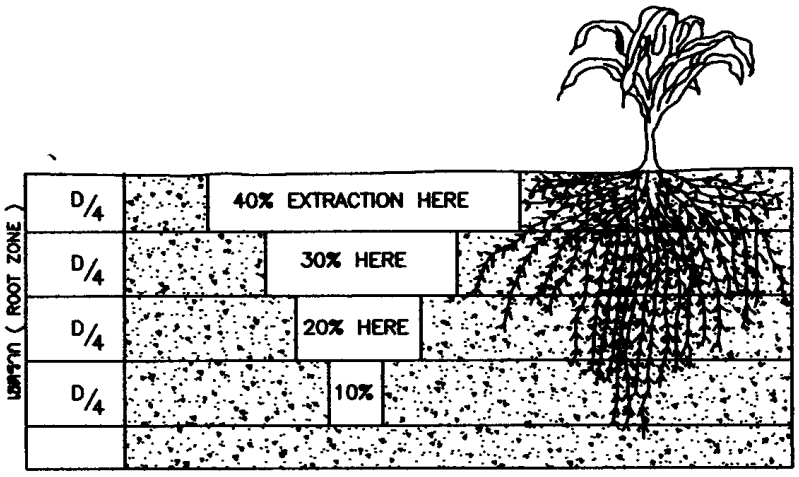
ระยะวิกฤตของพืช (Critical Periood) หมายถึงช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่พืชขาดน้ำแล้วจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตมากที่สุด ตารางที่ 4.14 แสดงระยะวิกฤตของพืชต่าง ๆ ที่จะต้องระมัดระวัง มิให้พืชขาดน้ำ จะต้องดูแลเป็นพิเศษ จึงจะได้ผลผลิตสูง

ตารางที่ 4.14 ช่วงวิกฤติ (Critical Period) ในความต้องการน้ำของพืชชนิดต่าง ๆ

พืช	ช่วงวิกฤติ
กะหล่ำปลี	ใบเริ่มห่อเป็นหัวและหัวกำลังโต
กะหล่ำดอก	ต้องการความชื้นในดินสูงตลอดฤดูการปลูก
ข้าว	จากตั้งท้องถึงออกรวง (Booting to Heading)
ข้าวโพด	ช่วงผสมเกสรจากออกช่อดอกจนถึงมีเนื้อเต็มเมล็ด รองลงมาเป็นช่วงก่อนออกช่อดอก และรองลงมาเป็นช่วงที่เมล็ดกำลังจะเต็ม ช่วงผสมเกสรจะวิกฤติมากถ้าหากข้าวโพดไม่เคยขาดน้ำมาก่อน
ข้าวฟ่าง	วิกฤติมากในช่วงออกช่อดอกจนถึงเมล็ดเต็ม รองลงมาเป็นช่วงก่อนออกดอก
ถั่วต่าง ๆ	วิกฤติที่สุดในช่วงออกดอกและติดฝัก รองลงมาเป็นช่วงก่อนออกดอก รองลงมาเป็นช่วงฝักกำลังแก่ แต่ช่วงฝักแก่จะวิกฤติว่าช่วงก่อนออกดอกถ้าไม่เคยขาดน้ำมาก่อน
ธัญญพืช	จากตั้งท้องถึงออกรวง
บร๊อคเคอลี่	เริ่มออกดอกและดอกกำลังโต
ผักต่าง ๆ	ต้องการความชื้นในดินสูงตลอดฤดูการปลูก
ฝ้าย	วิกฤติที่สุดในช่วงออกดอกถึงติดสมอ รองลงมาเป็นช่วงก่อนออกดอก รองลงมาเป็นช่วงหลังติดสมอถึงสมอแก่
มะเขือเทศ	จากออกดอกจนถึงช่วงผลกำลังโต
มันฝรั่ง	ต้องการความชื้นสูงหลังเริ่มลงหัว ออกดอก จนถึงเก็บเกี่ยว
ไม้ผล	ผลกำลังโต
ไม้ผลประเภทส้ม	ออกดอกและติดผล มะนาวจะออกดอกดกถ้างดให้น้ำในช่วงก่อนออกดอกเล็กน้อย ผลร่วงในช่วงแล้งจัด อาจแก้ได้โดยการให้น้ำให้ชุ่มชื้นพอ
ยาสูบ	ตั้งแต่ต้นสูงประมาณ 50 เซนติเมตรจนถึงออกดอก
ละหุ่ง	ต้องการความชื้นสูงในระยะที่กำลังโตเต็มที่
อ้อย	วิกฤติมากในช่วงกำลังแตกกอและลำต้นกำลังโต

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างรากพืชกับประสิทธิภาพในการดูดน้ำ

ความลึกของรากพืช จะมีผลต่อการคำนวณหาปริมาณทั้งหมดที่ดินจะสามารถเก็บไว้ได้ และจะบ่งบอกถึงความสามารถในการดูดน้ำไปใช้ในชั้นดินที่มีความลึกต่าง ๆ รูปที่ 4.3 แสดงความสามารถในการดูดน้ำของรากพืช โดยที่ความลึก 50 เปอร์เซนต์ของรากพืช จะมีความสามารถในการดูดน้ำได้ถึง 70 เปอร์เซนต์ ตารางที่ 4.15 แสดงความลึกของรากพืชที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ดินจะอุ้มไว้ได้ทั้งหมด



รูปที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยของความชื้นที่พืชดูดไปจากดินในชั้นต่าง ๆ

ตารางที่ 4.15 ความลึกของรากพืชชนิดต่าง ๆ (ซม.)

พืช	ความลึกของรากใช้การ	พืช	ความลึกของรากใช้การ
พืชไร่		**พืชผัก**	
ข้าวโพด	74 - 160	มะเขือเทศ	40 - 100
ข้างต่าง ๆ	74 - 180	พริก	40 - 100
อ้อย	60 -124	แตงกวา	78 - 124
ถั่วเหลือง	40 - 124	หัวหอม	30 - 74
ถั่วต่าง ๆ	74 - 170	**พืชสวน**	
ฝ้าย	100 - 170	ส้มต่าง ๆ	100 - 200
ยาสูบ	60 - 80		

สาเหตุที่นำเรื่องนี้มากล่าวไว้ก็เพื่อที่จะนำไปใช้งานในการคำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องให้แก่พืชในแต่ละครั้ง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับความลึกของรากพืชด้วย ดังนั้นในการคำนวณปริมาณน้ำที่จะให้กับพืช จะกำหนดความลึกของรากพืชใช้การเพียง 50 เปอร์เซนต์ของรากพืชทั้งหมดเท่านั้น เพราะประสิทธิภาพในการดูดน้ำมีถึง 70 เปอร์เซนต์ หากให้น้ำเต็มความลึกของรากพืชจะสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์

4.6 หลักในการวางแผนการปลูกพืช การคัดเลือกพืชที่เหมาะสมกับสภาพดินและฤดูกาล

ในเรื่องนี้เป็นการศึกษาเพื่อวางแผนการใช้ประโยชน์จากดิน และสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม และสอดคล้องกับน้ำชลประทานที่มีอยู่ **หลักในการวางแผนการปลูกพืช** จะต้องคำนึงถึง **ผลผลิตทางด้านอาหารให้แก่มนุษย์และสัตว์เลี้ยง เป็นพืชที่สามารถช่วยปรับปรุงโครงสร้างและความอุดมสมบูรณ์ของดิน เหมาะสมต่อสภาพแรงงาน เครื่องจักรและเทคโนโลยี เป็นพืชที่ตลาดต้องการและเกษตรกรมีความรู้เพียงพอ** แผนการปลูกพืชจะเป็นประโยชน์ต่องานด้านวิศวกรรมชลประทาน ในด้านการพิจารณาจัดหาน้ำ การวางแผนจัดการน้ำและให้น้ำแก่พืชได้อย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังได้รวบรวมพืชที่ใช้น้ำน้อย พืชรากลึกทนแล้ง พืชไร่ทนเค็ม พืชผักทนเค็ม ไม้ยืนต้นทนเค็ม พืชเศรษฐกิจที่มีโอกาสขยายการผลิตและการตลาด เพื่อใช้ในการวางแผนการปลูกพืชในโอกาสต่าง ๆ ตามความจำเป็น ทั้งนี้ได้รวบรวมไว้เป็นตาราง ตั้งแต่ตารางที่ 4.16 ถึงตารางที่ 4.18 ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 4.4 เป็นตัวอย่างปฏิทินการปลูกพืชในภาคต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้การคำนวณน้ำทำได้เข้าใจและชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยจะขยายความต่อไปในบทที่ 6 เกี่ยวกับการพิจารณาปริมาณน้ำที่จะต้องจัดหาและสำรองไว้ใช้งาน และบทที่ 7 เกี่ยวกับการวางโครงการชลประทาน

ตารางที่ 4.16 พืชใช้น้ำน้อย พืชรากลึกทนแล้ง พืชไร่ทนเค็ม พืชผักทนเค็ม หญ้าทนเค็ม ไม้ยืนต้นทนเค็ม

ที่	รายการ	พืช	
1.	**พืชใช้น้ำน้อย**		
	1. ถั่วเขียว	7. ข้าวฟ่าง	13. หอม
	2. ถั่วลิสง	8. ปอคิวบา	14. กระเทียม
	3. ถั่วพุ่มเมล็ดแดง	9. แตงโมและตระกูลแตง	15. หม่อน
	4. ถั่วปากอ้า	10. มันเทศ	16. ดอกคำปอย
	5. ถั่วมะแฮะ	11. มันแกว	17. พืชสมุนไพร
	6. งาพันธุ์สีขาว	12. พริก	และอื่น ๆ
2.	**พืชรากลึกทนแล้ง**		
	1. ยูคาลิปตัส	8. สบู่ดำ	15. มะม่วง
	2. สะแกนา	9. ไผ่	16. น้อยหน่า
	3. มะขามเทศมัน	10. แค	17. กล้วย
	4. กระถินยักษ์	11. ต้นตาล	18. พุทรา
	5. มะขามหวาน	12. นุ่น	19. มะพร้าว
	6. ป่านศรนารายณ์	13. ขนุน	20. ละมุด
	7. สะเดา	14. ฝรั่ง	
3.	**พืชไร่ทนเค็ม**		
	1. ข้าวนาดำ-เก้ารวง แดงน้อย กอเคี่ยวเขา ขาวปากหม้อ 148 กข.1 กข.8 ข้าวหอมมะลิ 10 ข้าวเหนียวสันป่าตอง ฯลฯ		
	2. ข้าวฟ่าง	5. กระเจี๊ยบ	
	3. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	6. ละหุ่ง	
	4. ข้าวโพดหวาน		
4.	**พืชผักทนเค็ม**		
	1. หน่อไม้ฝรั่ง	3. ผักคะน้า	5. มันเทศ
	2. ผักกาดขาว	4. มะเขือเทศ	6. กะหล่ำปลี
5.	**หญ้าทนเค็ม**		
	1. หญ้านาเบียร	3. ไซราโค	5. หญ้าฮามาต้า
	2. หญ้ากินนี	4. เซ็นโตซีม่า	
6.	**ไม้ยืนต้นทนเค็ม**		
	1. ไม้สนทะเล	2. ไม้แสม	4. ไม้ตะปูน

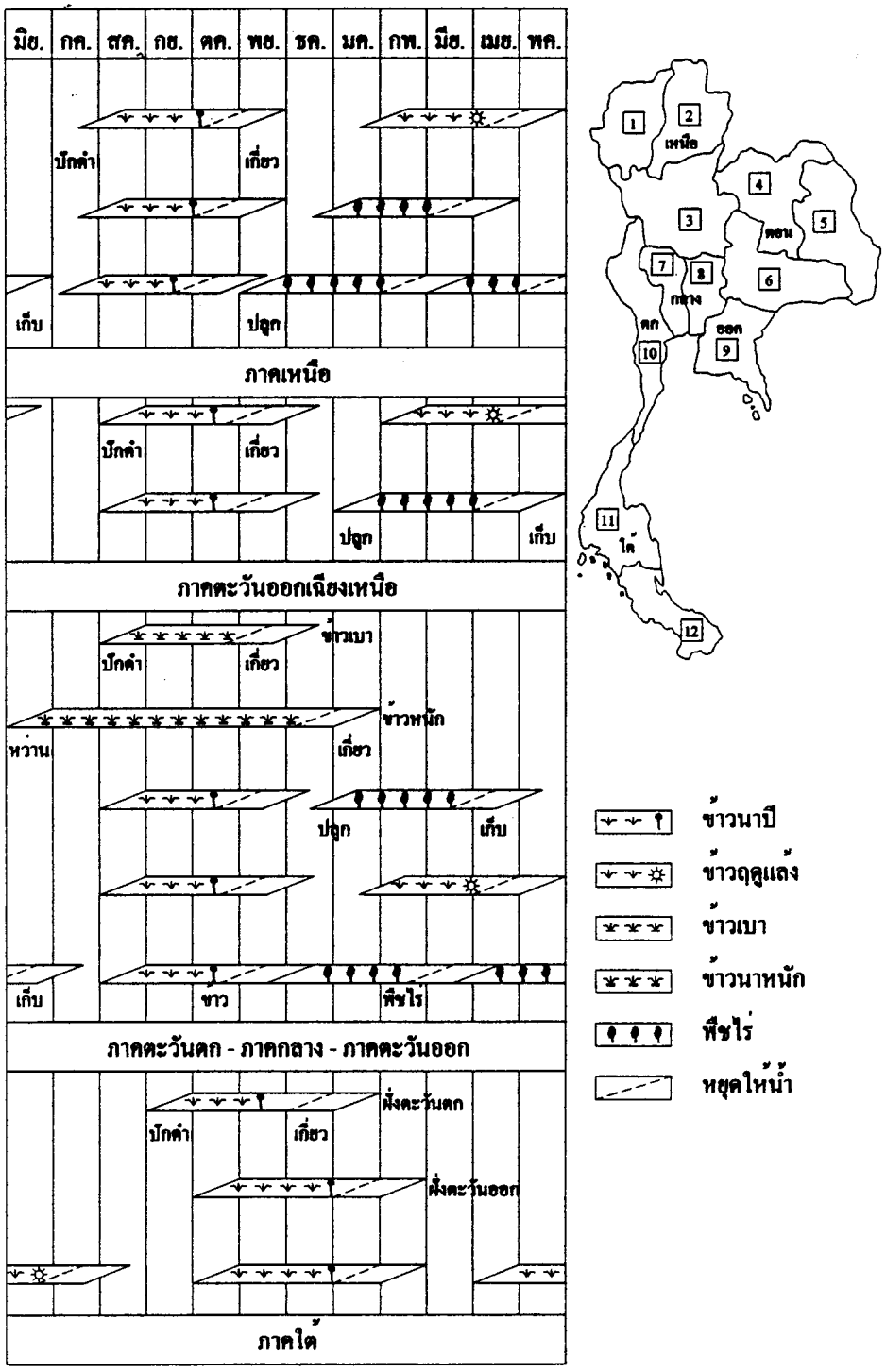
	และสนประดิพัทธ์ 3. ไม้โกงกาง 5. ต้นจาก

ตารางที่ 4.17 พืชเศรษฐกิจที่มีโอกาสขยายการผลิตและขยายตลาด

ที่	รายการ	ชนิดพืช
1.	**พืชน้ำมัน**	: งา* ละหุ่ง ทานตะวัน ปาล์มน้ำมัน ถั่วลิสง ถั่วเหลือง*
2.	**พืชอาหาร**	: ถั่วเขียว* ถั่วขาว ถั่วนิ้วนางแดง ข้าวสาลี ข้าวบาเลย์
3.	**พืชเส้นใย**	: นุ่น* กก ฝ้าย ป่านรามี ป่านศรนารายณ์ ข้าวฟ่างขาว ข้าวฟ่างแดง
4.	**พืชอื่น ๆ**	: โกโก้* ลูกเดือย* ยาสูบตัวนำ* กาแฟ หมาก เมล็ดบัว เมล็ดแตง ลินสีด แห้ว หญ้าอาหารสัตว์* ถั่วอาหารสัตว์ต่าง ๆ
5.	**ผัก**	: ข้าวโพดอ่อน ถั่วลันเตา* หน่อไม้ฝรั่ง มะเขือเทศ* หน่อไม้* แตงกวา* ถั่วฝักยาว* หอมแดง กระเทียม พริก* ขิง ผักกาดขาว* ผักกาดหอม ผักกาดเขียวปลี ผักกาดเขียวกวางตุ้ง* ผักคะน้า* ผักบุ้ง ผักกาดหัว กะหล่ำปลี แตงร้าน บวบ มะระ มันแกว ฟักทอง ฟักเขียว เผือก มันเทศ เห็ดกระดุม เห็ดหอม เห็ดอื่น ๆ มันฝรั่ง ผักคื่นฉ่าย สะตอ
6.	**ผลไม้**	: ส้มโอ ส้มต่าง ๆ มังคุด มะละกอ มะม่วง มะขาม มะม่วงหิมพานต์* ทุเรียน ลิ้นจี่ องุ่น ลำไย กล้วยหอม เงาะสด น้อยหน่า แตงโม* ชมพู่ ฝรั่ง ขนุน จำปาดะ กระท้อน กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ มะนาว ละมุด ลางสาด ลองกอง สตรอเบอรี่
7.	**ไม้ดอกไม้ประดับ**	: กล้วยไม้ ไม้ประดับอื่น ๆ
8.	**สมุนไพร**	: เร่ว* กระวาน ใบพลู* พริกไทย* ตองตึง* ชะเอมเทศ* เทียนเกล็ดหอย* กานพลู* ดีปลี* จันทน์เทศ* มะขามแขก* ขมิ้น* ชุมเห็ดเทศ* หนุมาน ประสานกาย ขมิ้นเครือกระเพรา ไพล บอระเพ็ด มะเกลือ คำฝอย ลำโพง บัวบก เสลดพังพอนตัวเมียหรือพยายอ ว่านหางจระเข้ กระเจี๊ยบแดง เก็กฮวย ผักชี
9.	**เฟอร์นิเจอร์**	: ไม้ไผ่ ไม้ยางพารา หวาย
10.	**ไม้โตเร็ว**	: กระถินยักษ์ กระถินณรงค์ สนประดิพัทธ์ โกงกาง สนทะเล สนสามใบ สะเดาช้าง ช้อ มะฮอกกานี มะยมป่า

ตารางที่ 4.18 พืชเศรษฐกิจที่แนะนำให้ปลูกในแต่ละชลประทานภาคต่าง ๆ

เหนือ	ตอ.น.	กลาง	ออก	ตก	ใต้
ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ถั่วลิสง อ้อย ยาสูบ ชา กระเทียม มันเทศ มันฝรั่ง พืชผักฤดูหนาว ลำไย ลิ้นจี่ ผลไม้ฤดูหนาว	ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฝ้าย ยาสูบ หม่อน บ่อ ละหุ่ง มะม่วงหิมพานต์	ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ถั่วลิสง ผ้าย อ้อย	ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง ผลไม้ ยางพารา	ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ถั่วลิสง อ้อย ยาสูบ มันสำปะหลัง ผ้าย ละหุ่ง	ข้าว ผลไม้ ยางพารา กาแฟ มะพร้าว มะม่วงหิมพานต์



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างปฏิทินการปลูกพืชในภาคต่าง ๆ

4.7 ราคาพืชผัก ไม้ผล ดอกไม้สด

ราคาพืชผักไม้ผลจะเป็นตัวกำหนดระยะคืนทุนของโครงการและใช้ประกอบการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ส่วนใหญ่ราคาจะเปลี่ยนไปตามฤดูกาล ปริมาณที่ผลิตได้ ตลอดจนความต้องการของตลาด ตารางที่ 4.19-4.21 เป็นตัวอย่างราคาพืชผัก ไม้ผล ดอกไม้ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.19 ราคาผักสด ณ ตลาดไท ระหว่างวันที่ 16-31 พฤษภาคม 2544

ประเภทสินค้า	บาท/กก.
กระเจี๊ยบเขียว	13
กระชายซอย	25
กระชายหั่น	14
กระเทียมใหญ่ (ใน)	25
กระเทียมใหญ่ (นอก)	-
กระเทียมกลีบเล็ก (ใน)	25
กระเทียมกลีบเล็ก (นอก)	-
กระหล่ำปลี (กก.)	4.5
ขมิ้นขาว	15
ขมิ้นเหลือง	12
ข่าแก่	5-6
ข้างโพดอ่อน	16
ขิงแก่	30
ขิงซอย	34
คะน้ายอด (กก.)	14
คะน้า (ต้น)	14
คะน้าแขนง	26
ดอกกะหล่ำ	-
ชะอม (กำ)	6
ดอกแค	12
ต้นหอม	10
ตะไคร้	7
แตงกวา	4-9
ถั่วฝักยาว	10
ถั่วงอก	10

ประเภทสินค้า	บาท/กก.
ใบเตย	10
ใบมะกรูด	20
ใบแมงลัก	8
ใบโหระพา	8
พริกไทยเม็ดอ่อน	110
ผักชีลาว	35
ผักชีฝรั่งมีราก	20
ผักขมจีน	10
ใบตอง	6
ผักกระเฉด (มัด)	80
ผักกวางตุ้ง	7
ผักชี	40
ผักชีฝรั่ง	25
ผักบุ้งจีน	7
พริกขี้หนูสวน	60
พริกเหลือง	110
พริกหยวก	25
พริกชี้ฟ้า (แดง)	35
สะระแหน่	50
หน่อไม้ฝรั่ง	30-45
แครอต (ใน)	20
บรอกโคลี	30
ปวยเล้ง	-
ยอดมะพร้าว	35
พาสเลย์	40

ประเภทสินค้า	บาท/กก.
มะละกอดิบ (กก.)	3-4
ยอดตำลึง	3
มะนาว	0.5-2
ถั่วลิสงดิบ (ถัง)	140
แตงไทย	-
มะเขือม่วง	6
มะเขือเปราะ	8
มะเขือพวง	18
มะเขือยาว	6
มะระ	12
หอมแขก	11
ข้าวโพดหวาน (กก.)	8
มันแกว	1-2
มันเทศ	7
มันสำปะหลัง	7
แห้วจีน (กก.)	10
แห้วจีนปอก	20
อ้อยปอก (กก.)	6
เห็ดฟาง	50-60
เห็ดนางฟ้า	20
เห็ดหูหนู	22
หัวปลี (กก.)	3
ใบกระเพรา	-
หัวไชเท้า	9
หัวหอมแดง	16-20

ตารางที่ 4.20 ราคาผลไม้สด ณ ตลาดไท ระหว่างวันที่ 16-31 พฤษภาคม 2544

ประเภทสินค้า	บาท/กก.
กล้วยไข่ (หวีละ)	5-12
แก้วมังกร	-
กล้วยน้ำว้า (หวี)	3-6
กล้วยหอมดิบ	100-210
กล้วยหอมห่าม	80-180
กล้วยหอมสุก	50-100
ขนุนจำปากรอบ (กก.)	-
ขนุนทองสุดใจ (กก.)	-
ขนุนเหรียญบาท (กก.)	-
ขนุนเหลืองทอง (กก.)	-
แคนตาลูป (กก.)	17-19
เงาะโรงเรียน	11
ชมพู่ทูลเกล้า	10
ชมพู่เพชรน้ำผึ้ง (จัมโบ้)	-
ชมพู่สามพราน	-
แตงโมจินตหรา (ลูก)	-
แตงโมตอปิโด	-
แตงโมลาย	-
แตงโมเหลือง	-
ทุเรียนก้านยาว (กก.)	-
ทุเรียนชะนี	-
ทุเรียนหมอนทอง	15
ฝรั่งแป้นสีทอง (กก.)	-

ประเภทสินค้า	บาท/กก.
มะขามหวานสีชมพู	-
มะขามหวานสีทอง	-
มะปราง	-
มะพร้าวแก่	-
มะพร้าวเผา	-
มะละกอแขกดำ (กก.)	14
มะม่วงแก้ว	3-6
มะม่วงเขียวเสวย	12-18
มะม่วงทองดำ	8
มะม่วงน้ำดอกไม้	25-40
มะม่วงน้ำดอกไม้ (สุก)	18-30
มะม่วงน้ำดอกไม้ (อ่อน)	-
มะม่วงฟ้าลั่น	-
มะม่วงอกร่อง	-
มังคุดลาย	20-22
ลองกอง (ช่อ)	75-80
ลองกอง (ยอด)	45-58
ลองกอง (รวม)	-
ละมุดมาเลย์	5
ละมุดหวานสุก	3-7
ละไม	-
ลำไยกะโหลก	-
ลำไยอีดอ	23

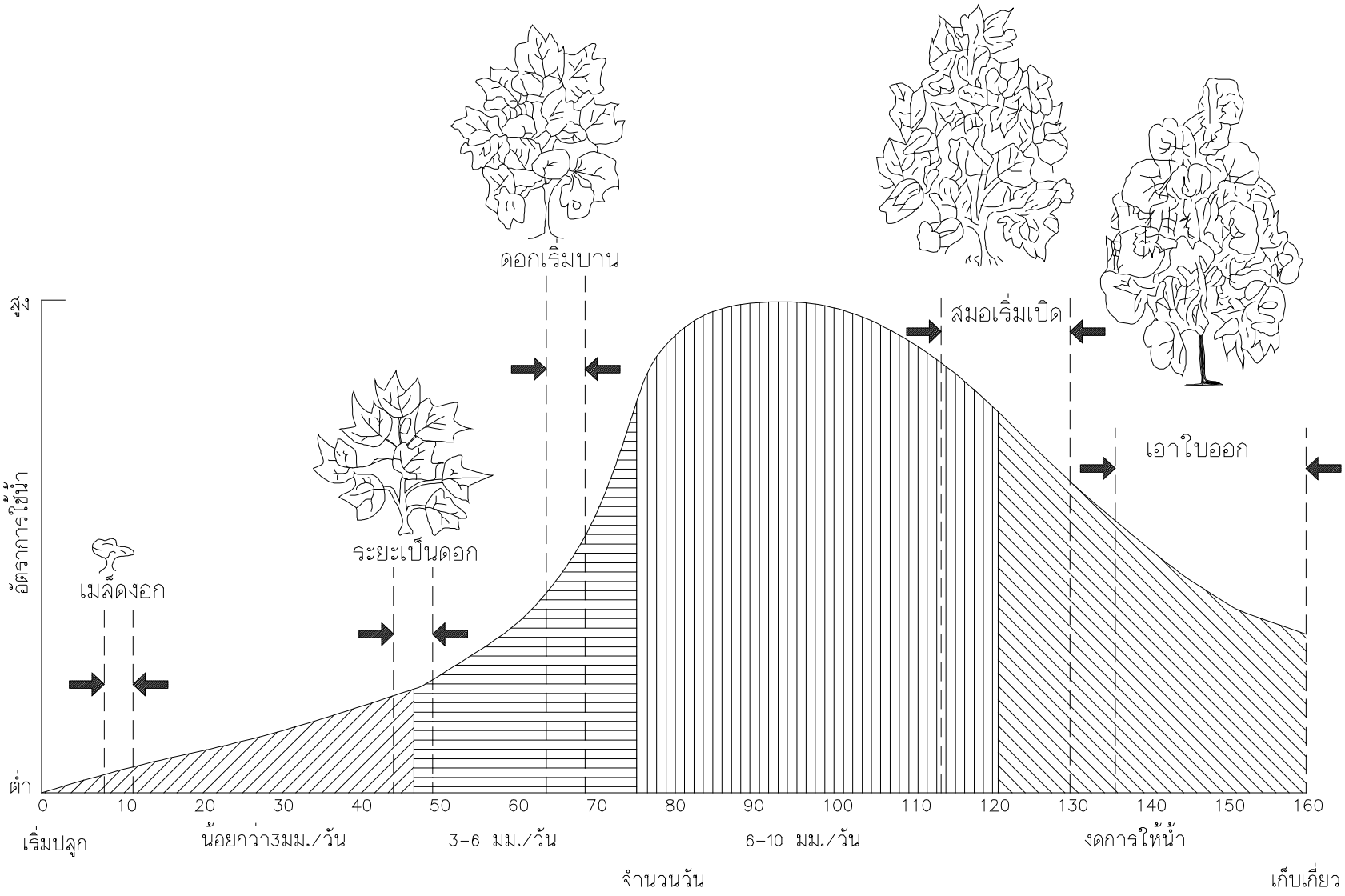
ประเภทสินค้า	บาท/กก.
ส้มโชกุน (กล่อง)	-
ส้มฟรีมองต์ (กล่อง)	-
ส้มสายน้ำผึ้ง	350-420
ส้มเหนือ (กก.)	-
ส้มเขียวหวาน (เขียว)	11-23
ส้มเขียวหวาน(น้ำตาล)	11-29
ส้มโอขาวน้ำผึ้ง	-
สับปะรดศรีราชา	-
สับปะรดปัตตาเวีย	3-10
สาลี่ก้านยาว (15 กก.)	800
สาลี่หอม (10 กก.)	800
องุ่นเขียว (กก.)	-
องุ่นดำ (กก.)	-
องุ่นดำนอกมีเมล็ด (10กก.)	-
องุ่นดำนอก (ไม่มีเมล็ด)	-
องุ่นแดง	1,600
มะพร้าวอ่อน (10 ลูก)	50-60
ส้มเช้ง	-
แอปเปิ้ลกาล่า (กล่อง)	900
แอปเปิ้ลเขียว (กล่อง)	950
แอปเปิ้ลแดง	900
แอปเปิ้ลฟูจิ	450-550
สตรอเบอรี่	-

ตารางที่ 4.21 ราคาดอกไม้สด ณ ตลาดไท ระหว่างวันที่ 16-31 พฤษภาคม 2544

ประเภทสินค้า	ราคาส่ง	ราคาปลีก
กล้วยไม้ (กำ)	-	-
ไม้ขาวฟอร์ม	70	80
ไม้ย้อม	-	-
ไม้ขาว 5 N	-	-
โจ	100	110
โจแดง	130	140
17 หวาน (บอม)	100	110
ชมพู	-	-
กุหลาบมัด : เชียงใหม่	100-150	100-150
กุหลาบมัด : ตาก	-	-
ดอกบัว (กำ)	10	15
กำเตย (กำ)	-	-
พวงมาลัย (พวง)	4-15	5-20
ดาวเรือง (ใหญ่) (ถุง)	110	120
ดาวเรือง (เล็ก)	30	40
บานไม่รู้โรย (กก.)	60	70
มะลิ (ลิตร)	100	120
ดอกรัก (ลิตร)	10	20
จำปี (100 ดอก)	40	45
เฟิร์นใบมะขาม	20	25

ประเภทสินค้า	ราคาส่ง	ราคาปลีก
คาร์เนชั่น (กำ)	300	ดอกละ 15
เบญจมาศเชียงใหม่ (กำ)	90	100
เยียบีร่า (ดอก)	4	5
มัม เชียงใหม่ (กำ)	80	90
คลัสเตอร์ เชียงใหม่ (กำ)	70	80
คลัสเตอร์ ตลิ่งชัน (กำ)	-	-
แกดิโอลัส	80	90
สแปร์	70	80
ลิลลี่ (ช่อ)	150	200
ปอมป้อม (กำ)	70	80
ช่อนกลิ่น (กำ)	-	-
ขิงแดง (ช่อ)	-	-
ไม้ใบ	-	-
โปร่งฟ้า (แปะ)	45	50
ใบเตย (100 ตัน)	50	55
กวนอิม (มัด)	30	35
ทางหมาก (มัด)	30	35
หมากผู้หมากเมีย	25	30
ซานาดู (ใบ)	5	8
หน้าวัว (ดอก)	12	15
เฟิร์นนาคราช (มัด)	20	25

ที่มา : นิตยสาร สวนเกษตร เดือน มิ.ย. 2544



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของอัตราการใช้น้ำต่อการเจริญเติบโตของฝ้าย

ตารางที่ 4.9 ข้อแนะนำการคำนวณหาค่า ETp โดยวิธี Modified Penman

$$ETp = \left[C \quad (w.Rn) + (1-w).f(u).(ea-ed) \right]$$

รายการ	ที่มาของข้อมูล
1. อุณหภูมิเฉลี่ย (^{o}c)	ตาราง 4.8 สถิติภูมิอากาศ
2. ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	ตาราง 4.8 สถิติภูมิอากาศ
3. Uz (Knot)	ตาราง 4.8 สถิติภูมิอากาศ
4. U2 (Km./day)	$U2 = Uz\ (2.00/z)^{0.2}$, 1 Knot = 44.478 Km/day
5. ea (millibar)	ใช้ค่าอุณหภูมิบรรทัดที่ 1 เปิดตาราง 4.3
6. Rh/100	ตาราง 4.8 สถิติภูมิอากาศ
7. ed (millibar)	บรรทัด 5 x บรรทัด 6
8. ea - ed (millibar)	บรรทัด 5 – บรรทัด 7
9. f(u) = 0.27 (1+u2/100)	U2 มาจาก บรรทัด 4
10. W	บรรทัด 1 เปิดตาราง 4.4
11. 1 – W	1 – บรรทัดที่ 10
12. (1 – W).f(u).(ea – ed)	บรรทัด 8 x บรรทัด 9 x บรรทัด 11
13. Ra	นำค่า Latitude เปิดตารางที่ 4.5

รายการ	ที่มาของข้อมูล
14. n/N	คำนวณจาก 0.745 + 0.095 Cc + 0.02 Cc^2 โดยค่า Cc จากตาราง 4.8 สถิติภูมิอากาศ
15. 0.25 + 0.5 (n/N)	จากบรรทัด 14
16. Rs = Ra(0.25 + 0.5 n/N)	บรรทัด 15 x บรรทัด 13
17. Rns = (1 - ∝) Rs	∝ = 0.25 ; 0.75 x บรรทัด 16
18. f(t)	ใช้ค่าอุณหภูมิบรรทัด 1 เปิดตาราง 4.6
19. f(ed)	ใช้ค่าอุณหภูมิบรรทัด 1 เปิดตาราง 4.7
20. f(n/N)	= 0.1 + 0.9 (n/N) = 0.1 + 0.9 x บรรทัด 14
21. Rnl = f(t).f(ed).f(n/N)	บรรทัด 18 x บรรทัด 19 x บรรทัด 20
22. Rn = Rns – Rnl	บรรทัด 17 – บรรทัด 21
23. W.Rn	บรรทัด 10 x บรรทัด 22
24. (W.Rn) + (1-W).f(u).(ea-ed)	บรรทัด 23 + บรรทัด 12
25. C	ใช้เท่ากับ 1
26. ETp (mm./month)	บรรทัด 24 x บรรทัด 25 x จำนวนวันใน 1 เดือน

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Etp) ที่อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์โดยวิธี Modified Penman

สถานีอำเภอเมืองเพชรบูรณ์	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. อุณหภูมิเฉลี่ย (°c)	24.1	26.7	29.0	30.3	29.2	28.3	27.7	27.4	27.2	27.0	25.6	23.7
2. ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	63	60	59	63	74	79	81	83	84	79	71	66
3. Uz (Knot)	1.9	2	2.5	2.9	2.4	2.5	2.4	2.2	1.6	2	2.3	2
4. U2 (Km./day)	58.473	61.550	76.938	89.248	73.861	76.938	73.861	87.705	49.240	61.550	70.783	61.550
5. ea (millibar)	29.99	35.07	40.10	40.75	40.58	38.49	37.17	36.54	36.12	35.70	32.84	29.29
6. Rh/100	0.63	0.6	0.59	0.63	0.74	0.79	0.81	0.83	0.84	0.79	0.71	0.66
7. ed (millibar)	18.883	21.042	23.659	25.672	30.014	30.407	30.107	30.328	30.340	28.203	23.316	19.331
8. ea - ed (millibar)	11.096	14.028	16.441	15.077	10.545	8.0829	7.0623	6.2118	5.7792	7.497	9.5236	9.9566
9. f(u) = 0.27 (1+u2/100)	0.4278	0.4361	0.4777	0.5109	0.4694	0.4777	0.4694	0.4528	0.4029	0.4381	0.4611	0.4361
10. W	0.731	0.757	0.775	0.783	0.776	0.7715	0.767	0.764	0.762	0.76	0.746	0.727
11. 1 – W	0.269	0.243	0.225	0.217	0.224	0.2285	0.233	0.236	0.238	0.24	0.254	0.273
12. (1 – W).f(u).(ea – ed)	1.2771	1.4868	1.7672	1.6718	1.1088	0.8823	0.7724	0.6638	0.5542	0.7848	1.1154	1.1858
13. Ra	11.8	13.15	14.65	15.6	16.05	16	16	15.75	14.95	13.75	12.2	11.35

สถานีอำเภอเมืองเพชรบูรณ์	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
14. n/N	0.8866	0.7710	0.8566	0.7931	0.8171	0.4551	0.4089	0.3641	0.4642	0.6856	0.8370	0.9472
15. 0.25 + 0.5 (n/N)	0.6933	0.6355	0.6782	0.6465	0.6585	0.4775	0.4544	0.4320	0.4821	0.5928	0.6685	0.7236
16. Rs = Ra(0.25 + 0.5 n/N)	8.1813	8.3569	9.9369	10.086	10.570	7.6408	7.2718	6.8049	7.2081	8.1512	8.1557	8.2133
17. Rns = (1 - ∞) Rs	6.1360	6.2677	7.4527	7.5648	7.9277	5.7306	5.4539	5.1036	5.4060	6.1134	6.1166	6.1600
18. f(t)	15.425	16.04	16.5	16.775	16.54	16.36	16.24	16.18	16.14	16.1	15.8	15.34
19. f(ed)	0.149	0.136	0.126	0.113	0.1	0.099	0.097	0.101	0.099	0.106	0.125	0.145
20. f(n/N) = 0.1 + 0.9 (n/N)	0.8980	0.7939	0.8709	0.8138	0.8354	0.5095	0.4660	0.4277	0.5178	0.7170	0.8533	0.9525
21. Rnl = f(t).f(ed).f(n/N)	2.0639	1.7318	1.3106	1.5426	1.3818	0.8253	0.7373	0.6989	0.8274	1.2237	1.6852	2.1187
22. Rn = Rns – Rnl	4.0721	4.5358	5.8420	6.0222	6.5459	4.9052	4.7165	4.4047	4.5786	4.8896	4.4315	4.0412
23. (WRn) + (1-W)f(u)(ea-ed)	2.9767	3.4336	4.3726	4.7153	5.0796	3.7844	3.6175	3.3652	3.4889	3.7161	3.3059	2.9379
24. (WRn) + (1+W)f(u)(ea-ed)	4.2538 1	4.9206 1	6.1398 1	6.3871 1	6.1885 1	4.6667 1	4.3900 1	4.0290 1	4.0431 1	4.5009 1	4.4213 1	4.1238 1
25. C	131.87	152.53	190.33	198.00	191.84	144.66	136.09	136.09	125.33	139.52	137.06	127.83
26. Etp (mm./month)												

บทที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ พืช สภาพแวดล้อมต่องานด้านวิศวกรรมชลประทาน

5.1 ความคิดรวบยอด

ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ พืช สภาพแวดล้อม เป็นการอธิบายเกี่ยวกับระบบต่อเนื่องของ ดิน น้ำ พืช และบรรยากาศ ตั้งแต่น้ำในดินและความเป็นประโยชน์ของน้ำ พลังงานกำกับแรงดึงความชื้นของดินที่พืชจะนำเอาไปใช้ได้ การคำนวณและตรวจวัดความชื้นในดิน ผลกระทบต่อผลผลิตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่ให้ **เพื่อนำรายละเอียดดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ต่องานด้านวิศวกรรมชลประทานในเรื่องหลักการให้น้ำ และการกำหนดการให้น้ำแก่พืชอย่างเหมาะสมต่อไป**

5.2 ระบบต่อเนื่องระหว่างดิน น้ำ พืช บรรยากาศ

การใช้น้ำของพืชต่างกับมนุษย์และสัตว์อย่างชัดเจนตรงที่มนุษย์และสัตว์เมื่อมีการบริโภคน้ำแล้วจะหยุดเว้นช่วงเวลาได้และเป็นระบบไม่ต่อเนื่อง แต่ของพืชจะมีการใช้ต่อเนื่องตลอดเวลา เป็นระบบปิด การเคลื่อนที่ของน้ำจะเป็นความต่อเนื่องระหว่างดิน พืช และบรรยากาศ (Soil Plant-Atmosphere Continuum:SPAC) รูปที่ 5.1 แสดงการเคลื่อนที่ของน้ำจากในดินสู่ลำต้นและออกสู่บรรยากาศ จึงจำเป็นต้องระมัดระวังมิให้พืชขาดน้ำโดยเฉพาะบริเวณถึงจุดเหี่ยวถาวร พืชจะตายทันที แม้จะให้น้ำอีกกี่ครั้งก็ตาม

