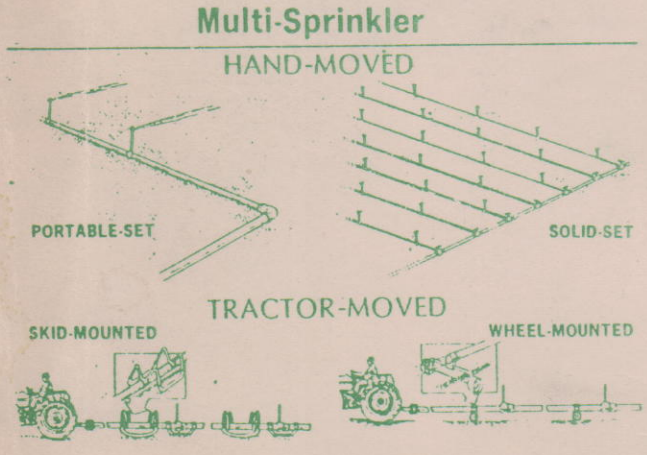
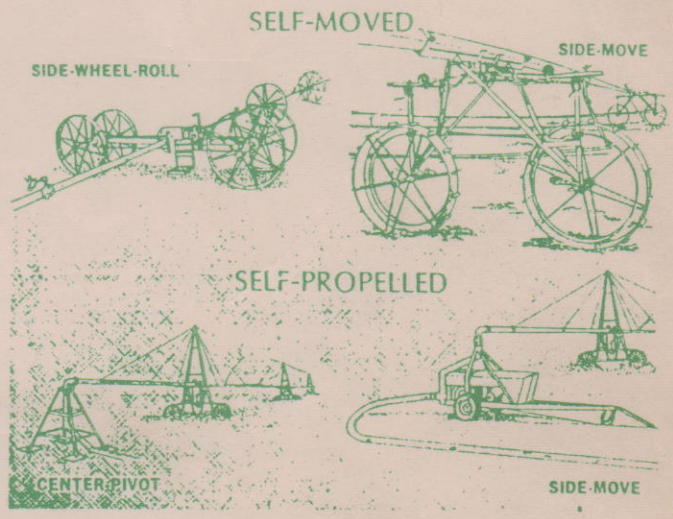
เอกสารประกอบการอบรม

หลักสูตร

การใช้น้ำชลประทาน





วันที่ 12-23 พฤษภาคม 2529

ณ ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

สารบาญ

	หัวข้อบรรยาย	หน้า
1	หลักการชลประทาน รศ.ดร. วิบูลย์ บุญธโรกล	1
2	ความสัมพันธ์ระหว่างดินน้ำและพืช อ. สมชาย จันทร์ศรี	33
3	การกำหนดการให้น้ำแก่พืช รศ.ดร. วิบูลย์ บุญธโรกล	80
4	ความต้องการน้ำชลประทาน ผศ.ดร. วราวุธ วุฒิวนิชย์	102
5	การวัดน้ำชลประทาน อ. สันติ หองพำนัก	155
6	การปรับระดับพื้นที่เพื่อการชลประทาน ผศ. มนตรี ค้ำชู	197
7	การให้น้ำทางผิวดิน ผศ.ดร. เจษฎา แก้วกัลยา	249
8	การชลประทานแบบฉีดฝอย รศ.ปฏิภาณ อมาตยกล	274
9	การชลประทานแบบหยด ผศ. มนตรี ค้ำชู	347

บทที่ 12

โครงการชลประทาน และหลักการพิจารณาวางโครงการ

วิบูลย์ บุญยโรกุล

โครงการชลประทาน

โครงการชลประทาน หมายถึงหน่วยงานและสิ่งก่อสร้างที่จัดทำขึ้นเพื่อส่งน้ำไปใช้ทำการเพาะปลูก และระบายน้ำที่เหลือใช้หรือไม่ต้องการออกไปไม่ให้เป็นอันตรายแก่การเพาะปลูกนั้น

โครงการชลประทานทุกโครงการจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 5 อย่างด้วยกัน คือ

ก. แหล่งน้ำ

ข. พื้นที่ดินและพืช

ค. หัวงานของโครงการ

ง. ระบบส่งน้ำ

จ. ระบบระบายน้ำ

นอกเหนือจากการจัดหาน้ำเพื่อการเพาะปลูกแล้ว บางโครงการอาจจะมีกิจการอย่างอื่นเสริมเข้ามาอีก เช่น การเก็บกักรักษาน้ำ การป้องกันอุทกภัย ซึ่งเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกโดยตรง หรือกิจการอื่นที่เสริมเข้าไปเพื่อให้สามารถใช้สิ่งที่ได้ก่อสร้างขึ้นแล้วให้ได้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น เช่น การใช้คลองส่งน้ำเป็นเส้นทางคมนาคม การใช้น้ำที่มีระดับสูงพอผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น กิจการที่เสริมเข้าไปเช่นนี้ไม่ถือว่าเป็นองค์ประกอบของโครงการชลประทาน

1. **แหล่งน้ำ** โครงการชลประทานทุกโครงการ จำเป็นต้องอาศัยน้ำจากแหล่งใดแหล่งหนึ่งมาจัดส่งไปใช้ในพื้นที่เพาะปลูก โดยน้ำจากแหล่งนั้นจะต้องมีปริมาณมากพอและมีความแน่นอนในการพัฒนาเอามาใช้ได้ แหล่งน้ำที่นำมาใช้ในโครงการชลประทานส่วนใหญ่เป็นน้ำท่าจากแม่น้ำลำธารตามธรรมชาติ และถ้าหากปริมาณที่ไหลมามีความผันแปรมาก กล่าวคือ ในฤดูน้ำหลากมีน้ำไหลมามากเกินความต้องการ ส่วนในฤดูแล้งก็ไม่พอใช้ ในกรณีเช่นนี้ถ้าหากมีภูมิประเทศที่เหมาะสมก็อาจจะสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำไว้ แล้วระบายออกมาให้พอเหมาะกับความต้องการใช้น้ำของพืชที่ระยะเวลาต่าง ๆ ก็จะเป็นแหล่งน้ำที่ดี เพราะมีปริมาณมากและมีความแน่นอนในการนำเอาไปใช้ได้

ในพื้นที่เพาะปลูกบางแห่งอาจจะมีแหล่งน้ำใต้ดินที่มีคุณภาพดีและมีปริมาณมากพออยู่ในระดับที่ไม่ลึกนัก ก็สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้เป็นแหล่งน้ำที่ดีได้ แต่เนื่องจากว่าค่าลงทุนและค่าใช้จ่ายประจำของน้ำจากแหล่งนี้แพงกว่าน้ำท่ามาก ปัจจุบันประเทศไทยจึงยังไม่นิยมนำน้ำใต้ดินมาใช้ในการเพาะปลูก

ด้วยเหตุว่า ปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำเป็นเครื่องชี้ถึงขนาดของพื้นที่ที่จะได้รับประโยชน์จากโครงการชลประทานโดยตรง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทราบว่าน้ำจากแหล่งน้ำที่มีอยู่นั้น จะสามารถนำมาใช้ในช่วงระยะเวลา

หมายเหตุ เอกสารทั้งหมดนี้คัดลอกจากหนังสือ "หลักการชลประทาน" โดย รศ.ดร. วิบูลย์ บุญยโรกุล ซึ่งสงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

ต่าง ๆ ได้เป็นปริมาณมากน้อยเท่าใด จึงต้องมีการสำรวจโดยการวัดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านบริเวณที่จะสร้างหัวงานของโครงการ และเนื่องจากว่าปริมาณน้ำฝนเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณน้ำท่า และปริมาณน้ำที่จะต้องส่งไปใช้ทำการเพาะปลูก ดังนั้นจึงต้องมีการวัดปริมาณน้ำฝนด้วย สำหรับแหล่งน้ำใต้ดินนั้นก็จำเป็นต้องมีการสำรวจอัตราและปริมาณที่จะสามารถสูบขึ้นมาใช้ได้อย่างปลอดภัยด้วยเช่นกัน

2. **พื้นที่ดินและพืช** พื้นที่ดินในที่นี้หมายถึงพื้นที่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ว่าจะได้รับประโยชน์จากโครงการชลประทานนั้น โดยการมีระบบส่งน้ำจากแหล่งน้ำแม่กระจายครอบคลุมไปถึง พื้นที่ดังกล่าวนี้จะกำหนดได้โดยพิจารณาจากแหล่งน้ำที่มีอยู่ ความต้องการน้ำของพืชที่ปลูก ลักษณะภูมิประเทศของโครงการ และองค์ประกอบอย่างอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณน้ำฝนในฤดูการเพาะปลูก ประสิทธิภาพของโครงการชลประทาน เป็นต้น

โดยแท้จริงแล้วในขอบเขตของพื้นที่ที่กำหนดไว้นั้น จะมีพื้นที่ที่ไม่สามารถได้รับประโยชน์อยู่ด้วยเนื่องจากสภาพภูมิประเทศไม่เหมาะสม หรือไม่ต้องการน้ำชลประทานเพราะว่าเป็นบริเวณที่อยู่อาศัย หรือเป็นเส้นทางคมนาคม เป็นต้น ดังนั้น เพื่อความสะดวกพื้นที่ดินในเขตโครงการชลประทานจึงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ก. พื้นที่โครงการ (Command Area) หมายถึงพื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ภายในเขตโครงการนั้น ซึ่งถ้าระบบส่งน้ำเป็นคลอง ขอบเขตของพื้นที่โครงการจะกำหนดโดยแนวร่องระบายน้ำธรรมชาติ แนวคลองส่งน้ำสายใหญ่ และคลองซอย หรือทั้งสองอย่างร่วมกัน

พื้นที่โครงการนี้รวมถึงบริเวณที่ไม่สามารถส่งน้ำให้ได้เนื่องจากเป็นที่ดอน คือผิวดินอยู่สูงกว่าระดับน้ำในระบบส่งน้ำของบริเวณนั้น หรือเป็นพื้นที่อยู่อาศัย เส้นทางคมนาคม หนองน้ำ เป็นต้น

ข. พื้นที่รับน้ำชลประทาน (Irrigable Area) หมายถึงพื้นที่ที่สามารถรับน้ำจากระบบส่งน้ำของโครงการชลประทานไปใช้ได้ ในกรณีที่ระบบส่งน้ำเป็นคลอง ก็เป็นพื้นที่ที่เปิดรับน้ำจากคลองเข้าแปลงได้โดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก โดยทั่ว ๆ ไปพื้นที่รับน้ำชลประทานจะมีค่าอยู่ระหว่าง 80 ถึง 90 เปอร์เซนต์ของพื้นที่โครงการ พื้นที่รับน้ำนี้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการกำหนดขนาดของอาคารชลประทาน และเป็นพื้นที่ที่ต้องใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำที่จะต้องหามาใช้ในโครงการ

สำหรับพืชที่ปลูกในเขตโครงการชลประทานนั้นจะต้องกำหนดให้ได้ว่าเป็นพืชอะไร ปลูกในบริเวณใดเป็นเนื้อที่เท่าใด จากเดือนใดถึงเดือนใด เพื่อจะได้พิจารณากำหนดปริมาณน้ำและช่วงเวลาที่ต้องการในบริเวณต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะมีผลไปถึงการกำหนดขนาดของระบบส่งน้ำอีกด้วย

ตามปกติถ้าหากมีน้ำมากพอเช่นในเขตโครงการชลประทาน เกษตรกรไทยนิยมปลูกข้าวในฤดูฝนและพืชไร่ในฤดูแล้ง บางแห่งนิยมทำนา 2 ครั้ง

3. **หัวงานของโครงการ** (Headwork) หมายถึงอาคารที่สร้างขึ้นในลำน้ำ สำหรับทดน้ำให้มีระดับสูงขึ้นพอที่จะไหลเข้าไปในคลองส่งน้ำได้สะดวก และหมายความรวมถึงอาคารประกอบอื่น ๆ ในบริเวณเดียวกันที่ทำหน้าที่ควบคุมบังคับน้ำ หรือแก้ไขข้อขัดข้องอันเกิดจากการมีอาคารมาขวางกั้นทางน้ำนั้น ตามปกติที่หัวงานของโครงการชลประทานจะประกอบด้วยอาคารต่าง ๆ 3 ประเภทคือ (1) อาคารทดน้ำ (2) อาคารประกอบ

อื่น ๆ และ (3) ประตูระบายปากคลองส่งน้ำ

อาคารทดน้ำของโครงการชลประทานมี 3 แบบ คือ อาจจะเป็นฝาย (Weir) เขื่อนระบายน้ำ (Barrage or Diversion Dam) หรือเขื่อนเก็บกักน้ำ (Storage Dam) อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว

ฝาย (Weir) ก็คือทำนบเตี้ย ๆ ที่สร้างขวางกั้นตลอดความกว้างของทางน้ำ เพื่อให้ทำหน้าที่ยกระดับน้ำที่ไหลมามากบ้างน้อยบางตามธรรมชาติ ให้สูงขึ้นจนสามารถไหลเข้าคลองหรือดูส่งน้ำได้ตามที่ต้องการ น้ำที่เหลือก็จะไหลข้ามสันฝายไป นอกจากนั้นฝายจะเก็บกักน้ำไว้ในลำน้ำด้านหน้าฝายได้บ้างเล็กน้อย ดังรูปที่ 12.1

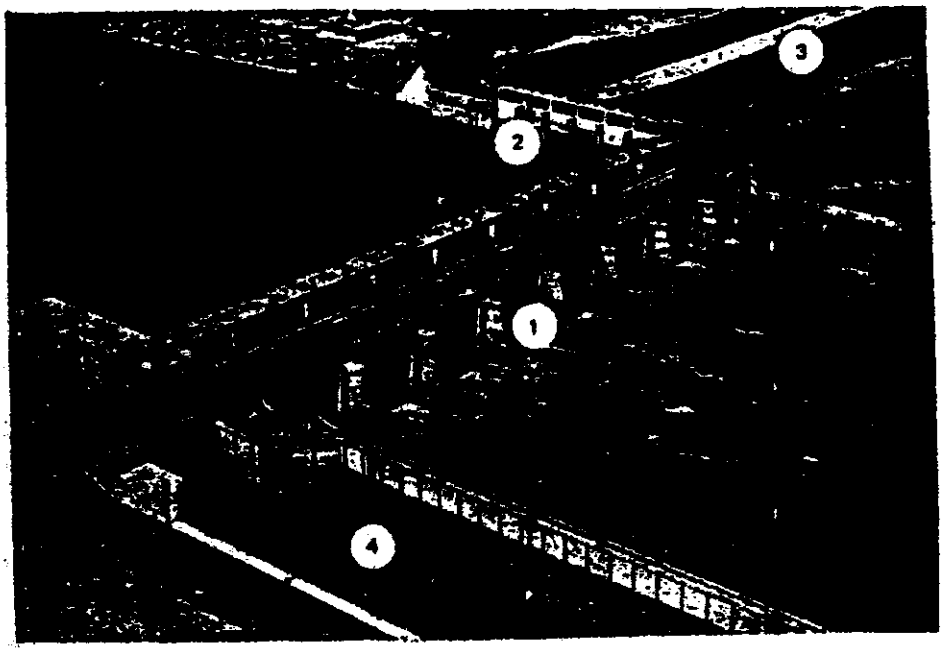
รูปที่ 12.1 อาคารทดน้ำแบบฝาย

ตามปกติเมื่อสร้างฝายขึ้นแล้วก็จะเป็นสิ่งกีดขวางทางน้ำอย่างถาวร ในกรณีที่มีน้ำไหลมามากระดับน้ำทางด้านเหนือฝายอาจจะเอ่อขึ้นมาสูงมากจนเกิดอุทกภัยขึ้นได้ ดังนั้นจึงนิยมสร้างขึ้นในบริเวณภูเขาหรือตอนบนของทุ่งราบซึ่งมีผู้อยู่อาศัยน้อย ท้องน้ำมีความชันมากจนเกิดน้ำหลากได้อย่างรวดเร็ว และมีท่อนไม้และสวะลอยมามาก สิ่งเหล่านี้จะไหลข้ามสันฝายไปได้โดยไม่ต้องมีคนคอยดูแล

ฝายเป็นอาคารทดน้ำที่สร้างได้ง่ายและมีราคาถูก นิยมสร้างในลำน้ำขนาดเล็ก ข้อเสียของฝายก็คือไม่สามารถควบคุมระดับน้ำทางด้านเหนือฝายได้ เมื่อมีน้ำไหลมาน้อยน้ำอาจจะไหลเข้าคลองไม่เต็มที่เพราะมีระดับไม่สูงพอ

เขื่อนระบายน้ำ (Diversion Dam)เป็นอาคารที่สร้างปิดกั้นลำน้ำ เพื่อทดน้ำให้มีระดับสูงขึ้นจนน้ำไหลเข้าคลองได้ และสามารถเก็บกักน้ำไว้ในลำน้ำได้เช่นเดียวกับฝาย แต่จะสามารถควบคุมระดับน้ำที่ทดหรือเก็บกักไว้ให้สูงต่ำได้ตามต้องการ และสามารถระบายน้ำให้ผ่านอาคารไปได้อย่างเต็มที่ในฤดูน้ำหลาก

เขื่อนระบายน้ำจะมีลักษณะเป็นช่อง ๆ โดยแบ่งด้วยตอม่อสำหรับให้น้ำไหลผ่านไปได้ตลอดความยาว



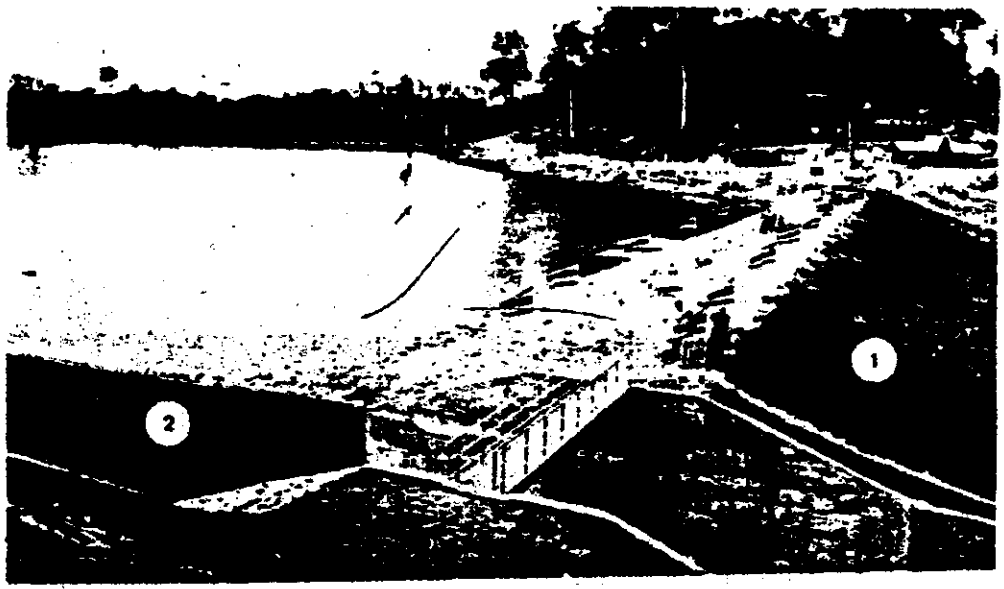
รูปที่ 12.2 เขื่อนวชิราลงกรณซึ่งเป็นอาคารทดน้ำแบบเขื่อนระบายน้ำ ในรูปจะเห็น (1) เขื่อนระบายน้ำ (2) ประตูระบายปากคลองสายใหญ่ (3) คลองส่งน้ำสายใหญ่ฝั่งซ้าย (4) ประตูน้ำ