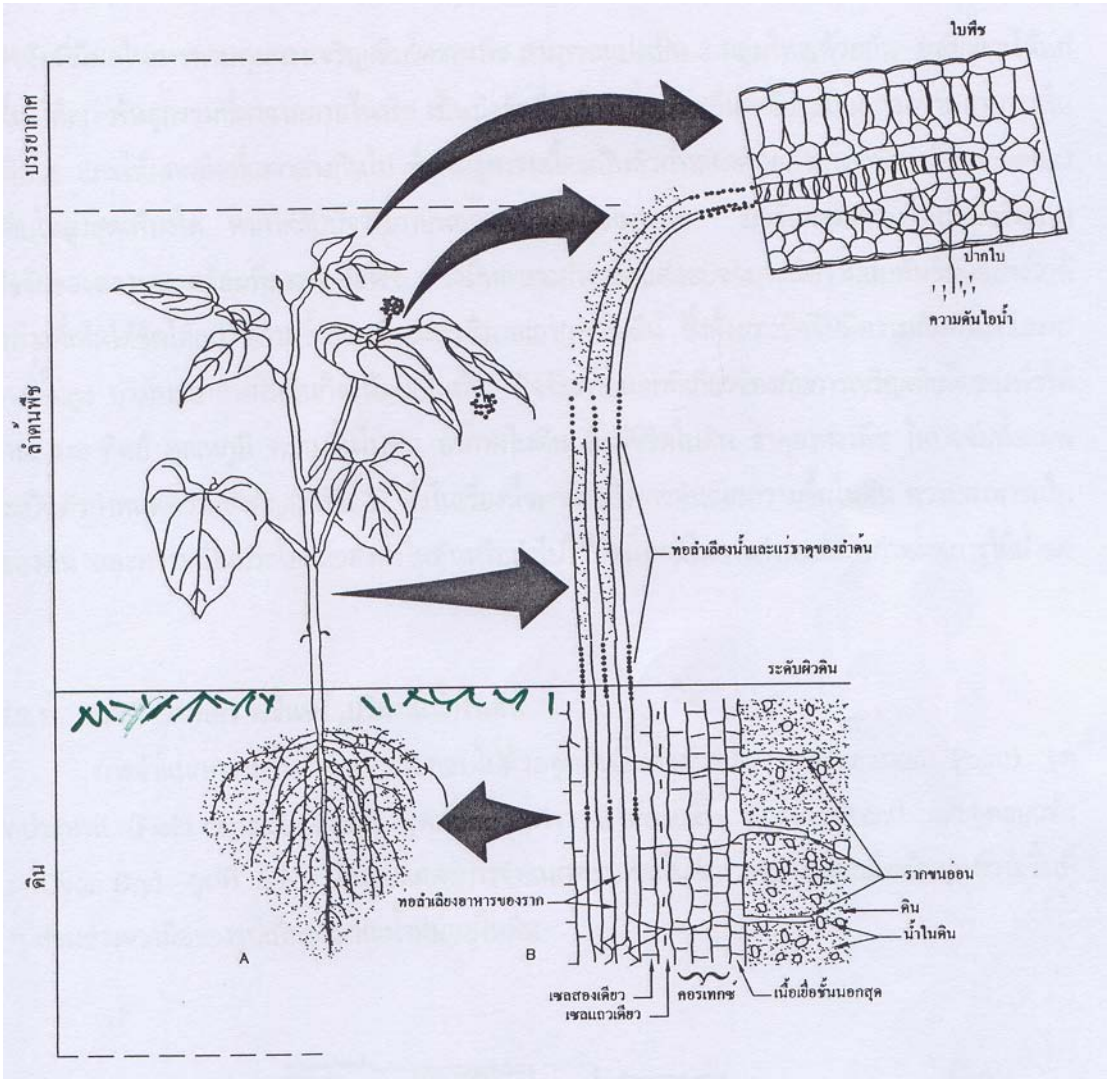
<u>ปัจจัยที่จะต้องพิจารณาในระบบต่อเนื่องในการให้น้ำจะประกอบด้วย</u>

1) สภาพภูมิอากาศรอบ ๆ ต้นพืช ซึ่งได้แก่พลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์หรือรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ และความเร็วลม เป็นต้น จะทำให้พืชใช้น้ำต่างกัน

2) พืช ซึ่งได้แก่ชนิดและอายุของพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน สำหรับพืชชนิดเดียวกัน การใช้น้ำจะน้อยเมื่อเริ่มปลูกและจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมากที่สุดเมื่อถึงวัยขยายพันธุ์ ซึ่งพืชโตเต็มที่จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง

3) ดิน ซึ่งได้แก่จำนวนความชื้นในดิน เนื้อดิน ความสามารถอุ้มน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ ความเข้มข้นของเกลือในดิน หรือสารที่เป็นพิษอย่างอื่น เป็นต้น จะทำให้ความต่อเนื่องแตกต่างกัน

4) องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น วิธีการให้น้ำแก่พืชและความลึกที่ให้แต่ละครั้ง ฤดูการเพาะปลูก การไถพรวนดิน การคลุมดิน เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่มีความกระทบต่อระบบ



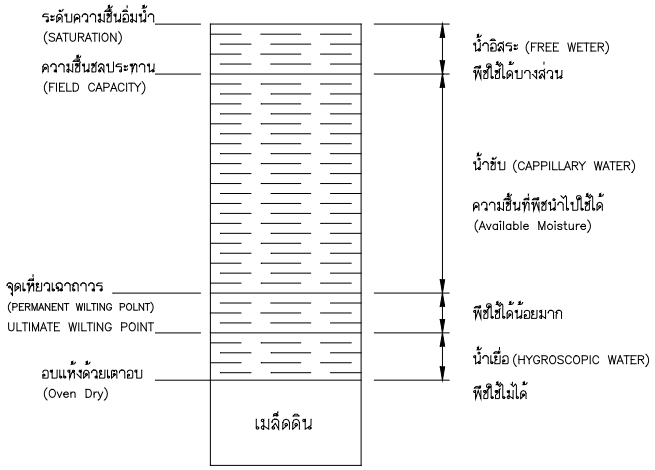
รูปที่ 5.1 แสดงการเคลื่อนที่ของน้ำจากดินสู่บรรยากาศแบบต่อเนื่อง

5.3 น้ำในดินและความเป็นประโยชน์ของน้ำ

ปัจจัยที่มีผลในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ด้วยกัน **กลุ่มแรกได้แก่ปัจจัยภายใน** ได้แก่ **พันธุกรรมที่มาจากภายในพืช เป็นปัจจัยที่ว่าด้วยเรื่องของยีนส์** ซึ่งจะมีผลต่อความสามารถในการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตที่แตกต่างกันไป ซึ่งพันธุกรรมนี้จะเป็นตัวกำหนดศักยภาพของพืชว่ามีขอบเขตของการเจริญเติบโตสูงสุดเพียงใด หากได้รับปัจจัยภายนอกทุกปัจจัยที่เหมาะสม **ปัจจัยกลุ่มที่สองได้แก่ปัจจัยภายนอกหรือปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่กระทำต่อพืช** ซึ่งมีหลายอย่างและแต่ละปัจจัยจะมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดได้แก่ ความชื้นของดินและปริมาณอากาศในดิน ซึ่งทั้งสองปัจจัยมีความสัมพันธ์กันมาก ถ้าดินมีความชื้นสูง ปริมาณอากาศในดินก็จะน้อยเป็นต้น ปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นในดิน อากาศในดิน สิ่งมีชีวิตในดิน ธาตุอาหารพืช ในปัจจัยทั้งหมด ความชื้นจะเป็นตัวกำหนดความสำคัญอันดับ 1 ซึ่งในเรื่องนี้จะกล่าวถึงการจำแนกความชื้นในดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินหรือนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณการกำหนดการให้น้ำแก่พืช ดังนี้

5.3.1 การจำแนกความชื้นหรือปริมาณน้ำในดิน

การจำแนกความชื้นในดิน ประกอบไปด้วยจุดดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation Point) จุดความชื้นชลประทาน (Field capacity Point) จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) และจุดอบแห้งด้วยเตาอบ (Oven Dry) รูปที่ 5.2 เป็นรูปแสดงการจำแนกความชื้นในดิน โดยด้านซ้ายมือเป็นจุดความชื้นที่ระดับต่าง ๆ ส่วนช่วงขวามือของรูปเป็นปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดิน

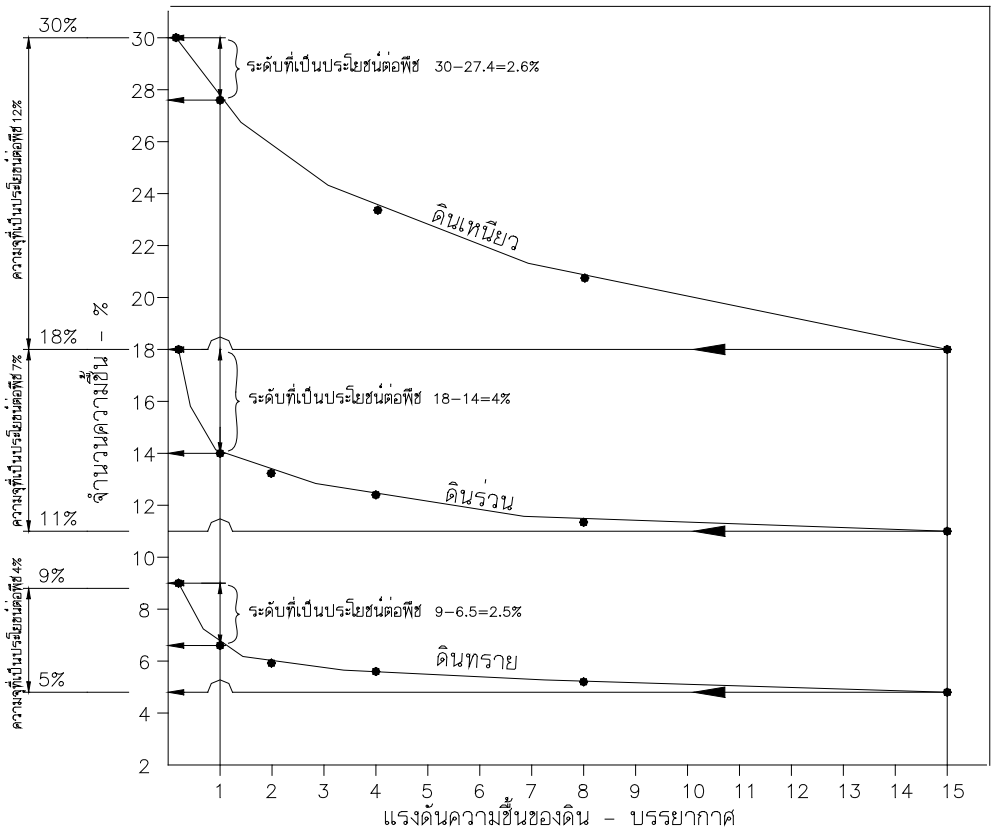


รูปที่ 5.2 น้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่าง ๆ

ช่วงที่สนใจในงานชลประทานคือช่วงระหว่าง ความชื้นชลประทานกับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร ซึ่งเป็นความชื้นที่พืชจะนำไปใช้ได้ (Available Soil Moisture)

5.3.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน จะแสดงออกมาในความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับเปอร์เซนต์ความชื้น เรียกว่า **เส้นกราฟความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Soil Moisture Characteristics curve)** เส้นกราฟความสามารถของน้ำในดิน **เป็นเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในช่องว่างดินกับค่าพลังงานกำกับก้อนดิน** จากการจำแนกความชื้นในดินว่ามีน้ำระดับหนึ่ง หรือ แฉะ/แห้ง เป็นข้อมูลที่ไม่เพียงพอที่จะบอกว่าน้ำนั้นมีประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด รูปที่ 5.3 แสดงตัวอย่างกราฟความสามารถในการอุ้มน้ำของดินชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะให้ข้อมูล 2 ประการ คือ

- **ระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำ** (Differential water capacity)
- **ความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน** (Available water capacity)



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงลักษณะการอุ้มน้ำของดิน

จากรูป 5.3 **ถ้ากำหนดพลังงานกำกับความชื้นชลประทานเท่ากับ 1/3 บรรยากาศ พลังงานกำกับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรเท่ากับ 15 บรรยากาศจะพบว่า ดินเหนียว ดินร่วน และดินทราย มีความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เท่ากับ 12, 7, 4 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าดินเหนียวจะอุ้มน้ำไว้ได้มากที่สุด แต่ถ้าพิจารณาระดับความเป็นประโยชน์ที่พลังงานจากรากพืชจะต้องออกแรงดูดไปใช้ได้ โดยพิจารณาสำหรับพืชไร่จะมีพลังงานกำกับเพียง 1 บรรยากาศเท่านั้น ลักษณะเช่นนี้จะเห็นได้ว่า ถ้าลากเส้นตัดความชื้นที่แรงดึง 1 บรรยากาศ ทั้งดินเหนียว ดินร่วน และดินทราย จะมีระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำใกล้เคียงกันคือ 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระดับความเป็นประโยชน์จะใช้สำหรับการคำนวณการให้น้ำแก่พืช ซึ่งจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 5.4**

5.4 พลังงานกำกับแรงดึงความชื้นของดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าการเคลื่อนที่ของน้ำในต้นพืชหรือการใช้น้ำของพืชจะเป็นระบบแบบต่อเนื่อง (SPAC) และได้มีการตรวจวัดพลังงานกำกับแรงดึงของน้ำในดินเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุดเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมให้สามารถตรวจและสังเกตการณ์ในการให้น้ำได้อย่างเหมาะสม ตารางที่ 5.1 แสดงพลังงานกำกับแรงดึงความชื้นของดินที่ควรจะให้น้ำและให้ผลผลิตสูงสุด ซึ่งจะนำไปพิจารณากำหนดการให้น้ำและระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.3.2

ตารางที่ 5.1 ระดับแรงดึงความชื้นของดินที่ควรจะให้น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด สำหรับพืชที่ปลูกในดินที่ลึกและมีการระบายน้ำดี

พืช	แรงดึงความชื้น (บาร์)
พืชผัก	
ถั่วต้น	0.75 - 2.00
กะหล่ำปลี	0.60 - 0.70
ถั่วเถา	0.30 - 0.50
ผักชี้นใช่ฝรั่ง	0.20 - 0.30
หญ้า	0.30 - 1.00
ผักกาดหอม	0.40 - 0.60
ยาสูบ	0.30 - 0.80
อ้อย	0.25 - 0.30
ข้าวโพดหวาน	0.50 - 1.00
พืชหัว	
หอมหัวใหญ่ (ช่วงเริ่มโต)	0.45 - 0.55
หอมหัวใหญ่ (ช่วงออกหัว)	0.55 - 0.65

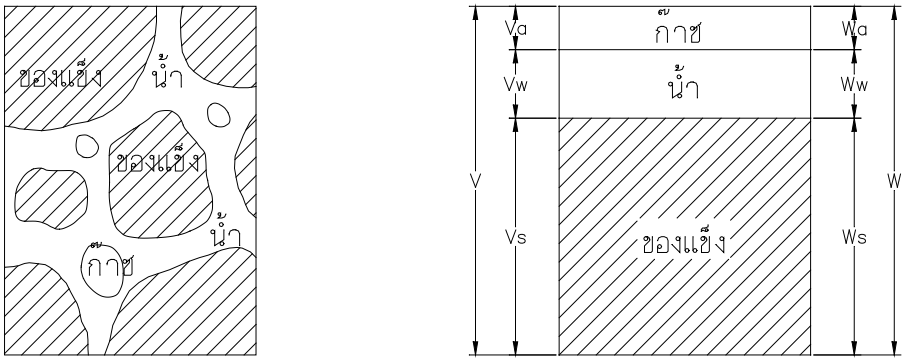
ตารางที่ 5.1 ระดับความชื้นของดินที่ควรจะให้น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด สำหรับพืชที่ปลูกในดินที่ลึกและมีการระบายน้ำดี (ต่อ)

พืช	แรงดึงความชื้น (บาร์)
มันฝรั่ง	0.30 - 0.50
แคร์รอท	0.55 - 0.65
บรอคโคลี่ (ช่วงเริ่มโต)	0.45 - 0.55
บรอคโคลี่ (แตกหน่อ)	0.60 - 0.70
กะหล่ำดอก	0.60 - 0.70
พืชผลไม้	
มะนาว	0.40
ส้ม	0.20 - 1.00
ไม้ผลประเภทผลัดใบ (แอปเปิล)	0.50 - 0.80
อโวกาโด	0.50
องุ่น (ช่วงเริ่มโต)	0.40 - 0.50
องุ่น (ช่วงโตเต็มที่)	1.00
สตรอเบอร์รี่	0.20 - 0.30
แคนตาลูป	0.35 - 0.40
มะเขือเทศ	0.80 - 1.50
กล้วย	0.30 - 1.50
ธัญญพืช	
ข้าวโพด (ช่วงแตกใบ)	1.50
ข้าวโพด (ช่วงเมล็ดแก่)	8.00 - 12.00 *
ธัญญพืช (ช่วงแตกใบ)	0.40 - 0.50
ธัญญพืช (ช่วงเมล็ดแก่)	8.00 - 12.00
พืชเมล็ดพันธุ์	
แคร์รอท (สูง 60 ซม.)	4.00 - 6.00
หอมหัวใหญ่ (สูง 7 ซม.)	4.00 - 6.00
หอมหัวใหญ่ (สูง 15 ซม)	1.50
ผักกาดหอม (ช่วงเจริญเติบโตเต็มที่)	3.00

* ใช้ค่าน้อยเมื่อสภาพอากาศก่อให้เกิดการระเหยและการคายน้ำมาก และใช้ค่ามากเมื่อสภาพอากาศก่อให้เกิดการระเหยและการคายน้ำน้อย

5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้น และปริมาณความชื้นของดิน ในระบบ 3 สถานะ และการตรวจวัด

ระบบ 3 สถานะของดินจะประกอบไปด้วยของแข็ง ของเหลว และอากาศ รูปที่ 5.4 แสดงระบบ 3 สถานะของดิน ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง 3 สถานะ จะออกมาในรูปของเปอร์เซนต์ความชื้น เปอร์เซนต์โดยปริมาตร



รูปที่ 5.4 ระบบสามสถานะของดิน

จากรูป 5.4 รูปทางด้านขวามือจะให้ส่วนประกอบของดินเป็นประเภทน้ำหนักและปริมาตร โดยน้ำหนักจะใช้อักษรย่อ W และปริมาตรจะใช้อักษรว่า V Wa และ Va คือน้ำหนักและปริมาตรอากาศ Ww และ Vw คือน้ำหนักและปริมาตรของน้ำ Ws และ Vs คือน้ำหนักและปริมาตรของดิน การคำนวณเปอร์เซนต์ความชื้นโดยน้ำหนักและเปอร์เซนต์โดยปริมาตรของดินทำได้ดังนี้

5.5.1 การคำนวณเป็นเปอร์เซนต์ความชื้นโดยน้ำหนัก คำนวณจากสมการ

Pw = Ww/Ws x 100 .....สมการที่ 5.1

เมื่อ Pw = เปอร์เซนต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้ง

Ww = น้ำหนักของน้ำในดิน (กรัม)

Ws = น้ำหนักของดินอบแห้งด้วยเตาอบ (กรัม)

5.5.2 การคำนวณเป็นเปอร์เซนต์ความชื้นโดยปริมาตร คำนวณจากสมการ

Pv = Pw x As .....สมการที่ 5.2

เมื่อ Pv = เปอร์เซนต์ความชื้นโดยปริมาตร

Pw = เปอร์เซนต์ความชื้นโดยน้ำหนัก

As = ความถ่วงจำเพาะปรากฏ

สมการที่ 5.1 และ 5.2 จะเป็นสมการพื้นฐานของระบบ 3 สถานะที่สามารถจะแปรเปลี่ยนเป็นความลึกของน้ำที่มีอยู่ในดิน เพื่อใช้คำนวณปริมาณน้ำที่จะให้กับพืชต่อไปเมื่อทราบความลึกของรากพืชและพื้นที่ให้น้ำ

ความสัมพันธ์ของแรงดึงความชื้นในดินและปริมาณความชื้นของดินในระบบ 3 สถานะจึงแสดงออกมาในรูปของกราฟความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน หรือ แสดงออกมาในรูปของเปอร์เซนต์ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อต้นพืช กราฟแสดงความสามารถของดินได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 5.3.2 ส่วนเปอร์เซนต์ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อต้นพืชได้แสดงไว้ตามตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินที่พืชจะนำเอาไปใช้ได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าดินเนื้อปานกลางตรวจสอบในสนามแล้วพบว่า **สามารถกำเป็นก้อนได้ ค่อนข้างเหนียว เมื่อบีบแล้วลื่นเล็กน้อย ลักษณะเช่นนี้สามารถแปรผลได้ว่า ความชื้นที่พืชจะนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้จะอยู่ที่ 50 ถึง 75 เปอร์เซนต์ ซึ่งถ้าหากกำหนดว่าพืชสามารถนำไปใช้ได้ 60 เปอร์เซนต์ ค่า 60 เปอร์เซนต์นี้ เมื่อนำไปพิจารณากราฟความสามารถในการอุ้มน้ำของดินแล้ว สามารถที่จะหาความลึกของน้ำที่จะให้กับต้นพืชได้**

การคำนวณความลึกของน้ำที่จะให้กับต้นพืช จะมีความลึกของรากพืชเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย การคำนวณจะใช้สมการที่ 5.3 คำนวณ ได้แก่

dw = Pw.As.dp .....สมการที่ 5.3

เมื่อ dw = หน่วยความลึกของน้ำในดินที่จะให้ เป็นมิลลิเมตร

dp = ความลึกของรากพืช เป็นมิลลิเมตร

As = ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

Pw = เปอร์เซนต์ความชื้นที่จะต้องให้กับพืชจากจุดที่กำหนดการให้น้ำ ถึงจุดความชื้นชลประทาน

<u>ตัวอย่างที่ 5.1</u> จงคำนวณหาความลึกของน้ำที่จะต้องให้กับพืชผัก รากลึก 40 เซนติเมตร ดินเป็นดินร่วน ความถ่วงจำเพาะปรากฏ 1.30 ความชื้นที่พืชจะนำเอาไปใช้ทั้งหมดร้อยเปอร์เซนต์ เท่ากับ 7 เปอร์เซนต์ (จากจุดเหี่ยวเฉาถาวรถึงจุดความชื้นชลประทาน) เมื่อทดลองเจาะดินที่ความลึก 20 เซนติเมตร (50% ของรากพืช) พบว่าดินค่อนข้างร่วน แต่กำให้แน่นจะเกาะเป็นก้อนได้ และถ้ากำหนดว่าจะต้องให้น้ำในพื้นที่ 5 ไร่ จะต้องให้น้ำแก่พืชเท่าใด เมื่อประสิทธิภาพการชลประทาน 75 เปอร์เซนต์

<u>วิธีทำ</u>

1. พิจารณาตารางที่ 5.2 ดินเนื้อปานกลาง เมื่อสัมผัสแล้วค่อนข้างร่วน แต่กำให้แน่นจะเกาะเป็นก้อนได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาในช่วงแรกจะพบว่าความชื้นที่เป็นประโยชน์ที่พืชจะนำเอาไปใช้ได้เท่ากับ 50 เปอร์เซนต์

2. คำนวณหา % ความชื้นที่จะต้องให้กับพืช โดยพิจารณาว่า
ความชื้นที่พืชมีอยู่ทั้งหมดร้อยเปอร์เซนต์ เท่ากับ 7%
ความชื้นที่ตรวจสอบว่าพืชจะนำไปใช้ได้ 50 เปอร์เซนต์ $= \frac{7 \times 50}{100}$
$= 3.5\%$
ดังนั้นเปอร์เซนต์ที่จะต้องให้น้ำแก่พืช $= 3.5\%$

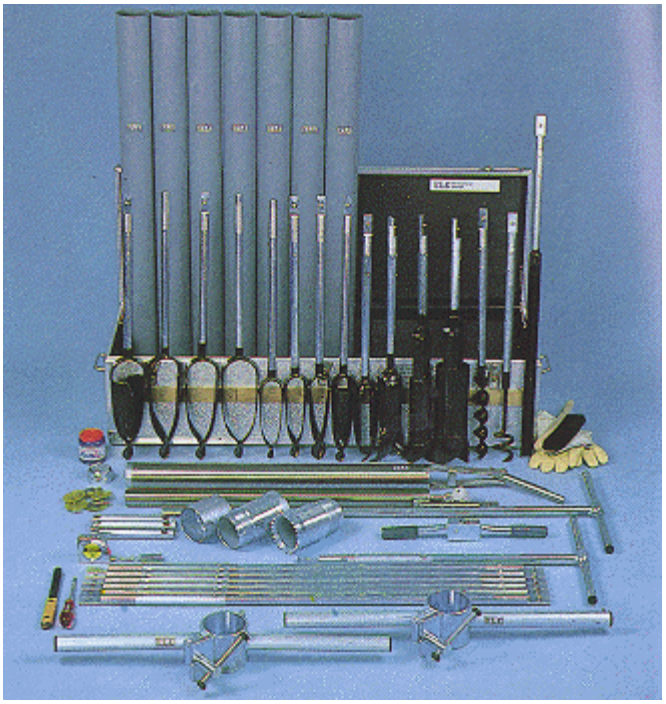
3. คำนวณหาความลึกของน้ำที่จะให้จาก dw $= \frac{Pw.As \times dp}{100}$
$= \frac{(3.5)(1.30)(200)}{100}$
$= 9.1$ มิลลิเมตร

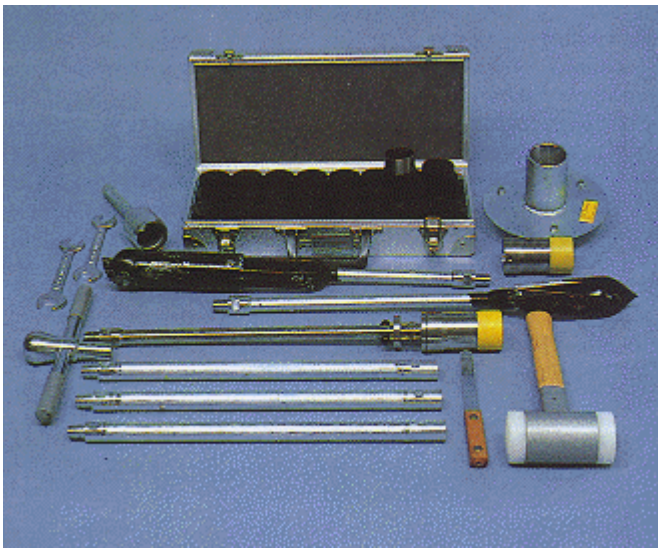
4. คำนวณหาปริมาณน้ำที่จะต้องให้ในพื้นที่ 5 ไร่
ปริมาตรน้ำ $= \frac{9.1 \text{ มม.} \times 5 \text{ ไร่} \times 1600 \text{ ม}^2/\text{ไร่}}{1,000 \text{ มม./เมตร}}$
$= 72.8$ ลูกบาศก์เมตร

5. เมื่อประสิทธิภาพการชลประทาน 75%
จะต้องให้น้ำ $= \frac{72.8}{0.75} = 97.0$ ลูกบาศก์เมตร

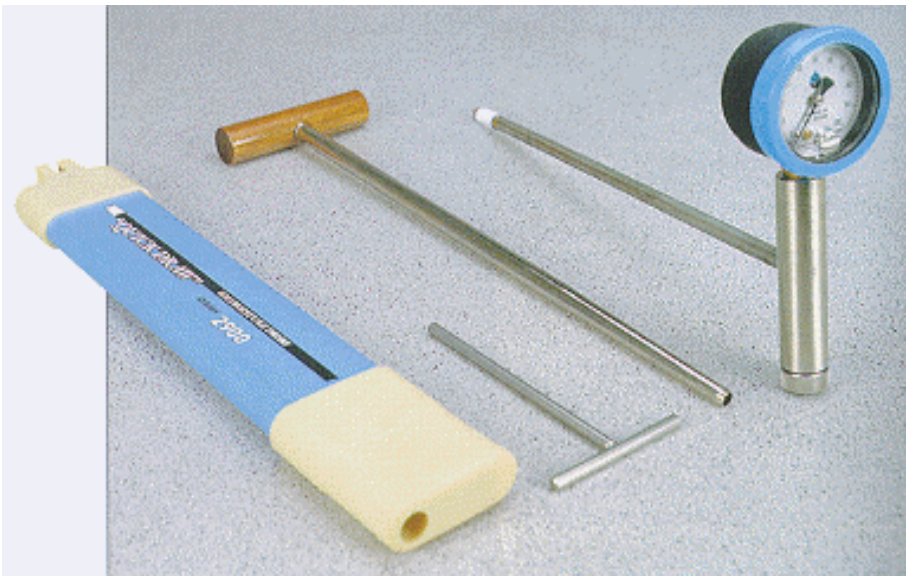
สาเหตุที่ต้องมีการคำนวณหาความชื้นในดินแบบต่าง ๆ ก็เพื่อที่จะได้ใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช ซึ่งจะต้องมีการตรวจวัดในสนาม เพื่อกำหนดปริมาณน้ำที่จะต้องให้แก่พืชว่ามากน้อยเพียงใด สำหรับการตรวจวัดความชื้นในสนาม อาจใช้พรั่วขุดเจาะดินในสนาม แล้วคาดการโดยการสัมผัสหรือนำมาหาความชื้นในห้องปฏิบัติการ และอาจใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ Tensiometer , เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้า หรือเครื่องวัดความชื้นแบบวัดแผ่กระจายของนิวตรอน (Neutron Moisture Meter) รูปที่ 5.5 ,5.6, 5.7, 5.8 คือเครื่องขุดเจาะดิน , เครื่องวัดความชื้นแบบ Tensiometer เครื่องวัดความต้านทานไฟฟ้าและเครื่องวัดแบบ Neutron Moisture Meter ตามลำดับ

การตรวจวัดแบบขุดเจาะและทำการอบหาความชื้นในดิน ส่วนใหญ่จะได้ผลออกมาในรูปของเปอร์เซนต์ความชื้นโดยน้ำหนัก การตรวจวัดแบบเครื่องมือวัด Tensiometer จะให้ผลเป็นหน่วยแรงดึงความชื้นต้องอาศัยกราฟความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน จึงจะคำนวณปริมาณน้ำที่จะให้ได้ ส่วนการวัดโดยอาศัยแรงต้านทานไฟฟ้า หรือแบบ Neutron Moisture Meter จะให้ผลในรูปของเปอร์เซนต์ความชื้นแบบน้ำหนัก หรือปริมาตรก็ได้ หรืออาจจะอยู่ในรูปความชื้นที่เป็นประโยชน์ที่พืชจะนำเอาไปใช้ได้ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดในภาพรวมอีกครั้งในบทที่ 6 หัวข้อ 6.6 และถ้าหากเข้าใจหลักเกณฑ์แล้ว สามารถที่จะแปรเปลี่ยนผลการคำนวณปริมาณน้ำจากเปอร์เซนต์ความชื้นเป็นปริมาตร หรือปริมาตรมาเป็นความชื้นกลับไปมาได้

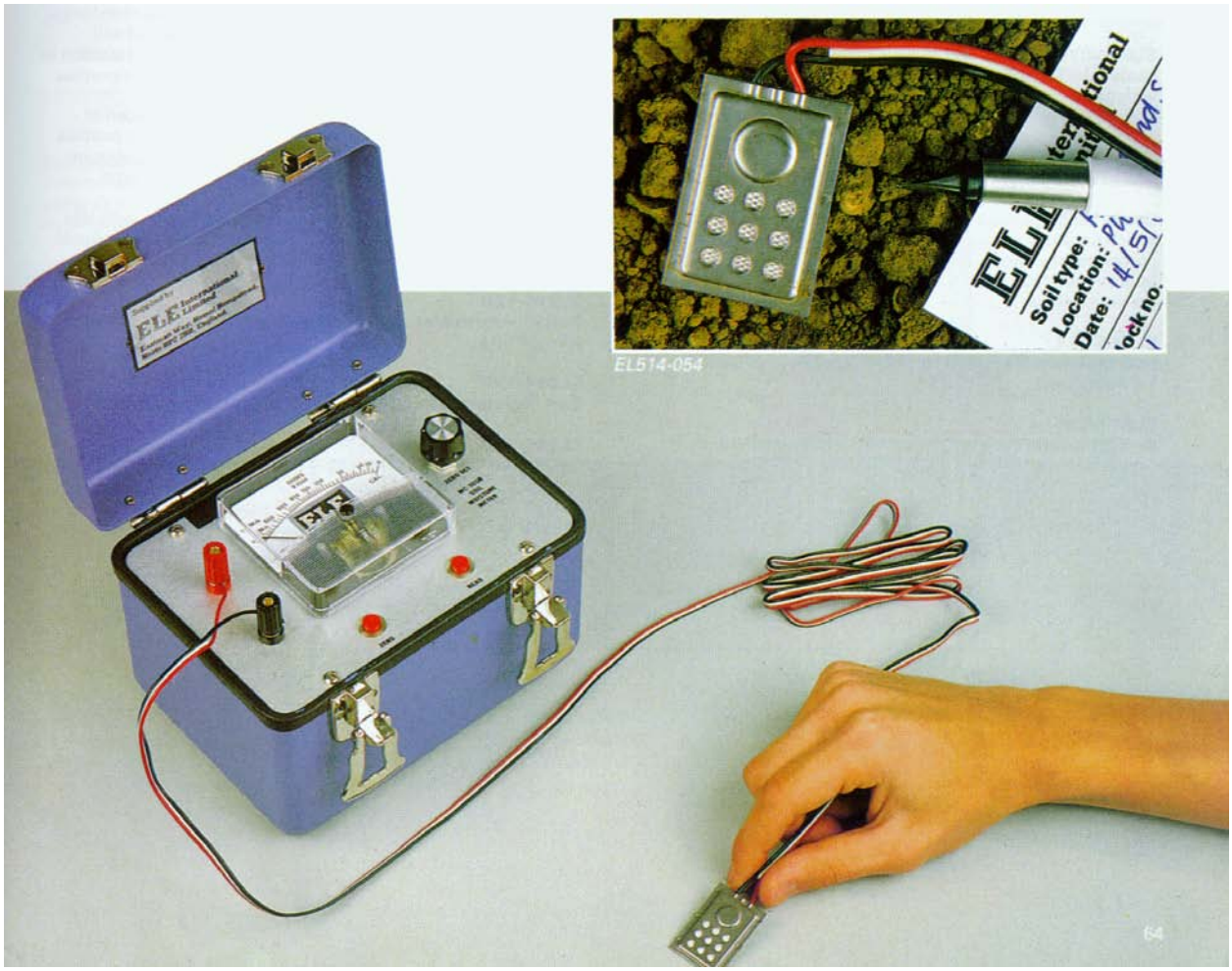




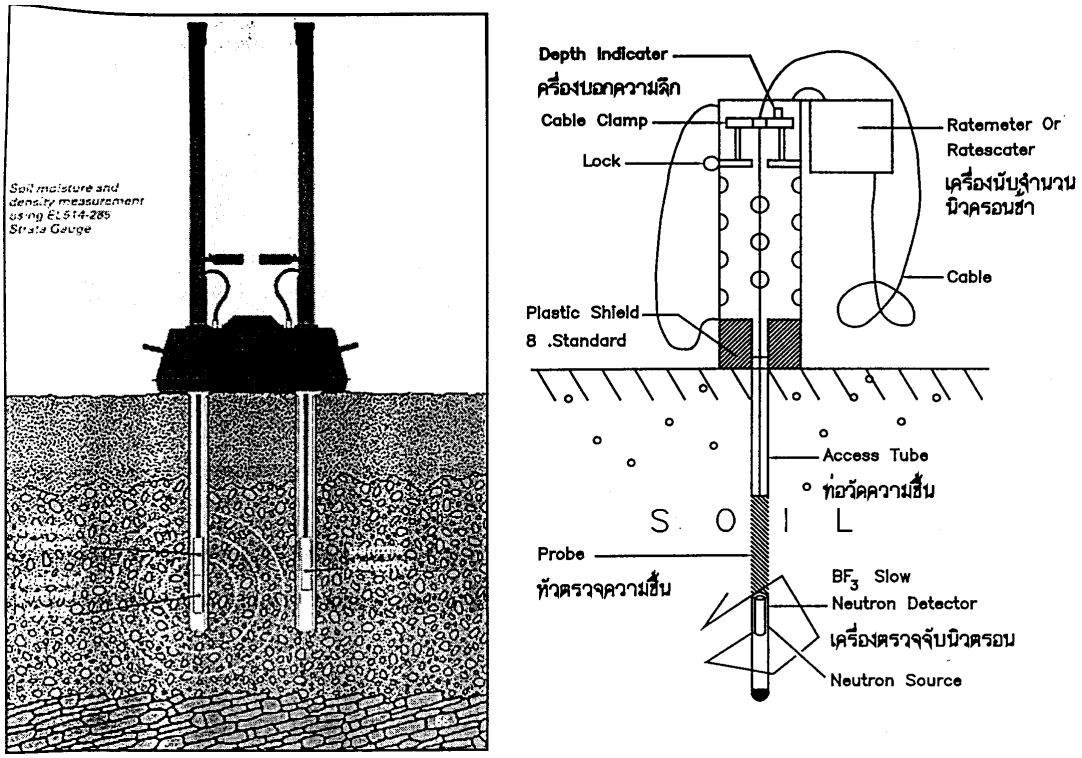
รูปที่ 5.5 เครื่องขุดเจาะเก็บตัวอย่างดิน



รูปที่ 5.6 เครื่องวัดความชื้นแบบ Tensiometer



รูปที่ 5.7 เครื่องวัดความชื้นในดินแบบความต้านทานไฟฟ้า



รูปที่ 5.8 เครื่องวัดความชื้นแบบ Neutron Moisture Meter

5.6 การคาดคะเนผลกระทบของผลผลิตพืช เมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่ให้

การคาดคะเนผลผลิตเมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำก็เพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่า น้ำนั้นมีความสำคัญต่อการผลิตพืช การกำหนดการให้น้ำแก่พืชจึงมีความสำคัญ ทั้งนี้เพื่อให้เข้าใจในการวางแผนการจัดการน้ำโดยเฉพาะกรณีที่มีปริมาณน้ำจำกัด ว่าควรหลีกเลี่ยงการให้น้ำในช่วงใดถึงจะเหมาะสม การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำแก่พืชโดยให้น้ำน้อยกว่าที่พืชต้องการจะมีผลกระทบต่อผลผลิต ซึ่งพิจารณาได้จากสมการ

(1-ya/ym) = Ky (1-ETa/ETm) .....สมการที่ (5.4)

เมื่อ

ya	=	ผลผลิตที่คาดการว่าจะเก็บเกี่ยวได้จริง
ym	=	ผลผลิตที่คาดว่าจะเกิดขึ้นสูงสุด
Ky	=	แฟคเตอร์การตอบสนองของผลผลิต
ETa	=	การให้น้ำจริง
ETm	=	ความต้องการใช้น้ำสูงสุด

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าผลผลิตที่ดีของพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง (ym) สอดคล้องกับฤดูกาล หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อไร่ สำหรับตารางที่ 5.4 เป็นแฟคเตอร์การตอบสนองของผลผลิต (ky) ซึ่งใช้ในการคาดการหรือคาดคะเนผลผลิต

ตารางที่ 5.3 ผลผลิตที่ดีของพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงปลูกสอดคล้องกับฤดูกาล มีน้ำสมบูรณ์ มีปัจจัยทางเกษตรอย่างดีเป็น กก./ไร่

พืช	ลักษณะผลผลิต	เขตภูมิอากาศ		
		เขตร้อน 1/	เขตกึ่งร้อน 2/	เขตอากาศเย็น 3/
		<20°ซ 4/ >20°ซ	<20°ซ >20°ซ	<20°ซ >20°ซ
อัลฟัลฟา	หญ้าแห้ง	2,400	4,000	1,600
กล้วยหอม	ผล	6,400-9,600	4,800-6,400	
ถั่วเมล็ดยาว	ฝักสด	960-1,260	960-1,280	960-1,280
	เมล็ดแห้ง	240-400	240-400	240-400
กะหล่ำปลี	หัว	6,400-9,600	6,400-9,600	6,400-9,600
ส้ม				
ส้มโอเล็ก	ผล	5,600-8,000	6,400-9,600	
มะนาวฝรั่ง	ผล	4,000-4,800	4,800-7,200	
ส้มหวาน	ผล	3,200-5,600	4,000-6,400	
ฝ้าย	ปุยติดเมล็ด	480-640	480-720	
องุ่น	ผล	800-1,600	2,400-4,800	2,400-4,000
ถั่วลิสง	เมล็ด	480-640	560-720	240-320
ข้าวโพด	เมล็ด	1,120-1,440 960-1,280	1,440-1,600 1,120-1,440	640-960
มะกอกฝรั่ง	ผล		1,120-1,600	
หอมหัวใหญ่	หัว	5,600-7,200	5,600-7,200	5,600-7,200
ถั่วเมล็ดกลม	ฝักสด	320-480	320-480	323-480
	เมล็ดแห้ง	96-128	96-128	96-123
พริกชี้ฟ้าสด	ผล	2,400-3,200	2,400-4,000	2,400-3,200
สับปะรด	ผล	12,000-14,400	10,400-12,000	
มันฝรั่ง	หัว	2,400-3,200	4,000-5,600	4,800-6,400
ข้าวเจ้า	เมล็ด	960-1,280	800-1,100	640-960
คำฝอย	เมล็ด		320-640	
ข้าวฟ่าง	เมล็ด	480-640 560-800	480-640 560-800	320-480
ถั่วเหลือง	เมล็ด	400-560	400-560	
หัวผักกาดหวาน	หัว		6,400-9,600	5,600-8,800

ตารางที่ 5.3 ผลผลิตที่ดีของพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงปลูกสอดคล้องกับฤดูกาล มีน้ำสมบูรณ์ มีปัจจัยทางเกษตรอย่างดีเป็น กก./ไร่ (ต่อ)

พืช	ลักษณะผลผลิต	เขตภูมิอากาศ		
		เขตร้อน 1/	เขตกึ่งร้อน 2/	เขตอากาศเย็น 3/
		<20°ซ 4/ >20°ซ	<20°ซ >20°ซ	<20°ซ >20°ซ
อ้อย	ลำต้น	17,600-24,000	16,000-22,400	
ทานตะวัน	เมล็ด	400-560	400-560	320-400
ยาสูบ	ใบ	320-400	320-400	240-320
มะเขือเทศ	ผล	7,200-10,400	18,800-12,000	7,200-10,400
แตงโม	ผล	4,000-5,600	4,000-5,600	
ข้าวสาลี	เมล็ด	640-960	640-960	640-960

หมายเหตุ
1/ บริเวณแห้งแล้ง และกึ่งแห้งแล้งเท่านั้น
2/ บริเวณที่มีฝนฤดูหนาวและฤดูร้อน
3/ บริเวณภาคพื้นทวีปและมหาสมุทร
4/ อุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 5.4 แฟคเตอร์การตอบสนองของผลผลิต (ky)

พืช	ช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น (1)			ระยะออกดอก	ระยะออกผลผลิต	ระยะแก่หรือสุก	ระยะเติบโตทั้งหมด
	ระยะต้น 1 ก.	ระยะปลาย 1 ข.	ทั้งหมด				
อัลฟัลฟา			0.7-1.1				0.7-1.1
กล้วยหอม							1.2-1.35
ถั่วเมล็ดยาว			0.2	1.1	0.75	0.2	1.15
กะหล่ำปลี	0.2				0.45	0.6	0.95
ส้ม							0.8-1.1
ฝ้าย			0.2	0.5		0.25	0.85
องุ่น							0.85
ถั่วลิสง			0.2	0.8	0.6	0.2	0.7
ข้าวโพด			0.4	1.6*	0.5	0.2	1.25*
หอมหัวใหญ่			0.45		0.8	0.3	1.1
ถั่วเมล็ดกลม	0.2			0.9	0.7	0.2	1.15
พริกชี้ฟ้า							1.1
มันฝรั่ง	0.45	0.8			0.7	0.2	1.1
คำฝอย		0.3		0.55	0.6		0.8
ข้าวฟ่าง			0.2	0.55	0.45	0.2	0.9
ถั่วเหลือง			0.2	0.8	1.0		0.85
หัวผักกาดหวาน							
กินหัว							0.6-1.0
กินน้ำตาล							0.7-1.1
อ้อย			0.75		0.5	0.1	1.2
ทานตะวัน	0.25	0.5		1.0	0.8		0.95
ยาสูบ	0.2	1.0			0.5		0.9
มะเขือเทศ			0.4	1.1	0.5	0.4	1.05
แตงโม	0.45	0.7		0.8	0.8	0.3	1.1
ข้าวสาลี							
ฤดูหนาว			0.2	0.6	0.5		1.0
ฤดูใบไม้ผลิ			0.2	0.65	0.55		1.15

<u>ตัวอย่างที่ 5.2</u> จงคาดการผลผลิตที่เกิดขึ้นในกรณีที่ลดปริมาณที่จะให้กับพืชลง 84 มม. ของการใช้น้ำทั้งหมด กับลดจำนวนการใช้น้ำลง 84 มม. ในเดือนกรกฎาคม ว่ามีผลผลิตแตกต่างกันอย่างไร โดยมีข้อมูลการใช้น้ำ ตามตาราง

เดือนที่ปลูก	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	**รวม**
ระยะเติบโตของพืช	ตั้งตัว	เติบโต	ออกดอก	ออกเมล็ด	
จำนวนวัน	25	30	30	38	123
ใช้น้ำ, มม.	90	192	285	273	840

<u>วิธีทำ</u> **กรณีที่ 1**

1. คำนวณปริมาณน้ำที่ให้จริง = 840 – 84 เท่ากับ 756 มม.
2. คาดการ ym จากตารางที่ 5.3 เขตกึ่งร้อนจะได้ผลผลิตสูงสุดประมาณ 1,300 กก./ไร่
3. พิจารณาค่า Ky จากตาราง 5.4 จะได้ Ky = 1.25
4. คำนวณตามสมการ 5.4 $(1 - ya_{/ym})$ = $Ky\left(1 - \frac{ETa}{ETm}\right)$

$$\frac{(1 - ya)}{1300} = 1.25\ (1 - 756/840)$$

$$\frac{ya}{1300} = 1 - 0.125$$

$$ya = 0.875 \times 1300 = 1{,}137.5 \text{ กก./ไร่}$$

$\therefore$ ผลผลิตจะลดลง = 12.5%

กรณีที่ 2

1. คำนวณหาปริมาณน้ำให้จริงเดือน ก.ค. = 285 - 84 เท่ากับ 201 มิลลิเมตร
2. คาดการ ym = 1300 กิโลกรัม/ไร่
3. พิจารณา Ky ตารางที่ 5.4 เท่ากับ 1.6
4. คำนวณหา ya ตามสมการ 5.4

$$\frac{(1 - ya)}{ym} = 1.6\ (1 - 201_{/285})$$

$$\frac{ya}{1300} = 1 - 0.4$$

$$ya = 0.53\ (1300)$$

$$= 689 \text{ กิโลกรัมต่อไร่}$$

$\therefore$ ผลผลิตจะลดลง = 47%

* ดังนั้นการลดจำนวนน้ำในกรณีที่พืชออกดอกจะเกิดผลเสียมากกว่า 34 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความชื้นในดินที่พืชจะนำไปใช้ได้

ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้	ลักษณะและความรู้สึกสัมผัส			
	ดินเนื้อหยาบ	ดินเนื้อค่อนข้างหยาบ	ดินเนื้อปานกลาง	ดินเนื้อละเอียดและละเอียดมาก
0 เปอร์เซนต์	แห้ง ร่วนไม่เกาะกันเป็นก้อน	แห้ง ร่วนไม่เกาะกันเป็นก้อน	แห้งเป็นผงหรือเกาะกันเป็นก้อน แต่บี้ให้แตกเป็นผงได้ง่าย	แห้ง แข็ง มีรอยแตกร้าว บางทีมีก้อนร่วนเล็ก ๆ บนผิวหน้า
50 เปอร์เซนต์	ดูแห้ง กำให้แน่นในมือ ไม่เป็นก้อน	ดูแห้ง กำให้แน่นในมือ ไม่เป็นก้อน	ค่อนข้างร่วน แต่กำให้แน่นจะเกาะกันเป็นก้อนได้	ค่อนข้างนุ่ม กำให้แน่นเป็นก้อนได้
50 ถึง 75 เปอร์เซนต์	ดูแห้ง กำให้แน่นในมือ ไม่เป็นก้อน	กำให้แน่นเป็นก้อนได้ แต่แตกง่าย ไม่เกาะกัน	กำเป็นก้อนได้ ค่อนข้างเหนียว เมื่อบีบลื่นเล็กน้อย	กำเป็นก้อน ใช้นิ้วรีดเป็นแผ่นบาง ๆ ได้
75 เปอร์เซนต์ ถึงความชื้นชลประทาน	เกาะกันบ้าง กำเป็นก้อน แต่แตกง่าย	กำเป็นก้อน แต่แตกง่าย	กำเป็นก้อน อ่อนนุ่มมาก ถ้ามีดินเหนียวมากจะลื่น	รีดเป็นแผ่นระหว่างนิ้วมือได้ง่าย รู้สึกลื่น
ที่ความชื้นชลประทาน (100 เปอร์เซนต์)	บีบไม่มีน้ำออกมา แต่เปียกมือ	เหมือนดินเนื้อหยาบ	เหมือนดินเนื้อหยาบ	เหมือนดินเนื้อหยาบ
เกินความชื้นชลประทาน	สลัดในมือจะมีน้ำกระเด็นออกมา	นวดดินจะมีน้ำออกมา	บีบจะมีน้ำออกมา	เป็นโคลน มีน้ำบนผิว

ที่มา : ดัดแปลงจาก SCS National Engineering Handbook, Section 15 – "Irrigation-Chapter 1 : Soil-Plant-Water Relationships" , Soil Conservation Services, United States Department of Agri-culture.

บทที่ 6 หลักเกณฑ์และวิธีการทางด้านวิศวกรรมชลประทาน

6.1 ความคิดรวบยอด

หลักเกณฑ์และวิธีการทางด้านวิศวกรรมชลประทาน เป็นการนำเอารายละเอียดและสาระสำคัญของดินและคุณสมบัติของดิน ปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ พืชและพฤติกรรมของพืช ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ พืช สภาพแวดล้อม มาจัดระบบให้เป็นหลักเกณฑ์และวิธีการที่จะนำไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม เกี่ยวกับการพิจารณาปริมาณน้ำที่จะต้องจัดหาและสำรองไว้ใช้งาน การจัดการน้ำอย่างถูกต้องเหมาะสม กล่าวคือ สามารถพิจารณานำน้ำไปใช้อย่างมีคุณค่าตามลำดับความสำคัญ ตั้งแต่การบริโภค การอุปโภค การทำการเกษตร ซึ่งจะต้องเกี่ยวข้องกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืชว่า เมื่อใดจะต้องให้น้ำแก่พืช จะต้องให้ครั้งละเท่าใด ให้นานกี่ชั่วโมง และให้กี่วันครั้ง ซึ่งจะช่วยให้งานด้านวิศวกรรมชลประทานเป็นไปอย่างมีประโยชน์ ประสิทธิภาพสูง พืชได้รับน้ำอย่างพอเพียง ทั่วถึง และสม่ำเสมอ อาจกล่าวได้ว่าเรื่องนี้คือหัวใจของงานด้านวิศวกรรมชลประทาน

6.2 การพิจารณาประมาณน้ำที่จะต้องจัดหาและสำรองไว้ใช้งาน

การคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะต้องจัดหาและสำรองไว้ใช้งาน ตลอดจนการออกแบบเบื้องต้นขนาดแหล่งน้ำ จะต้องทราบข้อมูลดังต่อไปนี้

1) อัตราการใช้น้ำของมนุษย์ และสัตว์เลี้ยง
2) แผนการปลูกพืช หรือปฏิทินการปลูกพืช รายละเอียดที่จะนำมาใช้งานได้แก่ พืชที่ปลูก จำนวนพื้นที่เพาะปลูก ระยะเวลาการเพาะปลูก
3) อัตราการใช้น้ำของพืชไร่ ไม้ผล นาข้าว
4) ปริมาณฝนใช้การของพืชไร่ ไม้ผล นาข้าว
5) ประสิทธิภาพการชลประทาน

เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน จึงได้จัดเตรียมตารางการใช้งานไว้ดังนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงอัตราการใช้น้ำของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงต่าง ๆ
ตารางที่ 6.2 ข้อมูลอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยของนาข้าว พืชไร่ ไม้ผล
ตารางที่ 6.3 ประสิทธิภาพการชลประทาน

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลการใช้น้ำของคนและสัตว์

รายการ	ปริมาณการใช้น้ำ
อัตราการใช้น้ำของคนเฉลี่ย	150 ลิตร/วัน/คน
อัตราการใช้น้ำของสัตว์เลี้ยงเฉลี่ย	
- วัว , ควาย	50 ลิตร/วัน/ตัว
- หมู	70 ลิตร/วัน/ตัว
- เป็ด , ไก่	0.20 ลิตร/วัน/ตัว

ตารางที่ 6.2 ข้อมูลการใช้น้ำของนาข้าว , พืชไร่ , ไม้ผล

รายการ	ปริมาณน้ำ
นาข้าว	2,000 $ม^3$/ไร่
พืชไร่	5 ลิตร/วัน/ตารางเมตร
พืชสวน	6 ลิตร/วัน/ตารางเมตร

ตารางที่ 6.3 ประสิทธิภาพของโครงการ

รายการ	ประสิทธิภาพโดยประมาณ
นาข้าว	35%
พืชไร่	
- ให้น้ำแบบผิวดิน	55%
- ให้แบบท่อปิด-เปิด	70%
พืชสวน	
- ให้แบบร่อง	55%
- ให้แบบท่อฉีดฝอย	80%
- ให้แบบฉีดฝอยเล็กและน้ำหยด	85-90%

สำหรับข้อมูลฝนใช้การของพืชไร่ ไม้ผล นาข้าว และแผนการปลูกพืชขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ซึ่งได้แสดงไว้บางส่วนของบทที่ 3 ถึง บทที่ 4 จากข้อมูลดังกล่าวสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะต้องจัดเก็บและสำรองไว้ในหน่วยลูกบาศก์เมตรได้ ดังนี้

1. หาจำนวนน้ำที่จะต้องจัดเตรียมไว้ในการอุปโภค บริโภค ทั้งมนุษย์และสัตว์เลี้ยง โดยนำอัตราการใช้น้ำมาคูณด้วยจำนวนประชากร และระยะเวลาที่จะต้องจัดเก็บ

2. ปริมาณน้ำที่จะต้องใช้สำหรับพืชไร่ ไม้ผล นาข้าว ทำได้โดยนำพื้นที่เพาะปลูกคูณด้วยอัตราการใช้น้ำ คูณระยะเวลาการเพาะปลูก

3. นำค่าฝนใช้การของพืชไร่ ไม้ผล นาข้าว นำมาหักลบ

4. นำค่าประสิทธิภาพการชลประทานมาหารจะได้ปริมาณที่จะต้องเก็บสำรองไว้ใช้งาน

ตัวอย่างที่ 6.1 จงคำนวณหาขนาดแหล่งน้ำผิวดินสำหรับปลูกพืชฤดูแล้ง ไม่มีฝนตกระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายน จนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ของครอบครัวหนึ่งอยู่ด้วย 5 คน ต้องการปลูกไม้ผล 4 ไร่ ระยะปลูก 6x4 เมตร ปลูกพืชไร่พืชผักต่าง ๆ 4 ไร่ เลี้ยงหมู 10 ตัว เลี้ยงเป็ด ไก่ 30 ตัว ประสิทธิภาพการชลประทาน 55%

วิธีทำ

1. หาปริมาณน้ำที่ต้องใช้

1.1 มนุษย์ $= \dfrac{5 \text{ คน} \times 150 \text{ ลิตร/ตัน/วัน} \times 180 \text{ วัน}}{1{,}000 \text{ ลิตร/ม}^3}$

$= 135 \text{ ม}^3$

1.2 สัตว์เลี้ยง

หมู $= \dfrac{10 \text{ ตัว} \times 20 \text{ ลิตร/ตัว/วัน} \times 180 \text{ วัน}}{1{,}000 \text{ ลิตร/ม}^3}$

$= 36 \text{ ม}^3$

เป็ด ไก่ $= \dfrac{30 \text{ ตัว} \times 0.2 \text{ ลิตร/ตัว/วัน} \times 180 \text{ วัน}}{1{,}000 \text{ ลิตร/ม}^3}$

$= 1.0 \text{ ม}^3$

1.3 ปริมาณน้ำสำหรับพืชผักและพืชไร่

$= \dfrac{4 \text{ ไร่} \times 1600 \text{ ม}^2/\text{ไร่} \times 4.5 \text{ ลิตร/วัน/ม}^2 \times 180 \text{ วัน}}{1{,}000 \text{ ลิตร/ม}^3}$

$= 5{,}184 \text{ ม}^3$

1.4 ปริมาณน้ำสำหรับไม้ผล

$$\text{จำนวนต้น} = \frac{4 \text{ ไร่ x } 1600 \text{ ม}^2/\text{ไร่}}{\text{ระยะปลูก } 6 \text{ x } 4 \text{ ม}^2/\text{ต้น}} = 266 \text{ ต้น}$$

$$\text{พื้นที่ทรงพุ่ม} = \frac{\pi(4)^2}{4} = 12.57 \text{ ม}^2/\text{ต้น}$$

$$\text{จำนวนน้ำ} = 266 \text{ ต้น x } 12.57 \text{ ม}^2/\text{ต้น x } \frac{6 \text{ ลิตร/วัน/ม}^2}{1{,}000 \text{ ลิตร/ม}^3} \text{ x } 180 \text{ วัน}$$

$$= 3{,}610 \text{ ม}^3$$

$$\text{ปริมาณน้ำที่ใช้} = 135 + 37 + 5{,}184 + 3{,}610 \text{ ม}^3$$

$$= 8{,}966 \text{ ม}^3$$

2. หาปริมาณน้ำที่จะต้องสำรองไว้

$$\text{ปริมาณน้ำที่จะต้องจัดเก็บ} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่จะต้องใช้ทั้งหมด}}{\text{ประสิทธิภาพของการชลประทาน}}$$

$$\text{ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ต้องจัดเก็บ} = \frac{8{,}966 \text{ ม}^3}{0.55}$$

$$= 16{,}031 \text{ ม}^3$$

ตารางที่ 6.4 เป็นตัวอย่างการคำนวณปริมาณน้ำของส้ม อ้อย ในรูปแบบของตารางจะทำให้การคำนวณทำได้ง่ายขึ้น และสามารถนำข้อมูลน้ำที่ต้องใช้มาจัดการได้อย่างถูกต้องต่อไป

6.3 การพิจารณาหาขนาดแหล่งน้ำบนผิวดินและใต้ดิน

เมื่อทราบปริมาณน้ำที่จะใช้ทั้งหมดเป็นจำนวนเท่าใดแล้ว สามารถที่จะพิจารณาขนาดของแหล่งน้ำได้ ไม่ว่าจะเป็นแหล่งน้ำจากผิวดินหรือใต้ผิวดิน จะมีข้อจำกัดอยู่ที่ศักยภาพของพื้นที่ กล่าวคือ ชนิดของดินที่จะต้องจัดเก็บ หากเป็นดินเหนียวไม่ค่อยมีปัญหา หากเป็นดินทรายจะต้องมีวัสดุทดแทน เช่น ดินเหนียวหรือพลาสติกมาป้องกันการรั่วซึม นอกจากนี้ สำหรับแหล่งน้ำบนผิวดินจะต้องพิจารณาถึงพื้นที่รับน้ำ ฝนที่ตกตลอดระยะเวลา 1 ปี ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 สำหรับการพิจารณาแหล่งน้ำใต้ดินจะต้องตรวจสอบปริมาณน้ำที่จะนำมาใช้ว่าจะมีปริมาณกี่ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะต้องพิจารณาแผนที่อุทกธรณีวิทยาเป็นหลัก รวมทั้งจะต้องพิจารณาเรื่องระบบให้น้ำประกอบด้วย สำหรับกรณีที่มีน้ำน้อย แต่ต้องการให้ได้ผลผลิตมากและราคาสูง ก็อาจเลือกพืชเศรษฐกิจที่มีราคาดี ใช้น้ำน้อย และเลือกระบบให้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูงมาใช้งาน

การออกแบบขนาดแหล่งน้ำเบื้องต้น โดยเฉพาะแหล่งน้ำบนผิวดินในไร่นา มีหลักการว่าจะต้องขุดไม่น้อยกว่า 5.00 เมตร เพราะถ้าขุดน้อยกว่านี้น้ำจะแห้ง ทั้งนี้เพราะส่วนใหญ่จะสูญเสียจากการระเหยและ

การรั่วซึม แต่โดยทั่วไป ขนาดแหล่งน้ำใหญ่ จะพิจารณาขนาดแหล่งน้ำจากสภาพภูมิประเทศ โดยคำนวณจาก

ขนาดแหล่งน้ำ = ปริมาณน้ำ/ความลึกเฉลี่ย

ความลึกเฉลี่ยนี้จะเปลี่ยนแปลงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน จากตัวอย่างที่ 6.1 ขนาดแหล่งน้ำจะเท่ากับ

$$\frac{16,301 \text{ ม}^3}{5 \text{ ม.}} = 32,602 \text{ ตารางเมตร เป็นต้น}$$

หากเทียบเป็นจำนวนไร่ $= \frac{32,602 \text{ ม}^2}{1,600 \text{ ม}^2/\text{ไร่}} = 2.03 \text{ ไร่}$

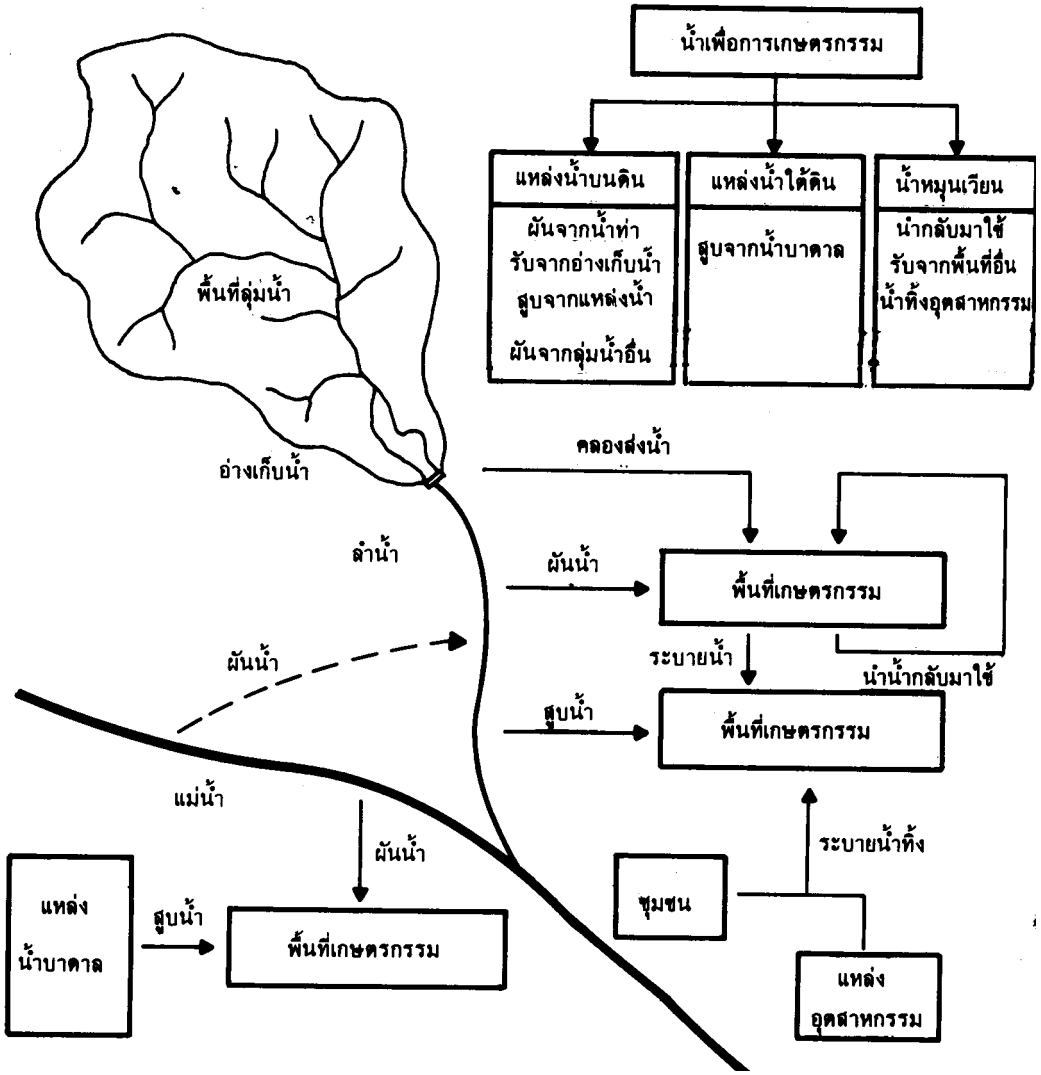
จากหลักเกณฑ์เรื่องนี้ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้พระราชทานแนวทางการพัฒนาที่ดินนอกเขตชลประทานเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในไร่นาตามแนว "ทฤษฎีใหม่" โดยแบ่งการจัดสรรพื้นที่ดังนี้

1. พื้นที่แหล่งน้ำ 30 เปอร์เซนต์
2. พื้นที่อยู่อาศัยและถนน 10 เปอร์เซนต์
3. พื้นที่นาข้าว 30 เปอร์เซนต์
4. พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ไม้ผล 30 เปอร์เซนต์

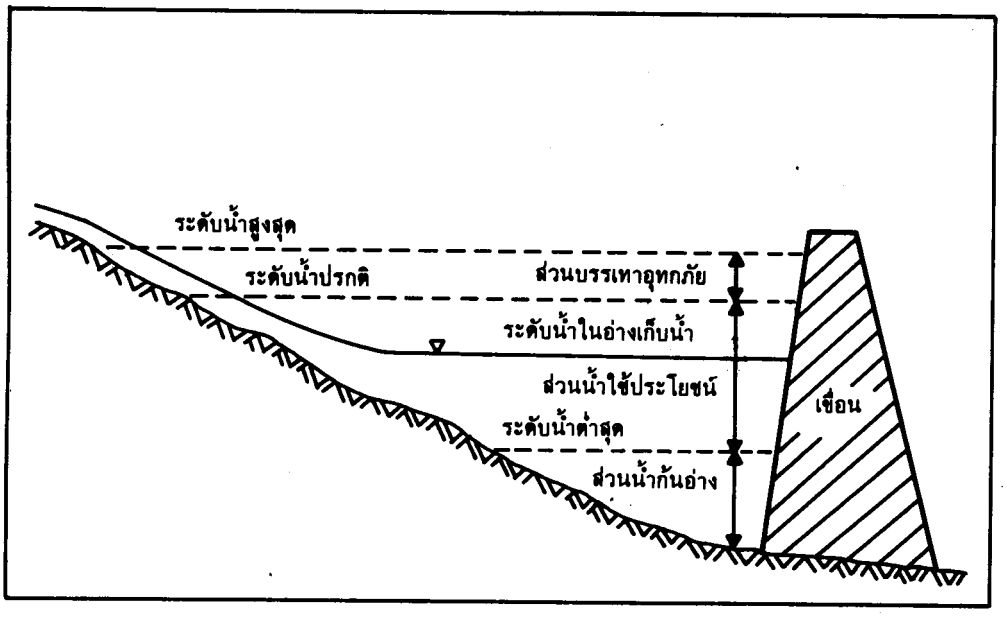
ซึ่งต่อมาได้พระราชดำริเพิ่มเติมว่า ทฤษฎีใหม่ยืดหยุ่นได้ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ซึ่งนับเป็นพระมหากรุณาธิคุณอย่างใหญ่หลวงสำหรับชาวไทยที่ใช้เป็นแนวทางการปฏิบัติในการพัฒนาแหล่งน้ำในไร่นาไว้ใช้ในการอุปโภคบริโภค และใช้เพื่อการเกษตร รูปที่ 6.1 แสดงแนวความคิดของการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรกรรม ส่วนรูปที่ 6.2 แสดงรูปตัดของเขื่อนที่เก็บกักน้ำไว้ใช้ในกรณีเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่

6.4 การพิจารณาระบบส่งน้ำและการแพร่กระจายน้ำ

เมื่อทราบปริมาณน้ำที่จะจัดเก็บไว้ใช้งานแล้ว หากจะนำน้ำไปใช้จะต้องพิจารณาออกแบบขนาดของระบบส่งน้ำ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นแบบคลองเปิด (Open channel) หรือแบบระบบปิดก็ได้ (Under pressured) โดยปริมาณน้ำที่จะต้องส่งหรือให้แก่พืชจะนำมาจากแต่ละเดือนว่ามีปริมาณเท่าใด โดยเลือกใช้ค่าสูงสุดมาออกแบบ ต่อจากนั้นเปลี่ยนหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร/วัน และเมื่อกำหนดชั่วโมงทำงานต่อวันจะสามารถกำหนดอัตราการไหลได้ว่าเป็นกี่ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง สามารถที่จะนำเอามาออกแบบขนาดคลองส่งน้ำหรือเลือกท่อส่งน้ำได้ ลักษณะอย่างนี้เป็นหลักเกณฑ์และวิธีการที่จะนำไปใช้ประโยชน์ โดยจะต้องศึกษาเพิ่มเติมในวิชาการออกแบบระบบให้น้ำ ต่าง ๆ เช่น การออกแบบระบบส่งน้ำ การออกแบบระบบให้น้ำแบบผิวดิน การออกแบบระบบให้น้ำแบบหยดและ ฉีดฝอย เป็นต้น



รูปที่ 6.1 วิธีการดำเนินงานจัดหาน้ำเพื่อการเกษตรกรรม



รูปที่ 6.2 ส่วนต่าง ๆ ของอ่างเก็บน้ำ

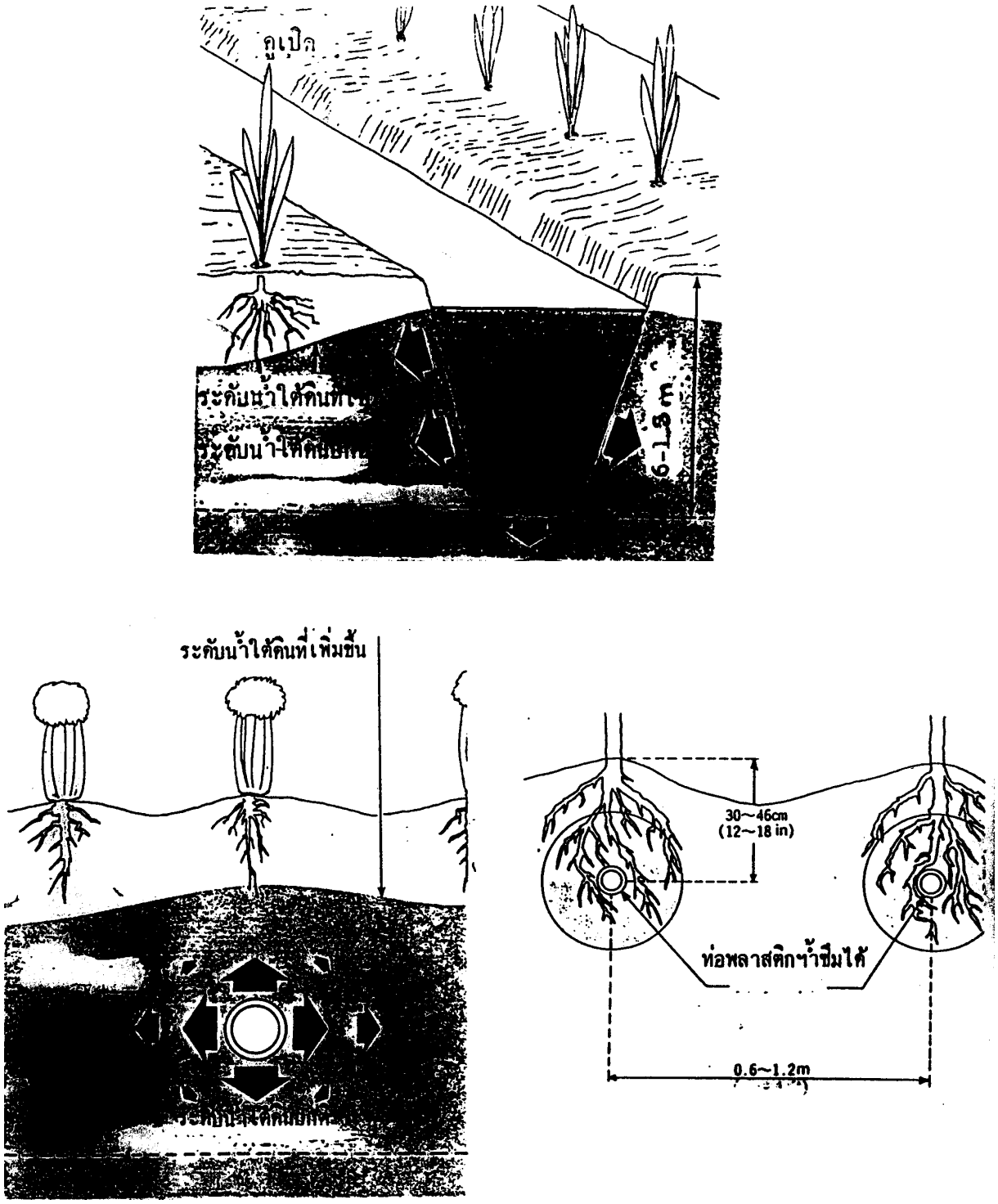
6.5 หลักเกณฑ์และวิธีการเลือกใช้ระบบให้น้ำแบบต่าง ๆ

การจะเลือกวิธีการให้น้ำหรือการจัดการระบบการให้น้ำแก่พืช มีหลักเกณฑ์และวิธีการหลายอย่าง ซึ่งจะต้องพิจารณาจาก**ลักษณะภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้จัดเตรียมไว้ ชนิดของพืชที่จะปลูก วิธีการเกษตรกรรม ค่าลงทุนระบบให้น้ำ ผลตอบแทน ตลอดจนน้ำต้นทุนที่จะนำมาให้แก่พืช** การเลือกวิธีการให้น้ำที่ไม่เหมาะสม นอกจากจะทำให้ค่าลงทุนสูงและได้ประโยชน์ไม่คุ้มค่าแล้ว บางครั้งยังอาจทำให้พื้นที่เพาะปลูกเสียหาย เช่น กรณีพื้นที่ดินเดิมแต่เลือกวิธีการให้น้ำแบบใต้ดิน ทำให้น้ำในระดับใต้ดินสูงจนบางครั้งทำให้พื้นที่นั้นไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช ซึ่งต่อไปจะได้กล่าวถึงวิธีการให้น้ำตามลักษณะของน้ำที่ไหลสู่ดิน ดังนี้

1. การให้น้ำทางใต้ผิวดิน (Sub-surface Irrigation)
2. การให้น้ำทางผิวดิน (Surface Irrigation)
3. การให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation)
4. การให้น้ำแบบจุลภาค (Micro-Irrigation / Drip-Trikle Irrigation)

ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อเสียและลักษณะงานที่แตกต่าง รายละเอียดจึงมุ่งเน้นให้รู้จักส่วนประกอบ คำจำกัดความ ประสิทธิภาพ และประสิทธิภาพการใช้น้ำที่เกิดประโยชน์

6.5.1 การให้น้ำแบบใต้ดิน (Sub-Surface Irrigation) เป็นวิธีการให้น้ำแก่พืชโดยการยกระดับน้ำใต้ดินให้ขึ้นมาสู่ระดับเขตรากพืชได้ คือประมาณ 30-60 ซม. เพื่อให้พืชสามารถดูดน้ำขึ้นมาใช้ได้ โดยมีข้อกำหนดว่า ลักษณะเนื้อดินจะต้องมีความสม่ำเสมอ ใช้กับดินที่มีค่าการซึมซับน้ำสูง (Permeability) จะต้องมีคันทึบน้ำอยู่ชั้นล่าง การควบคุมความชื้นในดินทำได้โดยเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำ ซึ่งทำได้ทั้งแบบคูเปิด และการฝังท่อใต้ดิน (ดูภาพ 6.3 ประกอบ) สำหรับประเทศไทยจะพบมากในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณทุ่งรังสิต ตลิ่งชัน บางบัวทอง และลุ่มแม่น้ำท่าจีน บริเวณดำเนินสะดวก ทั้งนี้เพราะบริเวณนี้ในฤดูน้ำหลากจะถูกน้ำท่วมประจำ เกษตรกรจึงทำคันยกร่องเพื่อทำการเพาะปลูก ทั้งพืชผัก พืชไร่และไม้ผล ตามรูปที่ 6.4 โดยหลักการแล้วจะต้องมีการตรวจวัดว่า ระดับน้ำที่ขังไว้ในร่องจะซึมซับเข้าไปในบริเวณคันดินได้เท่าใด เพื่อที่จะกำหนดความกว้างและความสูงของคันดินเพาะปลูกได้ ปัจจุบันเกษตรกรมีความชำนาญมาก และสามารถพิจารณาได้ว่าระดับน้ำควรจะอยู่ที่ระดับใด ต้นไม้ถึงจะให้ผลผลิตดี โดยเฉพาะการปลูกทุเรียนในเขตจังหวัดนนทบุรี ในฐานะเป็นวิศวกรชลประทานจะต้องศึกษา เพิ่มเติมต่อไป



รูปที่ 6.3 วิธีการให้น้ำแบบใต้ดินชนิดฝังท่อใต้ดินและแบบคูเปิด

รูปที่ 6.4 วิธีการให้น้ำแบบใต้ผิวดินชนิดคูเปิดที่นิยมใช้ในประเทศไทย

6.5.2 วิธีการให้น้ำแบบผิวดิน (Surface Irrigation) เป็นวิธีการให้น้ำแก่พืชในลักษณะที่ปริมาณน้ำไหลไปบนผิวดิน และซึมลงไปในดิน บริเวณที่น้ำขังหรือไหลผ่าน เพื่อให้ดินเก็บความชื้นไว้ให้กับพืช การให้น้ำแบบผิวดินที่นิยมใช้จะมีอยู่ 3 รูปแบบใหญ่ ๆ คือ การให้น้ำแบบร่องคู การให้น้ำแบบเป็นผืน และการให้น้ำแบบเป็นอ่าง โดยมีข้อดีข้อเสียดังนี้

1. ข้อดีของวิธีการให้น้ำแบบผิวดิน

(1.1)สามารถใช้ได้กับดินและพืชเกือบทุกชนิด

(1.2)มีความคล่องตัวสูงในการให้น้ำ คือ สามารถให้น้ำแก่พืชเสร็จในระยะเวลาเพียงวันเดียวเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาการให้น้ำแต่ละครั้ง เช่น 7 วัน หรือ 10 วันครั้ง

(1.3)ค่าลงทุนถูกเมื่อเทียบกับการให้น้ำแบบอื่น ๆ ถ้าต้องใช้เครื่องสูบน้ำก็ไม่ต้องการแรงม้าสูง มีอุปกรณ์และอาคารประกอบไม่มาก

(1.4)ไว้วางใจได้ ถ้ามีน้ำอยู่แล้ว เนื่องจากไม่ต้องอาศัยเครื่องมืออุปกรณ์อะไรมากมาย

(1.5)ถ้ามีการออกแบบและผู้ให้น้ำมีความรู้และประสบการณ์ก็สามารถที่จะให้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง หรือมากกว่าวิธีอื่นด้วยซ้ำไป

2. ข้อเสียของวิธีการให้น้ำแบบผิวดิน

(2.1)ต้องการการปรับพื้นที่ให้เรียบและมีความลาดเทสม่ำเสมอ จะต้องเสียจ่าใช้จ่ายสูง และอาจจะไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตื้นเกินไป

(2.2)อาจเกิดการกัดเซาะขึ้นได้ในกรณีที่มีความลาดเทของพื้นที่ชันมาก

(2.3)ระบบการกระจายน้ำและระบายน้ำอาจกีดขวางการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร

(2.4)อาจก่อให้เกิดปัญหาการระบายน้ำขึ้นได้ ถ้าให้น้ำอย่างไม่มีประสิทธิภาพและเลือกวิธีการให้น้ำไม่ถูกต้อง

(2.5)ผู้ใช้ต้องมีความรู้ความชำนาญพอสมควร จึงจะสามารถให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงได้

(2.6)ต้องใช้แรงงานมากเมื่อเทียบกับการให้น้ำแบบอื่น ๆ

ดังนั้นในการออกแบบและเลือกใช้จึงต้องระมัดระวังข้อเสียดังกล่าว ซึ่งต่อไปนี้จะอธิบายรายละเอียดของการให้น้ำแต่ละวิธีดังนี้

1) การชลประทานแบบร่องคู (Furrow Irrigation) เป็นการให้น้ำไหลผ่านร่องคูขนาดเล็กและให้น้ำค่อย ๆ ซึมไปในด้านข้าง ซึ่งมีขนาดความกว้างประมาณ 0.25-0.40 ม. ลึก 0.15-0.30 ม. รูปที่ 6.5 แสดงการเพาะปลูกแบบร่องคู และการให้น้ำ

ในการออกแบบระบบให้น้ำแบบร่องคูจะต้องทราบลักษณะดินว่าเป็นดินร่วน ดินทราย หรือดินเหนียว ความชันของพื้นที่ ความลึกของน้ำที่จะให้มีหน่วยเป็น มม. ทั้งนี้เพื่อนำไปกำหนดความยาวของร่องคู และเลือกอัตราการให้น้ำเฉลี่ย (ลิตร/วินาที) ตารางที่ 6.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลาดเทของร่องคู ชนิดของดิน ความลึกของน้ำที่จะให้เพื่อใช้ในการออกแบบ

ตัวอย่างที่ 6.2 ในการปลูกอ้อยในดินร่วน ต้องการให้น้ำความลึก 100 มม. จงหาความยาวของร่องอ้อย และอัตราการให้น้ำเฉลี่ยที่เหมาะสม ว่าควรเป็นเท่าใด โดยกำหนดความลาดเทของพื้นที่ 0.2%

วิธีทำ

จากตารางที่ 6.5 พิจารณาดินว่าเป็นดินร่วน และช่วงความลาดเทเท่ากับ 0.2% จะพบว่าความยาวร่องคูที่เหมาะสม ประมาณ 370 เมตร และอัตราการให้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3 ลิตร/วินาที

สำหรับการประยุกต์การใช้งานนั้น ส่วนใหญ่เกษตรกรจะมีแปลงอยู่แล้ว ดังนั้นควรมุ่งเน้นเรื่องความลึกของน้ำที่จะให้ และอัตราการไหลให้เหมาะสม

ตัวอย่างที่ 6.3 ในการแนะนำให้เกษตรกรใช้น้ำแปลงร่องคู พบว่าระดับหัวแปลงมีความสูงที่ +6.500 รทก. ระดับท้ายแปลง +6.000 รทก. ความยาวแปลง 250 เมตร ดินเป็นดินร่วน จงหาว่าความลึกของน้ำที่จะให้ และอัตราการให้น้ำที่เหมาะสมควรเป็นเท่าใด

วิธีทำ

1. หาความลาดเทของพื้นที่ $= \frac{\text{ระดับที่แตกต่าง}}{\text{ความยาว}} \times 100$

$$= \frac{(6.500 - 6.000)}{250} \times 100$$

$$= 0.2\%$$

2. จากตารางที่ 6.5 ความยาวแปลง 250 เมตร จะอยู่ระหว่างความยาว 220 และ 370 เมตร ขณะที่ปริมาณน้ำที่จะต้องให้อยู่ระหว่าง 50 และ 100 มม. ตามลำดับ

จึงใช้วิธีการเทียบค่าเฉลี่ย $= 50 + \frac{(100 - 50)}{(370 - 220)} \times (250 - 220)$

$= 60$ มม.

หรือ $= 100 - \frac{(100 - 50)}{(370 - 220)} \times (370 - 250)$

$= 60$ มม.