ของตัวอาคาร ในช่องระหว่างตอม่อมีสิ่งปิดกั้นไว้ เช่น ท่อนไม้เหลี่ยม บานไม้กระดาน หรือบานเหล็ก ซึ่งอาจยกขึ้นให้น้ำไหลลอดไปทางท้ายน้ำได้มากน้อยตามต้องการ ดังรูปที่ 12. 2

เขื่อนระบายน้ำนั้นเหมาะสำหรับใช้ทดน้ำให้สูงกว่าท้องน้ำมาก ๆ แต่เป็นงานที่มีราคาแพงจึงนิยมใช้น้อยกว่าฝาย ส่วนใหญ่จะสร้างในบริเวณทุ่งราบ เขื่อนระบายน้ำนอกจากจะสร้างขึ้นเพื่อทดน้ำหรือเก็บกักน้ำดังกล่าวแล้ว ในบริเวณทุ่งราบภาคกลางตอนล่างยังก่อสร้างอาคารที่มีลักษณะเช่นเดียวกันแต่เล็กกว่า และเรียกว่าประตูระบายน้ำ เพื่อใช้รับน้ำเข้าทุ่งเมื่อระดับน้ำในแม่น้ำสูงขึ้น แล้วปิดเก็บกักไว้เมื่อระดับน้ำภายนอกลดลง ใช้ควบคุมระบายน้ำออกและป้องกันน้ำเค็มในบริเวณชายทะเลอีกด้วย

เขื่อนเก็บกักน้ำ (Storage Dam) หมายถึงเขื่อนดิน หิน หรือคอนกรีตที่ทำการก่อสร้างปิดกั้นลำน้ำธรรมชาติระหว่างหุบเขาหรือลูกเนิน เพื่อทำหน้าที่เก็บกักน้ำไว้ทางด้านเหนือน้ำระหว่างหุบเขาหรือลูกเนินนั้น แหล่งน้ำที่ถูกเขื่อนเก็บกักไว้นี้เรียกว่า อ่างเก็บน้ำ (Reservoir)

น้ำในแม่น้ำลำธารธรรมชาติโดยทั่วไปมักจะมีปริมาณไม่ค่อยแน่นอน โดยจะผันแปรไปตามปริมาณฝนที่ตกในลุ่มน้ำ กล่าวคือ ในฤดูฝนจะมีน้ำไหลมามากจนเกินความต้องการ แต่ในฤดูแล้งจะมีน้ำเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย ดังนั้น โครงการชลประทานที่อาศัยน้ำที่ไหลมาตามธรรมชาติโดยตรงจึงไม่ค่อยจะได้ผลนัก ด้วยเหตุนี้จึงนิยมรวบรวมปริมาณน้ำที่ไหลมามากในฤดูฝนไว้โดยไม่ปล่อยให้ไหลผ่านเลยไปโดยเปล่าประโยชน์ ทำให้เกิดเป็นแหล่งน้ำอาวรสำหรับใช้ในการเพาะปลูกได้ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง



รูปที่ 12.3 อ่างเก็บน้ำ น้ำทรง ในรูปจะเห็น (1) เขื่อนหรือทำนบดิน (2) ทางระบายน้ำล้น

อาคารทดน้ำประเภทเขื่อนเก็บกักน้ำนี้ นิยมใช้ในภูมิประเทศที่เป็นภูเขาเตี้ย ๆ ติดต่อกับทุ่งราบ เช่น โครงการชลประทานส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เขื่อนเก็บน้ำขนาดใหญ่ซึ่งอยู่ห่างไกลจากพื้นที่เพาะปลูกออกไปโดยไม่ระบบส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูกโดยตรง เช่น เขื่อนภูมิพล เขื่อนศรีนครินทร์ ไม่ถือว่าเป็นอาคารทดน้ำ แต่จะถือว่าเป็นแหล่งน้ำถาวรของโครงการชลประทานที่อยู่ใต้ลงมาในลำน้ำเดียวกัน ซึ่งมีเขื่อนเจ้าพระยา และเขื่อนวชิราลงกรณ์เป็นอาคารทดน้ำ เป็นต้น

สำหรับอาคารประกอบที่หัวงานนั้น ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของอาคารทดน้ำและสภาพแวดล้อมของลำน้ำนั้น ๆ เช่นถ้าอาคารทดน้ำเป็นฝายก็อาจจะมีประตูระบายทราย ซึ่งทำหน้าที่กำจัดตะกอนทรายที่มาตกจมหน้าประตูระบายปากคลองส่งน้ำให้ไหลออกไปทางด้านท้ายน้ำ เพื่อป้องกันมิให้ตะกอนทรายเข้าไปตกจมในคลองส่งน้ำจนเกิดการตื้นเขินอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นก็อาจมี บันไดปลา ซึ่งเป็นรางน้ำที่ดอกแบบให้ความเร็วของน้ำในรางลดลงจนปลาสามารถว่ายทวนน้ำขึ้นไปวางไข่ด้านเหนือน้ำของฝายหรือประตูระบายน้ำได้ ทางล่องซุง เป็นอาคารมีลักษณะเป็นร่องน้ำแคบ ๆ ลาดชันน้อยกว่าตัวฝายเพื่อให้ซุงล่องไปได้โดยไม่เป็นอันตรายต่อตัวฝาย

ในกรณีที่อาคารทดน้ำเป็นประตูระบายน้ำหรือเขื่อนระบายน้ำในทางน้ำที่เป็นเส้นทางคมนาคมด้วย ก็จำเป็นต้องมี ประตูเรือสัญจร หรือ ประตูน้ำ เพื่อให้เรือแพได้สัญจรผ่านหัวงานนั้นไปได้

สำหรับอาคารทดน้ำที่เป็นเขื่อนเก็บกักน้ำ อาคารประกอบก็มี ทางระบายน้ำล้น (Spillway) ซึ่งทำหน้าที่ระบายน้ำที่ไหลลงมามากจนอ่างเก็บน้ำรับไว้ไม่ได้ทิ้งไปยังลำน้ำด้านท้ายเขื่อน เพื่อป้องกันมิให้น้ำไหลล้นข้ามเขื่อนจนเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงขึ้น นอกจากนั้นก็มี ทางระบายน้ำฉุกเฉิน (Emergency Spillway) ซึ่งทำหน้าที่เช่นเดียวกับทางระบายน้ำล้น แต่จะมีน้ำไหลผ่านทางระบายน้ำฉุกเฉินก็ต่อเมื่อมีน้ำไหลเข้ามามากเกินกว่าทางระบายน้ำล้นจะระบายออกไปได้ทัน จึงต้องให้ไหลออกทางทางระบายน้ำฉุกเฉินบ้าง

เมื่อได้อกระดับน้ำให้สูงขึ้นกว่าปกติด้วยอาคารทดน้ำแล้ว ก็จำเป็นจะต้องมี ประตูระบายปากคลองส่งน้ำ (Head Regulator) คอยควบคุมน้ำให้ไหลเข้าคลองตามปริมาณที่ต้องการ ปกติแล้วปากคลองส่งน้ำจะเริ่มต้นที่จุดเหนือที่ตั้งฝายหรือเขื่อนระบายน้ำ เพราะเป็นจุดที่สามารถควบคุมระดับน้ำได้ดีกว่าที่อื่น ถ้าเป็นคลองส่งน้ำขนาดใหญ่ ประตูระบายปากคลองส่งน้ำก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกับประตูระบายน้ำ ถ้าเป็นคลองขนาดเล็ก หรือคลองที่รับน้ำจากอ่างเก็บน้ำ อาคารที่ปากคลองอาจเป็นท่อระบายน้ำ ซึ่งมีประตูควบคุมปริมาณน้ำที่มีลักษณะแตกต่างออกไป

4. ระบบส่งน้ำ (Conveyance and Distribution System) หมายถึงทางน้ำที่จัดสร้างขึ้นเพื่อนำน้ำจากแหล่งน้ำให้ไหลไปสู่พื้นที่เพาะปลูก องค์ประกอบของโครงการชลประทานนี้ยังหมายความรวมถึงอาคารบังคับน้ำต่าง ๆ ในระบบ ที่จำเป็นต้องมีไว้สำหรับควบคุมบังคับให้น้ำไหลไปยังพื้นที่ที่ต้องการใช้น้ำได้ตามความต้องการ ระบบส่งน้ำนี้อาจจะเป็นทางน้ำเปิดหรือคลองส่งน้ำทั้งหมด หรือเป็นท่อทั้งหมด หรือผสมกันทั้งที่เป็นคลองและเป็นท่อตามความเหมาะสม สำหรับประเทศไทย ระบบส่งน้ำเกือบทั้งหมดเป็นแบบคลองส่งน้ำ ระบบส่งน้ำซึ่งเป็นคลองได้อธิบายไว้อย่างละเอียดแล้วในบทที่ 9