และอัตราการให้น้ำเฉลี่ย $= 3$ ลิตร/วินาที

รูปที่ 6.5 แสดงพื้นที่เพาะปลูกและการให้น้ำแบบร่องคู

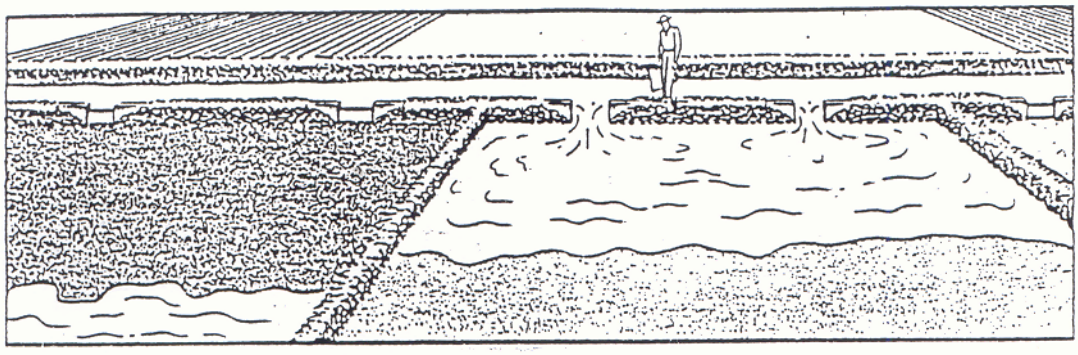
ตารางที่ 6.5

2) การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border) การให้น้ำแบบนี้จะต้องมีคันดินด้านข้าง 2 ด้าน เพื่อบังคับน้ำที่ไหลเข้าทางหัวแปลง แล้วไหลบ่าท่วมไปยังท้ายแปลงตามรูปที่ 6.6 โดยมีทิศทางการไหลตามความลาดเทของพื้นที่ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกันกับคันดินทั้งสอง ตารางที่ 6.6 และ 6.7 เป็นขนาดมาตรฐานสำหรับการออกแบบน้ำท่วมเป็นผืน สำหรับพืชที่มีรากลึกและตื้นตามลำดับ ซึ่งจะช่วยให้สามารถออกแบบขนาดของแปลงได้เหมาะสม สำหรับอัตราการให้น้ำต่อความกว้าง 1 เมตร (ในช่องที่ 4 ของตารางที่ 6.6 และ 6.7) ถ้าคูณด้วยความกว้างของแปลง ก็จะได้อัตราการให้น้ำต่อหนึ่งแปลงได้

ตัวอย่างที่ 6.4 ในการปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ รากพืชลึกประมาณ 1.20 เมตร ดินมีลักษณะเป็นดินเหนียว ความลาดเทของพื้นที่ประมาณ 0.20% ความลึกของน้ำที่จะให้เท่ากับ 120 มม. จงหาขนาดความกว้างและความยาวของแปลงที่เหมาะสม และอัตราการให้น้ำต่อแปลง

วิธีทำ

จากตารางที่ 6.7 ในช่วงดินเหนียว ขนาดของแปลงควรมีความกว้าง 5-18 เมตร ยาวไม่เกิน 300 เมตร อัตราการให้น้ำต่อแปลง = 4 (5 - 18) = 20 - 72 ลิตร/วินาที



รูปที่ 6.6 การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนยาว (GRADED BORDER)

ตารางที่ 6.6 ขนาดมาตรฐานสำหรับออกแบบการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation)

สำหรับพืชที่รากลึก

ชนิดดิน	อัตราการซึม	ความลาดเท	อัตราการให้น้ำต่อความกว้าง 1 ม.	ความลึกของน้ำที่จะให้	ขนาดของแปลง	
					กว้าง	ยาว
	มม./ชม.	%	ลิตร/วินาที	มม.	เมตร	เมตร
ดินทราย (Sand)	25	.2-.4 .4-.6 .6-1.0	10-15 8-10 5-8	100 100 100	12-30 9-12 6-9	60-90 60-90 75
ดินทรายปนดินร่วน (Loamy sand)	18-25	.2-.4 .4-.6 .6-1.0	7-10 5-8 3-6	125 125 125	12-30 9-12 6-9	75-150 75+150 75
ดินร่วนปนทราย (Sandy loam)	12-18	.2-.4 .4-.6 .6-1.0	5-7 4-6 2-4	150 160 160	12-30 6-12 6	90-250 90-180 90
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay loam)	6-8	.2-.4 .4-.6 .6-1.0	3-4 2-3 1-2	175 175 175	12-30 6-12 6	180-300 90-180 90
ดินเหนียว (Clay)	2.5-6	.2-.3	2-4	200	12-30	350

ตารางที่ 6.7 ขนาดมาตรฐานสำหรับออกแบบการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation)

สำหรับพืชที่รากตื้น

ชนิดดิน	ความลึกของดิน	ความลาดเท	อัตราการให้น้ำต่อความกว้าง 1 ม.	ความลึกของน้ำที่จะให้	ขนาดของแปลง	
					กว้าง	ยาว
	เมตร	%	ลิตร/วินาที	มม.	เมตร	เมตร
ดินร่วนปน	0.6	0.15-0.6	6-8	50-100	5-18	90-180
ดินเหนียว	บนชั้นดินที่	0.6-1.5	4-6	50-100	5-6	90-180
(Clay loam)	โปร่งมาก	1.5-4.0	2-4	50-100	5-6	90
ดินเหนียว	0.6	0.15-0.6	3-4	100-150	5-18	180-300
(Clay)	บนชั้นดินที่	0.6-1.5	2-3	100-150	5-6	180-300
	โปร่งมาก	1.5-4.0	1-2	100-150	5-6	180
ดินร่วน	0.15-0.45					
(Loam)	บนชั้นดินดาน	1.0-4.0	1-4	25-75	5-6	90-130

3) การให้น้ำแบบท่วมเป็นอ่าง (Basin) โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลง แล้วทำคันล้อมพื้นที่แปลงไว้ ภายในแปลงปรับระดับเดียวกัน เมื่อให้น้ำลงในแปลงน้ำก็จะแผ่กระจายท่วมผิวดินและค่อนข้างสม่ำเสมอ ตัวอย่างได้แก่ แปลงนาข้าวทั่ว ๆ ไป การเลือกขนาดของแปลง จะพิจารณาจากคุณลักษณะของดิน พืชที่ปลูก ตารางที่ 6.8 เป็นขนาดของแปลงที่ควรใช้และอัตราการให้น้ำที่เหมาะสม

ตัวอย่างที่ 6.5 การปลูกข้าวในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ดินเป็นดินร่วนปนทราย มีคูส่งน้ำสายซอย อัตราการไหล 180 ลิตร/วินาที ถ้าต้องการให้น้ำแบบท่วมเป็นอ่างพร้อมกัน ครั้งละ 3 แปลง จงหาขนาดของแปลงที่เหมาะสมว่าควรมีขนาดเท่าใด

วิธีทำ 1. หาอัตราการให้น้ำแต่ละแปลง

อัตราการไหลของน้ำในคูหัวแปลง = 180 ลิตร/วินาที ต้องการให้ 3 แปลงพร้อมกัน ดังนั้น อัตราการไหลของแต่ละแปลง เท่ากับ $\frac{180}{3}$ = 60 ลิตร/วินาที

2. จากตารางที่ 6.8 ขนาดของพื้นที่เหมาะสมควรเป็นขนาด 0.75 ไร่ หรือประมาณ 1200 $ม^2$

ตารางที่ 6.8 ขนาดของแปลงที่ควรใช้ (ไร่) สำหรับดินและอัตราการให้น้ำขนาดต่าง ๆ กัน (Basin Irrigation)

อัตราการให้น้ำ		ชนิดของดิน			
ลิตร/วินาที	ลบ.ม./ชม.	ดินทราย	ดินร่วนปนทราย	ดินร่วนปนดินเหนียว	ดินเหนียว
30	108	.125	.375	.75	1.25
60	216	.250	.750	1.50	2.50
90	324	.375	1.125	2.25	3.75
120	432	.500	1.500	3.00	5.00
150	540	.625	1.875	3.75	6.25
180	648	.750	2.250	4.50	7.50
210	756	.875	2.625	5.25	8.75
240	864	1.000	3.000	6.00	10.00
270	972	1.125	3.375	6.75	11.25
300	1080	1.250	3.750	7.50	12.50

6.5.3 วิธีการให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation) เป็นวิธีการให้น้ำแก่พืช โดยน้ำจากแหล่งน้ำจะถูกสูบผ่านท่อไปยังพื้นที่เพาะปลูกด้วยแรงดันสูง และให้ฉีดพ่นเป็นฝอยออกทางหัวฉีด แล้วให้ฉีดน้ำแผ่กระจาย ตกลงมาบนพื้นที่เพาะปลูก โดยมีรูทรงการกระจายน้ำสม่ำเสมอเป็นรูสายเหลี่ยม เมื่อวางหัวทับซ้อนแล้วจะได้อัตราของน้ำที่ตกลงบนพื้นสม่ำเสมอ อัตราของน้ำที่ไหลลงพื้นจะต้องน้อยกว่าอัตราซึมของน้ำที่เข้าไปในดิน (ตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 เรื่องอัตราซึมของดิน)

<u>สภาวะที่ควรพิจารณาเลือกใช้การชลประทานแบบฉีดฝอย</u>

การชลประทานแบบฉีดฝอย สามารถจะใช้ได้กับพืชและดินทุกชนิด แต่เนื่องจากว่าค่าลงทุนค่อนข้างสูงมาก จึงมักเลือกใช้วิธีนี้ เมื่อวิธีอื่น ๆ ไม่สามารถจะใช้ได้ หรือใช้ได้แต่ให้ประสิทธิภาพต่ำมาก ดังนี้ควรพิจารณาเลือกใช้การชลประทานแบบฉีดฝอย เมื่อสภาพของพื้นที่ ดิน และองค์ประกอบอื่น ๆ มีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1. เมื่อผิวดินไม่สม่ำเสมอ มีระดับแตกต่างกันมาก และมีความลึกของชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต้นมาก ไม่เหมาะที่จะทำการปรับระดับพื้นที่เพื่อให้น้ำทางผิวดิน

2. เนื้อดินมีโครงสร้างโปร่งมาก มีอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินสูงมากเกินกว่า 75 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งจะทำให้การให้น้ำแบบผิวดินมีการสูญเสียน้ำมากหรือมีประสิทธิภาพต่ำ

3. พื้นที่มีความลาดเทชันเกินไป จนอาจเกิดการกัดพาผิวดินอย่างรุนแรงในขณะส่งน้ำเข้าในพื้นที่เพาะปลูกได้

4. ปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้มีน้อยเกินไป ถ้าใช้วิธีการให้น้ำทางผิวดิน จำเป็นต้องกำหนดเวลาในการส่งน้ำนานเกินไป ทำให้มีน้ำซึมสูญเสียที่ต้น ๆ แปลงมาก หรือต้องทำแปลงให้สั้น ซึ่งทำให้ไม่สะดวกและมีประสิทธิภาพต่ำ

5. ผู้ใช้น้ำไม่มีความรู้ความชำนาญในการให้น้ำทางผิวดิน

6. ในพื้นที่ที่มีแรงงานหายาก หรือมีราคาค่าแรงสูง การใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ ประกอบกับวิธีการให้น้ำแบบฉีดฝอย จะช่วยลดความจำเป็นในการใช้แรงงานในการจัดการให้น้ำไปได้

7. ต้องการใช้พื้นที่ให้เกิดผลผลิตโดยเร็ว การให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้สามารถออกแบบและติดตั้งได้รวดเร็วมาก

การให้น้ำแบบฉีดฝอย นอกจากจะเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ คุณสมบัติของดิน ฯลฯ ดังกล่าวแล้ว ยังมีข้อดีและข้อเสียอีกหลายประการ เมื่อเปรียบเทียบกับการชลประทานแบบผิวดิน ซึ่งควรนำมาพิจารณาประกอบ ดังนี้

<u>ข้อดีของการชลประทานแบบฉีดฝอย</u>

1) การวัดปริมาณน้ำทำได้ง่ายและสะดวกกว่า จึงควบคุมการให้น้ำได้ถูกต้องยิ่งขึ้น มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง

2) สามารถที่จะออกแบบระบบให้น้ำให้มีความกระทบกระเทือนต่อการปฏิบัติงานในพื้นที่เพาะปลูกได้น้อยกว่าการให้น้ำแบบผิวดิน

3) ในกรณีที่ต้องสูบน้ำขึ้นมาจากคลองส่งน้ำหรือบ่อน้ำบาดาลอยู่แล้ว การใช้การให้น้ำแบบฉีดฝอยจะไม่ต้องลงทุนเพื่อเพิ่มความดันของน้ำที่หัวฉีด และถ้าหากมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำแห่งเดียวกันเพื่อวัตถุประสงค์อย่างอื่นด้วย เช่น ใช้เลี้ยงสัตว์หรือใช้ในบ้าน ก็อาจจะใช้ท่อส่งน้ำร่วมกันได้ นอกจากนี้ ถ้าหากสามารถส่งน้ำซึ่งมีแรงดันสูงพอไปยังพื้นที่เพาะปลูกโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลกได้ด้วยแล้ว การให้น้ำวิธีนี้ก็จะยิ่งน่าใช้มากขึ้น เพราะจะสามารถลดค่าเชื้อเพลิงลงได้มาก

4) การให้น้ำแบบฉีดฝอยสามารถให้น้ำครั้งละน้อย ๆ และบ่อยครั้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เหมาะสมกับพืชที่มีรากตื้น เช่น พืชที่เริ่มงอก หรือพวกผักต่าง ๆ ซึ่งมีรากตื้น และต้องการให้ดินมีความชุ่มชื้นสูงอยู่เสมอ

5) ระบบให้น้ำแบบนี้อาจจะใช้ให้ปุ๋ยและสารเคมีแก่พืชในขณะเดียวกันกับให้น้ำได้ด้วย เหมาะที่จะใช้กับการเตรียมเพาะกล้า และใช้กับต้นกล้าที่ย้ายมาปลูกใหม่ได้เป็นอย่างดี

6) ประหยัดแรงงานหรือใช้แรงงานน้อยกว่าแบบผิวดิน

<u>ข้อจำกัดของการชลประทานแบบฉีดฝอย</u>

1) ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ มาก ค่าลงทุนครั้งแรกสูงมาก และต้องระวังเรื่องการลัดขโมยอุปกรณ์

2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ มักจะสูงกว่าการให้น้ำทางผิวดิน น้ำที่ใช้ในระบบชลประทานแบบฉีดฝอยต้องมีความดันมากพอควร ซึ่งในการนี้ต้องใช้เครื่องสูบน้ำ ดังนั้นจะต้องเสียค่าเชื้อเพลิงหรือค่าไฟฟ้าในการให้น้ำทุกครั้ง และมีอุปกรณ์ซึ่งต้องบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำอีกด้วย

3) การเคลื่อนย้ายท่อและอุปกรณ์เพื่อนำไปใช้ในพื้นที่ที่อื่นหลังจากที่ให้น้ำแก่พืชเสร็จแล้วอาจจะทำได้ไม่สะดวก เพราะดินจะเปียกและเป็นโคลน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นพวกดินเหนียว

4) การให้น้ำแก่พืชโดยให้เม็ดน้ำตกลงบนผิวดินอย่างทั่วถึงกันนั้น อาจทำให้เมล็ดของวัชพืชต่าง ๆ งอกงาม และจะต้องมีการกำจัดวัชพืชมากขึ้น

5) เม็ดน้ำที่ตกลงมาบนต้นและใบพืช จะชะล้างยาฆ่าเชื้อราและยาฆ่าแมลงที่ฉีดไว้ออกไปด้วย ดังนั้นการฉีดยาเหล่านี้จะต้องทำภายหลังจากการให้น้ำแล้ว

6) เนื่องจากว่าน้ำจะเปียกผิวดิน ตลอดจนกิ่ง ใบ และลำต้นของพืชจนทั่ว ดังนั้นการให้น้ำแบบนี้จะมีการสูญเสียน้ำไปโดยการระเหยมากกว่าแบบอื่น ๆ

7) การแผ่กระจายของเม็ดน้ำที่ตกลงบนผิวดิน จะไม่สม่ำเสมอหากมีลมพัดแรง ทำให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำลดลง อาจจะต้องมีการออกแบบเป็นพิเศษ ถ้าจะเลือกใช้วิธีการให้น้ำแบบนี้ในเขตที่มีลมพัดแรงเป็นประจำ เช่น ปลูกต้นไม้ป้องกันลม (Wind Brake) และไม่ควรใช้เมื่อมีลมพัดแรงเกินกว่า 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

8) ในกรณีที่มีความจำเป็นจะต้องให้น้ำแก่พื้นที่ทั้งหมด ในระยะเวลาอันสั้น เช่นขณะที่ต้นพืชยังเล็กอยู่ และอากาศร้อนจัด ซึ่งจะต้องให้น้ำบ่อยครั้ง สภาพดังกล่าวนี้อาจจะเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ และให้น้ำไม่

ทันกับความต้องการ แต่ถ้าหากมีน้ำมากพออยู่แล้ว การให้น้ำทางผิวดินจะสามารถให้น้ำในระยะเวลาอันสั้นได้ง่ายและรวดเร็วกว่า

9) ความยุ่งยากเนื่องจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ชำรุด เช่น หัวสปริงเกอร์ไม่หมุน อุดตัน ข้อต่อท่ออาจรั่ว เป็นต้น หรือเครื่องสูบน้ำต้องการความเอาใจใส่เป็นพิเศษ

10) คุณภาพน้ำที่ใช้ ถ้ามีความเค็ม จะเป็นเหตุให้เกลือดูดซึมเข้าไปในใบพืชบางชนิด ทำให้ใบไหม้เป็นอันตรายได้

<u>องค์ประกอบหลักของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย</u>

ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญสี่อย่างด้วยกัน คือ เครื่องสูบท่อประธาน (Mainline Pipe) ท่อแขนง (Lateral Pipe) และหัวจ่ายน้ำ (Sprinkler) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6.7

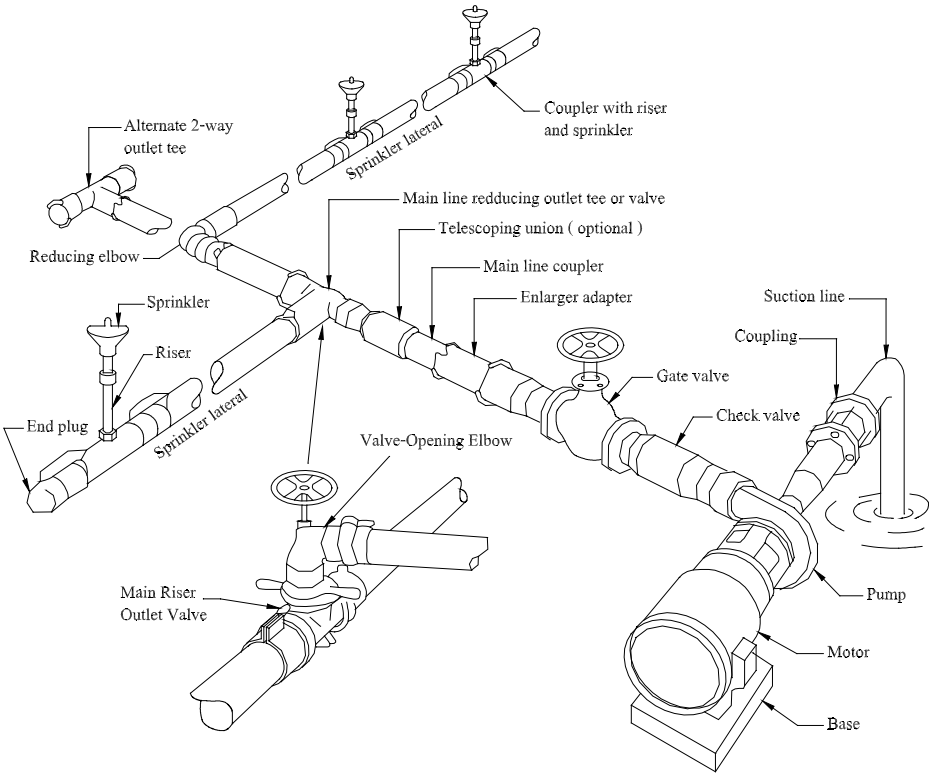
- เครื่องสูบน้ำ (Pumping Unit) ทำหน้าที่สูบน้ำจากแหล่งและเพิ่มความดันให้กับหัวจ่ายน้ำ (Sprinkler) เครื่องสูบน้ำอาจจะขับเคลื่อนยนต์หรือมอเตอร์ก็ได้

- ท่อประธาน (Mainline Pipe Unit) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากเครื่องสูบน้ำไปสู่ท่อแขนง (Laterals) ท่อประธานนี้อาจจะเป็นท่ออ่อน (Flexible) ท่อโลหะที่ถอดออกได้เป็นท่อน ๆ หรือเป็นท่อนที่ติดต่ออยู่กับที่ก็ได้

- ท่อแขนง (Lateral Pipe Unit) ทำหน้าที่ส่งน้ำต่อจากท่อประธานให้กับหัวจ่ายน้ำ (Sprinkler) ท่อแขนงนี้มีสามแบบเช่นเดียวกันกับท่อประธาน แต่มีขนาดเล็กกว่า และมีอุปกรณ์สำหรับติดตั้งท่อ (Riser) เพื่อให้หัวฉีดจ่ายน้ำอยู่สูงกว่าระดับยอดของพืช

- หัวจ่ายน้ำ (Sprinkler Unit) ทำหน้าที่จ่ายน้ำซึ่งมีสองแบบด้วยกัน คือ แบบจ่ายน้ำโดยการหมุนหัวฉีดเป็นวงกลมในแนวราบ และแบบเป็นท่อ ซึ่งเจาะรูเล็ก ๆ ให้น้ำฉีดออกมาตลอดความยาวของท่อนั้น แต่แบบหลังนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยมนัก เมื่อพูดถึงหัวจ่ายน้ำโดยทั่ว ๆ ไปจึงหมายถึงหัวจ่ายน้ำแบบหมุนฉีดเป็นวงกลมในแนวราบ

หัวใจของระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยจะอยู่ที่หัวจ่ายน้ำ ซึ่งจะต้องหาอัตราการให้น้ำให้ได้ว่ามีอัตราการให้น้ำกี่มิลลิเมตร/ชั่วโมง เพื่อนำค่านี้ไปตรวจสอบกับอัตราการซึมของดิน ระยะเวลาการให้น้ำ ตลอดจนการเลือกขนาดของท่อส่งน้ำและเครื่องสูบน้ำ



รูปที่ 6.7 องค์ประกอบระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย

รูปที่ 6.8 เป็นรูปคุณลักษณะเฉพาะของหัวจ่ายน้ำ ซึ่งจะบอกถึงแรงดันใช้การ อัตราการไหล ม^3/ชม. เส้นผ่าศูนย์กลางของพื้นที่เปียกน้ำ และอัตราการให้น้ำ

ตัวอย่างที่ 6.6 หัวจ่ายน้ำยี่ห้อ NAAN รุ่น 322/90 ถ้าเลือกใช้แรงดัน 3.5 บรรยากาศ อัตราการไหลจะเท่ากับ 0.54 ม^3/ชั่วโมง และเส้นผ่าศูนย์กลางการฉีดน้ำเท่ากับ 24 เมตร ถ้าใช้ระยะระหว่างหัว 6x6 เมตร จะให้อัตราให้น้ำ 15 มม./ชั่วโมง ถ้าเป็น 6x12, 9x12, 12x12 จะให้อัตราการให้น้ำเท่ากับ 7.5, 5.0, 3.7 มิลลิเมตร/ชั่วโมง ตามลำดับ สาเหตุที่กำหนดระยะหัวไว้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้เพราะกระแสลมจะมีอิทธิพลต่อระบบการให้น้ำแบบนี้มาก แต่ถ้าคุณลักษณะของหัวไม่ได้บอกอัตราการให้น้ำไว้ ก็สามารถที่จะคำนวณได้จากสูตร

อัตราการให้น้ำ (Precipitation Rate, Pr) = $\frac{1{,}000 \times \text{อัตราจ่ายน้ำของหัว Sprinkler วงกลม (ม.}^3\text{/ชม.)}}{\text{ระยะระหว่างหัว (เมตร)}}$

ตัวอย่างที่ 6.7 ในการปลูกพืชประเภทข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดใช้น้ำวันละ 6 มม. ดินเป็นดินร่วน อัตราการซึม 10 มม./ชั่วโมง ถ้าเลือกหัวจ่ายน้ำ รุ่น 322/92 BOCHEN ที่แรงดัน 3.5 บรรยากาศ อัตราการไหล 1.05 ม^3/ชั่วโมง เส้นผ่าศูนย์กลางเปียกน้ำ 25 เมตร ระยะระหว่างหัว 12x12 เมตร จงพิจารณาว่า หัวจ่ายน้ำนี้เหมาะสมกับอัตราการซึมหรือไม่ และถ้าให้น้ำแก่พืช ความถี่ 2 วัน/ครั้ง จะต้องให้น้ำนานกี่ชั่วโมง เมื่อ ประสิทธิภาพการให้น้ำ 80 เปอร์เซ็นต์

วิธีทำ

1. หาอัตราการให้น้ำชลประทาน (Pr)

$$= \frac{1{,}000 \times \text{อัตราการจ่ายน้ำของหัวสปริงเกอร์วงกลม (ม.}^3\text{/ชม.)}}{\text{ระยะระหว่างหัว (เมตร)}}$$

$$= \frac{1{,}000 \times 1.05}{12 \times 12}$$

$$= 3.7 \text{ มม./ชั่วโมง} < 10 \text{ มม./ชั่วโมง}$$

เนื่องจากอัตราการให้น้ำน้อยกว่าอัตราการซึม ถือว่าใช้ได้

2. ความถี่ในการให้น้ำ 2 วัน/ครั้ง

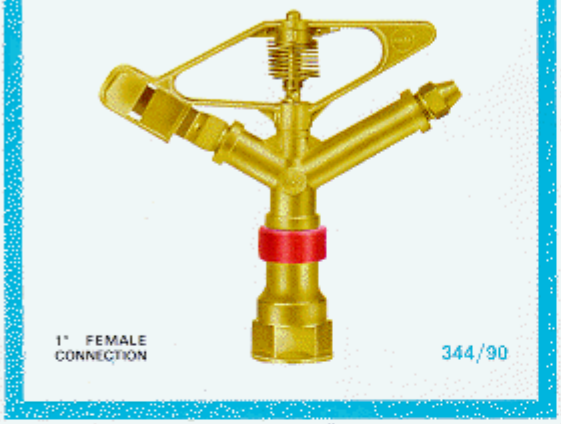
ปริมาณน้ำที่จะให้ = $2 \times 6 = 12$ มม.

ระยะเวลาให้น้ำ = $\frac{\text{ปริมาณน้ำที่ต้องให้ (มม.)}}{\text{ประสิทธิภาพ x อัตราการให้น้ำ (ม.}^3\text{/ชม.)}}$

$$= \frac{12}{} = 4.05 \text{ ชั่วโมง}$$

0.8 x 3.7

NAAN 344/90, 344/92
MAJOR SIZE GENERAL PURPOSE SPRINKLER



NAAN 344/90 MAJOR SIZE GENERAL PURPOSE SPRINKLER

For general purpose irrigation of all field and forage crops. With two nozzles, larger discharges and precipitations. Spoon hammer drive, thrust spring and protector sleeve, stainless steel axle. Weight : 770 g.

NAAN 344/92 MAJOR SIZE GENERAL PURPOSE SPRINKLER

For general purpose as 344/90. Brass hammer, wedge drive, thrust spring and protector sleeve, stainless steel axle. Weight : 730 g.

PERFORMANCE TABLE

Nozzle Size in mm. CODE		Pressure in atm.	Discharge in m^3/h.	Diameter Coverage in m.	Precipitation in mm/h for Covered Area Spacing in metres					
344/90	344/92				12 x 12	12 x 15	12 x 18	18 x 18	18 x 24	24 x 24
4.8 x 4.8 PERSIL	4.8 x 4.8 PAGOD	3.0	2.86	29	19.9	15.9	13.2			
		3.5	3.08	30	21.4	17.1	14.3			
		4.0	3.29	31	22.8	18.3	15.2			
		4.5	3.48	32	24.2	19.4	16.1			
		5.0	3.64	32	25.3	20.2	16.9			
5.5 x 4.8 PERLOD	5.5 x 4.8 PATIN	3.0	3.30	32	22.9	18.4	15.3	10.2		
		3.5	3.59	33	24.9	20.0	16.6	11.1		
		4.0	3.84	34	26.7	21.4	17.8	11.9		
		4.5	4.04	35	28.0	22.5	18.7	12.5		
		5.0	4.25	35	29.5	23.6	19.7	13.1		
6.3 x 4.8 PERGIN	6.3 x 4.8 PARAC	3.0	3.85	34	26.7	21.4	17.8	11.9	8.9	
		3.5	4.16	35	28.9	23.1	19.3	12.9	9.6	
		4.0	4.47	36	31.0	24.9	20.7	13.8	10.3	
		4.5	4.71	37	32.7	26.2	21.8	14.6	10.9	8.2
		5.0	4.94	37	34.3	27.5	22.9	15.3	11.4	8.6
		5.5	5.18	38	36.0	28.8	24.0	16.0	12.0	9.0
7.5 x 5.5 PERTAT	7.5 x 5.5 PALOF	3.0	5.28	36			24.5	16.3	12.2	9.2
		3.5	5.68	37			26.3	17.6	13.1	9.9
		4.0	6.05	39			28.0	18.7	14.0	10.5
		4.5	6.38	40			29.5	19.7	14.7	11.1
		5.0	6.74	41			31.2	20.8	15.6	11.7
		5.5	7.06	41			32.7	21.8	16.3	12.3
8.5 x 5.5 PERNES	8.5 x 5.5 PAKID	3.0	5.16	38			28.5	19.0	14.3	10.7
		3.5	6.66	39			30.8	20.6	15.4	11.6
		4.0	7.11	40			32.9	22.0	16.4	12.4
		4.5	7.52	41			34.8	23.2	17.4	13.1
		5.0	7.77	42			36.0	24.0	18.0	13.5
		5.5	8.13	42			37.7	25.1	18.8	14.1

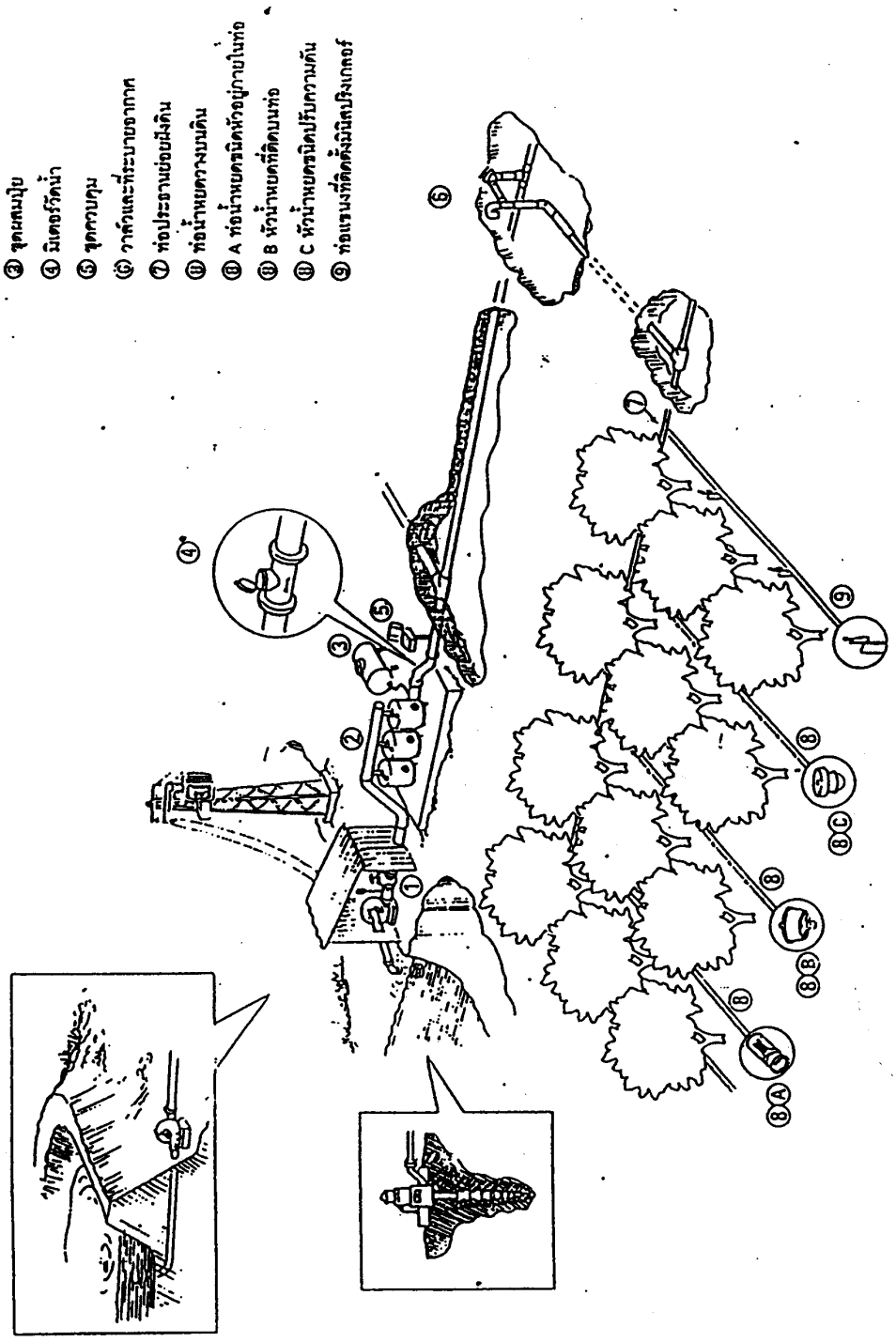
Shaded area not recommended for ideal irrigation.

รูปที่ 6.8 ตัวอย่างอัตราการให้น้ำของหัวฉีดฝอย (Sprinkler)

6.5.4 วิธีการชลประทานแบบหยด (Drip or Trickle Irrigation) เป็นการให้น้ำแก่พืชเฉพาะในเขตรายพืช โดยมีการควบคุมปริมาณน้ำให้แก่พืชครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อยครั้งอย่างสม่ำเสมอ ด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า หัวจ่ายน้ำ (Emitter) จุดมุ่งหมายสำคัญของการให้น้ำแบบนี้ก็เพื่อที่จะรักษาระดับความชื้นของดิน บริเวณรากพืชให้อยู่ในระดับที่รากพืชดูดไปใช้ได้อย่างง่าย สร้างความเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ พอเหมาะ และเป็นไปตามความต้องการของพืช โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญดังต่อไปนี้

1) เป็นวิธีการให้น้ำด้วยอัตราทีละน้อย ๆ (น้อยกว่า 250 ลิตร/ชม.)
2) เป็นวิธีการให้น้ำที่ใช้เวลานาน (นานมากกว่า 30 นาที)
3) เป็นวิธีการให้น้ำช่วงบ่อยครั้ง (ไม่เกิน 3 วันครั้ง)
4) เป็นวิธีการให้น้ำโดยตรงในบริเวณเขตรากพืชหรือเขตพุ่มใบ (เปียกอย่างน้อย 60%)
5) เป็นวิธีการให้น้ำด้วยระบบท่อที่ใช้แรงดันต่ำ (แรงดันที่หัวจ่ายน้ำไม่เกิน 20 เมตร)

รูปที่ 6.9 เป็นรูปแบบทั่วไป แสดงองค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยด มีข้อดีข้อเสียที่ควรพิจารณา ดังนี้



รูปที่ 6.9 รูปแบบทั่วไปองค์ประกอบของระบบชลประทานแบบหยด

ข้อดีของระบบให้น้ำแบบหยด

1) ประหยัดน้ำ เนื่องจากการให้น้ำแบบนี้ เป็นการให้น้ำเปียกเฉพาะบริเวณเขตราก ความต้องการน้ำของพืชขึ้นอยู่กับขนาดทรงพุ่มของพืช ซึ่งจะน้อยมากเมื่อพืชยังเล็ก หรือพืชที่ปลูกใหม่ วิธีการให้น้ำแบบนี้จะประหยัดได้มากกว่าแบบฝนโปรย (Sprinkler Irrigation) หรือการให้บนผิวดิน เนื่องจากปริมาตรของดินที่เปียกน้ำน้อยกว่า เพราะดินที่อยู่ระหว่างต้นพืชจะไม่ถูกให้น้ำ ซึ่งอย่างน้อย 60% ของดินในเขตรากพืชถูกให้น้ำเปียกก็เพียงพอ

2) ประหยัดพลังงาน เนื่องจากใช้น้ำน้อยกว่าการให้น้ำแบบวิธีอื่น จึงใช้พลังงานในการสูบน้ำน้อยลง หรือถ้าเทียบกับการให้น้ำแบบฝนโปรย ความดันที่ใช้งานจะต่ำกว่า จึงใช้ต้นกำลังที่เล็กกว่าก็จะประหยัดพลังงานลงได้

3) การเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตพืชที่ปลูกได้รับน้ำสม่ำเสมอและทั่วถึงกัน ดินมีความชื้นอยู่ตลอดเวลา แรงดึงน้ำของดินต่ำ เพราะเป็นการให้น้ำครั้งละน้อย แต่บ่อยครั้ง โดยเฉพาะในขณะที่พืชกำลังงอกและยังเล็กอยู่ ทำให้เปอร์เซนต์การรอดตายมีมาก อัตราการเจริญเติบโตสูง และใช้น้ำน้อยกว่าวิธีอื่น แต่ให้ผลผลิตมากกว่าการให้น้ำโดยวิธีอื่น

4) ประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยสำหรับในพื้นที่ที่มีฝนตกน้อย การให้น้ำแบบไมโครจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายปุ๋ยเข้าไปในดิน ซึ่งการให้ปุ๋ยครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อย ๆ และโดยตรงต่อพืชจะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ซึ่งการควบคุมปริมาณปุ๋ยและเวลาให้ปุ๋ยจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยมากขึ้น แต่ปุ๋ยที่ให้พร้อมกับการจ่ายน้ำนี้ จะต้องเป็นปุ๋ยที่ละลายน้ำได้หมดหรือเกือบหมด เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาอุดตันแก่ระบบ

5) ใช้แรงงานน้อย ในการดำเนินงานเนื่องจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบการให้น้ำแบบนี้ได้ติดตั้งเป็นการค่อนข้างถาวร พร้อมที่จะให้น้ำได้ทุกเมื่อ แค่เปิดและปิดวาล์ว สำหรับการให้น้ำแต่ละส่วน และการให้น้ำทีละน้อย ทำให้ขยายพื้นที่ให้น้ำแต่ละครั้งได้มากขึ้น โดยใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเดียวกัน ซึ่งจะเป็นผลให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ

6) การให้น้ำที่มีสารละลายเกลือปน ในพื้นที่ที่ตอนกลางวัน แดดร้อนจัด และมีความชื้นต่ำ จะมีการระเหยสูง เป็นสาเหตุทำให้เกิดใบไหม้ได้ ถ้าให้น้ำที่มีสารละลายเกลือปนอยู่ โดยการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ แต่การให้น้ำแบบหยดนั้น น้ำไม่โดนใบจึงไม่เกิดปัญหา การให้น้ำแบบจุลภาคนี้ช่วยลดความเข้มข้นของเกลือ เนื่องจากมีความชื้นตลอดเวลา จึงสามารถใช้น้ำที่มีเกลือปนอยู่ได้มากกว่าวิธีให้น้ำแบบอื่น

ข้อเสียและปัญหาในชลประทานแบบจุลภาค

1) การอุดตันที่หัวปล่อยน้ำ นับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่สุดที่ทำให้ระบบการให้น้ำแบบหยดไม่ประสบผลสำเร็จ ถึงแม้การกรองน้ำจะเป็นวิธีที่ดีในการลดปัญหาการอุดตัน แต่บางกรณีใช้วิธีการกรองอย่างเดียวไม่เพียงพอ จะต้องมีการใช้น้ำยาเคมีเข้าช่วย เนื่องจากการอุดตันอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ตะกอน ทราย โคลนตมพอกรองได้ แต่สำหรับการตกตะกอนของสารเคมีที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น แคลเซี่ยมและเมือกสนิมเหล็ก หรือเกิดจากการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในท่อ หรือที่หัวปล่อยน้ำ เช่น ตะไคร่ แบคทีเรีย กำมะถัน หรือเหล็ก ต้องใช้น้ำยาเคมีเข้าช่วย เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีบางกรณีที่แมลงและมดเข้าไปทำรังที่หัวจ่ายน้ำ ตอนที่หยุดให้น้ำนาน ๆ ในฤดูฝน ซึ่งหัวจ่ายน้ำบางชนิดจะมีตัวป้องรูเมื่อไม่จ่ายน้ำด้วย

2) เกลือในดิน สำหรับดินที่มีเกลือขึ้นมาสะสมบริเวณผิวหน้าดิน เมื่อมีฝนตกลงมาน้อย จะชะล้างเกลือที่สะสมนี้ลงไปในเขตราก ดังนั้น เมื่อฝนตกก็ควรให้น้ำตามลงไปด้วย เพื่อช่วยผลักเกลือออกนอกเขตราก นอกจากว่ามีฝนตกมีจำนวนมากกว่า 15 มม. การให้น้ำแบบหยด เกลือจะสะสมอยู่บนดินรอบ ๆ เขตเปียกของหัวจ่ายน้ำแต่ละหัว ถ้าดินแห้งระหว่างการให้น้ำ จะทำให้น้ำพาเกลือที่อยู่รอบเคลื่อนที่ขึ้นมาบนผิวดินรอบ ๆ หัวจ่ายน้ำ ดังนั้นควรจะต้องรักษาความชื้นโดยการให้น้ำไว้ตลอดเวลา เพื่อป้องกันความเสียหายจากเกลือในพื้นที่ที่ได้รับน้ำฝนน้อย เช่น น้อยกว่า 1200 มม./ปี ควรจะต้องมีน้ำให้ในช่วงฤดูแล้งเพื่อชะล้างเกลือออกนอกเขตรากพืช เพราะจะมีปัญหามากในช่วงฤดูแล้งถ้าขาดน้ำ