5. ระบบระบายน้ำ (Drainage System) หมายถึง ทางน้ำที่จัดสร้างขึ้นเพื่อกำจัดน้ำที่มากเกินพอในเขตชลประทานออกไป เพื่อให้พื้นที่ดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และการปฏิบัติงานด้านเกษตรกรรม

ระบบระบายน้ำเป็นองค์ประกอบของโครงการชลประทานที่มีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าองค์ประกอบอย่างอื่น แต่เท่าที่ผ่านมามิได้ถือว่าเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นจนกระทั่งทำให้เกิดปัญหาเรื่องการระบายน้ำ และการเสื่อมโทรมของที่ดินมากมาย อย่างไรก็ตาม ระบบระบายน้ำจะต้องพิจารณาควบคู่ไปกับระบบส่งน้ำเสมอ เพราะอย่างน้อยจะต้องมีน้ำเหลือใช้จากการให้แก่พืชที่ต้องระบายทิ้งไปอยู่เป็นประจำ

รูปที่ 12.4 คูระบายน้ำในเขตจัดรูปที่ดิน

บทที่ 6

วิธีการให้น้ำแก่พืช

วิมูลย์ บุญยโรจน์

การชลประทาน หรือการให้น้ำแก่พืชนั้นอาจทำได้หลายวิธี การที่จะเลือกใช้วิธีหนึ่งวิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ พืชที่ปลูก วิธีการเพาะปลูก เงินค่าลงทุน ตลอดจนน้ำที่จะต้องจัดหามาให้แก่พืช วิธีการให้น้ำนั้นมักจะเรียกตามลักษณะอาการที่ให้น้ำแก่พืชซึ่งอาจแบ่งออกเป็น 4 แบบใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ

1) การให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation)

2) การให้น้ำทางผิวดิน (Surface Irrigation)

3) การให้น้ำทางใต้ผิวดิน (Subsurface Irrigation)

4) การให้น้ำแบบหยด (Drip or Trickle Irrigation)

แต่ละแบบที่กล่าวต่างก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียต่าง ๆ กัน อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่เพาะปลูกแปลงหนึ่ง ๆ อาจจะเลือกให้น้ำได้หลายแบบ แต่โดยปกติแล้วกสิกรมักจะเลือกใช้แบบที่ตนเคยใช้มาหรือมีใช้อยู่ในแถบนั้น ทั้ง ๆ ที่บางครั้งวิธีที่ใช้อยู่นั้นไม่เหมาะสมกับสภาพของพื้นที่และพืชที่ปลูก หรือมีประสิทธิภาพต่ำมากก็ตาม การที่จะเลือกใช้หรือแนะนำให้กสิกรเลือกใช้วิธีใดนั้นควรจะต้องคำนึงถึงค่าลงทุน ค่าแรง และความรู้ความชำนาญของผู้ใช้ด้วย

การให้น้ำแบบฉีดฝอย
(Sprinkler Irrigation)

สำหรับการให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้จะทำโดยฉีดน้ำจากหัวฉีดขึ้นไปบนอากาศแล้วให้เม็ดน้ำตกลงมาบนพื้นที่เพาะปลูก โดยมีรูปทรงการแผ่กระจายของเม็ดน้ำสม่ำเสมอ และอัตราที่น้ำตกลงบนพื้นที่น้อยกว่าอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดิน เนื่องจากการให้น้ำโดยวิธีนี้มีลักษณะอาการเช่นเดียวกับฝน ดังนั้น บางครั้งจึงเรียกการให้น้ำแบบนี้ว่าการให้น้ำแบบฝนโปรย

การเลือกใช้การให้น้ำแบบฉีดฝอย

โดยแท้จริงแล้วการให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้สามารถจะใช้ได้กับพืชและดินทุกชนิด แต่เนื่องจากว่าค่าลงทุนสูงมาก จึงมักเลือกใช้วิธีนี้เมื่อวิธีอื่น ๆ ไม่สามารถจะใช้ได้ หรือใช้ได้แต่ให้ประสิทธิภาพต่ำมาก สรุปได้ว่าการชลประทานแบบฉีดฝอยจะเหมาะสมกว่าแบบอื่น เมื่อสภาพของพื้นที่ ดิน และองค์ประกอบอื่น ๆ มีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1) ดินมีอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินสูงมาก กล่าวคือสูงกว่า 75 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งจะทำให้การให้น้ำแบบอื่นมีประสิทธิภาพต่ำ

หมายเหตุ เอกสารทั้งหมดนี้คัดลอกจากหนังสือ "หลักการชลประทาน" โดย รศ.ดร. วิมูลย์ บุญยโรจน์ ซึ่งสงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

2) ความลึกของชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตื้นมาก และลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ไม่เหมาะที่จะทำการปรับพื้นที่เพื่อให้น้ำทางผิวดิน

3) พื้นที่มีความลาดเทชันมาก และดินถูกกัดพาได้ง่าย

4) อัตราการส่งน้ำจากโครงการชลประทานมายังพื้นที่เพาะปลูก. หรือน้ำจากแหล่งอื่นที่หาได้น้อยเกินไปที่จะให้น้ำทางผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5) พื้นที่เป็นเกลือ ซึ่งถ้าจะทำการปรับพื้นที่เพื่อการให้น้ำทางผิวดินแล้วต้องลงทุนสูงมาก

6) ผู้ให้น้ำไม่มีความรู้ความชำนาญทางด้านการให้น้ำทางผิวดิน

7) ต้องการใช้พื้นที่ให้เกิดผลผลิตโดยเร็ว การให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้สามารถออกแบบและติดตั้งได้รวดเร็วมาก

การให้น้ำแบบฉีดฝอยนอกจากจะเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ คุณสมบัติของดินฯลฯ ดังกล่าวแล้ว ยังมีข้อดีอีกหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการชลประทานแบบผิวดิน คือ

1) การวัดน้ำทำได้ง่ายและสะดวกกว่า

2) สามารถที่จะออกแบบระบบให้น้ำให้มีความกระทบกระเทือนต่อการปฏิบัติงานในพื้นที่เพาะปลูกได้น้อยกว่า เช่นไม่มีคู คลองส่งน้ำมากีดขวางการปฏิบัติงานของเครื่องจักรกลเกษตร นอกจากนั้นยังไม่ต้องเสียพื้นที่สำหรับคูหรือคลองส่งน้ำอีกด้วย

3) มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง

4) ในกรณีที่ต้องสูบน้ำขึ้นมาจากคลองส่งน้ำหรือบ่อน้ำบาดาลอยู่แล้ว การใช้การให้น้ำแบบฉีดฝอยจะไม่ต้องลงทุนเพื่อเพิ่มความดันของน้ำที่หัวฉีดอีกมาก

5) ถ้าหากมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำแห่งเดียวกันเพื่อวัตถุประสงค์อย่างอื่นด้วย เช่นใช้เลี้ยงสัตว์หรือใช้ในบ้าน ก็อาจจะใช้ท่อส่งน้ำร่วมกันได้

6) ถ้าหากสามารถส่งน้ำซึ่งมีแรงดันสูงพอไปยังพื้นที่เพาะปลูกโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลกได้ด้วยแล้ว การให้น้ำวิธีนี้ก็จะยิ่งน่าใช้มากขึ้น เพราะจะสามารถลดค่าเชื้อเพลิงลงได้มาก

7) การให้น้ำแบบฉีดฝอยสามารถให้น้ำครั้งละน้อย ๆ และบ่อยครั้งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เหมาะสมกับพืชที่มีรากตื้น เช่น พืชที่เริ่มงอก หรือพวกผักต่าง ๆ ซึ่งมีรากตื้นและต้องการให้ดินมีความชุ่มชื้นสูงอยู่เสมอ

8) ระบบให้น้ำแบบนี้อาจจะใช้ให้ปุ๋ยและสารเคมีแก่พืชในขณะเดียวกันกับให้น้ำได้ด้วย

9) ในภูมิประเทศที่มีอากาศหนาวจัด ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยอาจจะใช้ป้องกันความเสียหายจากการแข็งตัวของพืชเมื่ออุณหภูมิของบรรยากาศลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้ด้วย

สำหรับข้อเสียของการให้น้ำแบบฉีดฝอยก็มี

1) ค่าลงทุนครั้งแรกสูงมาก นอกจากนั้นยังจะต้องเสียค่าเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าในการให้น้ำทุกครั้ง และยังมีอุปกรณ์ซึ่งต้องบำรุงรักษาอยู่เป็นประจำอีกด้วย

2) การเคลื่อนย้ายท่อและอุปกรณ์เพื่อนำไปใช้ในพื้นที่อื่นหลังจากที่ให้น้ำแก่พืชเสร็จแล้วอาจจะทำได้ไม่สะดวก เพราะดินจะเปียกและเป็นโคลน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นพวกดินเหนียว

3) การให้น้ำแก่พืชโดยให้เม็ดน้ำตกลงบนผิวดินอย่างทั่วถึงกันนั้น อาจทำให้เมล็ดของวัชพืชต่าง ๆ งอกงาม และจะต้องมีการกำจัดวัชพืชมากขึ้น

4) เม็ดน้ำที่ตกลงมาบนต้นและใบพืชจะชะล้างยาฆ่าเชื้อราและยาฆ่าแมลงที่ฉีดไว้ออกไปด้วย ดังนั้นการฉีดยาเหล่านี้จะต้องทำภายหลังจากการให้น้ำแล้ว

5) เนื่องจากว่าน้ำจะเปียกผิวดิน ตลอดจนกิ่ง ใบ และลำต้นของพืชจนทั่ว ดังนั้นการให้น้ำแบบนี้จะมีการสูญเสียน้ำไปโดยการระเหยมากกว่าแบบอื่น ๆ

6) การแผ่กระจายของเม็ดน้ำที่ตกลงบนผิวดินจะไม่สม่ำเสมอถ้าหากมีลมพัดแรง ทำให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำลดลง อาจจะต้องมีการออกแบบเป็นพิเศษถ้าจะเลือกใช้วิธีการให้น้ำแบบนี้ในเขตที่มีลมพัดแรงเป็นประจำ

7) ในกรณีที่มีความจำเป็นจะต้องให้น้ำแก่พื้นที่ทั้งหมดในระยะเวลาอันสั้น เช่น ขณะที่ต้นพืชยังเล็กอยู่และอากาศร้อนจัดซึ่งจะต้องให้น้ำบ่อยครั้ง สภาพดังกล่าวนี้อาจจะเคลื่อนย้ายอุปกรณ์และให้น้ำไม่ทันกับความต้องการ แต่ถ้าหากมีน้ำมากพออยู่แล้ว การให้น้ำทางผิวดินจะสามารถให้น้ำในระยะเวลาอันสั้นได้ง่ายและรวดเร็วกว่า

อุปกรณ์ให้น้ำแบบฉีดฝอย

ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญสี่อย่างด้วยกันคือ เครื่องสูบน้ำ ท่อประธาน (Mainline Pipe)ท่อแยก (Lateral Pipe) และหัวจ่ายน้ำ (Sprinkler) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6.1

1) **เครื่องสูบน้ำ** (Pumping Unit) ทำหน้าที่สูบน้ำจากแหล่งน้ำและเพิ่มความดันให้กับหัวจ่ายน้ำ(Sprinkler) เครื่องสูบน้ำอาจจะขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ก็ได้

2) **ท่อประธาน** (Mainline Pipe Unit)ทำหน้าที่ส่งน้ำจากเครื่องสูบน้ำไปสู่ท่อแยก(Laterals) ท่อประธานนี้อาจจะเป็นท่ออ่อน (Flexible) ท่อโลหะที่ถอดออกได้เป็นท่อน ๆ หรือเป็นท่อที่ต่อติดอยู่กับที่ก็ได้

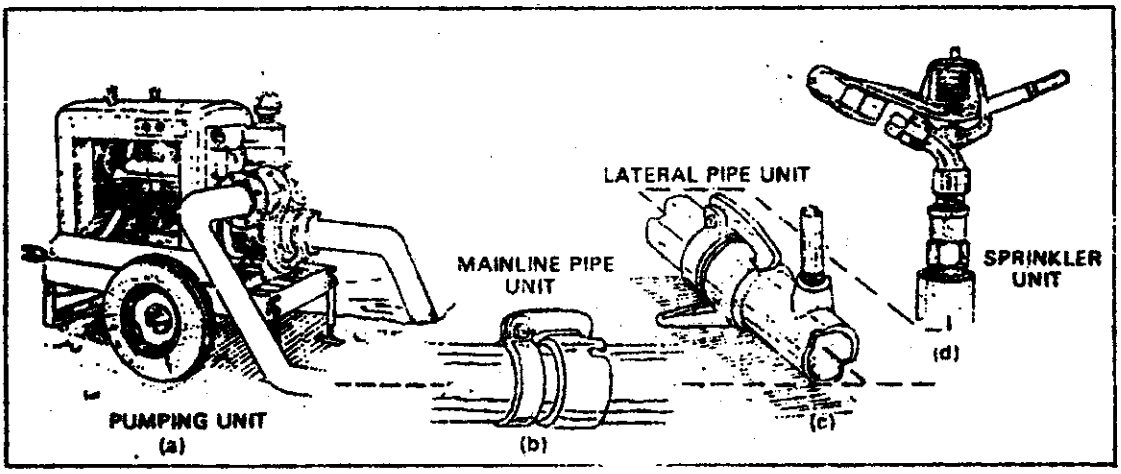
3) **ท่อแยก** (Lateral Pipe Unit) ทำหน้าที่ส่งน้ำจากท่อประธานให้กับหัวจ่ายน้ำ(Sprinkler) ท่อแยกนี้มีสามแบบเช่นเดียวกันกับท่อประธาน แต่มีขนาดเล็กกว่าและมีอุปกรณ์สำหรับติดตั้งท่อตั้ง(Riser) เพื่อให้หัวฉีดจ่ายน้ำอยู่สูงกว่าระดับยอดของพืช

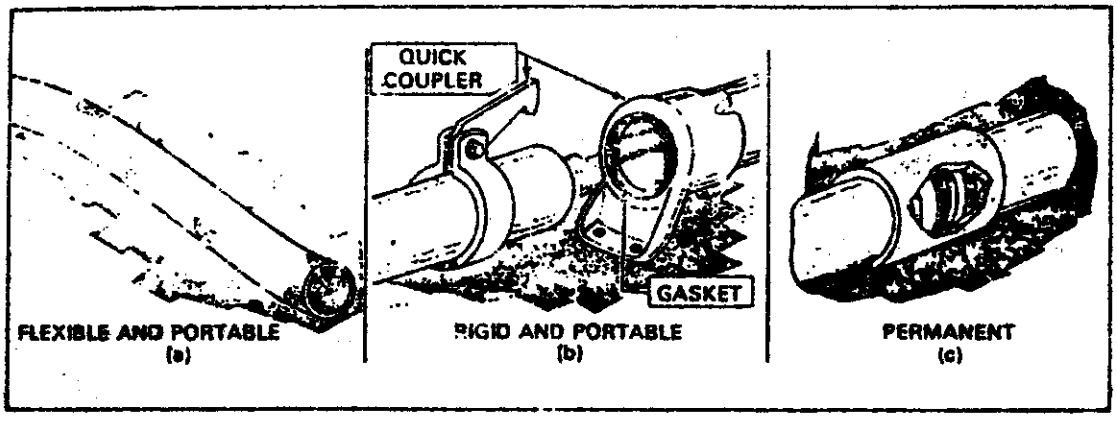
4) **หัวจ่ายน้ำ** (Sprinkler Unit) ทำหน้าที่จ่ายน้ำซึ่งมีสองแบบด้วยกันคือ แบบจ่ายน้ำโดยการหมุนหัวฉีดเป็นวงกลมในแนวราบ (Rotary Sprinkler) และแบบเป็นท่อซึ่งเจาะรูเล็ก ๆ ให้น้ำฉีดออกมาตลอดความยาวของท่อนั้น (Perforated Pipe) แต่แบบหลังนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยมนัก เมื่อพูดถึงหัวจ่ายน้ำโดยทั่ว ๆ ไปจึงหมายถึงแบบแรกมากกว่า

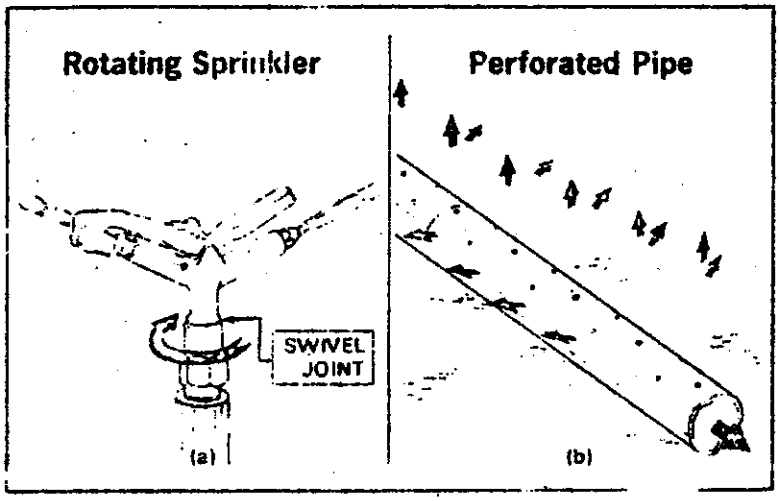
ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย

ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยแบ่งออกได้เป็น 3 แบบด้วยกัน คือ

1) **แบบติดอยู่กับที่**(Permanent Systems) เป็นแบบที่อุปกรณ์ทุกอย่างติดอยู่กับที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ โดยปกติแล้วท่อต่าง ๆ มักจะฝังอยู่ใต้ดิน หรือมิฉะนั้นก็จะยกสูงเหนือผิวดินเลย ระบบแบบนี้มักจะ