3) ความเสียหายของระบบท่อ ระบบท่อที่วางบนดินอาจจะได้รับความเสียหายจากการทำงานของคนงาน หรือเครื่องจักรในการปราบวัชพืช หรือจากสัตว์ต่าง ๆ เช่น หนู กระรอก กระต่าย หรือสุนัข มากัดแทะท่อหรือหัวจ่ายน้ำและมด หรือแมลง อาจเข้าไปสู่หัวจ่ายน้ำขณะที่หยุดส่งน้ำเป็นต้น

4) ค่าลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูง เนื่องจากระบบนี้ต้องใช้ท่อแขนง ท่อแยกประธานและท่อประธานเป็นจำนวนมาก และก็ต้องใช้หัวจ่ายน้ำเป็นจำนวนมากด้วย เฉพาะค่าหัวจ่ายน้ำเป็นจำนวนมากด้วย เฉพาะค่าหัวจ่ายน้ำชนิดที่พอเชื้อถือได้ คิดเป็นเงินประมาณ 25 ถึง 35 เปอร์เซ็นต์ ของเงินทุนทั้งระบบ และยังต้องมีเครื่องกรองน้ำและอุปกรณ์อื่น ๆ อีก ค่าลงทุนเฉลี่ยสำหรับพืชสวนตกไร่ละ 9,000-14,000 บาท ยังไม่รวมเครื่องสูบน้ำและท่อประธาน ฉะนั้นระบบนี้เหมาะที่จะใช้กับพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง น้ำที่ใช้จัดหามาด้วยราคาแพง พื้นที่ลาดชันหรือ สูง ๆ ต่ำ ๆ เป็นคลื่น แรงงานหายากและมีราคาแพง ไม่เหมาะสมที่จะให้น้ำด้วยวิธีอื่น

องค์ประกอบหลักของระบบให้น้ำแบบหยด

อุปกรณ์ที่สำคัญจะต้องมีในระบบ ได้แก่ หัวจ่ายน้ำ ท่อแขนง ท่อประธานย่อย ท่อประธาน ประตูน้ำ เครื่องกรองน้ำ และเครื่องสูบน้ำ เป็นต้น นอกจากนี้ บางครั้งก็อาจจำเป็นต้องมีอุปกรณ์พิเศษเพิ่มขึ้นอีกตามความเหมาะสม โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ถือว่าเป็นเครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง อันได้แก่ เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำ เครื่องฉีดผสมปุ๋ยหรือสารเคมี เครื่องควบคุมความดัน วาล์วป้องกันน้ำไหลกลับ วาล์วระบายอากาศ เป็นต้น

(1) หัวจ่ายน้ำ นับว่าเป็นสิ่งสำคัญมากหรือหัวใจของระบบให้น้ำแบบจุลภาคทีเดียว อาจมีการเรียกได้หลายอย่าง แล้วแต่ความนิยมของแต่ละประเทศ หรือของแต่ละบริษัทผู้ผลิตจะตั้งขึ้น แต่โดยทั่วไปแล้วพิจารณาแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ หัวน้ำหยด หัวฉีดละออง หัวไมโครสปริงเกลอร์ และหัวฉีดน้ำเป็นจังหวะซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดคุณลักษณะต่อไป

(2) ท่อแขนง เป็นท่อซึ่งมีหัวจ่ายน้ำติดอยู่ ต่อแยกจากท่อประธานย่อย หรือบางครั้งก็ต่อจากท่อประธานโดยตรง และเป็นท่อซึ่งติดตั้งหัวปล่อยน้ำ วางชิดขนานไปกับแถวของต้นพืช อาจใช้ท่อแขนง 1 แนว สำหรับพืช 1-2 แถว หรือท่อแขนง 1-2 แนว สำหรับพืช 1 แถว ก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสม ท่อแขนงโดยทั่วไปทำด้วยพลาสติกประเภท พีวีซี (polyvinyl chloride, PVC) และพีอี (Polvethylene, PE) เป็นต้น โดยนิยมวางท่อแขนงไว้บนผิวดินมากกว่าใต้ดิน ท่อจึงควรจะต้องเป็นสีดำเพื่อป้องกันแสงอาทิตย์ที่จะทำให้เกิดตะไคร่น้ำอุดตันหัวจ่ายน้ำ นอกจากนี้ สีดำซึ่งเป็นสารถ่านดำ (carbon black) ยังช่วยทำให้อายุการใช้งานนานขึ้น นอกจากป้องกันแสงเหนือม่วง (Utra violet) จากดวงอาทิตย์ได้ดี ท่อแขนงอาจจะฝังใต้ดินเพื่อป้องกันสัตว์ทำลาย สำหรับขนาดของท่อ จะถูกกำหนดโดยจำนวนต้นพืชต่อแถว และจำนวนของหัวจ่ายน้ำที่ไหลต่อต้น หรือโดยจำนวนของหัวและความยาวของท่อที่ใช้ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 12-25 มม. ที่ใช้กันมาก 16 และ 20 ซึ่งโดยปกติมักใช้ไม่เกินขนาด 20 มม. ถ้าไม่มีความจำเป็นเพราะจะทำให้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นมาก ความยาวของท่อขึ้นอยู่กับการสูญเสียแรงดันในเส้นท่อ ถ้าปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายมาก ท่อก็ต้องใหญ่หรือวางได้สั้นลง ไม่ควรเกิน 200 ม. สำหรับน้ำหยดและสำหรับไมโครสปริงเกลอร์ไม่ควรยาวเกิน 100 เมตร แต่ถ้าใช้เป็นท่อพีวีซี ต้องฝังดินเพื่อป้องกันรังสีจากแสงอาทิตย์ที่ทำให้ท่อกรอบ และแตกง่าย อายุการใช้งานสั้น ขนาดที่นิยมใช้ ¾" - 1"

(3) ท่อประธานย่อย เป็นท่อที่มีท่อแขนงหลายสายต่ออยู่ และท่อนี้ต่อแยกจากท่อประธานเพื่อแบ่งการควบคุมเป็นส่วน ๆ ท่อนี้ถ้าระบบไม่ใหญ่มากนักก็ไม่จำเป็นต้องมี คือ มีเฉพาะท่อแขนงต่อโดยตรงกับท่อประธานก็ได้ ท่อประธานย่อยนี้ทำจากวัสดุเช่นเดียวกับท่อแขนง โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 32-75 มม. ที่ใช้กันมากขนาด 30-50 มม. ท่อประธานย่อยวางทั้งชนิดบนดินและฝังใต้ดิน ถ้าเป็นท่อพีวีซีขนาดที่นิยมใช้ 2½-2 นิ้ว

(4) ท่อประธาน เป็นท่อซึ่งเชื่อมโยงท่อประธานย่อย หรือท่อแขนงในแต่ละสายให้ต่อไปยังแหล่งน้ำ ท่อประธานจะทำจากวัสดุดังต่อไปนี้ พีอี (polyethylene) ชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) ท่อพีวีซี แข็ง (rigid PVC) และซีเมนต์ใยหิน (asbestos cement) ซึ่งจะใช้วัสดุแบบใดก็ตามไม่ควรเป็นวัสดุที่เป็นสนิมและลอกเป็นสะเก็ดง่าย เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาอุดตันที่หัวจ่ายน้ำและจากท่อประธานนี้ท่อประธานย่อยหรือท่อแขนง อาจจะแยกออกไปด้านเดียว หรือทั้งสองด้านก็ได้ ปกติท่อประธานจะนิยมฝังใต้ผิวดิน

(5) เครื่องกรองน้ำ เป็นอุปกรณ์สำคัญสำหรับระบบการให้น้ำแบบหยด เพราะน้ำที่ใช้สำหรับระบบนี้จะต้องเป็นน้ำที่สะอาดจริง ๆ เพื่อขจัดปัญหาการอุดตันซึ่งมักจะเกิดขึ้นเสมอ ตามปกติจะเป็นแบบตะแกรง (screen filter) หรือแบบแผ่นดิสก์ (disc filter) และแบบกรวดทราย (gravel-sand

filter) ทั้งนี้ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับลักษณะของตะกอน ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 เรื่องคุณภาพน้ำสำหรับการชลประทาน

(6) เครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง เป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งไว้ใกล้กับแหล่งน้ำตรงจุดเริ่มต้นของระบบ เพื่อควบคุมความดัน ปริมาณน้ำ และคุณภาพน้ำ เป็นต้น อาจจะประกอบด้วย

ก. เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำ เพื่อให้ทราบอัตราการใช้น้ำ ว่าเป็นไปได้ตามที่กำหนดหรือไม่ นับว่าเป็นประโยชน์มาก สามารถรู้ถึงความบกพร่องของระบบได้ด้วยว่ามีท่อแตกหรือหัวอุดตัน ทำให้น้ำไหลไปได้น้อยกว่าปกติหรือไม่

ข. เครื่องวัดแรงดัน เพื่อให้ทราบความดันขณะใช้งาน เพราะจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวจ่ายน้ำ

ค. เครื่องควบคุมแรงดัน เพื่อให้ความดันไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อาจติดตั้งที่ต้นทางจากท่อประธาน หรือที่หัวแปลงย่อยก็ได้ เพื่อจะช่วยรักษาความดันของน้ำในแต่ละท่อแขนงให้เท่ากันมากที่สุด จะทำให้ปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวปล่อยน้ำใกล้เคียงกัน

ง. วาล์วป้องกันน้ำไหลกลับ เมื่อเวลาหยุดการให้น้ำ อาจจะมีน้ำไหลกลับทางไปยังเครื่องสูบน้ำ ถ้าน้ำผสมปุ๋ยก็อาจจะเกิดปัญหาเคมีไปผสมกับแหล่งน้ำอื่น นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเกิดปรากฏการณ์น้ำกระแทกท่ออย่างฉับพลันได้ หรือหัวปล่อยน้ำที่วางบนผิวดินอาจจะดูดเอาตะกอนดินเข้าไปในหัวปล่อยน้ำได้

จ. วาล์วระบายอากาศ วาล์วนี้จะติดตั้ง ณ ตำแหน่งที่สูงสุด หรือตำแหน่งที่คาดว่ามีอากาศ เพื่อใช้ระบายอากาศที่สะสมอยู่ในระบบท่อ ซึ่งทำให้น้ำไหลไม่เต็มท่อ เป็นการสูญเสียแรงดัน และน้ำไหลได้ไม่สะดวกเต็มที่

ฉ. เครื่องฉีดผสมปุ๋ย เพื่อใช้ประโยชน์ในการผสมปุ๋ยไปพร้อมกับการให้น้ำปกติมี 2 แบบ คือ แบบที่ใช้ระบบแรงดันแตกต่างของน้ำในเส้นท่อ กับระบบที่ต้องมีเครื่องปั๊มฉีดที่อาศัยพลังงานภายนอกผสมเข้าไป ปัจจัยที่ต้องพิจารณาสำหรับการผสมปุ๋ยไปพร้อมกับการจ่ายน้ำ ได้แก่ อัตราและความเข้มข้นของสารละลาย ตลอดจนการตกตะกอนของสารละลาย และความสม่ำเสมอของการจ่ายปุ๋ย เป็นต้น

<u>คุณลักษณะของหัวจ่ายน้ำ</u>

หัวใจของระบบชลประทานแบบหยดยังคงเป็นหัวจ่ายน้ำเช่นเดียวกับระบบการชลประทานแบบฉีดฝอย ทั้งนี้เพราะจะนำไปใช้ประกอบการคำนวณหาระยะเวลาการให้น้ำ ขนาดและความยาวของท่อ รวมทั้งขนาดเครื่องสูบน้ำ คุณลักษณะของหัวจ่ายน้ำที่จำเป็นต้องพิจารณา ได้แก่

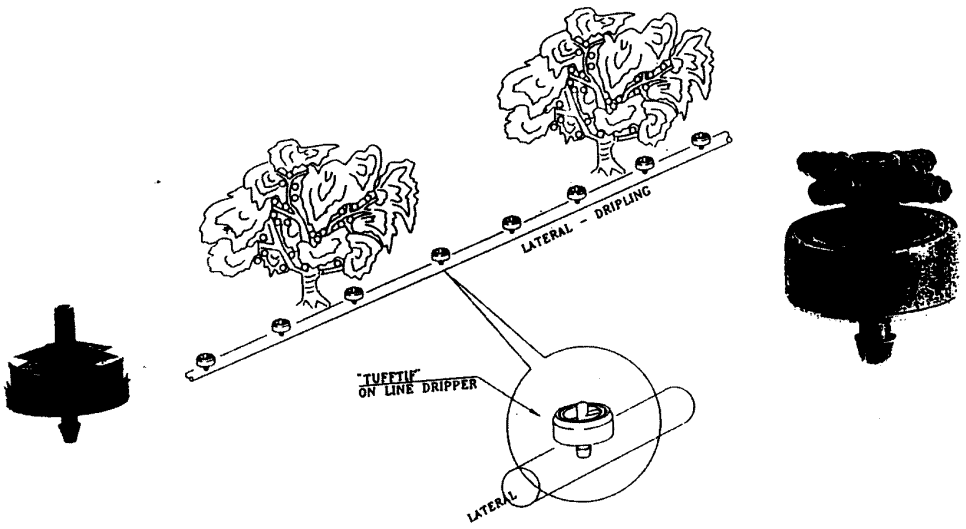
1. ขนาดของรูจ่ายน้ำ เพื่อให้ทราบโอกาสการอุดตัน และการพิจารณาเลือกความละเอียดของเครื่องกรอง ซึ่งปกติรูของหัวจ่ายน้ำแบบหยดจะมีขนาดเล็กกว่าแบบฉีดฝอย

2. อัตราการจ่ายน้ำ เพื่อที่จะทราบระยะเลาในการให้น้ำแต่ละครั้ง และเพื่อนำไปคำนวณหาขนาดท่อ และความยาวที่พอเหมาะ

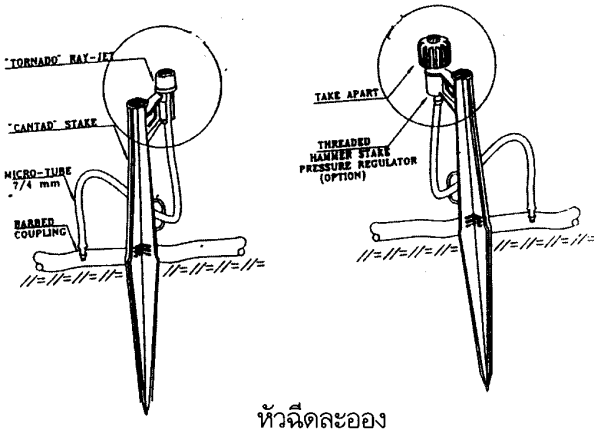
3. แรงดันใช้งานเพื่อที่จะได้ทราบแรงดันที่จะต้องใช้ที่เครื่องสูบน้ำให้พอเหมาะกับที่ต้องการ และแรงดันที่ใช้งานของแต่ละหัว จะต้องไม่แตกต่างกันเกิน 20% ในการเปิดน้ำแต่ละครั้ง

4. รัศมีการจ่ายน้ำ เพื่อจะได้ทราบการกระจายของน้ำ ว่าจะเป็นพื้นที่เปียกน้ำเท่าใด ซึ่งอย่างน้อยสำหรับน้ำหยดไม่ควรน้อยกว่า 60% ของพื้นที่ทรงพุ่ม ซึ่งทำให้ทราบได้ว่าจะต้องใช้หัวน้ำหยดอย่างน้อยกี่หัวต่อต้น และถ้าเป็นแบบฉีดฝอยควรจะมากกว่า 70% แต่ไม่ควรเกิน 90% เพราะจะทำให้สูญเสียน้ำนอกจากกรณีล้างดินเค็ม ที่ต้องให้ความชื้นผลักดันเกลือออกนอกเขตราก

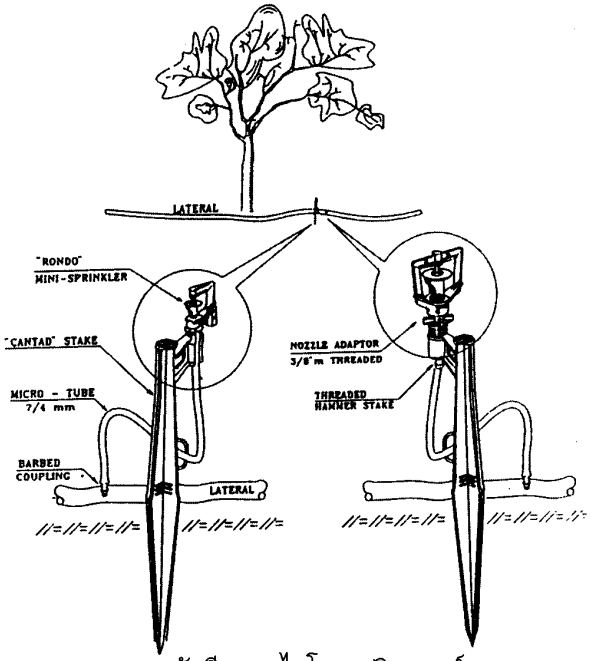
5. ลักษณะการติดตั้งหัว เพื่อจะเลือกให้เหมาะสมกับพืช และความสะดวกในการใช้งาน เป็นต้น รูปที่ 6.10 แสดงคุณลักษณะทั่วไปของหัวจ่ายน้ำ



หัวน้ำหยด



หัวฉีดละออง



หัวฉีดแบบไมโครสปริงเกลอร์

หัวจ่ายน้ำแบ่งออกเป็นหลายลักษณะ ซึ่งสามารถพิจารณารายละเอียดในการเลือกใช้ในแต่ละแบบ คือ

หัวน้ำหยด มีการผลิตจำหน่ายกันหลายแบบ ตั้งแต่ราคาถูก ๆ ทำง่าย ๆ เป็นหัวชนิดปรับอัตราการไหลของน้ำ โดยหมุนเกลียวเข้าออก ปรับที่หัวให้มากน้อยได้ จะนิยมใช้กับพื้นที่เล็ก ๆ เพราะมีประสิทธิภาพต่ำ โดยใช้กับการปลูกพืชหลายชนิดอยู่ในแถวเดียวกัน ซึ่งต้องการน้ำแตกต่างกัน เพื่อจะปรับให้เหมาะสมใกล้เคียงความต้องการของพืช แต่จะปรับให้ได้เท่ากับความต้องการจริง ๆ ทำได้ไม่ง่าย สำหรับหัวจ่ายน้ำที่เป็นท่อขนาดจิ๋ว (Microtube) ซึ่งควบคุมอัตราการจ่ายน้ำด้วยขนาดของรูและความยาวของท่อ ขนาดของรูประมาณ 0.8-1.3 มม. ความยาวที่ใช้ประมาณ 0.30-1.00 เมตร นับว่าเป็นหัวที่มีราคาประหยัด ถ้ามีการออกแบบถูกต้องก็จะใช้งานได้ดี

- สำหรับหัวน้ำหยดที่ติดบนท่อแขนง (on-line) สามารถจะติดตั้งระยะห่างเท่าใดก็ได้ตามต้องการ เพราะจะติดตั้งได้เอง ตอนที่ต้นยังเล็ก อาจจะใช้เพียง 1 หัวต่อต้น เมื่อต้นโตขึ้นก็เพิ่มจำนวนหัวได้ตามความเหมาะสม หรือจะเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของหัวให้สัมพันธ์กับต้นไม้ที่มีความแตกต่างกันก็ได้ นอกจากนี้ยังมีหัวชนิดหัวเดียว แต่มีจุดจ่ายน้ำออกหลายจุด เช่น 4-6 จุด เป็นต้น ทำให้สามารถกระจายพื้นที่เปียกน้ำให้พืชได้มากขึ้น จะได้ลดการสูญเสียของน้ำที่อาจจะซึมในเขตราก ถ้าน้อยจุด แต่ให้ด้วยอัตราที่มาก ปกติพื้นที่เปียกน้ำควรจะกระจายไม่น้อยกว่า 60% ของพื้นที่เขตรากพืช

- สำหรับในกรณีที่ใช้กับแปลงผักต้องมีการยกออกเพื่อเตรียมแปลงใหม่หรือเอาเก็บทุกฤดูกาล ควรใช้หัวน้ำหยดแบบที่ต่ออยู่ภายในเส้นท่อ (in-line) หรือในสาย (line-source tubing) ซึ่งสะดวกในการเก็บย้าย มีจำหน่ายอยู่หลายชนิด ทั้งที่เป็นท่อบาง ๆ คล้าย ๆ เทป มีแถบให้น้ำไหลออกข้าง ๆ ท่อ อายุการใช้งานอาจจะประมาณ 2-3 ฤดูกาล ราคาเมตรละ 3-5 บาท เหมาะที่จะใช้กับการปลูกพืชผักที่ขายได้ราคาดี และต้องการคืนทุนในระยะสั้น หรือเป็นชนิดผนังท่อหนาขึ้น มีหัวน้ำหยดติดอยู่ภายในตามระยะที่ต้องการ มีอายุการใช้งานนานกว่า 5 ปี ราคาเมตรละประมาณ 10-15 บาท เหมาะที่จะใช้กับพืชที่ปลูกเป็นแถว เช่น ผัก และพืชผักที่มีราคาแพง ปลูกหมุนเวียนกันตลอด กรณีที่ปลูกพืชใช้พลาสติกคลุมดิน ก็จะนิยมใช้ระบบน้ำหยดแบบท่อน้ำหยดในสาย จะสะดวกและประหยัด

สำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถว เช่นผักก็พยายามให้น้ำเปียกทั่วถึงกันหมด (line-source) ตลอดความยาวของแปลง ระยะห่างของหัวจะขึ้นอยู่กับชนิดของดิน และอัตราการจ่ายน้ำที่หัวปกติสำหรับดินเนื้อละเอียดจะวางหัวห่างกัน 50-60 ซม. ถ้าเป็นเนื้อหยาบมากจะวางห่างกันประมาณ 20-30 ซม. ถ้าเป็นเนื้อดินปานกลาง จะใช้หัวห่างกัน 30-40 ซม. เป็นต้น ซึ่งการทดสอบในแปลงจะช่วยให้กำหนดระยะได้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งปกติจะวางหัวห่างกันประมาณ 90% - 95% ของเส้นผ่าศูนย์กลางเขตเปียกน้ำของดิน ที่ระดับความลึก 20 ซม.

สำหรับไม้ยืนต้นที่ไม่ใหญ่มากนัก ต้องใช้หัวน้ำหยดอย่างน้อย 2 หัวต่อต้น ถ้าต้นขนาดใหญ่ควรใช้อย่างน้อย 3 หัวขึ้นไป คืออย่างน้อยต้องให้มีพื้นที่เปียกน้ำมากกว่า 50% ของพื้นที่ทรงพุ่ม หรือใช้หัวชนิดที่สามารถต่อแยกได้หลายจุดรอบต้นมีทั้งชนิดหัวที่ติดบนท่อ ซึ่งสามารถนำมาติดตั้งเอง หรือถ้าใช้แบบที่มีหัวภายในท่อตามระยะที่ต้องการอาจจะต้องใช้ท่อแขนง 2 สายต่อต้นไม้ 1 แถว สำหรับไม้เถา เช่น องุ่นใช้หัวน้ำ

หยด 1-2 หัวต่อต้นก็พอจะใช้ชนิดติดตั้งบนท่อหรือท่อน้ำหยดในสาย ต้องระบุระยะห่างของหัวก่อนซื้อ เช่น ทุก ๆ ระยะ 50-60 ซม. ต่อต้น

หัวฉีดละอองและหัวไมโครสปริงเกลอร์ ปกติหัวฉีดละออง (Mini Spray) ซึ่งไม่มีส่วนใดหมุนในการฉีดน้ำ ถ้ามีละอองละเอียดมาก (mist) จะนิยมใช้ในโรงเรือนที่มีแปลงปลูกพืชชิดกันอย่างหนาแน่น หรือในแปลงที่ไม่มีปัญหาเรื่องลม สำหรับหัวที่มีละอองขนาดใหญ่ (Mini Spray) ใช้กับต้นไม้ที่ระยะปลูกแคบและควบคุมไม่ให้ต้นมีขนาดใหญ่เกินไป หรือถ้าจะใช้กับต้นไม้ใหญ่จะใช้ 2-3 หัวต่อต้น ตามขนาดของทรงพุ่ม และรัศมีการฉีดน้ำ เพื่อให้คลุมพื้นที่ทรงพุ่มได้ไม่น้อยกว่า 70-80% แต่บางชนิดมีละอองขนาดใหญ่และฉีดได้กว้างมากขึ้น (Mini Jet) อาจจะใช้กับต้นไม้ใหญ่ได้ 1-2 หัวก็พอ

สำหรับไมโครสปริงเกลอร์ใช้กับต้นไม้ขนาดใหญ่ หรือพื้นที่ต้องให้น้ำที่มีวงกว้าง จำนวนหัวจ่ายน้ำต่อต้น อาจจะต้องเปลี่ยนไปตามอายุ ปกติสำหรับต้นไม้ที่อายุยังน้อย ทรงพุ่มยังไม่ใหญ่มากนักก็ใช้ 1 หัว เมื่อต้นไม้โตเราอาจเพิ่มเป็น 2 หัว หรือถ้าสามารถเปลี่ยนเฉพาะส่วนจ่ายน้ำ ให้สามารถกระจายน้ำได้กว้างขึ้นก็จะประหยัดได้ เดี๋ยวนี้หัวจ่ายน้ำมักจะผลิตมาให้สามารถเปลี่ยนอุปกรณ์ดังกล่าวได้ และเป็นที่นิยมใช้กันคือ ใช้หัวไมโครสปริงเกลอร์ 1 หัว ที่มีอัตราการไหลน้ำมาก แต่สามารถเปลี่ยนเป็นฉีดละอองเมื่อต้นไม้ยังเล็ก และเปลี่ยนเป็นไมโคร สปริงเกลอร์ เมื่อต้นไม้ใหญ่ขึ้น

ความดันและอัตราการจ่ายน้ำที่หัวจ่ายน้ำ สำหรับหัวน้ำหยดใช้ความดันประมาณ 5-10 เมตร แต่ปกติจะกำหนดอัตราการจ่ายน้ำที่ความดัน 10 เมตร และอัตราการจ่ายน้ำที่นิยมใช้คือ 2, 4, 8 ลิตร/ชม.

หัวฉีดละอองใช้ความดันประมาณ 10-15 เมตร นิยมกำหนดอัตราการจ่ายน้ำที่ความดัน 15 เมตร อัตราการจ่ายน้ำ 20-70 ลิตร/ชม. และหัวไมโครสปริงเกลอร์ใช้ความดันประมาณ 15-25 เมตร นิยมกำหนดอัตราการจ่ายน้ำที่ความดัน 20 เมตร อัตราการจ่ายน้ำ 40-120 ลิตร/ชม. ดังนั้น เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ จึงได้จัดทำสรุปเป็นตารางที่ 6.9 ซึ่งเปรียบเทียบข้อกำหนดต่าง ๆ ระหว่างน้ำหยด มินิสเปรย์ และไมโคร สปริงเกลอร์

ตารางที่ 6.9 การเปรียบเทียบหัวจ่ายน้ำ

ข้อกำหนด	น้ำหยด	มินิสเปรย์	ไมโครสปริงเกลอร์
- ขนาดรูจ่ายน้ำ	0.5-1.5 มม.	0.8-2.4 มม.	1.0-2.8 มม.
- ประมาณน้ำ	1-12 ลิตร/ชม.	10-200 ลิตร/ชม.	20-250 ลิตร/ชม.
- ความดันใช้งาน (Head, ม.)	5-10 ม. (ปกติ 8-10 ม.)	10-20 ม. (ปกติ 10-15 ม.)	15-25 ม. (ปกติ 15-20 ม.)
- เส้นผ่าศูนย์กลางการให้น้ำ	0.2-1.5 ม.	1-6 ม.	3-10 ม.
- ความต้องการในด้านการกรอง	ตะแกรงขนาด 120-155 Mesh (อาจต้องใช้ทรายในการกรอง)	ตะแกรงขนาด 80-120 Mesh หรือเทียบเท่า	ตะแกรงขนาด 40-120 Mesh หรือเทียบเท่า
- ประสิทธิภาพการให้น้ำ	90-95%	85-90%	80-85%
- ชนิดของดิน	การแผ่กระจายของน้ำมีข้อจำกัดเมื่อใช้กับดินทรายและเหมาะที่สุดที่จะใช้กับดินร่วน	ไม่จำกัด	ไม่จำกัด
- ระยะระหว่างต้นพืช	เหมาะกับพืชที่ปลูกเป็นแถวหรือไม้เล็ก	เหมาะกับพืชที่ปลูกเป็นแถวโดยมีระยะห่างระหว่างแถว 2-4 ม.	ใช้กับต้นไม้ที่ปลูกแถวชิดหรือต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างมาก
- ความสามารถในการใช้งาน	ใช้ในขอบเขตที่จำกัด	สามารถกำหนดช่วงเปียกได้เป็นช่วง ๆ บางชนิดมีขนาดของรูให้เปลี่ยนได้ง่าย	บางชนิดใช้เป็นทั้งมินิสเปรย์หรือไมโครสปริงเกลอร์
- ความเร็วลม	ไม่มีปัญหา	ปานกลาง	มากกว่า
- ราคาลงทุน	น้อย	ปานกลาง	มากกว่า
	6,000-8,000 บาท/ไร่	7,000-9,000 บาท/ไร่	8,000-12,000 บาท/ไร่

6.6 หลักการด้านวิศวกรรมในการให้น้ำแก่พืช และการกำหนดการให้น้ำแก่พืช

6.6.1 หลักการด้านวิศวกรรมในการให้น้ำแก่พืช

จากรายละเอียดที่กล่าวมาตั้งแต่บทที่ 2, 3, 4, 5 สามารถที่จะสรุปหลักเกณฑ์ในการให้น้ำแก่พืชได้ดังนี้

1) จะต้องให้น้ำสอดคล้องกับช่วงอัตราการเจริญเติบโตของพืช

2) การควบคุมความชื้นในดิน จะต้องอยู่ระหว่างความชื้นชลประทาน (Field capacity) กับความชื้นที่ยอมให้ลงได้ ซึ่งปกติจะพิจารณาความชื้นจากพลังงานกำกับแรงดึงความชื้นในดินที่ให้ผลผลิตสูงสุด ตามตารางที่ 5.1

3) ในกรณีที่มีปริมาณน้ำจำกัด การลดปริมาณให้น้ำจะต้องหลีกเลี่ยงช่วงวิกฤตของพืช ส่วนช่วงอื่น ๆ ให้พิจารณาจากแฟคเตอร์การตอบสนอง การขาดน้ำของพืช ว่าควรเสี่ยงในช่วงใดจึงจะเหมาะสมที่สุด

4) การให้น้ำจะต้องให้อย่างเหมาะสม การให้น้ำมากไปและน้อยไปและเกิดผลกระทบทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ กล่าวคือ ให้น้ำมากเกินไป รากพืชจะขาดออกซิเจน อาจเกิดเกลือหรือด่างมาสะสมอยู่ที่รากหรือผิวดิน โครงสร้างของดินเสียสูญเสียแร่ธาตุ เป็นการจำกัดระยะราก และเป็นอุปสรรคต่อการทำงาน ถ้ามีความชื้นมาเกินไปจะต้องมีระบบระบายน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง ส่วนการให้น้ำน้อยไปจะเกิดผลกระทบตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 5 หัวข้อ 5.6

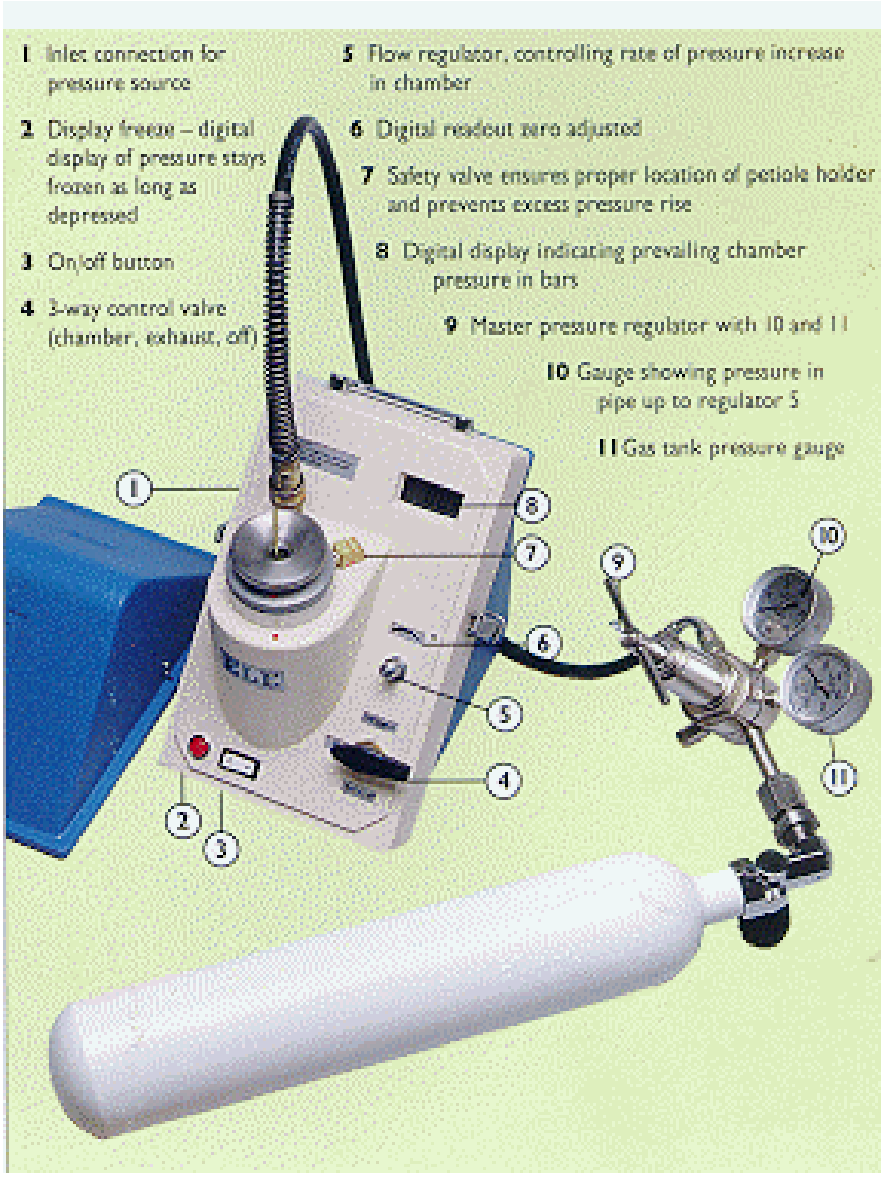
6.6.2 การกำหนดการให้น้ำแก่พืช

การกำหนดการให้น้ำแก่พืช เป็นการศึกษาเพื่อให้ได้คำตอบในการจัดการน้ำให้กับพืชนั่นเอง คำถามที่ใช้ในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช ก็คือ เมื่อใดจะต้องให้น้ำแก่พืช จะให้น้ำแก่พืชครั้งละเท่าใด จะให้น้ำแก่พืชนานเท่าใด จะให้กี่วัน/ครั้ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) เมื่อใดจะต้องให้น้ำแก่พืช สามารถพิจารณาได้จาก

(1.1) <u>การสังเกตอาการของพืช</u> ซึ่งอาจจะอาศัยความชำนาญของตัวเกษตรกรเอง โดยการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของใบ สีของใบพืช เป็นต้น นอกจากนี้ก็อาจอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเรียกว่า Pressure Chamber เป็นตัววัดพลังงานศักย์ของน้ำในใบพืช (Water Potential) ว่ามีสูงหรือต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ก็จะสามารถทราบได้ว่าพืชขาดน้ำหรือไม่ รูปที่ 6.11 แสดงส่วนประกอบของ Pressure Chamber นอกจากนี้อาจจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Scheduler Plant Stress Monitor ซึ่งจะสามารถทำการวัด Relative Humidity, Air Temperature, Plant Temperature และ Sunlight Intensity เพื่อวิเคราะห์หา Plant Stress Index โดยกำหนดเกณฑ์ว่า ถ้าน้อยกว่า 0 ดินมี

ความชื้นสูงมาก, 0-2 พืชอยู่ในสภาพดี, ถ้า > 2 พืชเริ่มขาดน้ำ ก็จะทำให้ทราบว่า ถึงเวลาที่จะให้น้ำแก่พืชแล้ว รูปที่ 6.12 แสดงส่วนประกอบของ Scheduler Plan Stress Monitor



รูปที่ 6.11 ส่วนประกอบของ Pressure Chamber

รูปที่ 6.12 ส่วนประกอบของ Scheduler Plant Stress Monitor

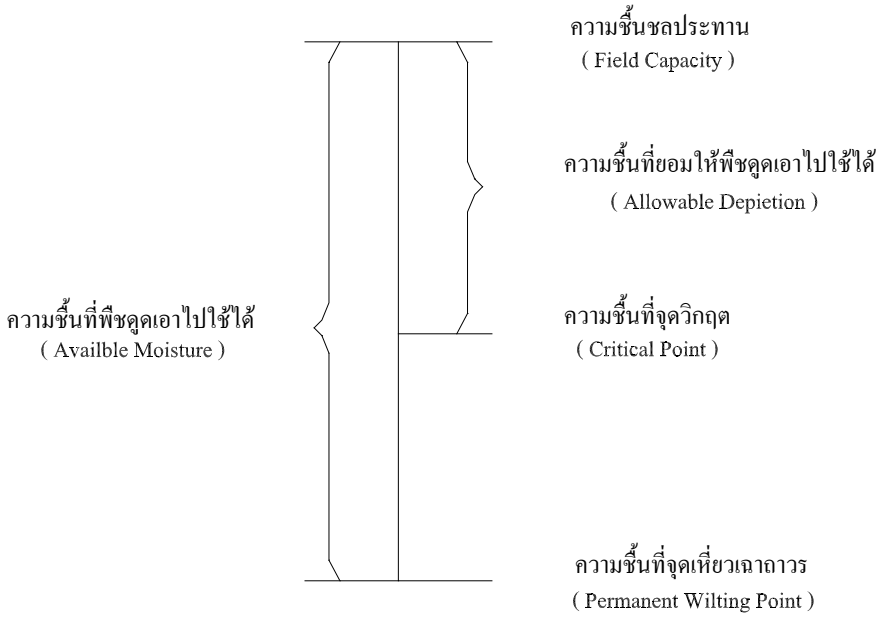
(1.2) <u>การสังเกตจากข้อมูลดิน</u> ซึ่งอาจจะอาศัยจากประสบการณ์และความชำนาญและเครื่องมือวิทยาศาสตร์

- ตารางที่ 5.2 และตามตัวอย่างที่กล่าวมาแล้ว แสดงลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดิน สามารถพิจารณาความชื้นที่พืชจะนำไปใช้ได้ในระดับต่าง ๆ

- ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ที่นิยมใช้ได้แก่ Tensiometer, เครื่องวัดความชื้นในดินแบบวัดความต้านทานไฟฟ้า เครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ Electro Magnetic ซึ่งจะให้ค่าเป็นเปอร์เซนต์ความชื้นหรือแรงดึงความชื้นแล้วเปรียบเทียบกับกราฟความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ถ้าแรงดึงความชื้นสูงกว่าที่กำหนดไว้ แสดงว่าถึงเวลาการให้น้ำแก่พืชแล้ว

2) จะให้น้ำแก่พืชครั้งละเท่าใด จะต้องทราบข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

(2.1) จะต้องทราบว่าความชื้นที่ยอมให้พืชนำไปใช้ต่ำสุดเป็นเท่าใด โดยส่วนใหญ่จะใช้พลังงานกำกับแรงดึงความชื้นที่ให้ผลผลิตสูงสุดเป็นเกณฑ์ หรือ โดยทั่วไปจะกำหนดเป็นความชื้นที่จุดวิกฤตประมาณ 50 เปอร์เซนต์ของความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ หรือใช้ข้อมูลจากตารางที่ 5.1 แรงดึงความชื้นต่ำสุดเป็นเกณฑ์ รูปที่ 6.13 เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช



รูปที่ 6.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช

(2.2) จะต้องทราบว่าความชื้นที่จุดชลประทานเป็นเท่าใด ปกติจะใช้ค่าแรงดึงความชื้นที่ 1/10 ถึง 1/3 บรรยากาศเป็นตัวกำหนด

(2.3) ขึ้นอยู่กับวิธีการให้น้ำแก่พืชว่าจะใช้โดยวิธีไหน เช่น การให้น้ำผิวดินและแบบฉีดฝอย จะให้ในหน่วยของความลึกของน้ำในดิน (มิลลิเมตร) ส่วนระบบแบบหยด จะให้เป็นหน่วยปริมาตร (ลิตร)

(2.4) นอกจากหัวข้อ (2.1) ถึง (2.3) แล้ว บางครั้งจะอาศัยการใช้น้ำของพืชเป็นเกณฑ์ คือพืชใช้เท่าใดก็ให้เท่านั้น

3) จะให้น้ำนานเท่าใด ให้กี่วัน/ครั้ง จะต้องพิจารณาเป็นกรณี ๆ ดังนี้

(3.1) <u>ถ้าเป็นการให้น้ำแบบผิวดิน จะต้องทราบ</u>

3.1.1 อัตราการให้น้ำที่เหมาะสม (ลิตร/วินาที) ตารางที่ 6.5, 6.6, 6.7, 6.8

3.1.2 ระยะเวลาในการซึมน้ำของดิน (มม./ชม.)

3.1.3 ความลึกของน้ำที่จะให้ (มม.)

3.1.4 ปริมาณความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

3.1.5 ปริมาณการใช้น้ำของพืช

(3.2) <u>ถ้าเป็นการให้น้ำแบบฉีดฝอย จะต้องทราบ</u>

3.2.1 อัตราการให้น้ำแก่พืช (มม./ชม.)

3.2.2 อัตราการซึมน้ำของดิน (มม./ชม.)

3.2.3 ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม.)