รูปที่ 6.1 อุปกรณ์ของระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย

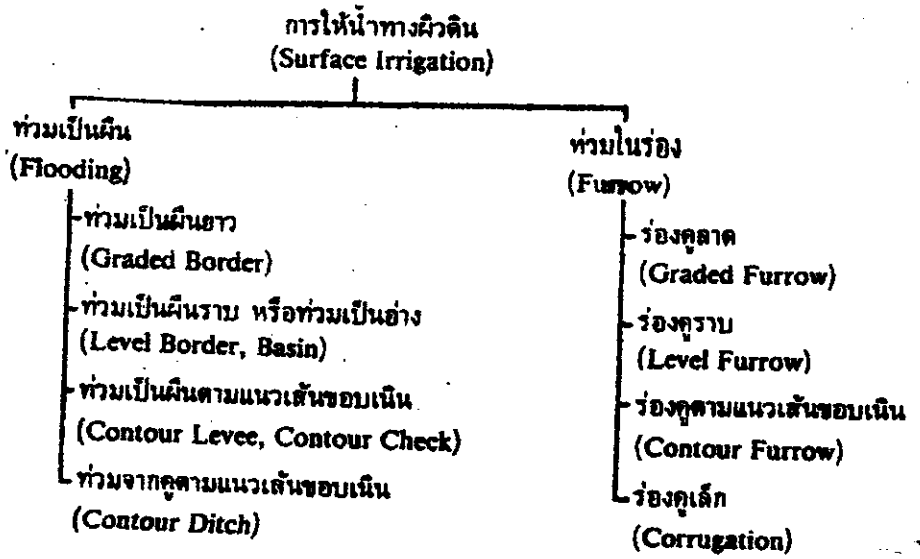
ใช้ในเรือนเพาะชำหรือใช้กับพืชที่ต้องให้น้ำบ่อย ๆ และให้ผลตอบแทนสูง เพราะค่าลงทุนจะสูงกว่าแบบอื่น ๆ แต่จะประหยัดค่าแรงในการให้น้ำได้มาก

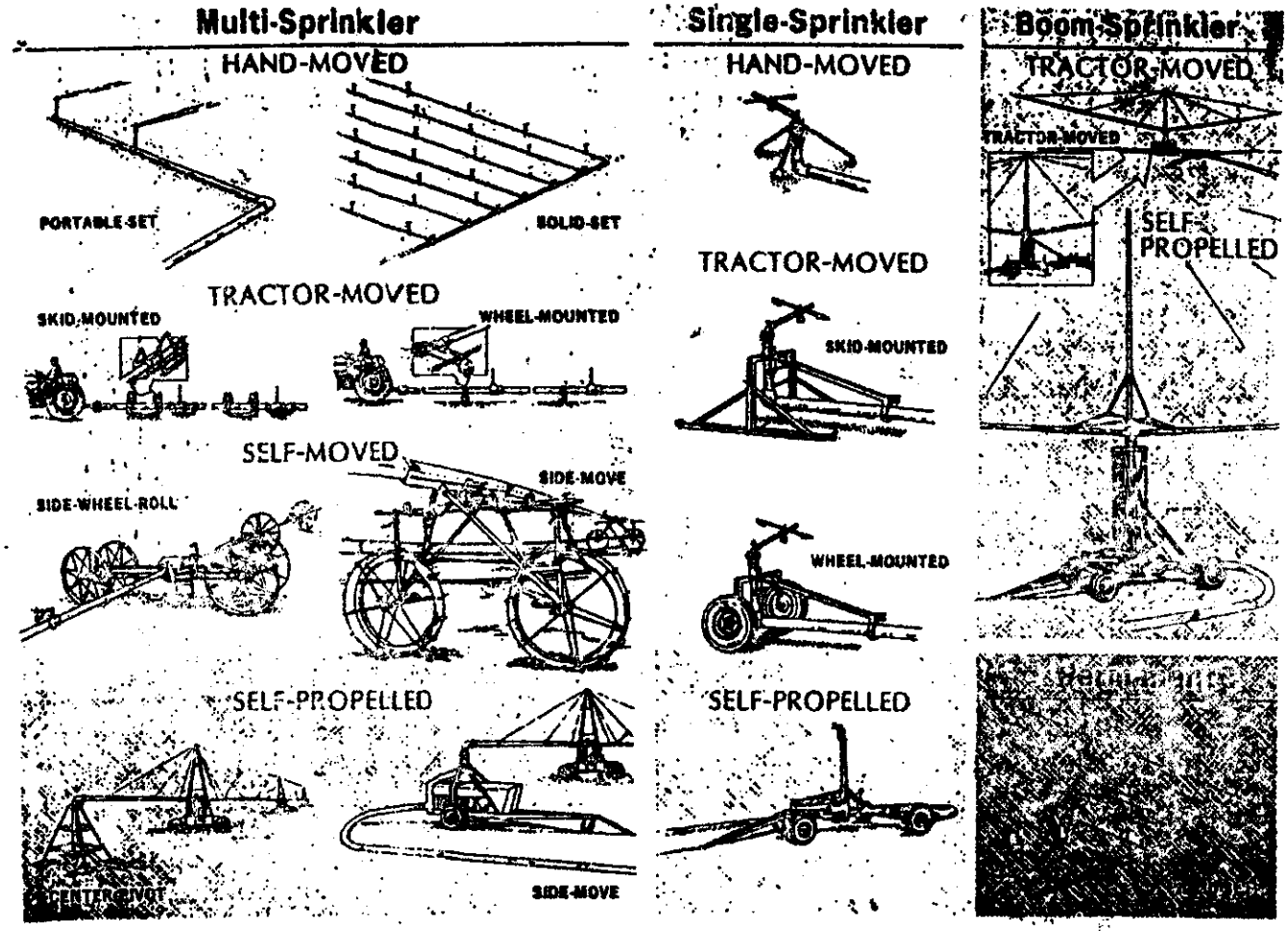
2) แบบเคลื่อนย้ายได้เพียงบางส่วน (Semi - portable Systems) แบบนี้อุปกรณ์บางอย่างจะติดอยู่กับที่บางอย่างสามารถเคลื่อนย้ายได้ โดยมากเครื่องสูบน้ำ ท่อประธาน (Main Line) และรองประธาน(Sub - main line)จะติดอยู่กับที่ ส่วนท่อแยก(Lateral) ซึ่งมีท่อตั้งและหัวจ่ายน้ำติดอยู่สามารถถอดออกเป็นท่อน ๆ ด้วยมือแล้วนำไปติดตั้งใหม่ที่อื่นได้ (Hand - moved) ท่อแยกบางชนิดได้รับการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อให้สามารถใช้รถแทรกเตอร์ลากไปติดตั้งที่ใหม่ (Tractor - moved) หรือเคลื่อนที่ทางด้านข้างด้วยตัวของมันเองโดยอาศัยแรงดันของน้ำหรือมอเตอร์ (Self - moved) หรือหมุนเป็นวงกลมรอบปลายข้างหนึ่งของท่อแยก (Self - propelled) ตัวอย่างของระบบให้น้ำเหล่านี้แสดงไว้ในรูปที่ 6.2

3) แบบเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด (Portable Systems) อุปกรณ์ของระบบให้น้ำแบบนี้ทุกอย่างตั้งแต่เครื่องสูบน้ำถึงท่อแยกเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด

การให้น้ำทางผิวดิน
(Surface Irrigation)

การให้น้ำทางผิวดินกระทำได้โดยให้น้ำนั้นขังหรือไหลไปบนผิวดินและซึมลงไปในดินตรงจุดที่น้ำนั้นขังหรือไหลผ่าน ดังนั้นอาจจะถือว่าผิวดินเป็นทางน้ำ ทางน้ำดังกล่าวนี้มีขนาด รูปร่าง และคุณสมบัติทางชลศาสตร์แตกต่างกันออกไป กล่าวคือ จะมีขนาดตั้งแต่เป็นร่องน้ำเล็ก ๆ เช่นในการให้น้ำทางร่องคูเล็ก(Corrugation) หรือที่มีร่องน้ำขนาดใหญ่ขึ้นในการให้น้ำทางร่องคูแบบต่าง ๆ (Furrows) จนกระทั่งถึงร่องน้ำที่มีขนาดใหญ่ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดปกคลุมด้วยน้ำในแบบให้น้ำท่วมผิวดิน (Flooding) เมื่อพิจารณาจากลักษณะของทางน้ำเราอาจแบ่งการให้น้ำทางผิวดินออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ แบบให้น้ำท่วมผิวดินเป็นผืนใหญ่(Flooding) และแบบให้น้ำท่วมเฉพาะในร่อง(Furrow) จากทั้งสองแบบนี้ยังสามารถแบ่งแยกออกไปได้อีกดังรูป





รูปที่ 6.2 ตัวอย่างของระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยประเภทต่างๆ

ข้อดีและข้อเสียของการให้น้ำทางผิวดิน

การให้น้ำทางผิวดินนี้รู้จักใช้กันมานานหลายศตวรรษแล้ว ปัจจุบันก็ยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปเพราะการให้น้ำแบบนี้มีข้อดีหลายอย่าง ซึ่งพอสรุปได้ดังต่อไปนี้คือ

1) สามารถใช้ได้กับดินและพืชเกือบทุกชนิด นอกจากนั้นวิธีการให้น้ำยังสามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับขนาดและวิธีการส่งน้ำทุกประเภท

2) มีความคล่องตัวสูง กล่าวคือ สามารถให้น้ำแก่พืชได้ในระยะเวลาอันสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่มิได้ให้น้ำ เช่น อาจจะให้น้ำแก่พืช 10 วันต่อครั้งโดยใช้เวลาให้น้ำเพียงวันเดียวหรือสองวัน ความคล่องตัวนี้จะมีความสำคัญมากในกรณีที่มีอากาศร้อนจัด และพืชต้องการน้ำมากเป็นพิเศษหลายวันติดต่อกัน

3) ค่าลงทุนถูกเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำแบบอื่น ๆ เนื่องจากว่าการให้น้ำแบบนี้ให้น้ำไหลไปบนผิวดินโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก ดังนั้นในกรณีที่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำจึงไม่ต้องการแรงม้าสูง นอกจากนั้นยังไม่ค่อยมีอาคารชลประทาน หรือเครื่องมือที่ต้องการการบำรุงรักษาอยู่เสมอด้วย