3.2.4 ปริมาณความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

(3.3) <u>ถ้าเป็นการให้น้ำแบบหยด</u>

3.3.1 ต้องรู้อัตราการใช้น้ำของพืช (ลิตร/วัน/ต้น)

3.3.2 ต้องรู้อัตราการให้น้ำของหัวปล่อยน้ำ (ลิตร/ชม.) ตารางที่ 6.9

ตัวอย่างที่ 6.8 ในการกำหนดการให้น้ำแก่มังคุด ทรงพุ่ม 4 x 6 เมตร ทรงพุ่มควบคุม 4 ม. รากพืชลึก 1.20 เมตร ใช้ Tensiometer ปักที่ระดับความลึก 0.60 เมตร และ 0.90 เมตร ที่ระดับความลึก 0.60 เมตร อ่านค่าแรงดึงความชื้นได้ 300 มิลลิบาร์ พืชใช้น้ำวันละ 5 มิลลิเมตร จงตอบคำถามต่อไปนี้

1) ถ้าให้จุดพิกัดล่างสำหรับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช มีความชื้น 30 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ถึงเวลาการให้น้ำแก่มังคุดหรือยัง

2) ถ้าให้จุดพิกัดบนมีแรงดึงความชื้น 5 เซนติบาร์ จะต้องให้น้ำแก่พืชเท่าใด โดยมีหน่วยเป็นลิตร และในหน่วยความลึก มิลลิเมตร

3) ถ้าระบบน้ำหยด หัวจ่ายน้ำเป็นแบบหยด อัตราการไหล 24 ลิตร/ชั่วโมง จำนวน 2 หัว จะต้องให้น้ำต่อต้นนานเท่าใด

4) ถ้าระบบน้ำหยด หัวจ่ายน้ำเป็นแบบสเปรย์ อัตราการให้น้ำ 15 มิลลิเมตร/ชั่วโมง จะต้องให้น้ำนานเท่าใด โดยพิจารณารูป 6.14 ประกอบ

5) ความถี่ในการให้น้ำ กี่วัน/ครั้ง

วิธีทำ

1. คำนวณหาแรงดึงความชื้นที่จุดปลายกระเปาะ จากสูตร

$$\mathbf{Pm = Pgage - Pw}$$

เมื่อ

Pm = Matric Potential ของดินที่ต้องการทราบ (เซนติบาร์)

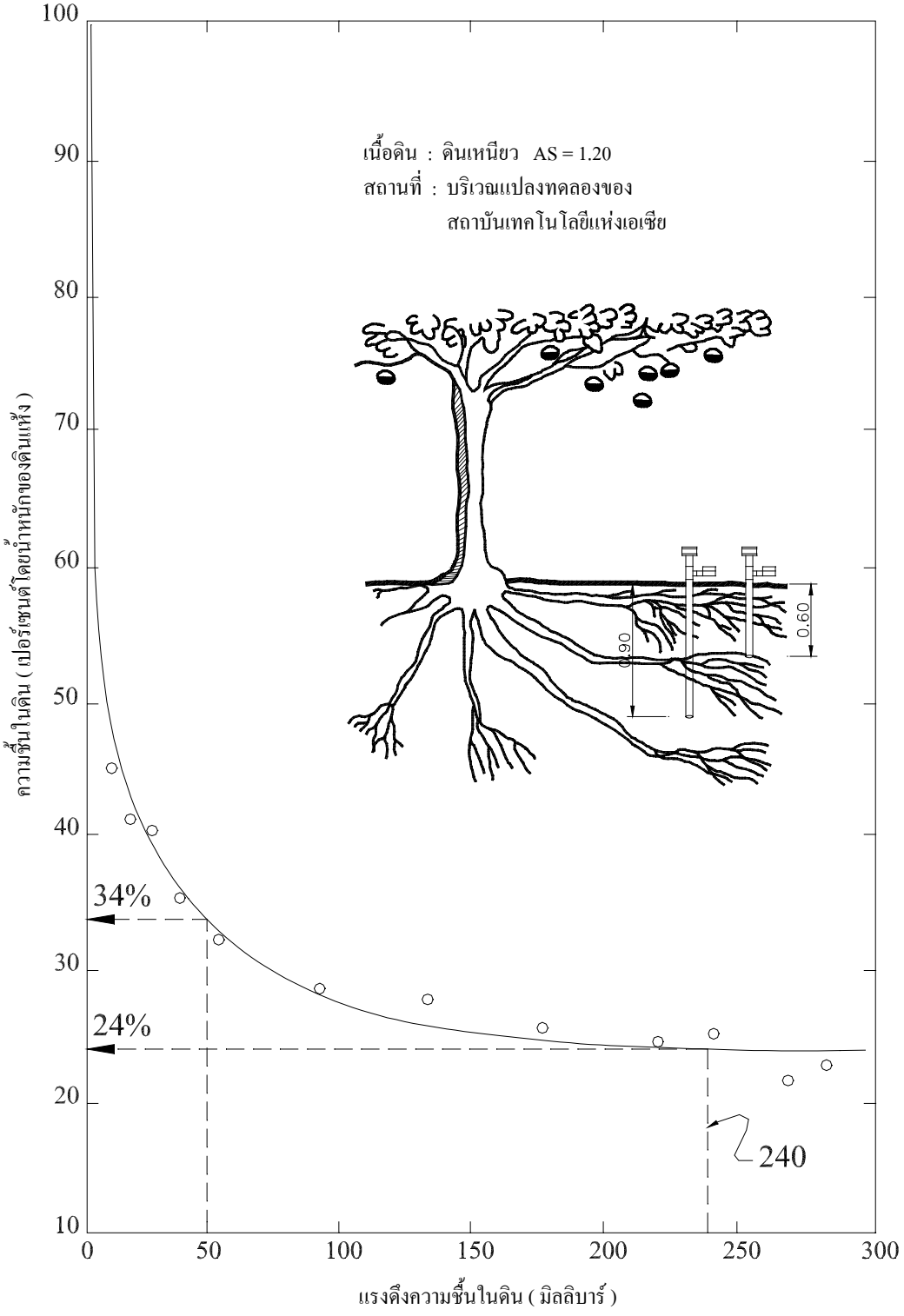
Pgage = แรงดึงความชื้นที่หน้าปัทม์ (เซนติบาร์)

Pw = Water Potantial (เซนติบาร์) ซึ่งน้ำสูง 1 เซนติเมตร เท่ากับ 0.1 เซนติบาร์

ดังนั้น Pm = 30 เซนติบาร์ - 60 x 0.1 เซนติบาร์

= 24 เซนติบาร์

= 240 มิลลิบาร์


เนื้อดิน : ดินเหนียว AS = 1.20
สถานที่ : บริเวณแปลงทดลองของ
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
0.90
0.60
34%
24%
240
ความชื้นในดิน (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง)
แรงดึงความชื้นในดิน (มิลลิบาร์)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
50
100
150
200
250
300

รูปที่ 6.14 รูปประกอบตัวอย่าง

จากรูป 6.14 จากแรงดึงความชื้น 240 มิลลิบาร์ ลากเส้นตัดกราฟความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน จะได้เปอร์เซนต์ความชื้นเท่ากับ 24 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก เมื่อเปรียบเทียบกับจุดพิกัดล่างที่กำหนดให้มีความชื้นเท่ากับ 30 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ซึ่งมีความชื้นต่ำกว่าที่กำหนด ซึ่งถึงเวลาการให้น้ำแก่มังคุดแล้ว

2. จากจุดพิกัดบน .5 เซนติบาร์ หรือ 50 มิลลิบาร์ เมื่อพิจารณากราฟความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน จะได้เปอร์เซนต์ความชื้นได้เท่ากับ 34 เปอร์เซนต์ และกำหนดให้

$$As = 1.20$$

ดังนั้น ปริมาณน้ำต้องให้ในหน่วยความลึก

$$dw = \frac{Pw.As.dp}{100}$$

$$= \frac{(34-24)(1.20) \times 600}{100}$$

$$= 72 \text{ มิลลิเมตร}$$

ปริมาณน้ำที่จะให้ในหน่วยปริมาตร

$$(V) = \frac{\pi D^2 \times h}{4}$$

$$= \frac{\pi (4^2) \times 72}{4}$$

$$= 904.7 \text{ ลิตร}$$

<u>สรุป</u> 2.1) ปริมาณน้ำที่จะให้หน่วยความลึก เท่ากับ 72 มิลลิเมตร

2.2) ปริมาณน้ำที่จะให้หน่วยปริมาตร เท่ากับ 905 ลิตร

<u>กรณีน้ำหยด</u>

3. ระยะเวลาการให้น้ำ = ปริมาตรน้ำที่พืชต้องการ / อัตราการให้น้ำ (หน่วยปริมาตร/หน่วยเวลา)

$$= \frac{905 \text{ ลิตร}}{24 \times 2 \text{ ลิตร/ชม.}}$$

$$= 18.85 \text{ ชั่วโมง}$$

<u>กรณีเป็นสเปรย์</u>

4. ระยะเวลาการให้น้ำ = ความลึกของน้ำที่จะให้ / อัตราการให้น้ำ (หน่วยความลึก/หน่วยเวลา)

$$= \frac{72 \text{ มิลลิเมตร}}{15 \text{ มิลลิเมตร/ชั่วโมง}}$$

$$= 4.8 \text{ ชั่วโมง}$$

5. ความถี่ในการให้น้ำ = ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (มิลลิเมตร) / การใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร/วัน)

= 72 มิลลิเมตร / 5 มิลลิเมตร/วัน

= 14.4 วัน/ครั้ง

6.7 การควบคุมปริมาณความชื้นในดิน โดยวิธีการระบายน้ำ

คุณสมบัติของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช จะประกอบไปด้วย ของแข็ง 50% ก๊าซ 25% น้ำ 25% ถ้ามีน้ำมากไปจะเกิดอันตรายต่อพืช การควบคุมความชื้นในดินให้เหมาะสมทำได้โดยการระบายน้ำ เพื่อกำจัดน้ำที่เกินความต้องการออกไป ซึ่งทำได้ทั้งแบบผิวดินและใต้ดินโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ดินมีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกในการเจริญเติบโต หรือวัตถุประสงค์รองเพื่อให้เครื่องจักรลงไปทำงานได้ หรือต้องการปรับปรุงดินใหม่ รวมทั้งบูรณะดินให้สามารถใช้งานได้อย่างยั่งยืน

6.7.1 ปัญหาที่ทำให้ต้องระบายน้ำ

องค์ประกอบที่ทำให้เกิดปัญหาต้องระบายน้ำ อาจมาจากหลายอย่าง เช่น

1) ลักษณะภูมิอากาศ เช่น ปริมาณฝน ความชื้น มากเกินไป อุณหภูมิ แสงแดดต่ำ ทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับว่าจุดที่ตั้งโครงการอยู่ส่วนใดของโลก

2) ลักษณะภูมิประเทศ เช่น ความลาดเทต่ำ ความขรุขระมาก ไม่มีพืชปกคลุม มีคันหรือเนินเป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำ

3) ลักษณะดิน เช่น เนื้อดิน โครงสร้างของดิน ชั้นดิน ค่านำน้ำของดิน (Hydraulic Conductivity) ชั้นทึบน้ำ ถ้าอัตราการซึมของน้ำผิวดินและค่านำน้ำของดินต่ำ จะเกิดปัญหาการระบายน้ำ

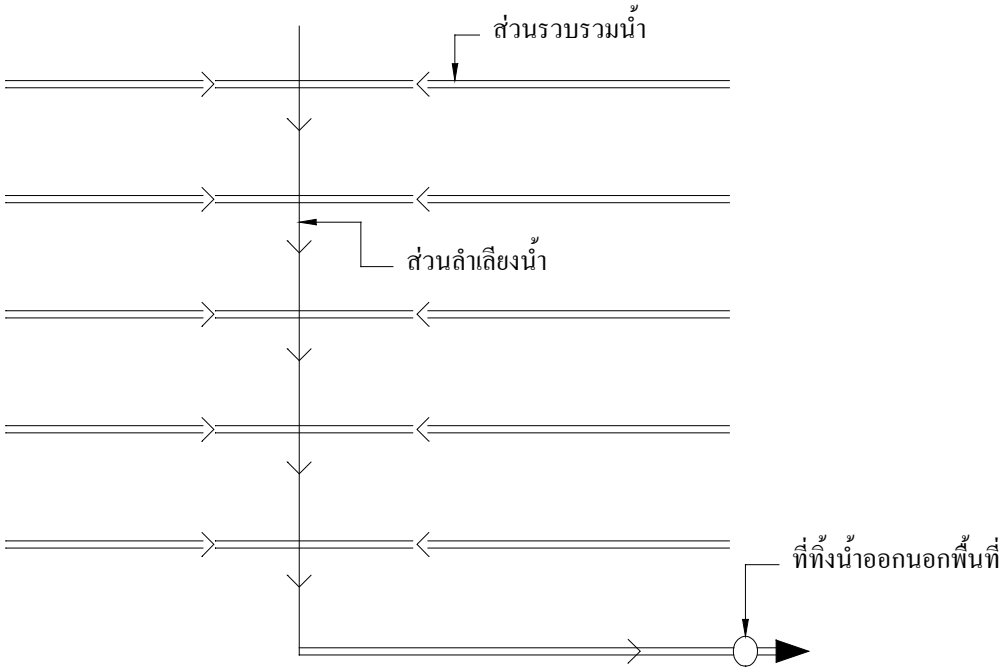
4) ชนิดของพืช เช่น ชอบน้ำไม่ชอบน้ำ พืชไม่ชอบน้ำจะมีปัญหาเรื่อการระบายน้ำมาก

6.7.2 องค์ประกอบของระบบระบายน้ำ องค์ประกอบของระบบระบายน้ำจะต้องประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

1) ส่วนที่ทำหน้าที่รวบรวมน้ำจากพื้นที่โดยตรง (collection)

2) ส่วนที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงน้ำจากส่วนรวบรวม (disposal) ไปยังจุดทิ้งน้ำ

3) จุดทิ้งน้ำ (on/let) เพื่อทำหน้าที่กำจัดน้ำที่เกินความต้องการออกไป

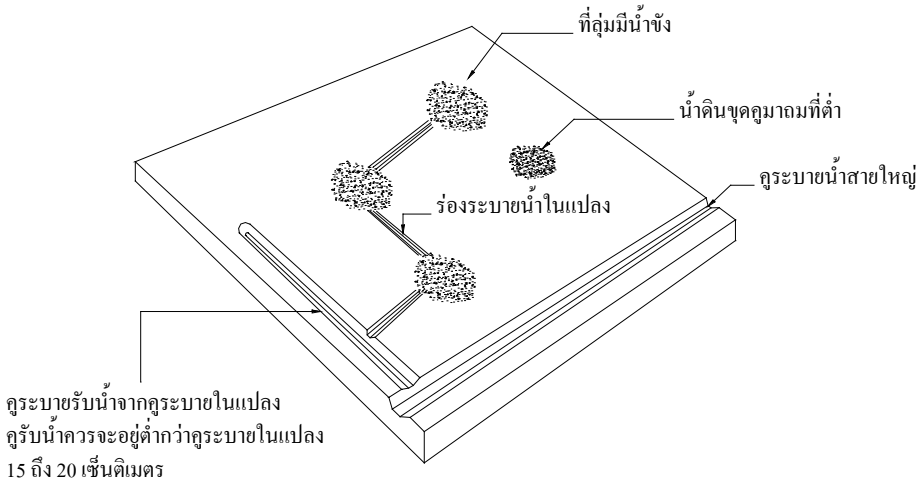


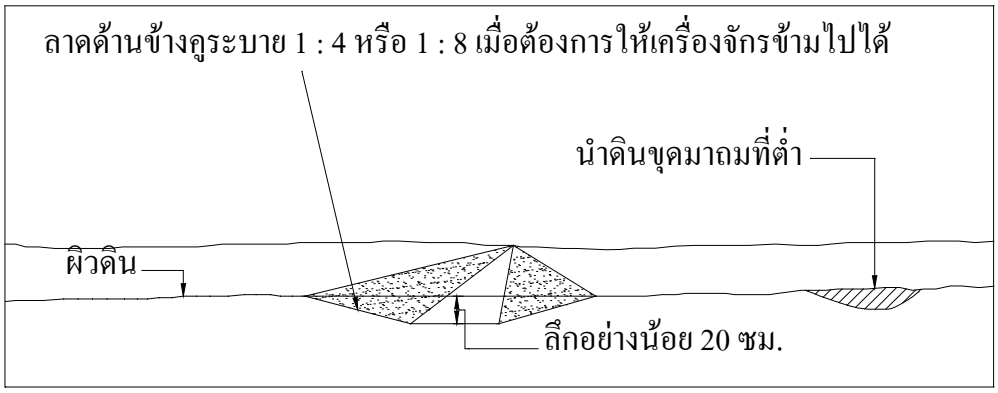
รูปที่ 6.15 แสดงองค์ประกอบของระบบระบายน้ำ

6.7.3 การควบคุมความชื้นโดยวิธีการระบายน้ำผิวดินทำได้โดยการปรับระดับผิวดิน การสร้างระบบระบายน้ำ ซึ่งจะต้องมีรายละเอียดเกี่ยวกับ

1) ขนาดของพื้นที่ที่จะต้องระบายน้ำออก
2) ปริมาณฝนออกแบบ (มม./ชม.)
3) การปรับพื้นที่
4) การออกแบบขนาดระบบรวบรวมน้ำ
5) การออกแบบขนาดของปั๊ม

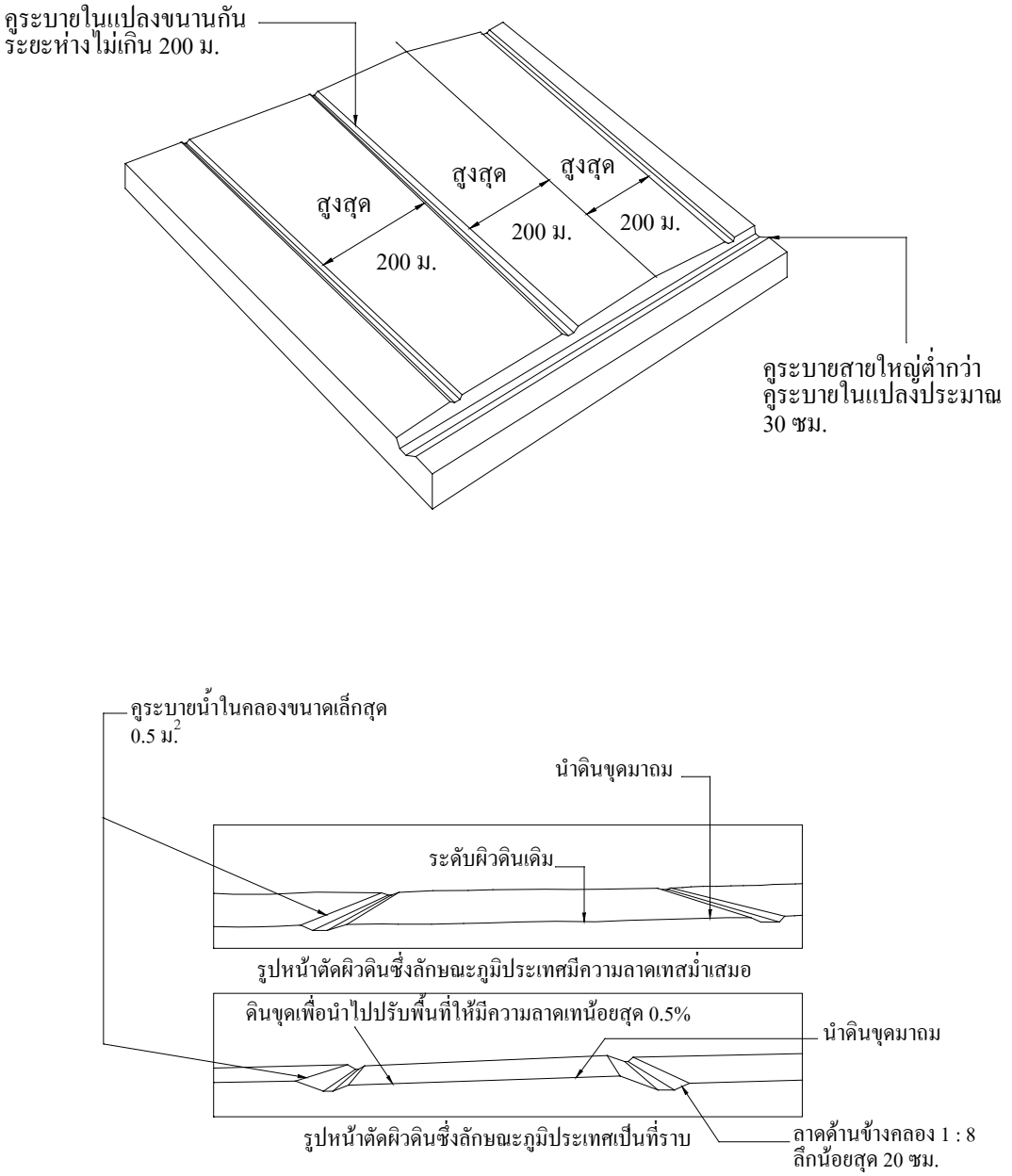
รูปที่ 6.16 ถึง 6.20 เป็นตัวอย่างการปรับระดับดินและการสร้างระบบระบายน้ำ



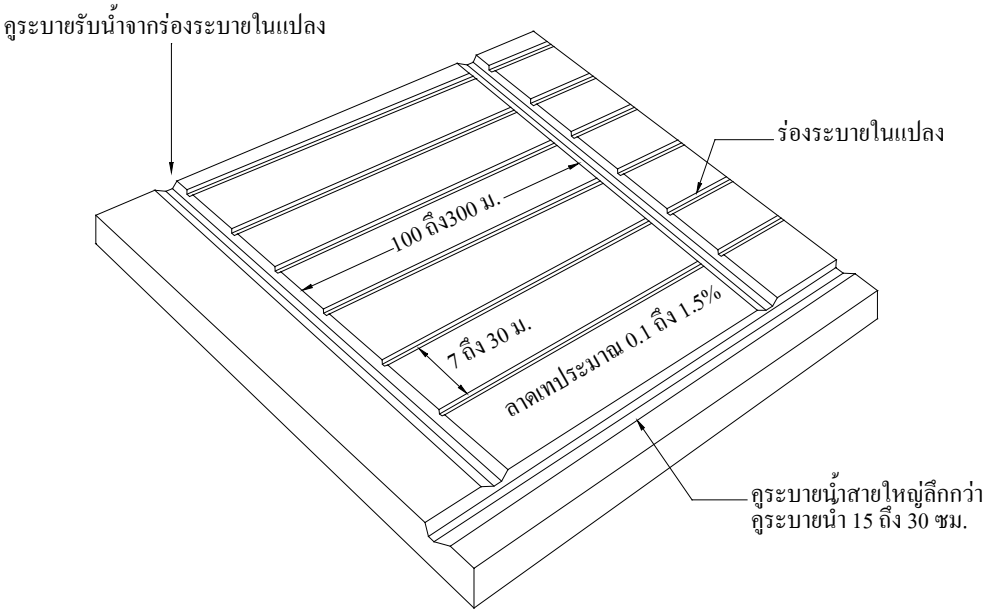


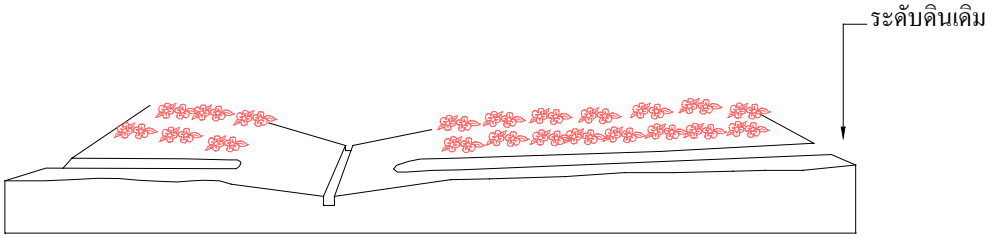
รูปหน้าตัดของคูระบายในแปลงขนาดเล็กสุด 0.5 ตารางเมตร

รูปที่ 6.16 ระบบระบายน้ำในพื้นที่ซึ่งลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ลุ่มต่ำมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะเกลี่ยปรับพื้นที่กระจายอยู่เป็นจุด ๆ ให้ขุดคูระบายเชื่อมโยงระหว่างแต่ละที่ลุ่ม เพื่อระบายน้ำออกไปจากพื้นที่

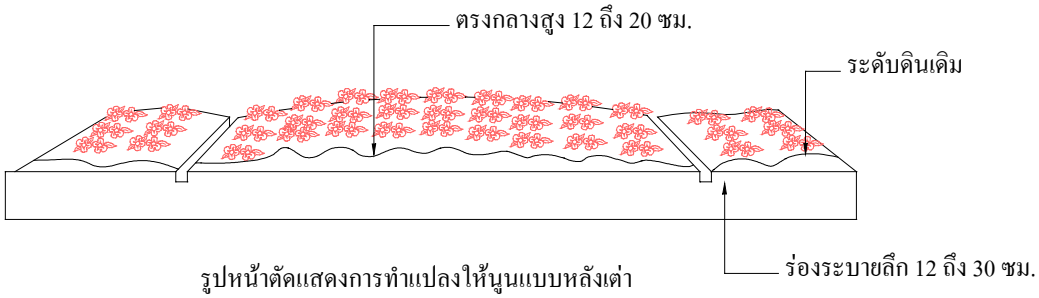


รูปที่ 6.17 ระบบระบายน้ำแบบคูขนานในพื้นที่ซึ่งลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบ ให้ปรับพื้นที่ให้มีความลาดเทอย่างต่อเนื่องสู่คูระบายน้ำในแปลง



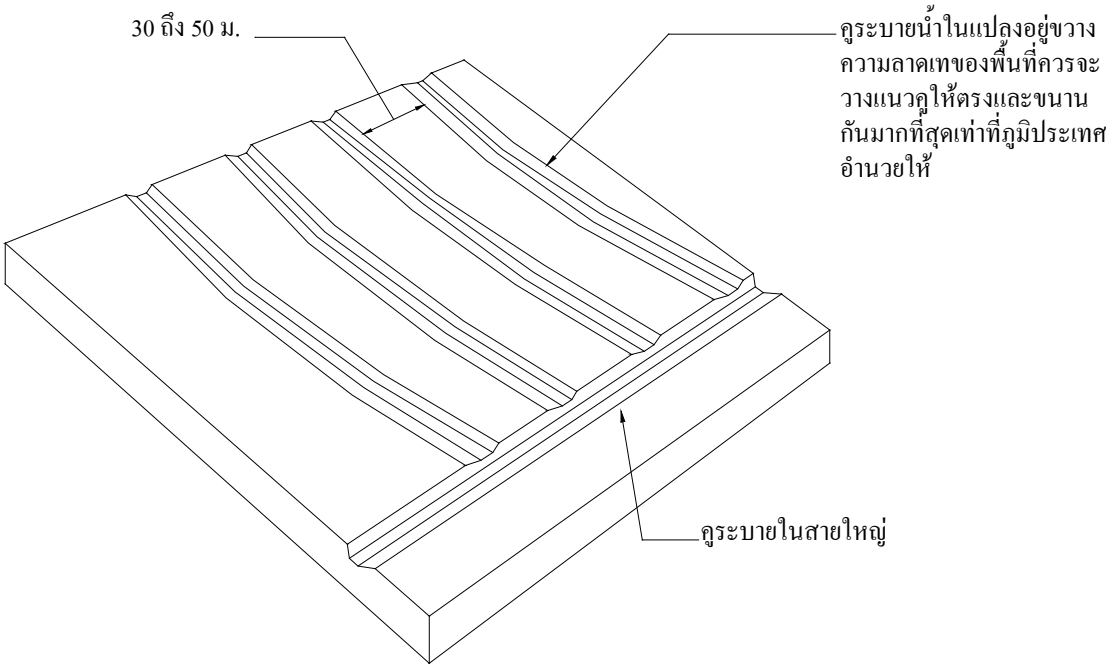


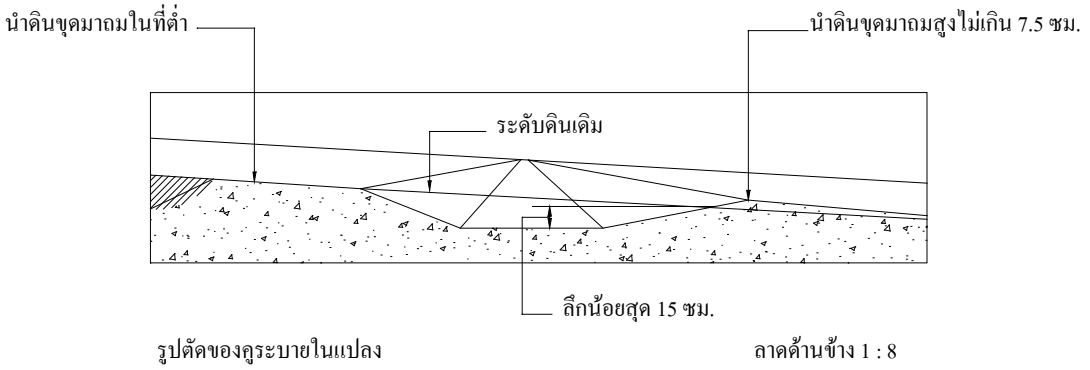
รูปหน้าตัดแสดงคูระบายน้ำขนาดน้อยที่สุด 0.5 ม.^{2} ลาดด้านข้างคู 1 : 8



รูปหน้าตัดแสดงการทำแปลงให้นูนแบบหลังเต่า

รูปที่ 6.18 ระบบระบายน้ำแบบทำแปลงระหว่างร่องระบายให้นูนแบบหลังเต่าเหมาะสำหรับพื้นที่ราบ





รูปที่ 6.19 ระบบระบายน้ำแบบขวางความลาดเทของพื้นที่เหมาะสำหรับลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ชัน แต่ต้องชันน้อยกว่า 4%

6.7.4 การควบคุมความชื้นโดยวิธีการระบายน้ำใต้ผิวดิน ทำได้โดยจะต้องลดระดับน้ำใต้ดินแบบธรรมชาติ หรือโดยการสูบน้ำออก ซึ่งจะต้องทราบรายละเอียดเกี่ยวกับ

1) จะต้องรู้ระดับความลึกของน้ำใต้ดิน ระดับน้ำที่จะต้องควบคุม

2) ค่านำน้ำของดิน (Hydraulic Conductivity)

3) การออกแบบระบบรวมน้ำ

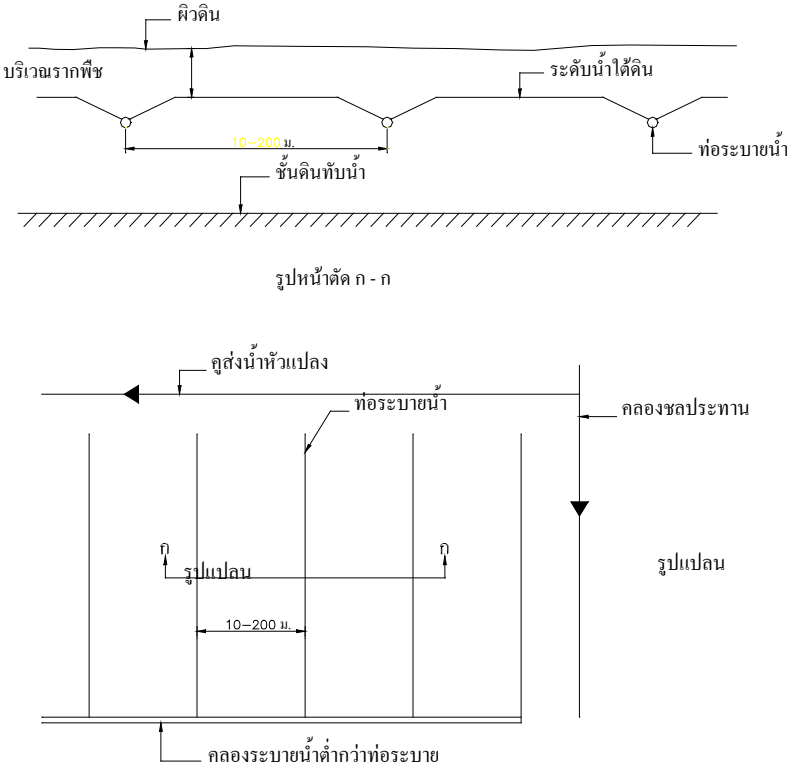
4) การออกแบบท่อส่งน้ำ

5) การออกแบบจุดทิ้งน้ำ

ในการออกแบบระบบรวบรวมน้ำ จะต้องพิจารณาให้ได้ว่า ระดับความลึกของน้ำที่จะควบคุมจะต้องอยู่เท่าระดับน้ำใต้ดินเท่าใด เพื่อลดระดับน้ำลง และจะต้องพิจารณาออกแบบให้ได้ว่าระยะห่างระหว่างท่อระบายน้ำและขนาดของท่อเป็นเท่าใด รูปที่ 6.21 เป็นตัวอย่างแปลนและรูปตัดของระบบระบายน้ำใต้ดิน ซึ่งจะเห็นว่าจะต้องมีท่อระบายน้ำ (ระบบรวบรวมน้ำ) คลองระบายน้ำที่ต่ำกว่าท่อระบายน้ำ (ระบบส่งน้ำ) เพื่อนำไปกำจัดต่อไป ตารางที่ 6.10 แสดงค่าเฉลี่ยของความลึกและระยะห่างของท่อระบายน้ำใต้ดิน สำหรับดินชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 6.10 ค่าเฉลี่ยของความลึกและระยะระหว่างท่อระบายน้ำสำหรับดินชนิดต่าง ๆ

ดิน	ความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้		ระยะระหว่างท่อระบายน้ำ	ความลึก
	ระดับความเร็ว	มม./ชม.	เมตร	เมตร
ดินเหนียว	ช้ามาก	< 2	10 - 15	0.90 - 1.10
ดินร่วนปนดินเหนียว	ช้า	2 - 5	12 - 20	0.90 - 1.10
ดินร่วนโดยทั่ว ๆ ไป	ค่อนข้างช้า	5 - 20	20 - 30	0.90 - 1.20
ดินร่วนปนดินทรายละเอียด	ปานกลาง	20 - 60	30 - 35	1.20 - 1.40
ดินร่วนปนทราย	ค่อนข้างเร็ว	60 - 120	30 - 60	1.20 - 1.50
ดินที่เกิดจากการเน่าผุของพืชและมูลสัตว์	เร็ว	120 - 240	30 - 90	1.20 - 1.50
ดินชลประทาน	ไม่แน่นอน	-	45 - 180	1.50 - 2.50



รูปที่ 6.21 ระบบระบายน้ำใต้ผิวดิน

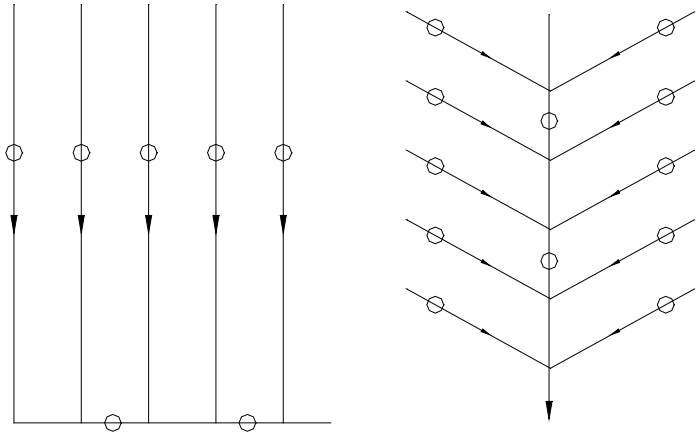
สำหรับระบบระบายน้ำใต้ดินอาจแบ่งระบบได้เป็น 3 แบบใหญ่ ๆ คือ

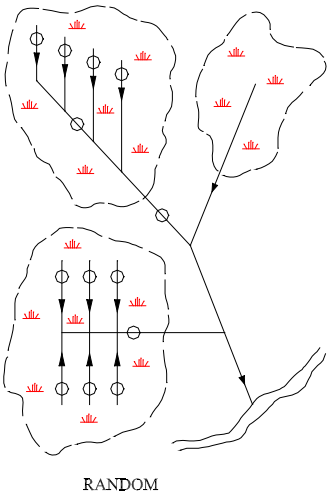
<u>แบบที่ 1</u> ระบบขนาน (Gridiron/parallel system) เป็นระบบที่วางให้แนวท่อระบายน้ำ (field drain) ขนานกัน และตั้งฉากกับคลองระบาย (Collector) **เหมาะสำหรับพื้นที่ราบ รูปแปลงเป็นสี่เหลี่ยมและค่านำน้ำของดินสม่ำเสมอตลอดพื้นที่**

<u>แบบที่ 2</u> ระบบก้างปลา (Herringbone System) เป็นระบบที่วางให้แนวท่อระบายน้ำ (field drain) ขนานกัน แต่ทำมุมกับคลองระบายประธาน (Collector drain) เหมาะสมกับพื้นที่ที่คลองระบายวางความลาดของพื้นที่ ซึ่งจะทำให้ปรับความชื้นได้ง่าย นอกจากนี้ Field drain ยังช่วยรับน้ำได้ดียิ่งขึ้น

<u>แบบที่ 3</u> ระบบไร้รูปแบบ (Ramdom System) เป็นระบบที่วางให้ท่อระบายน้ำหรือท่อประธาน อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ไม่ราบเรียบหรือหลายจุดวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถระบายน้ำได้

รูปที่ 6.22 แสดงระบบระบายน้ำใต้ดินแบบระบบขนาน ระบบก้างปลา และระบบไร้รูปแบบ





รูปที่ 6.22 ระบบระบายน้ำใต้ผิวดินในแปลงเพาะปลูก

6.8 วิธีการชลประทานสำหรับดินที่มีปัญหาบางประการ

1) ดินลูกรัง หรือ ดินตื้น ดินหินโผล่

พื้นที่เหล่านี้จะมีปริมาณเนื้อดินน้อย ไม่พอเพียงต่อการหยั่งของรากพืช ในกรณีจำเป็นต้องใช้พื้นที่ดินนั้นเพาะปลูก จะต้องจัดหาดินมาถมกองให้กว้างและสูง โดยครึ่งหนึ่งขุดลงไป และอีกครึ่งหนึ่งอยู่บนดิน หลังจากนั้นทำก้อนหินมาวางเรียงป้องกันดินถูกชะล้างออกไป ระบบชลประทานที่นิยมใช้ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ระบบหยด พืชที่ปลูกควบคุมทรงพุ่มไม่เกิน 3.00 เมตร เช่น ท้อ แอบเปิ้ล บ๊วย เชอรี่ แพร์ เมื่อต้นไม้เจริญเติบโต รากจะชอนไชเข้าไปในดินลูกรัง และเจริญเติบโตต่อไปได้ จะต้องมีการเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี

2) ดินเค็ม

ดินเค็มสามารถปรับปรุงได้ง่าย หากมีน้ำชลประทานที่มีคุณภาพพอเพียง ซึ่งดินที่จะแก้ไขมีคุณสมบัติในการระบายน้ำได้ดี เพราะน้ำจะช่วยละลายเกลือออกจากพื้นที่ได้ การใช้ปุ๋ยคอกก่อนการล้างด้วยน้ำจะทำให้น้ำซึมลงดินได้ดี มีผลทำให้การชะล้างเกลือทำได้ดียิ่งขึ้น ในการจัดการดินเค็มควรดำเนินการดังนี้

(1) ทำแผนที่แสดงขอบเขตของดินเค็ม โดยแบ่งตามลำดับของดินเค็ม (ECe) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกพืชให้ถูกต้อง

(2) เลือกพืชให้เหมาะสมกับสภาพความเค็มของดิน

(3) จัดการน้ำให้เหมาะสม โดยปริมาณน้ำที่นำมาใช้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ ปริมาณน้ำที่จะต้องชะล้างเกลือออกไป ส่วนที่ 2 คือ ประมาณน้ำที่ควบคุมมิให้เกิดการสะสมเกลือมากยิ่งขึ้น

ปริมาณน้ำที่ใช้ชะล้างเกลือ ขึ้นอยู่กับปริมาณของเกลือในดิน จากการทดลองพบว่า การแช่ขังน้ำไว้นาน 24 ชั่วโมง จะทำให้ค่า ECe ของดิน ซึ่งสูงประมาณ 40 มิลลิโมห์/ซม. ลดลงเหลือ 18 มิลลิโมห์/ซม. และหากทำการล้างซ้ำในลักษณะเดียวกันเพิ่มอีก 1 ครั้ง ค่า ECe ของดินจะลดลงเหลือประมาณ 9 มิลลิโมห์/ซม. และนำล้างซ้ำเป็นครั้งที่ 3 จะลดลงเหลือประมาณ 3.7 มิลลิโมห์/ซม. ซึ่งสามารถปลูกพืชได้ตามปกติ สำหรับปริมาณน้ำที่จะใช้ควบคุมปริมาณเกลือมิให้เกิดการสะสม สามารถคำนวณได้ตามสมการ 6.8.1

$$LR = \frac{Eciw}{Ecdw}$$

เมื่อ LR = ความต้องการน้ำชลประทานเพิ่มเติมในการควบคุมเกลือ (Leaching Requirement)

ECiw = ค่า ECe ของน้ำชลประทาน

ECdw = ค่า EC ของสารละลายดินที่จะทำให้พืชมีผลผลิตลดลง 50 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างที่ 6.8.1 จงคำนวณหาปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องให้เพิ่มเติมแก่ข้าวโพดที่จะควบคุมดินไม่ให้มีความเค็มเพิ่มขึ้น ซึ่งตามฤดูการเพาะปลูกต้องให้น้ำ 64 มิลลิเมตร โดยน้ำชลประทานมีค่า ECe = 1.08 m.mho/cm ข้าวโพดจะมีผลผลิตลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ หากสารละลายดินมีค่า EC = 7m.mho/cm

วิธีทำ

$$LR = \frac{ECiw}{ECdw} = \frac{1.08 \text{ m.mho/cm}}{7.00 \text{ m.mho/cm}} = 0.154 \text{ เท่า}$$

$\therefore$ ปริมาณน้ำที่จะต้องให้เพิ่ม = 64 มม. x 0.154

= 9.856 มิลลิเมตร

หรือ 15 ลูกบาศก์เมตร/ไร่

3) ดินพรุ

ดินพรุเป็นดินที่พบบริเวณพื้นที่ลุ่มบริเวณกว้าง รองรับการไหลบ่าตามผิวดินของบริเวณข้างเคียง ขณะที่น้ำไหลบ่าได้พาตะกอนทราย ตะกอนดินเหนียว มาตกทับในพรุ ซึ่งมีวัชพืชทั้งที่ลอยน้ำและที่หยั่งต้นบนดินเลนเป็นพืชน้ำ จึงมีซากอินทรีย์และชั้นดินทรายสลับซับซ้อนทับกันหลายชั้น

วิธีทางด้านวิศวกรรมชลประทาน จะต้องทำการระบายน้ำ โดยให้มีระดับต่ำกว่าเดิมประมาณ 1.00-2.00 ม. ตลอดเวลา โดยใช้หลักการควบคุมระบายน้ำใต้ดินมาใช้ จะช่วยให้สามารถเพาะปลูกพืชได้

จากปัญหาดินลูกรัง ดินเค็ม และดินพรุ ที่นำมาแสดงให้เห็นว่า หากสามารถควบคุมดินให้เหมาะสม ให้มีอากาศประมาณ 25% น้ำ 25% และของแข็งประมาณ 50% จะสามารถใช้ดินนั้นมาใช้ในการเพาะปลูกได้ ซึ่งสามารถใช้วิธีการทางด้านชลประทาน คือ การควบคุมความชื้นให้เหมาะสม และอาจปรับปรุงดินให้ดีขึ้น โดยเติมปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีร่วมกัน ซึ่งจะทำให้เข้าใจหลักเกณฑ์และวิธีการทางด้านวิศวกรรมชลประทานมากขึ้น

6.9 การตรวจสอบความสม่ำเสมอในการให้น้ำ และการประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน

1) การตรวจสอบความสม่ำเสมอในการให้น้ำเป็นการพิจารณาว่า ระบบการให้น้ำที่ออกแบบหรือก่อสร้างติดตั้งระบบแล้ว มีความทั่วถึงได้น้ำพอเพียงหรือไม่ ซึ่งมีวิธีการพิจารณาดังนี้

(1) ระบบให้น้ำแบบผิวดิน เรียกว่า ประสิทธิภาพการแพร่กระจายน้ำ (Distribution Efficiency)

$$Ed = \frac{dmin \times 100}{da} \quad \text{.....6.9.1}$$

เมื่อ Ed = Distribution efficiency $\geq$ 80% ขึ้นไป

dmin = ค่าความลึกของน้ำที่วัดได้ต่ำสุด (มม.)

da = ค่าความลึกของน้ำเฉลี่ย (มม.)