4) ไว้วางใจได้ กล่าวคือ ถ้ามีน้ำอยู่แล้วจะให้น้ำแก่พืชเมื่อไรก็ได้โดยไม่ต้องพึ่งพาอาศัยเครื่องมืออื่น ดังนั้น ความเสียหายของพืชเนื่องจากจัดหาน้ำให้ไม่ทันเวลาจึงเกิดขึ้นได้ยาก

5) เมื่อมีการออกแบบและให้น้ำที่เหมาะสม การให้น้ำแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพสูงเท่า ๆ กับหรือมากกว่าการให้น้ำแบบอื่น

สำหรับข้อเสียของการให้น้ำทางผิวดินก็มี

1) ต้องการการปรับพื้นที่ให้เรียบและมีความลาดเทสม่ำเสมอ ซึ่งทำให้ไม่เหมาะกับพื้นที่ที่ไม่เรียบอยู่ก่อนแล้วเนื่องจากค่าปรับพื้นที่จะสูงมาก หรือเนื่องจากชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตื้นเกินไปจนไม่เหมาะที่จะทำการปรับพื้นที่

2) อาจเกิดการกัดเซาะ (Erosion) ขึ้นได้ในกรณีที่ความลาดเทของพื้นที่ชันมาก

3) คันดินและคูส่งน้ำอาจเป็นสิ่งกีดขวางการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร

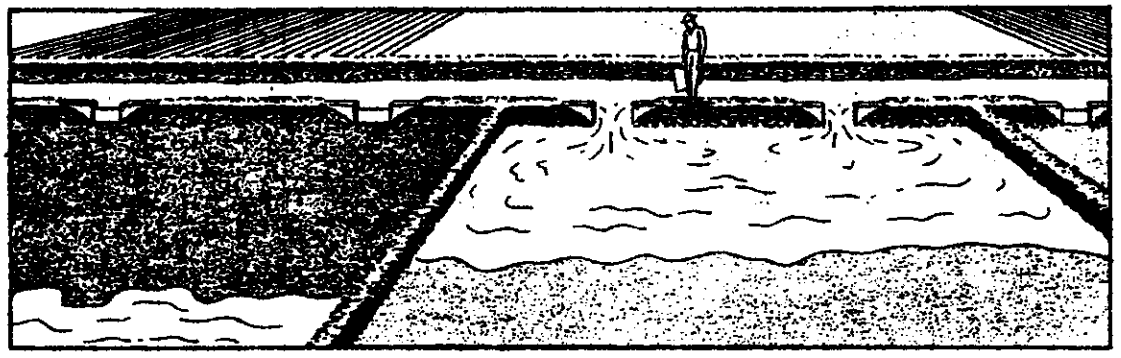
4) อาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการระบายน้ำขึ้นได้ง่าย ถ้าหากใช้น้ำอย่างไม่มีประสิทธิภาพหรือเลือกวิธีการให้น้ำไม่ถูกต้อง

5) ต้องการผู้ที่มีความรู้ในวิธีการให้น้ำดีพอสมควรจึงจะสามารถให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพได้

6) ส่วนมากต้องการแรงงานในการให้น้ำมาก

วิธีให้น้ำท่วมเป็นผืนยาว(Graded Border Method)

การให้น้ำโดยวิธีนี้ทำโดยเปิดให้น้ำเข้าไปท่วมผิวดินในแปลง โดยมีคันดินขนาดเล็กสองคันซึ่งมีแนวตรงและขนานกันคอยควบคุมให้น้ำท่วมอยู่ในพื้นที่ที่ต้องการให้น้ำ พื้นที่ระหว่างคันดินจะมีความลาดเทไปในแนวเดียวกับคันดิน และไม่มีหรือมีความลาดเทในแนวตั้งฉากกับคันดินน้อยมาก การให้น้ำซึ่งทำโดยการเปิดให้น้ำไหลเข้าทางหัวแปลงจะต้องมีอัตราสูงมากพอที่จะให้น้ำแผ่กระจายออกไปเต็มความกว้าง แต่จะต้องไม่ล้นข้ามคันดิน



รูปที่ 6.3 การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนยาว (GRADED BORDER)

ในกรณีที่ความลาดเทของแปลงค่อนข้างชันก็อาจจะต้องปรับพื้นที่บริเวณหัวแปลงให้ราบกว่าในแปลงเล็กน้อย เพื่อให้น้ำแผ่กระจายออกเต็มความกว้างได้เร็วขึ้น อัตราการให้น้ำที่พอเหมาะอาจจะประมาณได้โดยการหาปริมาตรของน้ำที่จะต้องให้กับแปลง ตัวยระยะเวลาที่ดินจะดูดซึมน้ำเข้าไปเท่ากับความลึกของน้ำที่ต้องการจะให้ เช่น สมมุติว่าแปลงหนึ่งมีพื้นที่ 1 ไร่ หรือ 1600 ตารางเมตร ต้องการให้น้ำลึก 80 มิลลิเมตร ดังนั้น ปริมาตรของน้ำที่จะต้องส่งเข้าแปลงจะเท่ากับ 1600×0.08 หรือ 128 ลูกบาศก์เมตร สมมุติว่าถ้าจะให้น้ำซึมลงไปในดินลึก 80 มิลลิเมตรจะต้องใช้เวลานาน 4 ชั่วโมง ดังนั้นควรจะส่งน้ำเข้าแปลงด้วยอัตรา 128/4 = 32 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หรือประมาณ 9 ลิตรต่อวินาที เป็นต้น รูปร่างลักษณะของแปลงซึ่งให้น้ำโดยวิธีนี้แสดงไว้ในรูปที่ 6.3

การเลือกใช้ การให้น้ำแบบนี้เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกต้นชิดกัน หรือพืชที่ปลูกโดยการหว่านเมล็ด ยกเว้นพืชที่จะต้องมีน้ำขังอยู่ในแปลงเช่นข้าว พืชจำพวกหญ้าเลี้ยงสัตว์ ถั่ว มักจะให้น้ำโดยวิธีนี้ อย่างไรก็ตาม พืชยืนต้นเช่นสวนผลไม้ต่าง ๆ ไร่องุ่น ก็อาจให้น้ำโดยวิธีนี้ได้เหมือนกัน

การให้น้ำท่วมเป็นผืนยาวนี้สามารถใช้ได้ดีกับดินเกือบทุกชนิด แต่จะใช้ได้ดีที่สุดกับดินที่มีอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินค่อนข้างต่ำจนถึงค่อนข้างสูง ที่ไม่เหมาะกับดินทรายหรือดินที่มีอัตราการซึมสูงก็เพราะว่าจะมีการสูญเสียน้ำเนื่องจากซึมลงใต้รากพืชมาก หรือมิฉะนั้นก็จะต้องใช้แปลงที่สั้นมาก ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากดินมีอัตราการซึมต่ำมากก็จะต้องให้น้ำนาน และจะมีการสูญเสียน้ำเนื่องจากไหลเลยท้ายแปลงออกไปมากเช่นเดียวกัน แต่ถ้าจะใช้อัตราการให้น้ำน้อย น้ำก็จะไม่แผ่ออกไปเต็มความกว้างของแปลง

ความลาดเทในแนวยาวของแปลงไม่ควรจะชันกว่า 0.5 เปอร์เซนต์ แต่ถ้าหากว่าไม่มีการกัดเซาะในแปลงเนื่องจากฝนแล้วก็อาจจะยอมให้มีความลาดเทได้ถึง 2 เปอร์เซนต์ ถ้าหากอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินไม่ต่ำจนเกินไปนักและรากของพืชที่ปลูกไม่ยึดกันแน่น เช่นรากของหญ้า แต่ถ้ารากเกาะกันดีก็อาจให้มีความลาดเทได้มากถึง 4 เปอร์เซนต์ ในพื้นที่ที่มีฝนตกหนักเป็นประจำไม่ควรให้มีความลาดเทเกิน 2 เปอร์เซนต์สำหรับพืชที่มีรากเกาะกันแน่น และไม่เกิน 0.5 เปอร์เซนต์ สำหรับพืชอื่น ๆ

ข้อดี

1) การให้น้ำวิธีนี้จะให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง ถ้าหากได้รับการออกแบบและให้น้ำอย่างถูกต้อง

2) ต้องการแรงงานในการให้น้ำไม่มากนัก

3) ความกว้างของแปลงอาจจะออกแบบให้มีขนาดพอเหมาะกับเครื่องจักรกลเกษตรได้

4) ถ้าหากจำเป็นจะต้องมีการระบายน้ำออกจากแปลงก็จะสามารถระบายออกได้รวดเร็ว

ข้อเสีย

1) พื้นที่จะต้องเรียบและมีความลาดเทสม่ำเสมอ หรือมิฉะนั้นชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีความลึกพอที่จะทำการปรับพื้นที่ได้

2) ค่าปรับพื้นที่สำหรับพื้นที่บางแห่งอาจจะสูงมากจนไม่สามารถที่จะให้น้ำวิธีนี้ได้

3) อัตราการส่งน้ำที่ได้รับจากโครงการชลประทานจะต้องมากพอ

4) พืชต้นเล็ก ๆ อาจจะได้รับความเสียหายในขณะที่ให้น้ำ

5) ดินบางชนิดอาจเกิดการแตกระแหงหลังจากมีน้ำท่วมผิวดินแล้ว

6) ไม่สามารถให้น้ำครั้งละน้อย ๆ (น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