(2) ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity Coefficient)

$$Cu = 100\left(1.00 - \frac{\sum x}{m.n}\right) \quad \text{.....6.9.2}$$

เมื่อ Cu = สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ $\geq$ 75% ถือว่ายอมรับได้

$\sum x$ = $\sum$ absolute ของผลต่างความลึกของน้ำ

m = ค่าเฉลี่ยของความลึกของน้ำที่วัดได้

n = จำนวนค่าของหน่วยที่วัด

(3) ระบบให้น้ำแบบจุลภาค (แบบฉีดฝอยเล็กและน้ำหยด) เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในสนาม (Uniformity of Emission)

$$Eu = \frac{Qn \times 100}{Qa} \quad \text{.....6.9.3}$$

เมื่อ Eu = สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในสนาม $\geq$ 85% ถือว่ายอมรับได้

Qn = ค่าเฉลี่ยจากค่าน้อยที่สุด ¼ ค่าของทั้งหมด (average of low quarter)

Qa = ค่าเฉลี่ยทั้งหมด (average of mean)

2) ประสิทธิภาพการชลประทาน

(1) ประสิทธิภาพการชลประทาน

$$= \frac{\text{ปริมาณน้ำสุทธิ (Wn) x 100}}{\text{ปริมาณน้ำที่จะต้องให้}}$$

$$= \frac{\text{(ความต้องการน้ำของพืชตามทฤษฎี – ฝนใช้การ) x 100}}{\text{ปริมาณน้ำที่จะต้องให้}}$$

= ประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำ(Es) x ประสิทธิภาพการให้น้ำ(Ea)

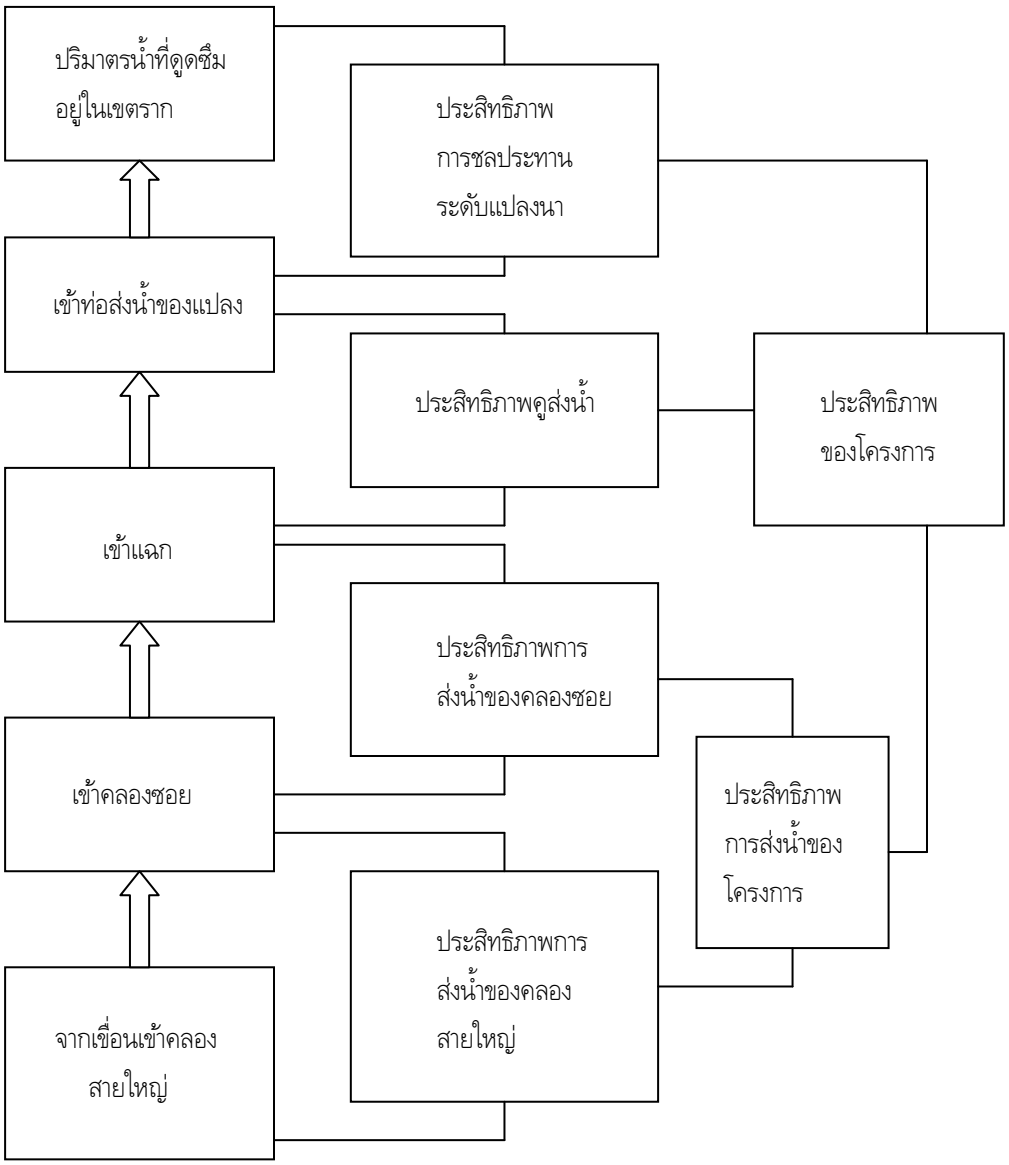
= ประสิทธิภาพการส่งน้ำ(Ec) x ประสิทธิภาพคูน้ำ(Eb) x ประสิทธิภาพการให้น้ำ(Ea)

ประสิทธิภาพการชลประทานจะมีประโยชน์ในเรื่องของการออกแบบความปลอดภัย (Safety Factor) เช่น การออกแบบขนาดแหล่งน้ำและอาคารชลประทานให้เหมาะสม การคาดการปริมาณแหล่งน้ำ การคาดการพื้นที่เพาะปลูก การคาดการปริมาณน้ำสำรอง ตลอดจนการปรับแก้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่งน้ำหรือปรับปรุงระบบชลประทาน

(2) ขั้นตอนการคำนวณหาประสิทธิภาพการชลประทานที่ระดับต่าง ๆ

เพื่อให้เข้าใจถึงประสิทธิภาพการส่งน้ำ ประสิทธิภาพคูน้ำ ตลอดจนประสิทธิภาพในการให้น้ำ จึงได้แสดงขั้นตอนการคำนวณหาประสิทธิภาพของการชลประทานในที่ระดับต่าง ๆ ตามรูปที่ 6.23 จากรูป ถ้าพิจารณาปริมาณน้ำจากเขื่อนเข้าคลองสายใหญ่ ถึงเข้าคลองซอย ถ้าตรวจวัดปริมาณน้ำในช่วงนี้จะได้ประสิทธิภาพการส่งน้ำของคลองสายใหญ่ ถ้าตรวจสอบปริมาณน้ำจากคลองซอยถึงพื้นที่แฉกส่งน้ำ จะได้ประสิทธิภาพของคลองซอย ถ้าพิจารณาจากปริมาณน้ำที่เข้าแฉกส่งน้ำสู่เข้าท่อส่งน้ำของแปลงจะได้ประสิทธิ-ภาพคูส่งน้ำ ซึ่งในที่สุดเมื่อนำเอาประสิทธิภาพในช่วงต่าง ๆ มาคูณกัน จะได้ประสิทธิภาพของโครงการ หรือประสิทธิภาพของการชลประทานออกมา

ในการตรวจวัดความสม่ำเสมอและการหาประสิทธิภาพการชลประทาน จะต้องมีการตรวจวัดน้ำด้วยว่าเหมาะสมพอเพียงกับที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งอาจใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น วัดความเร็วของกระแสน้ำ การใช้ฝายวัดน้ำ รางวัดน้ำแบบต่าง ๆ หรือวัดโดยตรงเป็นปริมาตรหารด้วยเวลา เป็นต้น ซึ่งจะต้องศึกษาเพิ่มเติมในวิชา อุทกวิทยา



รูปที่ 6.23 ขั้นตอนการคำนวณหาประสิทธิภาพของการชลประทานที่ระดับต่าง ๆ

ตารางที่ 6.4 แสดงตัวอย่างการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของอ้อยและส้มอย่างง่าย สำหรับพื้นที่ประมาณ 2,400 ไร่

ที่	รายการ	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.	**ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETp) (mm/month)**	165.63	180.84	211.63	221.65	194.29	166.23	160.17	153.79	142.31	156.37	160.48	162.80
2.	**ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (KC)**												
2.1	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย				0.40 (เริ่มต้น)	0.50	0.75	0.90	1.00	1.15	1.10	1.05	0.75
		0.70	0.60	0.50 (สิ้นสุด)									
2.2	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของส้ม	0.75	0.75	0.70	0.70	0.70	0.65	0.65	0.65	0.65	0.70	0.70	0.70
3.	**ค่าการใช้น้ำของพืช (มม.)**												
	3.1 อ้อยเริ่มปลูกเดือน เม.ย. (มม./เดือน)				88.66 (เริ่มต้น)	97.15	124.67	144.15	153.79	163.65	172.00	168.50	122.10
		115.94	108.504	105.815 (สิ้นสุด)									
	3.2 ของส้ม	123.97	135.63	148.14	155.15	136.00	108.05	104.11	99.96	92.50	109.45	112.34	113.96

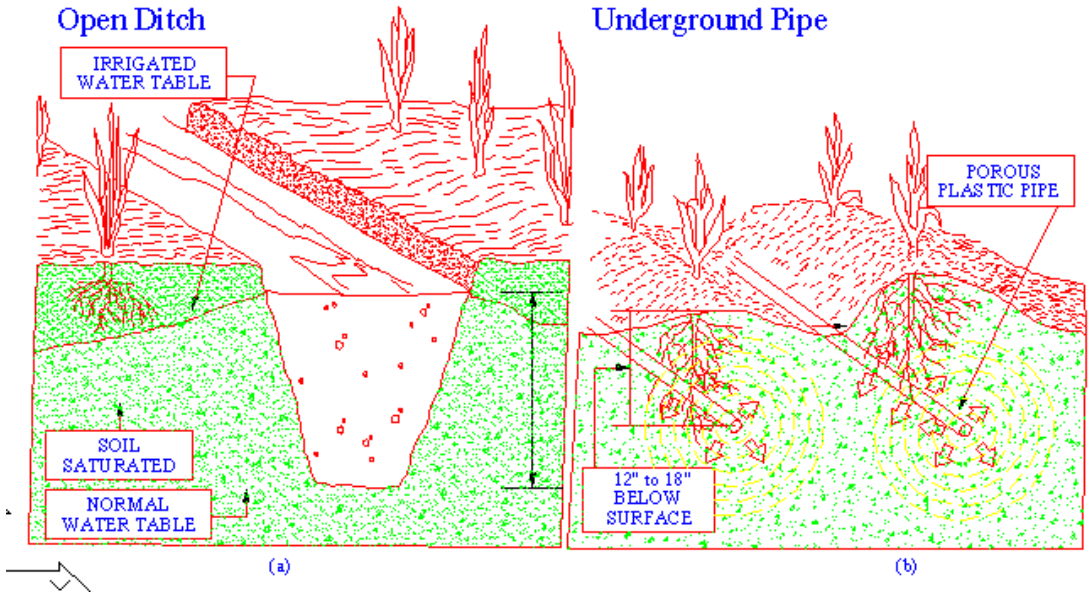
ตารางที่ 6.4 แสดงการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของอ้อยและส้ม (ต่อ)

ที่	รายการ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
4.	**ฝนใช้การ Effective Rainfall**												
	4.1 ฝนใช้การของพืชไร่	5	11.00	29.00	50	94.00	89.00	96.00	120.00	135.00	95.00	12.00	5
	4.2 ฝนใช้การของส้ม	7.0	13.10	32.70	67.50	134.90	124.30	132.60	130.10	188.80	135.20	36.30	6.40
5.	**ปริมาณน้ำสุทธิ**												
	5.1 ปริมาณการใช้น้ำของอ้อย (มม./เดือน)				38.66 (เริ่มต้น)	3.15	35.67	48.15	33.79	28.65	77.00	156.50	117.1
		110.94	97.54	76.82 (สิ้นสุด)									
	5.2 ปริมาณการใช้น้ำของส้ม (มม./เดือน)	116.98	122.53	115.40	87.65	1.10	-16.25	-28.49	-30.14	-96.30	-25.75	76.04	107.56
6.	**ปริมาณน้ำที่ต้องสำรองไว้**												
	6.1 อ้อย ($ม^3$/เดือน) (1,060 ไร่)				65,567 (เริ่มต้น)	5,342	60,496	81,662	57,307	48,590	130,592	265,424	198,601

	6.2 ส้ม ($ม^3$/เดือน) (1,346 ไร่) ระยะปลูก 7 x 3.5 ม.	188,154 95,582	165,360 103,259	130,286 (สิ้นสุด) 97,251	73,865	927	-	-	-	-	-	64,081	90,644

ตารางที่ 6.4 แสดงการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของอ้อยและส้ม (ต่อ)

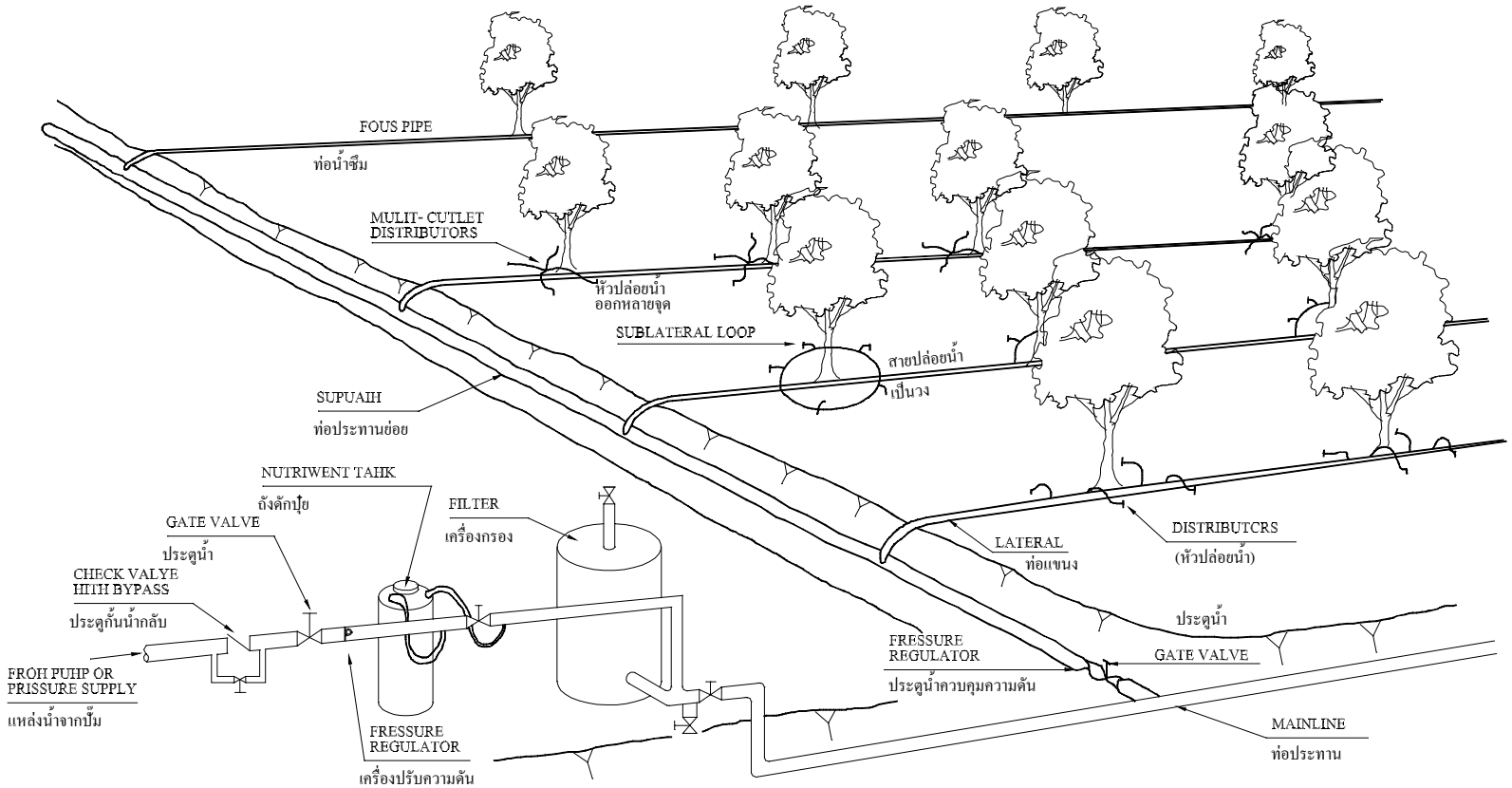
ที่	รายการ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
7.	**ปริมาณน้ำชลประทาน (ม^3/เดือน)**												
	เมื่อประสิทธิภาพการให้น้ำอ้อย (70%)	268,791	236,228	186,122	93,667	7,631	86,422	116,660	81,867	69,414	186,560	379,177	283,715
	เมื่อประสิทธิภาพการให้น้ำส้ม (85%)	112,449	121,481	114,412	86,900	1,090	-	-	-	-	-	75,389	106,640
	รวมปริมาณน้ำที่ต้องจัดหา (ม^3/เดือน)	**381,240**	**357,709**	**300,534**	**180,567**	**8,721**	**86,422**	**116,660**	**81,867**	**69,414**	**186,500**	**454,566**	**390,355**
	หมายเหตุ												
	ปริมาณน้ำที่ต้องสำรองไว้ใช้ 6 เดือน (พ.ย.-เม.ย.) = 2,064,971 ม^3												
	ประมาณ 2,000,000 ม^3/ปี												



รูปที่ 6.1 การให้น้ำทางใต้ผิวดิน **(SUBSURFACE IRRIGATION)**

ตารางที่ 6.5 ความยาวของร่องคูสูงสุด (เมตร) สำหรับดิน ความลาดเทของพื้นที่ และความลึกของน้ำที่จะให้ขนาดต่าง ๆ

ความลาดเทของร่องคู %	ดินเหนียว (Clays)				ดินร่วน (Loams)				ดินทราย (Sands)				อัตราการให้น้ำเฉลี่ย ลิตร/วินาที
	ความลึกของน้ำที่จะให้ - มม.												
	75	150	225	300	50	100	150	200	50	75	100	125	
	ความยาวร่องคู (เมตร)												
.05	300	400	400	400	120	270	400	400	60	90	150	190	12
.1	340	440	470	500	180	340	440	470	90	120	190	220	6
.2	370	470	530	620	220	370	470	530	120	190	250	300	3
.3	400	500	620	800	280	400	500	600	150	220	280	400	2
.5	400	500	560	750	280	370	470	530	120	190	250	300	1.2
1.0	280	400	500	600	250	300	370	470	90	150	220	250	0.6
1.5	250	340	430	500	220	280	340	400	80	120	190	250	0.4
2.0	220	270	340	400	180	250	300	340	60	90	150	190	0.3



รูปที่ 6.6 องค์ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบชลประทานแบบหยด

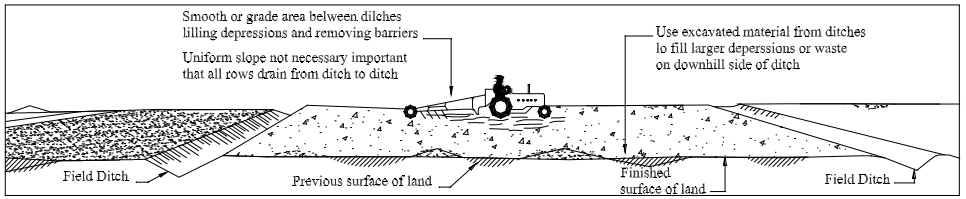
ตารางที่ 6.8 ข้อพิจารณาในการเลือกระบบการให้น้ำ

ลำดับ	รายการพิจารณา	วิธีการให้น้ำ			หมายเหตุ
		การใหน้ำแบบผิวดิน	ฉีดฝอย	ไมโคร	
1.	ปริมาณน้ำต้นทุน	ใช้มาก	ใช้ปานกลาง	ใช้น้อย	พืชใช้เท่ากัน แต่ประสิทธิภาพต่างกัน ราคาปีงบประมาณ 2542
2.	ค่าลงทุนเริ่มแรกโดยประมาณ (บาท/ไร่)	4,000-5,000	7,000-9,000	4,000-12,000	
3.	ประสิทธิภาพ %	60-80	70-80	85-90	
4.	ความยากง่ายในการปฏิบัติการและบำรุงรักษา	ง่าย	ปานกลาง	ต้องการความรู้ความเข้าใจด้านชลประทานค่อนข้างสูง	

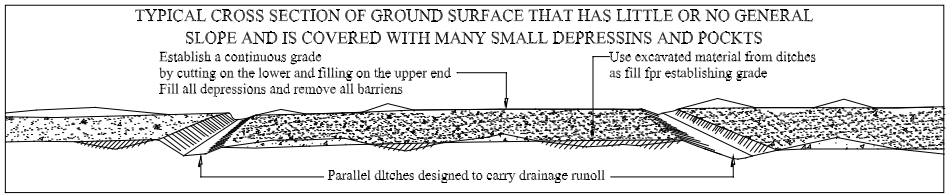
ตารางที่ 6.9 ผลผลิตต่อไร่และประสิทธิภาพการใช้น้ำให้เกิดประโยชน์

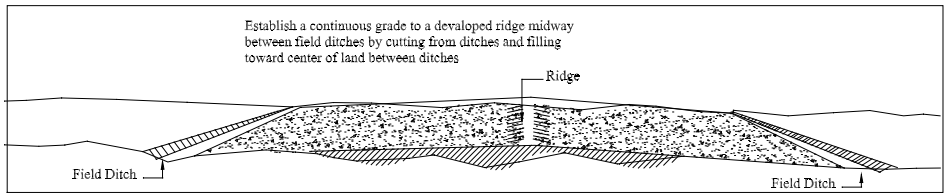
พืช	ระบบให้น้ำแบบร่อง		ระบบให้น้ำแบบสปริงเกลอร์		ระบบให้น้ำแบบหยด	
	ผลผลิต ตัน/ไร่	กก./ม.^{3}	ผลผลิต ตัน/ไร่	กก./ม.^{3}	ผลผลิต ตัน/ไร่	กก./ม.^{3}
ข้าวโพด	1.0-1.4	0.7-1.0	1.0-1.2	0.8-1.1	1.0-1.5	1.0-1.5
อ้อย	18-25	2.5-3	20-27	4-5	25-30	6-8
ฝ้าย	0.5-0.6	0.2-0.3	0.6-0.7	0.3-0.4	0.7-0.8	0.5-0.6
มะเขือเทศ	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

TYPICAL CROSS SECTION OF GROUND SURFACE THAT HAS SOME GENERAL SLOPE
IN ONE DIRECTION AND IS COVERED WITH MANY SMALL DEPRESSINS AND POCKTS



TYPICAL CROSS SECTION OF GROUND SURFACE THAT HAS LITTLE OR NO GENERAL
SLOPE AND IS COVERED WITH MANY SMALL DEPRESSINS AND POCKTS





TYPICAL CROSS SECTION OF GROUND SURFACE THAT HAS LITTLE OR NO
GENERAL SLOPE AND IS COVERED WITH MANY SMALL DEPRESSINS AND POCKTS

รูปที่ 6.20 วิธีการปรับพื้นที่เพื่อการระบายน้ำ

บทที่ 7 หลักเกณฑ์และวิธีการพิจารณาวางโครงการชลประทาน

7.1 ความคิดรวบยอด

หลักเกณฑ์และวิธีการพิจารณาวางโครงการชลประทาน เป็นเรื่องที่พยายามหาคำตอบว่า เมื่อจะดำเนินการก่อสร้างระบบชลประทานแล้วจะคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ โดยจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ และสังคม ควบคู่กันไป ทั้งนี้เพื่อที่จะได้วางแผนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เป็นระบบและให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด และจะต้องเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

7.2 หลักในการพิจารณาวางโครงการชลประทาน

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับทรัพยากรที่มีอยู่ รวมทั้งศึกษาเกี่ยวกับด้านวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ การเงิน และด้านอื่น ๆ มีรายละเอียดดังนี้

1) การศึกษาทรัพยากรที่มีอยู่ จะพิจารณาถึงความจำเป็นในการต้องมีโครงการชลประทานจากความต้องการสร้างความมั่นคง หรือ ความมั่งคั่งของประเทศ ทั้งนี้เพื่อจะได้วางแผนการใช้ทรัพยากรให้เป็นระบบและให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเมื่อเกิดโครงการชลประทานแล้วจะต้องมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

2) การศึกษาทางด้านวิศวกรรม เป็นการพิจารณาถึงแนวทางก่อสร้างว่าสร้างได้หรือไม่ได้ ถ้าสร้างจะสร้างอย่างไร รายละเอียดในการก่อสร้างเป็นอย่างไร ค่าก่อสร้างเป็นเท่าใด ฯลฯ

3) การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นการพิจารณาว่าเมื่อมีโครงการชลประทานแล้วผลประโยชน์ของชาติเพิ่มขึ้นหรือไม่ โดยใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทน (IRR) อัตราส่วนของผลประโยชน์ค่าลงทุน (B/C Ratio) เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

4) การศึกษาด้านการเงิน (Viability) เป็นการพิจารณาเกี่ยวกับ ค่าลงทุนทั้งหมดเท่าใด แหล่งเงินทุนจะมาจากไหน ดอกเบี้ยเท่าใด ช่วงไหนจะต้องใช้เงินมากที่สุด มีโอกาสที่จะกู้เงินจากแหล่งไหนได้บ้าง เป็นต้น

5) การศึกษาด้านอื่น ๆ เช่น ความมั่นคงของประเทศชาติ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การยอมรับของสังคม ฯลฯ

7.3 ระดับในการศึกษา

เป็นการพิจารณาระดับของชั้นความละเอียดในการศึกษาว่าอยู่ในเกณฑ์ใด เช่น การวิเคราะห์เบื้องต้น การศึกษาความเหมาะสม การศึกษาขั้นตอนปฏิบัติตามโครงการ ซึ่งในแต่ละหัวข้อจะมีความละเอียดของข้อมูลแตกต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดพอสรุปดังนี้

1) การศึกษาเบื้องต้น (Reconnaisance, Pre-liminary Project, Investigation) เป็นการวิเคราะห์เบื้องต้นว่า ศักยภาพของพื้นที่ดินและทรัพยากรควรพัฒนาหรือไม่

2) การศึกษาความเหมาะสมของโครงการ (Feasibility Study) เป็นการศึกษารายละเอียดทางด้านวิศวกรรม เศรษฐศาสตร์ สังคม วิเคราะห์ผลประโยชน์ ค่าลงทุน และการเงินเบื้องต้นว่าพอมีแนวทางเป็นไปได้หรือไม่ ประเมินสภาพแวดล้อม และจะต้องสรุปให้ได้ว่าโครงการเหมาะสมหรือไม่เหมาะสม

3) การปฏิบัติตามโครงการ (Implementation) เป็นขั้นตอนของการทำโครงการ ที่ได้ผ่านการพิจารณาเห็นชอบแล้วไปปฏิบัติตามแผนงานที่วางไว้ เช่น การติดต่อหาแหล่งเงินกู้ การว่าจ้างผู้รับเหมา การทำสัญญาก่อสร้าง การจัดซื้ออุปกรณ์ครุภัณฑ์ การติดตั้งเครื่องจักรเครื่องมือ และเมื่อโครงการได้ดำเนินการไปแล้วจะต้องมีการประเมินผลงานและรายงานผลการปฏิบัติงานว่าเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่อย่างไร

7.4 การตัดสินใจดำเนินการตามโครงการ

เป็นการอธิบายให้เห็นภาพรวมว่า ถึงแม้โครงการจะมีความเหมาะสมแล้วก็ตาม แต่การตัดสินใจดำเนินการตามโครงการจะมีต่อไปหรือไม่ขึ้นอยู่กับ

1) โครงการนี้เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในทางเศรษฐศาสตร์ ในการเพิ่มอาหารและเส้นใยหรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยยาฆ่าแมลง เมล็ดพันธุ์ที่ดี หรือการปรับปรุงวิธีการเพาะปลูกในพื้นที่ที่เคยทำการเพาะปลูกอยู่แล้ว ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่แห้งแล้ง หรือพื้นที่ชลประทาน หรือการส่งผลผลิตไปยังอีกภูมิภาคหนึ่ง

2) โครงการที่มีอยู่สามารถปรับปรุงได้ง่ายกว่าการสร้างโครงการใหม่หรือไม่

3) ในสภาพที่มีเงินทุนจำกัด โครงการชลประทาน จะทำให้สังคมมีสภาพดีกว่าหรือไม่ เมื่อเทียบกับการมีโรงพยาบาล ที่พักอาศัย ถนน หรือ การลงทุนด้านอื่น ๆ

4) โครงการนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ที่ดิน โดยการพิจารณาจากสมรรถนะที่ดินหรือไม่

5) โครงการนี้สอดคล้องกับเป้าหมายทางสภาพแวดล้อมและสังคมหรือไม่

7.5 การพิจารณาตัดสินใจดำเนินการทางด้านเศรษฐศาสตร์

หลักการพิจารณา จะเปรียบเทียบค่าลงทุนและผลประโยชน์ เมื่อมีโครงการชลประทานกับไม่มีโครงการ โดยใช้เกณฑ์ทางเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present Value, NPV) อัตราผลตอบแทน (Internal Rate of Return, IRR) อัตราส่วนผลประโยชน์ค่าลงทุน Benefit/cost Ratio, B/C) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)

ตามวิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ Cash Flow ของผลประโยชน์และค่าลงทุนจะถูกเปลี่ยนให้เป็นมูลค่าปัจจุบันที่เปรียบเทียบดูว่ามูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์มากกว่าหรือน้อยกว่ามูลค่าปัจจุบันของค่าลงทุน ถ้ามูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์มากกว่ามูลค่าปัจจุบันของค่าลงทุน แสดงว่าโครงการนั้นจะก่อให้เกิดผลกำไร (ผลประโยชน์ค่าลงทุน) และควรนำไปดำเนินการ

ถ้าให้ NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

PV_{Bi} = มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รายการที่ i

Pv_{ci} = มูลค่าปัจจุบันของค่าลงทุนรายการที่ i

$$NPV = \sum_{i=1}^{N} PV_{Bi} - \sum_{i=1}^{N} PV_{Ci}$$

ถ้า NPV > 0 แสดงว่าโครงการมีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์

ถ้า NPV < 0 แสดงว่าโครงการไม่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์

2) อัตราผลตอบแทนของโครงการ (IRR)

เป็นการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนของการลงทุนโครงการ (IRR) ซึ่งก็คือค่า i ในสูตรดอกเบี้ยทบต้น ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์พอดี เมื่อนำเอาอัตราผลตอบแทนของโครงการที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับ Minimum Attractive Rate of Return (MARR) จะบอกได้ว่าโครงการนั้นเป็นที่น่าสนใจในเชิงเศรษฐศาสตร์หรือไม่ เกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

ถ้า IRR > MARR แสดงว่าโครงการน่าสนใจ

ถ้า IRR < MARR แสดงว่าโครงการไม่น่าสนใจ

เกณฑ์การตัดสินใจโครงการด้วย IRR ค่อนข้างเป็นที่นิยมใช้กันมากสำหรับโครงการลงทุนทางธุรกิจ ทั้งนี้เพราะวิธีนี้จะบอกค่าผลตอบแทนของการลงทุนไม่ว่าจะอยู่ในรูปของเงินกู้ (Loan) หรือ เงินทุน

ที่ผู้ลงทุนนำไปลงในกิจการเพื่อหวังผลกำไร (Equity Capital) ต่างจากเงินกู้หรือหนี้ (Debt) ตรงที่สำหรับหนี้จะต้องมีการจ่ายดอกเบี้ยตามอัตราที่กำหนดไว้ในสัญญา ส่วน Equity Capital จะได้กำไรหลังจากที่ได้หักดอกเบี้ยเงินกู้ออกไปแล้ว ในปัจจุบันธนาคารโลก (IBRD) ยังคงใช้ IRR เป็นเกณฑ์ในการตัดสินโครงการที่ต้องการเงินกู้จากธนาคารโลก

การหาค่า IRR สามารถทำได้ดังนี้

1. สมมติค่า i แล้วทำการคำนวณหา NPV จาก Cash Flow Diagram

2. ถ้า NPV เป็นบวก แสดงว่า i ที่สมมติมีค่าต่ำเกินไป ให้สมมติ i และคำนวณหา NPV ใหม่ จนได้ค่า NPV เป็นลบ

3. ทำการ Interpolate หาค่า i ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์

สำหรับการวิเคราะห์โครงการในเชิงเศรษฐศาสตร์ ค่า MARR ที่ใช้คือค่าการเสียโอกาสของเงินทุน

3) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (B/C Ratio)

ตามวิธีนี้ ขั้นแรกจะต้องมีการนิยามว่าอะไรคือผลประโยชน์ และอะไรคือค่าลงทุนของโครงการ แล้วจึงทำการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ และมูลค่าปัจจุบันของค่าลงทุน ถ้าอัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ต่อมูลค่าปัจจุบันของค่าลงทุนเกินหนึ่ง แสดงว่าโครงการเป็นที่ยอมรับได้ ถ้าอัตราส่วนน้อยกว่าหนึ่งแสดงว่าควรปฏิเสธโครงการ หลักการนี้อาจเขียนออกมาเป็นสมการได้ว่า

$$B/C = \sum_{i=1}^{N} PV_{Bi} \Big/ \sum_{i=1}^{M} PV_{Ci}$$

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในสหรัฐอเมริกา ในการตัดสินโครงการที่ใช้เงินของรัฐบาลกลาง แต่วิธีนี้มีข้อสำคัญคือ การกำหนดว่าอะไรเป็นผลประโยชน์และอะไรคือค่าลงทุน สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งเป็นเหตุให้สามารถเพิ่มหรือลดค่า B/C ได้

7.6 ตัวอย่างการศึกษาการพิจารณาวางโครงการชลประทาน

การวิเคราะห์โครงการทางการเศรษฐศาสตร์มีแนวคิดในการวิเคราะห์ 4 วิธี คือ การวิเคราะห์ค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present หรือ NPV.) การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายใน (lnternal Rate of Return หรือ IRR.) และการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit/Cost Ratio) และการวิเคราะห์ระยะคืนทุน (Pay Back Period) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(อนันต์ เกตุวงศ์ : 2534)

7.6.1 การวิเคราะห์ค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value หรือ NPV.)

ปัจจุบันสุทธิ หมายถึงผลรวมของผลตอบแทนสุทธิ ซึ่งได้ปรับค่าของเวลาแล้วและได้หักค่าใช้จ่ายในการลงทุนออกแล้ว หากค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์หรือมีค่าเป็นบวก ย่อมหมายความว่างานหรือกิจการหรือโครงการนั้นได้ผลตอบแทนมากกว่าค่าใช้จ่าย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือมีผลกำไร แต่ถ้าได้ผลตรงข้ามคือต่ำกว่าศูนย์หรือติดลบ หมายความว่าขาดทุน ไม่ควรนำโครงการนั้นไปดำเนินการ

การหาค่าปัจจุบันสุทธิของกิจการหรือโครงการ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 ทำการเปลี่ยนผลตอบแทนสุทธิในแต่ละปีของโครงการให้เป็นค่าใช้ปัจจุบัน แล้วจึงนำค่าปัจจุบันนั้นมารวมกัน ลบด้วยค่าใช้จ่ายคงที่ จะได้ค่าปัจจุบันสุทธิตามตัวอย่างต่อไปนี้

สมมติว่าโครงการหนึ่งมีเวลาดำเนินการ 5 ปี มีค่าใช้จ่ายคงที่ 10,000 บาท ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานปีละ 1,000 บาท และมีผลตอบแทนปีละ 3,500 บาท ตลอดเวลา 5 ปี อัตราดอกเบี้ยตลอดเวลา 5 ปี เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ฐานะทางด้านการเงินของโครงการนี้จะเป็นอย่างไร สามารถคำนวณได้ดังนี้

ผลตอบแทนแต่ละปี – ค่าใช้จ่ายแต่ละปี = ผลตอบแทนสุทธิของแต่ละปี

ตารางที่ 7.1 แสดงถึงการหาค่าปัจจุบันสุทธิ วิธีที่ 1

ปี (1)	ค่าใช้จ่าย (2)	ผลตอบแทน (3)	ผลตอบแทนสุทธิ (Cash Flow) (4)	อัตราลดค่า 10% (5)	ค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) (6)
0	10,000	-	- 10,000	1.000	- 10,000
1	1,000	3,500	+ 2,500	0.909	+ 2,272.5
2	1,000	3,500	+ 2,500	0.826	+ 2,065.0
3	1,000	3,500	+ 2,500	0.751	+ 1,877.5
4	1,000	3,500	+ 2,500	0.683	+ 1,707.5
5	1,000	3,500	+2,500	0.612	+ 1,552.5
	15,000	17,500	+ 2,500	-	-525.0

จากผลการคำนวณตามตารางจะเห็นว่า ผลตอบแทนสุทธิเป็นเงินสดมีผลกำไร 2,500 บาท แต่เมื่อดูที่ค่าปัจจุบันสุทธิติดลบ 525 บาท หรือขาดทุน 525 บาท ตามหลักจึงไม่ควรนำโครงการนี้ไป

ดำเนินการเพราะขาดทุน หากพิจารณาแต่เฉพาะกระแสเงินสดจะเห็นว่าโครงการนี้มีผลกำไรถึง 2,500 บาท แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าปัจจุบันแล้วกลับขาดทุน

วิธีที่ 2 ทำการปรับค่าของเวลาของค่าใช้จ่าย และผลตอบแทนเป็นรายปีไปจนตลอดโครงการให้เป็นค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ

ตารางที่ 7.2 แสดงการคำนวณหาค่าปัจจุบันสุทธิ วิธีที่ 2

ปี	ค่าใช้จ่าย คงที่	ค่าใช้จ่าย ดำเนินการ	ค่าปัจจุบัน ของค่าใช้จ่าย	ผลตอบแทน	ค่าปัจจุบันของ ผลตอบแทน	อัตราลดค่า 10%
0	10,000					1.000
1	-	1,000	909	3,500	3,181.5	0.909
2	-	1,000	826	3,500	2,891.0	0.826
3	-	1,000	751	3,500	2,628.5	0.751
4	-	1,000	683	3,500	2,390.5	0.683
5	-	1,000	621	3,500	2,173.5	0.621
	-	5,000	3,790	17,500	13,265	-

ค่าปัจจุบันของผลตอบแทนลบด้วยค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายได้ 13,265-3,790 = 9,475 บาท แล้วลบด้วยค่าใช้จ่ายคงที่ (9,475 - 10,000 = -525) ค่าปัจจุบันสุทธิมีค่า –525 บาท ซึ่งหมายความว่าขาดทุนเช่นเดียวกัน

7.6.2 การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Retuen หรือ IRR)

อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ หมายถึงอัตราที่จะทำให้ผลตอบแทนและค่าใช้จ่ายที่เป็นค่าปัจจุบันแล้วเท่ากัน อัตราผลตอบแทนภายในนี้จึงเป็นอัตราความสามารถของเงินลงทุนที่ก่อให้เกิดรายได้คุ้มกับเงินลงทุน หรือก่อให้เกิดจุดคุ้มทุนพอดี หรืออาจเรียกง่าย ๆ ว่าเป็นอัตราลดค่าที่ทำให้ค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นศูนย์

วิธีการคำนวณหาค่าของอัตราดังกล่าวนี้ สามารถทำได้โดยใช้สูตรดังนี้

$$IRR = \text{อัตราลดค่าตัวต่ำ} + \left[\text{ผลต่างระหว่างอัตราลดค่าทั้งสอง} \times \frac{\text{ค่าปัจจุบันสุทธิที่ใช้อัตราลดค่าตัวต่ำ}}{\text{ผลต่างของค่าปัจจุบันสุทธิที่ใช้อัตราลดค่าทั้งสอง}} \right]$$

ดังนั้น อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ก็คือ 13.99% หมายความว่าโครงการนี้มีความทนต่อการลดค่าของเงินได้ถึง 13.99 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือถ้าอัตราลดค่าของเงินสูงกว่านี้โครงการจะเริ่มขาดทุนและขาดทุนมากขึ้นตามอัตราลดค่าที่เพิ่มขึ้น ในทางกลับกันถ้าอัตราลดค่าต่ำลงมา จะทำให้โครงการได้กำไร จึงกล่าวได้ว่าโครงการได้มีอัตราผลตอบแทนภายในสูง ย่อมเป็นโครงการที่ให้ผลประโยชน์ได้สูงด้วย

7.6.3 การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (Benefit/Cost Ratio)

วิธีการนี้สามารถนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์โครงการเพื่อจะให้คำตอบได้ว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธโครงการได้เช่นเดียวกันกับวิธีการหาค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ยิ่งไปกว่านั้นวิธีการนี้ยังสามารถใช้ในการจัดอันดับโครงการได้อีกด้วย โครงการใดจะให้ผลประโยชน์มากที่สุดและรองลงไปตามลำดับ โดยดูจากอัตราผลตอบแทนจากสูงไปหาต่ำ

เนื่องจากมีเกณฑ์การตัดสินใจอยู่ว่า โครงการใดที่มีอัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่ายมากกว่า 1 ย่อมหมายความว่าโครงการนั้นมีผลตอบแทนมากกว่าค่าใช้จ่าย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งเครื่องชี้ถึงผลตอบแทนนี้เป็นเครื่องแสดงถึงการเปรียบเทียบผลตอบแทนกับค่าใช้จ่าย ดังนั้นถ้าตัวชี้มีค่าเท่ากับ 1 ย่อมหมายความว่าผลตอบแทนกับค่าใช้จ่ายเท่ากัน

ฉะนั้น การใช้วิธีการนี้ไปตัดสินใจ จึงดูที่ตัวชี้ว่าถ้ามากกว่า 1 โครงการนั้นควรได้รับเลือก ในทางกลับกันถ้าน้อยกว่า 1 ไม่ควรนำโครงการไปดำเนินการ

เพื่อที่จะคำนวณหาตัวชี้ของผลตอบแทนนี้ ทำได้โดยการนำเอาค่าปัจจุบันของเงินสดสุทธิที่ใช้ในการลงทุนเบื้องต้นไปหารค่าปัจจุบันของผลประโยชน์สุทธิที่คาดหมายว่าจะได้รับในอนาคตตามสูตรคือ

$$\text{อัตราผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย} = \frac{\text{ค่าปัจจุบันของผลตอบแทนทั้งหมด}}{\text{ค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายทั้งหมด}}$$

$$B/C = \frac{PV\ of\ Benefits}{PV\ of\ Costs}$$

ตัวอย่างโครงการหนึ่งใช้เงินลงทุนเบื้องต้น 2,000 บาทในปีแรก และ 2,500 บาท ในปีที่สอง มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและผลตอบแทนในแต่ละปี รวมทั้งกระแสเงินสด ตลอดจนรายละเอียดของโครงการ 6 ปี ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.3 แสดงรายละเอียดและอัตราผลตอบแทนของโครงการ

ปี	ค่าลงทุนและค่าดำเนินการ	ผลตอบแทน	กระแสเงินสด (CF)	อัตราลดค่า 13%	มูลค่าปัจจุบัน	อัตราลดค่า 14%	มูลค่าปัจจุบัน
0	2,000	0	-2,000	1.000	-2,000	1.000	-2,000
1	2,500	0	-2,500	0.885	-2,212.5	0.879	-2,192.5
2	600	2,000	+400	0.783	313.2	0.769	307.5
3	500	2,000	+1,500	0.693	1,039.5	0.675	1,012.5
4	500	1,500	+1,000	0.613	613	0.592	592
5	400	2,500	+2,100	0.543	1,140.3	0.519	1,089.9
6	400	3,000	+2,600	0.480	1,248	0.456	1,185.6
	6,900	10,000	3,100	-	454.7	-	-4.90

จากข้อมูลในตาราง จะเห็นอัตราการลดค่าของเงินนำมาใส่ไว้สองอัตรา คือ 13% และ 14% มีค่าปัจจุบันสุทธิ ซึ่งคำนวณจากกระแสของแต่ละอัตรา การลดค่าของเงินทั้งสองได้ 454.7 และ –4.9 บาท แสดงให้เห็นว่าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการจะหาต้องอยู่ระหว่างอัตราทั้งสอง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ จุดที่ค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับศูนย์จะอยู่ระหว่างอัตราทั้งสองนี้ ดังนั้น 13% จึงเป็นอัตราลดค่าตัวต่ำ และ 14% เป็นอัตราลดค่าตัวสูง ในการคำนวณหาค่าที่ต้องการจึงต้องใช้สูตรดังกล่าวมาคำนวณดังนี้

$$\text{IRR} = 13 + (14 - 13)\left[\frac{454.7}{454.7 - (-4.9)}\right]$$

$$= 13 + 1\left[\frac{454.7}{459.6}\right]$$

$$= 13 + 0.99$$

$$= 13.99\%$$

ก่อนจะคำนวณโดยใช้สูตรดังกล่าวนี้ จำต้องหาค่าปัจจุบันของผลตอบแทนและของค่าใช้จ่ายก่อนดังนี้

ตารางที่ 7.4 แสดงค่าปัจจุบันของผลตอบแทนและค่าใช้จ่าย

ปี	ค่าใช้จ่าย	อัตราลดค่า 12%	ค่าใช้จ่าย มูลค่าปัจจุบัน	ผลตอบแทน	อัตราลดค่า 12%	ผลตอบแทน มูลค่าปัจจุบัน
0	10,000	1.000	10,000	-	-	-
1	5,000	0.893	4,465	-	-	-
2	800	0.797	637.6	4,000	0.797	3,188
3	700	0.712	498.4	5,000	0.712	3,560
4	600	0.636	381.6	8,000	0.636	5,088
5	500	0.567	283.5	9,000	0.567	5,103
	17,600	-	16,266.1	26,000	-	16,939

แทนค่าสูตรดังนี้

$$B/C = \frac{16.939}{16,266.1}$$

$$= 1.04$$

= โครงการนี้ควรลงทุน

7.6.4 การวิเคราะห์ระยะคืนทุน (Payback Perlod)

วิธีการนี้พิจารณาโดยอาศัยการคำนวณหาจุดคุ้มทุน ซึ่งหมายถึงจุดที่ผลตอบแทนสุทธิเท่ากันกับเงินลงทุนของโครงการ เมื่อโครงการดำเนินไปจะมีทั้งค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนที่เกิดขึ้น ดังนั้นจะมีจุดหนึ่งของเวลาที่เงินลงทุนเท่ากับผลตอบแทนที่ได้กลับคืนมา อาจเป็นเวลา 3 ปี 5 ปี หรือ 15 ปีก็ได้

ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนนี้ มีสูตรดังนี้

$$\text{ระยะคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

คำนวณหาจุดคุ้มทุนได้ตามตัวอย่างนี้ สมมติว่าโครงการหนึ่งมีค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการ ค่าดำเนินการตามโครงการ ผลตอบแทน และผลตอบแทนสุทธิ ดังนี้

ตารางที่ 7.5 แสดงการหาจุดคุ้มทุนของโครงการ

ปี	ค่าใช้จ่ายลงทุน	ค่าใช้จ่ายดำเนินการ	ผลตอบแทน	ผลตอบแทนสุทธิ
1	10,000	-	-	-
2	-	5,500	6,000	500
3	-	6,000	7,000	1,000
4	-	6,500	8,000	1,500
5	-	7,000	9,500	2,500
6	-	7,500	10,000	2,500
7	-	8,000	12,000	4,000
รวม	10,000	40,500	52,500	12,000

จากตารางจะเห็นว่าโครงการนี้ใช้เวลา 7 ปี โดยปีแรกเป็นเวลาทำการลงทุน และเริ่มดำเนินการตั้งแต่ปีที่ 2 ไปจนถึงปีที่ 7 เมื่อสิ้นปีที่ 7 แล้ว มีผลตอบแทนสุทธิทั้งสิ้น 12,000 บาท ดังนั้น ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปีจึงเท่ากับผลตอบแทนสุทธิทั้งหมดหารด้วยเวลาดำเนินการ ดังนี้

$12{,}000 \div 6 = 2{,}000$ แล้วจึงคำนวณหาจุดคุ้มทุน หรือระยะคืนทุนตามสูตร คือ

$$\text{ระยะคืนทุน} = \frac{10{,}000}{2{,}000}$$

$$= 5 \text{ ปี}$$

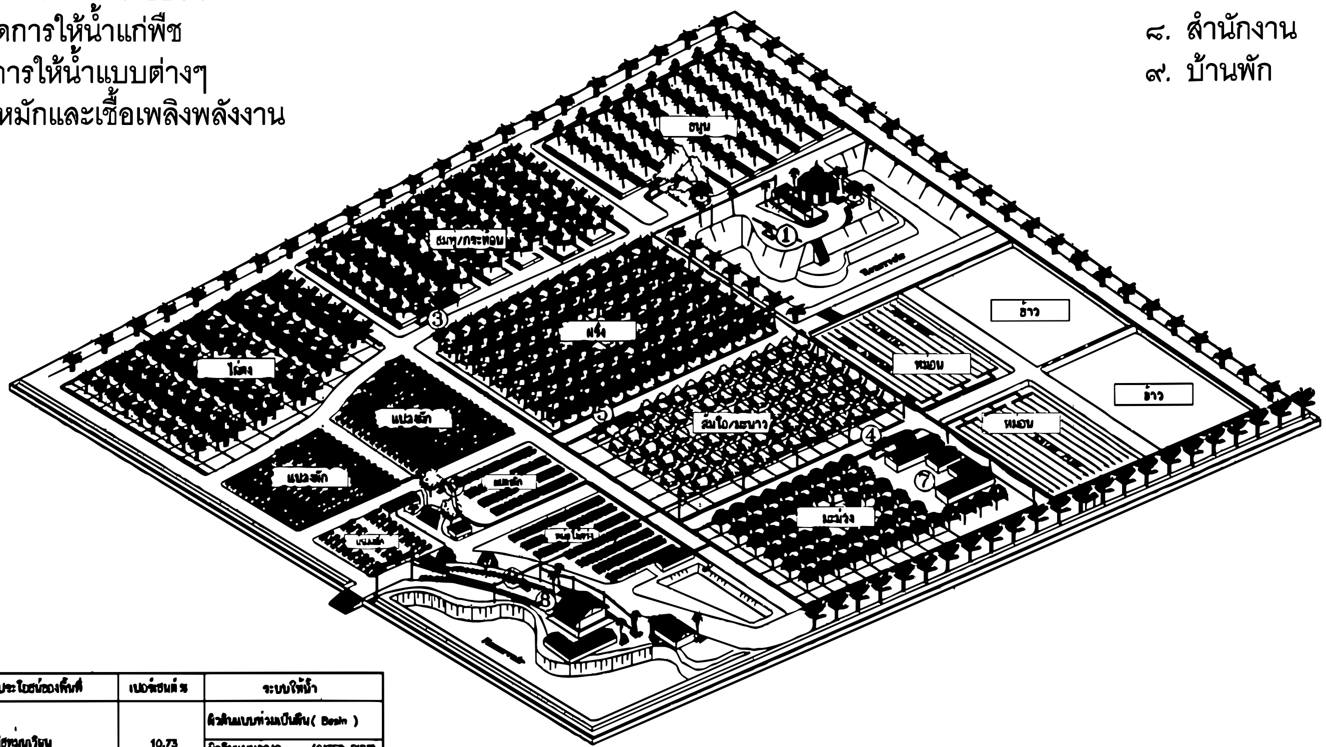
ตัวอย่างการวิเคราะห์ในโครงการทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการพัฒนาที่ดินแห่งหนึ่ง

โครงการพัฒนาที่ดินแห่งหนึ่ง ตามรูปที่ 7.1 มีพื้นที่จำนวน 50 ไร่ ได้คำนวณค่าใช้จ่าย และผลตอบแทนของโครงการ ดังนี้

โครงการพัฒนาที่ดินตามแนวพระราชดำริ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวในวโรกาสครบ ๖ รอบ ๕ ธันวาคม ๒๕๔๒

๑. สถานีต้อนรับผู้เยี่ยมชม
๒. สถานีสอบเทียบการใช้น้ำของพืช
๓. สถานีกำหนดการให้น้ำแก่พืช
๔. สถานีสาธิตการให้น้ำแบบต่างๆ
๕. สถานีนำปุ๋ยหมักและเชื้อเพลิงพลังงาน

๖. สถานีผลิตพืชผักปลอดสารพิษ
๗. สถานีเพาะเห็ดในโรงเรือน
๘. สำนักงาน
๙. บ้านพัก



พื้นที่	การใช้ประโยชน์ของพื้นที่	เปอร์เซ็นต์	ระบบให้น้ำ
5.1746 rai	นาข้าว + พืชหมุนเวียน	10.73	ผิวดินแบบท่วมเป็นผืน(Basin) ผิวดินแบบรูเจาะ (GATED PIPE) MINISPRAY
2.9922 rai	มะม่วง 6x8 = 84 ต้น	6.20	MINISPRAY
3.0715 rai	ส้มโอ 6x8 = 54 ต้น มะนาว 6x8 = 45 ต้น	6.37	MINISPRAY
3.5600 rai	ฝรั่ง 6x8 = 105 ต้น	7.38	MINISPRAY
2.9798 rai	ขนุน 6x8 = 93 ต้น	6.18	MINISPRAY
2.9480 rai	ชมพู่ 6x8 = 91 ต้น	6.11	MINISPRAY
3.2915 rai	ไผ่ตง 6x8 = 102 ต้น	6.82	MINISPRAY
สระน้ำ = 7.215 rai	เลี้ยงปลา	15.00	MINISPRAY
ถนน = 7.6834 rai		16.00	MINISPRAY
แปลงผัก = 6.167 rai		12.70	MINISPRAY
เนินดินสระน้ำ = 3.1393 rai		6.51	MINISPRAY
Total Area = 48.2452 rai		100.00	

รูปที่ ๗.๑ ตัวอย่างรูปแปลงโครงการพัฒนาที่ดินแห่งหนึ่ง

ค่าเตรียมการ	20,000	บาท
ค่าลงทุนในปีปัจจุบัน (ก่อนดำเนินการ)	70,000	บาท
ค่าดำเนินการตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ 4 ปีละ	10,000	บาท
ค่าดำเนินการตั้งแต่ปีที่ 5 ถึงปีที่ 9 ปีละ	20,000	บาท
ค่าบำรุงรักษาปีละ	10,000	บาท
ผลประโยชน์ตอบแทนตั้งแต่ปีที่ 1 ถึงปีที่ 9 ปีละ	50,000	บาท
เมื่อหมดอายุโครงการมีทรัพย์สินคงเหลือ	60,000	บาท
อัตราดอกเบี้ยของเงินต้นที่กู้ยืมมาลงทุน	25%	
ระยะเวลาของโครงการ	9	ปี

(หมายเหตุ สมมติว่าอัตราลดค่าของเงินเท่ากับ 8%)

จงวิเคราะห์โครงการทางการเงิน โดยใช้หลักคำนวณหาค่า NPV B/C IRR และ Payback Period ว่าโครงการนี้จะคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่

วิธีคิด :

ขั้นตอนที่ 1 สร้างตารางจากข้อมูลข้างต้นได้ ดังนี้

ปี	ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ			ค่าใช้จ่าย	ทรัพย์สิน	ผลประโยชน์	ผลประโยชน์
	ค่าลงทุนเตรียมการ	ค่าดำเนินการ	ค่าบำรุงรักษา	รวม	คงเหลือ	ตอบแทน	ตอบแทนรวม
0	90,000	-	-	90,000	-	-	-
1	-	10,000	10,000	20,000	-	50,000	50,000
2	-	10,000	10,000	20,000	-	50,000	50,000
3	-	10,000	10,000	20,000	-	50,000	50,000
4	-	10,000	10,000	20,000	-	50,000	50,000
5	-	20,000	10,000	30,000	-	50,000	50,000
6	-	20,000	10,000	30,000	-	50,000	50,000
7	-	20,000	10,000	30,000	-	50,000	50,000
8	-	20,000	10,000	30,000	-	50,000	50,000
9	-	20,000	10,000	30,000	60,000	50,000	110,000
รวม	90,000	140,000	90,000	320,000	60,000	450,000	510,000

ขั้นตอนที่ 2 สร้างตารางเพื่อการคำนวณหาค่า NPV และ B/C

ปี	ค่าตอบแทน	ค่าใช้จ่าย	ค่าตอบแทนสุทธิ	อัตราลดค่า 8%	ค่าตอบแทน มูลค่าปัจจุบัน	ค่าใช้จ่ายมูลค่าปัจจุบัน	ค่าตอนแทนสุทธิ มูลค่าปัจจุบัน
0	-	90,000	-90,000	1.00	-	90,000	-90,000
1	50,000	20,000	30,000	0.926	46,300	18,520	27,780
2	50,000	20,000	30,000	0.857	48,850	17,140	25710
3	50,000	20,000	30,000	0.794	39,700	15,880	23820
4	50,000	20,000	30,000	0.735	36,750	14,700	22050
5	50,000	30,000	20,000	0.681	34,050	20,430	13,620
6	50,000	30,000	20,000	0.630	31,500	18,900	12,600
7	50,000	30,000	20,000	0.583	29,150	17,490	11,660
8	50,000	30,000	20,000	0.540	27,000	16,200	10,800
9	110,000	30,000	80,000	0.500	55,000	15,000	40,000
รวม	510,000	320,000	190,000	-	342,300 (PVB)	244,260 (PVC)	98,040 (NPV)

ขั้นตอนที่ 3 หาค่า NPV

NPV = Net present Value

PVB = Present Value of Benefit

PVC = Present Value of Cost

สูตร NPV = PVB - PVC

= 342,300 – 244,260

= 98,040 บาท

ขั้นตอนที่ 4 หาค่า B/C จากสูตร

$$B/C = \frac{PVB}{PVC} = \frac{342,300}{244,260} = 1.40$$

ขั้นตอนที่ 5 สร้างตารางการคำนวณหาค่า Payback Perlod และ IRR

ปี	ค่าตอบแทน	ค่าใช้จ่าย	ค่าตอบแทนสุทธิ	อัตราลดค่าตัวต่ำ 25%	มูลค่าปัจจุบันสุทธิตัวต่ำ	อัตราลดค่าตัวสูง 30%	มูลค่าปัจจุบันสุทธิตัวสูง
0	-	90,000	-90,000	1	-90,000	1	-90,000
1	50,000	20,000	30,000	.800	24,000	.769	23,070
2	50,000	20,000	30,000	.640	19,200	.592	17,760
3	50,000	20,000	30,000	.572	15,360	.455	13,650
4	50,000	20,000	30,000	.410	12,300	.350	10,500
5	50,000	30,000	20,000	.328	6,560	.269	5,380
6	50,000	30,000	20,000	.262	5,240	.207	4,140
7	50,000	30,000	20,000	.210	4,200	.159	3,180
8	50,000	30,000	20,000	.168	3,360	.123	2,460
9	110,000	30,000	80,000	.134	10,720	.094	7,520
รวม	510,000	320,000	190,000	-	10,940	-	-2,340

ขั้นตอนที่ 6 การคำนวณหา Payback Period จากสูตร

Payback period จะเป็นเวลาในช่วงที่ผลรวมของค่าตอบแทนสุทธิ (Cash Flow) = 0 คือช่วงสิ้นปีที่ 3 ของโครงการ

$$= \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ค่าตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \qquad \frac{90,000}{\left(\frac{280,000}{9}\right)} = \frac{810,000}{280,000}$$

$$= 2.89 \text{ ปี}$$

ขั้นตอนที่ 7 หาอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (IRR) จากสูตร

$$\text{IRR} = \text{อัตราลดค่าตัวต่ำ} + \left[\text{ผลต่างระหว่างอัตราลดค่าทั้งสอง} \times \frac{\text{ค่าปัจจุบันสุทธิที่ใช้อัตราลดค่าตัวต่ำ}}{\text{ผลต่างของค่าปัจจุบันสุทธิที่ใช้อัตราลดค่าทั้งสอง}} \right]$$

$$= 25 + \left[(30 - 25) \times \frac{[\ 10.940]}{[10.940 - (-2.340)]} \right]$$

$$= 25 + \left[(5) \times \frac{[\ 10.940]}{[10.940 + 2.340]} \right]$$

$$= \quad 25 + \left[(5) \times \frac{[\ 10.940\ ]}{13{,}280} \right]$$

$$= \quad 25 + 4.12$$

IRR $= \quad 29.12\%$

<u>สรุป</u> โครงการนี้มีระยะเวลาคืนทุนในสิ้นปีที่ 3 ของโครงการ NPV = 98,040 บาท B/C = 1.40 ค่า IRR = 29.12% ดังนั้น โครงการนี้จึงคุ้มทุนหรือคุ้มค่าทางการเงิน

7.7 มูลค่าของจำนวนเงินในเวลาที่แตกต่างกัน

จากหัวข้อ 7.1 ถึง 7.6 ทำให้สามารถตอบคำถามได้ว่า เมื่อมีโครงการชลประทาน หรือระบบชลประทานแล้วคุ้มค่าหรือไม่ ความยากง่ายของการวางโครงการชลประทานเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับค่าลงทุนและผลตอบแทน นอกจากนี้ยังเกี่ยวรวมถึงการแปลงตัวเลขงบประมาณและรายได้มาเป็นค่าปัจจุบัน เพื่อหาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ นักเศรษฐศาสตร์ คณิตศาสตร์ ได้ใช้แนวความคิดว่า ค่าของเงินจะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา เนื่องจากเงินที่ได้รับก่อนสามารถนำไปลงทุนได้ ซึ่งมีลักษณะต่าง ๆ กัน แต่มีค่าของเงินเท่ากัน ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ถ้ากำหนดให้

P แทนค่าเงินปัจจุบัน

F แทนค่าจำนวนเงินในอนาคต

A แทนค่าจำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี

G แทนจำนวนเงินที่เพิ่มหรือลดเท่ากันทุกปี

i แทนอัตราดอกเบี้ย หรือผลตอบแทน

n แทนจำนวนปี หรือจำนวนครั้งที่คิดดอกเบี้ย

จะสามารถจัดทำเป็นสูตรหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเงินกับระยะเวลาได้ ตามตารางที่ 7.6 และเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน ส่วนใหญ่จะนำสูตรในตารางที่ 7.6 ไปทำเป็นตารางค่าตัวประกอบสำหรับการคำนวณค่าของเงิน ดังตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.6 สูตรพีชคณิตและสูตรสัญญลักษณ์ของความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเงินต่าง ๆ

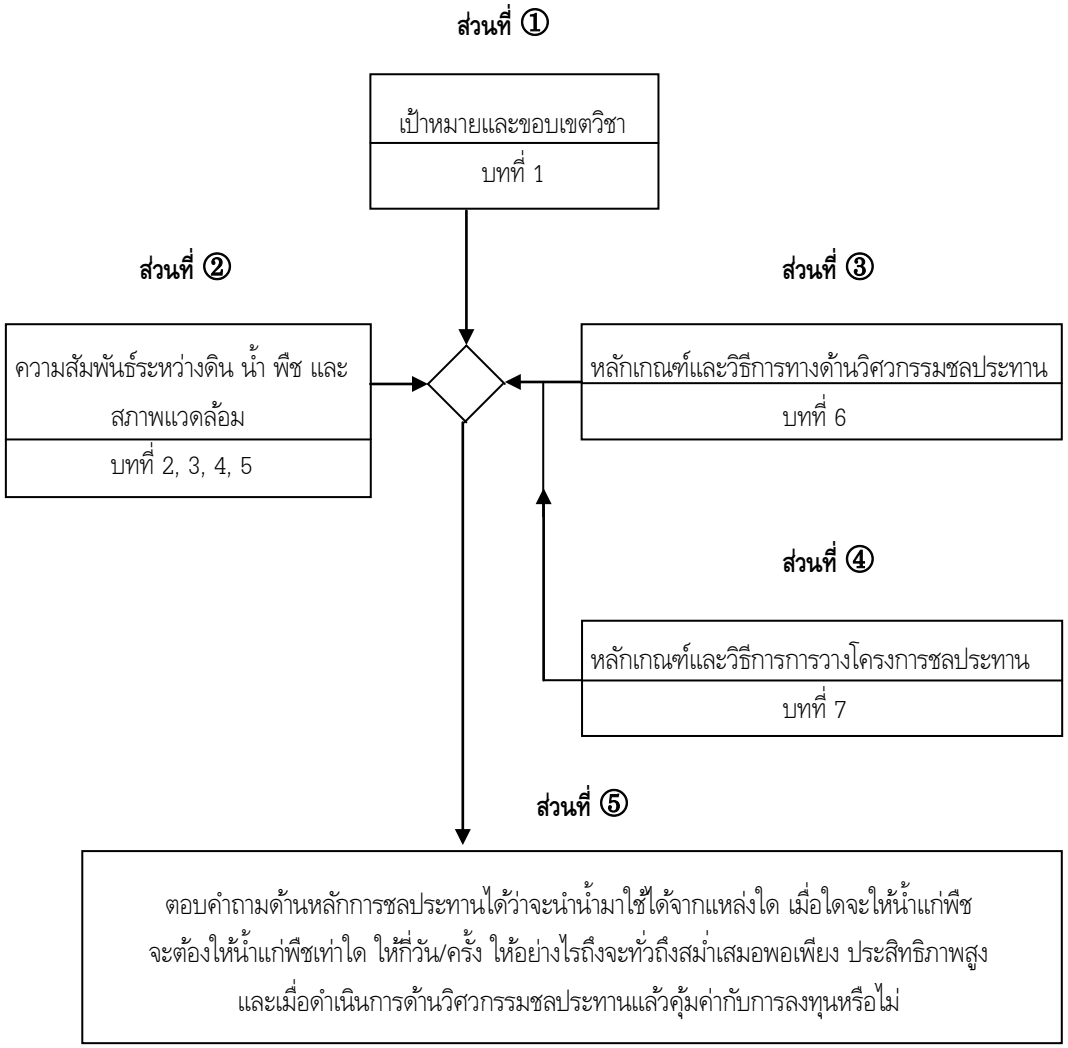
ความสัมพันธ์		สูตรที่ใช้คำนวณ	
ค่าที่ต้องการ	**ค่าที่ทราบ**	**สูตรพีชคณิต**	**สูตรสัญญลักษณ์**
จำนวนเงินในอนาคต (F)	ค่าของเงินปัจจุบัน (P)	$F = P\,(1+i)^n$	F = P (F/P, i%, n)
ค่าของเงินปัจจุบัน (P)	จำนวนเงินในอนาคต (F)	$P = F\left(\frac{1}{(1+i)^n}\right)$	P = F (P/F, i%, n)
จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี (A)	จำนวนเงินในอนาคต (F)	$A = F\left(\frac{i}{(1+i)^n - 1}\right)$	A = F (A/F, i%, n)
จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี (A)	ค่าของเงินปัจจุบัน (P)	$A = P\left(\frac{i\,(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right)$	A = P (A/P, i%, n)
จำนวนเงินในอนาคต (F)	จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี (A)	$F = A\left(\frac{(1+i)^n - 1}{i}\right)$	F = A (F/A, i%, n)
ค่าของเงินปัจจุบัน (P)	จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี (A)	$P = A\left(\frac{(1+i)^n - 1}{i\,(1+i)^n}\right)$	P = A (P/A, i%, n)
จำนวนเงินเฉลี่ยเท่ากันรายปี (A)	จำนวนเงินที่เพิ่มหรือลด (G)	$A = \frac{G}{i} - \frac{nG}{i}\left(\frac{i}{(1+i)^n - 1}\right)$	A = G (A/G, i%, n)
ค่าของเงินปัจจุบัน (P)	จำนวนเงินที่เพิ่มหรือลด (G)	$P = \frac{G}{i}\left(\frac{(1+i)^n - in - 1}{i\,(1+i)^n}\right)$	P = G (P/G, i%, n)

ตัวอย่าง จากตารางที่ 7.1 ค่าอัตราส่วนลด 10% ในช่วงที่ 5 ที่มีค่าเท่ากับ 1.000, 0.909, 0.826 มาจากตารางที่ 7.7 คือค่า Percent worth Factor P/F ที่ i = 10% , n = 5 ซึ่งเมื่อนำมาคูณกับค่าของเงินในอนาคตช่องที่ 4 ก็จะได้ค่าของเงินปัจจุบันในช่องที่ 6 ซึ่งเมื่อศึกษาเข้าใจก็จะสามารถตอบคำถามได้ว่า เมื่อมีระบบชลประทานแล้วจะคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่

ตารางที่ 7.7 ค่าตัวประกอบสำหรับการคำนวณค่าของเงิน

บทที่ 8 บทสรุปท้ายเล่ม

บทสรุปท้ายเล่มเป็นการประมวลข้อมูลที่กล่าวไว้ตั้งแต่บทที่ 1 ถึง บทที่ 7 เพื่อทำความเข้าใจในภาพรวมสุดท้ายที่จะให้กระบวนการเรียนรู้วิชาหลักการชลประทาน ตามหัวข้อ 1.7 หรือ ตามรูปที่ 1.2 จากบทที่ 1 มาแสดงให้ชัดเจนให้เป็นรูปธรรมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะพิจารณาได้ว่า



รูปที่ 1.2 กระบวนการเรียนรู้วิชาหลักการชลประทาน จากบทที่ 1

ส่วนที่ 1 เน้นให้ผู้ศึกษาทราบว่า ขอบเขตของรายวิชาจะครอบคลุมหลักเกณฑ์และวิธีการด้านวิศวกรรมที่จะให้น้ำแก่พืชอย่างเหมาะสม สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของพืช และให้ผลผลิตสูงสุด รวมทั้งการพิจารณาจัดหาแหล่งน้ำ การควบคุมและการจัดการตามหลักเกณฑ์และวิธีการทางด้านวิศวกรรม ที่จะต้องพิจารณาข้อมูลดิน พืช และน้ำ ความสัมพันธ์ ดิน พืช และน้ำ มาใช้ประโยชน์ทางด้านวิศวกรรมเกี่ยวกับการออกแบบขนาดแหล่งน้ำ การออกแบบระบบส่งน้ำ การแพร่กระจายของน้ำ การเลือกวิธีการให้น้ำแบบต่าง ๆ เช่น แบบผิวดิน ใต้ผิวดิน แบบน้ำน้อยและ แบบฉีดฝอย การกำหนดการให้น้ำแก่พืช ตลอดจนแนวทางการพิจารณาว่าเมื่อดำเนินการทางด้านวิศวกรรมชลประทานแล้วจะคุ้มค่าการลงทุนหรือไม่

ส่วนที่ 2 มุ่นเน้นให้ผู้ศึกษาทราบว่า ความสัมพันธ์ของดิน น้ำ และพืช สภาพแวดล้อม มีลักษณะเป็นวิทยาศาสตร์ที่จะต้องศึกษารายละเอียดลงไป เพื่อนำข้อมูลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยประเด็นหลัก ๆ มีดังนี้

<u>ข้อมูลดิน</u> เป็นการกล่าวถึงลักษณะทางกายภาพที่มีส่วนสำคัญในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช ชลศาสตร์ของน้ำในดินที่เกี่ยวกับรูปแบบการแพร่กระจาย การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน และปัจจัยที่มีผลกระทบเพื่อนำมาประกอบการพิจารณาเลือกใช้วิธีการให้น้ำที่เหมาะสม ตลอดจนศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน พลังงานที่กำกับในการปลดปล่อยให้พืชดูดน้ำไปใช้ได้เพื่อหาระยะเวลาการให้น้ำ ความถี่ในการให้น้ำ วิธีการควบคุมน้ำในดิน โดยวิธีการระบายน้ำ

<u>ข้อมูลน้ำ</u> เป็นการกล่าวถึงน้ำทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ โดยด้ายปริมาณจะพิจารณาถึงแนวทางการพิจารณาแหล่งน้ำทั้งผิวดินและใต้ดิน ตลอดจนฝนใช้การของพืชไร่ ไม้ผล นาข้าว ที่จะนำมาใช้ในงานด้านวิศวกรรมชลประทาน สำหรับคุณภาพน้ำเพื่อการชลประทานจะกล่าวถึงผลกระทบต่อการออกแบบระบบชลประทาน การพิจารณาคุณภาพทั้งด้าน เคมี ชีวภาพ และกายภาพ เพื่อจะได้เลือกใช้วิธีการให้น้ำและออกแบบระบบให้น้ำได้ถูกต้อง การแก้ไขโดยใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ แนะนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีจำหน่ายและใช้งานในท้องตลาด ทั้งในและต่างประเทศ

<u>ข้อมูลพืช</u> เป็นการกล่าวถึงลักษณะของพืชที่เป็นองค์ประกอบในการพิจารณาวางโครงการชลประทาน โดยจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตของพื้นที่โครงการ การกำหนดขนาดแหล่งน้ำ และยังเป็นตัวกำหนดค่าตอบแทนและระยะเวลาการคืนทุนของโครงการ ซึ่งจะเกี่ยวกับ พฤติกรรมเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืช การคำนวณหาอัตราการใช้น้ำของพืช ระยะวิกฤตของพืช ความลึกของรากพืช แผนการปลูกพืช

เมื่อนำข้อมูล ดิน พืช น้ำ สภาพแวดล้อม มาสัมพันธ์กัน จะทำให้ทราบถึงน้ำในดิน และความเป็นประโยชน์ของน้ำ พลังงานกำกับแรงดึงความชื้นในดินที่พืชจะนำเอาไปใช้ได้ การคำนวณความชื้นในดินในระบบรวมสถานะ การคาดการผลกระทบของผลผลิตเมื่อเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่จะให้ ซึ่งจะช่วยให้การกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการทางด้านวิศวกรรมชลประทานในส่วนที่ 3 ทำได้ง่ายยิ่งขึ้น

ส่วนที่ 3 มุ่งเน้นให้ผู้ศึกษาเข้าใจหลักการเกี่ยวกับการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะต้องเก็บสำรองไว้ใช้งาน วิธีการให้น้ำแก่พืชแบบต่าง ๆ ตลอดจนหลักการให้น้ำแก่พืช การกำหนดการให้น้ำแก่พืช การควบคุมความชื้นในดิน ซึ่งได้จัดเรียงลำดับไว้เพื่อให้ผู้ศึกษาเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น

ส่วนที่ 4 เป็นการอธิบายให้ผู้ศึกษาได้เข้าใจว่า แนวทางในการพิจารณาวางโครงการชลประทานมีแนวทางการพิจารณาอย่างไรบ้าง และได้ลงรายละเอียดตัวอย่างในการพิจารณารูปแบบทางเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการพิจารณาว่า สมควรที่จะลงทุนสร้างระบบชลประทานหรือไม่

ส่วนที่ 5 เป็นการนำเสนอว่าเมื่อศึกษาส่วนที่ 1-4 เข้าใจแล้วจะตอบคำถามได้ว่า จะพิจารณาน้ำมาจากแหล่งใด เมื่อใดจะให้น้ำแก่พืช จะต้องให้น้ำครั้งละเท่าใด ให้กี่วัน/ครั้ง ให้อย่างไรทั่วถึงสม่ำเสมอ พอเพียง ประสิทธิภาพสูง และเมื่อดำเนินการด้านวิศวกรรมชลประทานแล้วคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่

การนำเสนอบทสรุปท้ายเล่ม ก็เพื่อพยายามที่จะมุ่งเน้นให้ผู้ศึกษาโดยเฉพาะนิสิตภาควิชาวิศวกรรมชลประทานได้เข้าใจว่า วิชาการชลประทานนั้นเป็นสิ่งจำเป็นต่องานด้านการเกษตร เป็นหลักเกณฑ์เบื้องต้นที่จะต้องศึกษารายละเอียดในรายวิชาอื่น ๆ ต่อไป เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและก่อประโยชน์ต่อประเทศชาติในภาพรวม ทั้งนี้ขออัญเชิญพระบรมราโชวาทของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในพิธีพระราชทานปริญญาบัตรของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ณ อาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ เมื่อวันที่ 23, 24 กรกฎาคม 2541 เพื่อเป็นขวัญและกำลังใจในการศึกษาให้จบหลักสูตร ดังนี้

พระบรมราโชวาท
พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว
ในพิธีพระราชทานปริญญาบัตรของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ณ อาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ
วันพฤหัสบดีที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2541

"การเกษตรนั้นถือได้ว่าเป็นทั้งรากฐานและชีวิตสำหรับประเทศของเรา เพราะคนไทยเราส่วนใหญ่เป็นผู้มีอาชีพทางเกษตรกรรม ข้าพเจ้าจึงมีความเห็นเสมอมาว่า วิธีการพัฒนาที่เหมาะแก่ประเทศเราอย่างยิ่ง ก็คือจะต้องทำนุบำรุงเกษตรกรรมทุกสาขาให้พัฒนาก้าวหน้า เพื่อยกระดับฐานะความเป็นอยู่ของเกษตรกรทุกระดับให้สูงขึ้น เริ่มต้นตั้งแต่การลงมือผลิต โดยใช้วิธีการและอุปกรณ์ที่ประหยัด ด้วยการดัดแปลงปรับปรุงนำสิ่งที่มีอยู่โดยธรรมชาติมาใช้ให้สอดคล้องเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ เพื่อให้เกษตรกรของเราได้ผลผลิตเพียงพอแก่การเลี้ยงตัว คือพอมีพอกินเป็นเบื้องต้นก่อน ต่อไปเมื่อเหลือจึงจำหน่ายหารายได้ ซึ่งหากจะให้ได้ผลที่สมบูรณ์ ก็จะต้องมีการจัดการเรื่องการตลาดอย่างดี รวมทั้งมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ อันจะทำให้ผลิตผลทางการเกษตรมีมูลค่าสูงขึ้น โดยนัยนี้เกษตรกรของเราก็จะมีฐานะความเป็นอยู่ที่มั่นคงพึ่งตนเองได้ อันจะส่งผลให้ฐานะทางเศรษฐกิจโดยส่วนรวมของประเทศมีความเข้มแข็งตามไปด้วย บัณฑิตทุกคนจึงควรจะได้พิจารณาหลักการดังกล่าวให้เข้าใจชัด เมื่อออกไปปฏิบัติหน้าที่การงาน ไม่ว่าจะเป็นงานราชการ หรือทำงานส่วนตัว ขอให้ตั้งใจพยายามสร้างพื้นฐาน คือความพอมี พอกิน และพอใช้ ให้ได้ก่อน ถ้าทำได้ดังนี้ ก็เชื่อว่าแต่ละคนจะประสบความสำเร็จ และความเจริญ ในขั้นที่สูงขึ้นโดยลำดับต่อไปได้เป็นแน่นอน"

พระบรมราโชวาท
พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว
ในพิธีพระราชทานปริญญาบัตรของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ณ อาคารจักรพันธ์เพ็ญศิริ
วันพฤหัสบดีที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2541

"ในประเทศของเราเท่าที่เป็นอยู่บัดนี้ ยังมีเกษตรกรอีกมากที่ขัดสนและพึ่งตนเองไม่ได้ ความขัดสนของเกษตรกรดังกล่าวเกิดเพราะการขาดแคลนทุนรอน และไม่สามารถใช้กำลังแรงกำลังความคิดที่มีอยู่ไปปฏิบัติให้ได้ผลผลิตเต็มเม็ดเต็มหน่วย ทั้งยังไม่ได้รับความสะดวกเพียงพอในการค้าขายแลกเปลี่ยน ทำให้ไม่ได้รับรายได้จากผลผลิตอย่างคุ้มค่า เกษตรกรเหล่านั้นจำเป็นต้องได้รับการช่วยเหลือ เพื่อให้สามารถพึ่งตนเองได้ การช่วยเหลือนี้เป็นงานใหญ่ จะต้องอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานทั้งของรัฐและเอกชน และอาศัยกำลังความรู้ความสามารถของนักวิชาการทุกฝ่ายมาช่วยกันให้ความรู้ความคิดและวิธีปฏิบัติที่ถูกต้องตามหลักวิชา รวมทั้งจัดทำโครงการต่าง ๆ เป็นต้นว่า การจัดหาแหล่งน้ำ และแหล่งเงินทุนมาสนับสนุน ข้าพเจ้ามีความหวังอยู่เสมอ ในทุกครั้งที่ได้มามอบปริญญาบัตร ว่าผู้มีความรู้ความสามารถสูงในหลักวิชาสาขาต่าง ๆ อย่างบัณฑิตที่ศึกษาสำเร็จจากมหาวิทยาลัยแห่งนี้ จะได้เป็นกำลังสำคัญในการช่วยเหลือเกษตรกรของเราต่อไป"