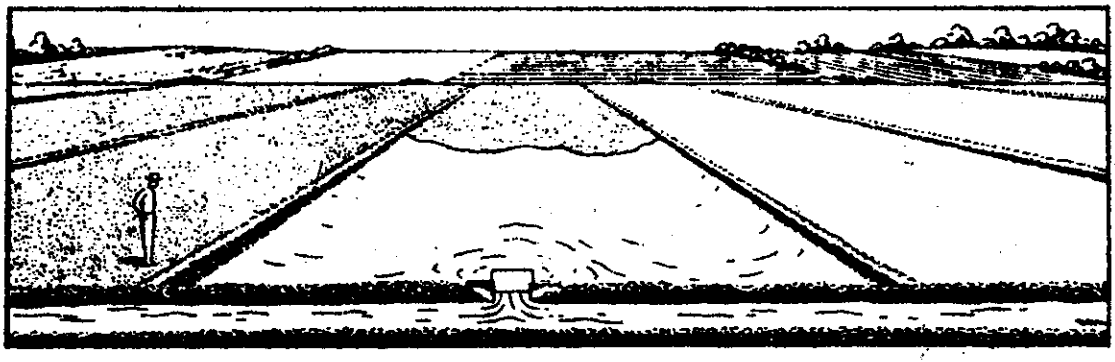
วิธีให้น้ำท่วมเป็นผืนราบ(Level Border Method)

การให้น้ำวิธีนี้จะให้น้ำท่วมแปลงเพาะปลูกซึ่งราบหรือค่อนข้างราบและมีคันดินล้อมรอบอยู่ อัตราการให้น้ำจะต้องสูงเพื่อให้น้ำแผ่ออกไปท่วมทั่วทั้งแปลงในระยะเวลาอันสั้น วิธีให้น้ำท่วมเป็นผืนราบ (Level Border) นี้บางครั้งเรียกว่าท่วมเป็นอ่าง (Basin) แต่ความจริงแล้วมันไม่เหมือนกันทีเดียวนัก กล่าวคือ สำหรับแบบท่วมเป็นอ่าง ความกว้างกับความยาวของแปลงมักจะมีขนาดใกล้เคียงกัน แต่ถ้าเป็นแบบท่วมเป็นผืนราบ (Level Border) ด้านยาวจะยาวกว่าด้านกว้างมาก

อัตราการให้น้ำสำหรับวิธีนี้ไม่ควรจะน้อยกว่าสองเท่าของค่าเฉลี่ยของอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน ถ้าหากพื้นที่ภายในแปลงราบ การเปิดน้ำเข้าแปลงจะทำทางด้านใดด้านหนึ่งหรือจะเปิดให้เข้าพร้อมกันทีละหลายด้านก็ได้ แต่ถ้าหากพื้นที่มีความลาดเทอยู่บ้างการเปิดน้ำเข้าก็ควรจะทำจากด้านที่มีระดับสูงกว่า รูปร่างลักษณะของแปลงซึ่งให้น้ำโดยวิธีนี้แสดงไว้ในรูปที่ 6.4

การเลือกใช้ การให้น้ำวิธีนี้เหมาะสำหรับดินที่มีอัตราการซึมขนาดปานกลางจนถึงขนาดต่ำ กล่าวคือ ดินที่มีอัตราการซึมผ่านผิวดินเฉลี่ยต่ำกว่าประมาณ 50 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง นอกจากนั้นควรจะเป็นดินที่มีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้สูง ถึงแม้ว่าจะสามารถออกแบบการให้น้ำวิธีนี้สำหรับดินที่มีอัตราการซึมสูง และมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ไม่มากนักให้มีประสิทธิภาพสูงได้ก็ตาม แต่จะได้ขนาดแปลงเล็กมากซึ่งทำให้ไม่สะดวกในการใช้เครื่องจักรกลเกษตร นอกจากนั้นยังจะต้องมีปัญหาเรื่องคูส่งน้ำซึ่งจะต้องมีจำนวนเพิ่มขึ้นอีกด้วย

พื้นที่ที่เรียบ ราบ หรือมีความลาดเทเพียงเล็กน้อยจะเหมาะกับการให้น้ำแบบนี้มากที่สุด นอกจากนั้นการวางผังแปลงเพาะปลูกและแนวคูส่งน้ำก็จะทำได้สะดวกมาก การให้น้ำวิธีนี้สามารถใช้ได้กับพืชเกือบทุก



รูปที่ 6.4 การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนราบ (LEVEL BORDER)

ชนิด เช่น ถ้าเป็นพืชที่ไม่ชอบให้น้ำท่วม ก็อาจจะยกคันเล็ก ๆ ขึ้นแล้วให้น้ำไหลในร่องโดยให้น้ำครั้งละน้อย ๆ พืชที่สามารถให้น้ำท่วมได้แต่ต้นยังเล็กอยู่ ก็อาจจะทำรางเล็ก ๆ เป็นร่องนำน้ำให้ไหลไปที่จุดต่าง ๆ ภายในแปลงโดยไม่เกิดอันตรายต่อพืชที่ปลูกอยู่ได้ การตัดแปลงดังกล่าวนี้จะไม่ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบหรือทำให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำต้องเสียไปแต่อย่างใด

ข้อดี

1) สามารถปลูกพืชได้หลายชนิดโดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ วางผัง หรือวิธีการให้น้ำต่างไปจากเดิมมากนัก

2) แปลงดังกล่าวสามารถใช้ชะล้างเกลือในดินโดยไม่ต้องมีการก่อสร้างเพิ่มเติม หรือเปลี่ยนแปลงวิธีการให้น้ำแต่อย่างใด

3) ไม่มีการสูญเสียน้ำเนื่องจากไหลออกจากพื้นที่เพาะปลูกทางด้านท้ายแปลง (Runoff) ดังนั้นจึงไม่ต้องมีระบบระบายน้ำทางด้านท้ายแปลงอีก

4) สามารถใช้ฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5) ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญก็สามารถให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพได้

6) ประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง

ข้อเสีย

1) ต้องการอัตราการให้น้ำสูงมาก สูงกว่าแบบให้น้ำท่วมเป็นผืนยาว

2) จะต้องปรับพื้นที่ให้ราบและสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแปลง

3) คันดินที่ล้อมรอบต้องสูงพอที่จะไม่ให้น้ำล้นออกจากแปลง ซึ่งทำให้เป็นสิ่งกีดขวางการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตร

4) บนพื้นที่ที่มีความลาดเทมากจะต้องทำแปลงเป็นขั้นบันได และอาจจำเป็นต้องมีอาคารชลประทานอื่นอีก เช่น อาคารน้ำตก (Drop Structures) คลองลาด หรือท่อส่งน้ำ เป็นต้น

5) ในขณะที่มีฝนตกชุกจะต้องมีการจัดระบบระบายน้ำฝนออกจากแปลงให้ทันเวลาด้วย

6) ในพื้นที่ที่มีลมพัดเร็วกว่า 25 ถึง 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะให้น้ำยากขึ้นถ้าหากแปลงมีขนาดใหญ่และลมพัดในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการไหลของน้ำ

7) จะต้องคอยควบคุมระดับดินในแปลงให้อยู่ในแนวราบอยู่เสมอ

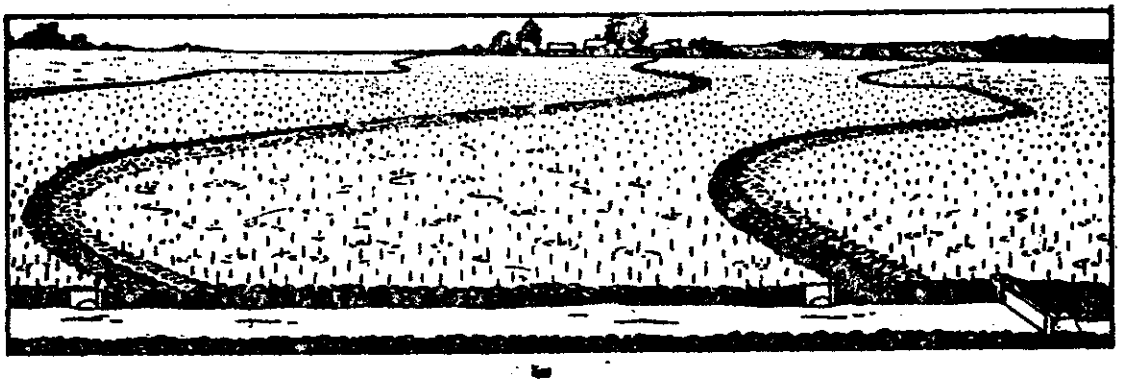
วิธีให้น้ำท่วมเป็นผืนตามแนวเส้นขอบเนิน (Contour Levee Method)

การให้น้ำวิธีนี้ดัดแปลงมาจากแบบท่วมเป็นผืนราบ (Level Border) โดยการเปลี่ยนแนวคันดินให้มาอยู่ในแนวเส้นขอบเนิน(Contour Lines) การให้น้ำแก่แปลงจะต้องให้ด้วยอัตราที่มากกว่าอัตราการซึมผ่านผิวดิน โดยให้น้ำนั้นแผ่กระจายออกไปปกคลุมพื้นที่ในแปลงทั้งหมดในระยะเวลาอันสั้น และปล่อยให้น้ำซึมลงไปในดินจนกระทั่งได้ความลึกตามที่ต้องการ ถ้าหากเป็นพืชที่ไม่ใช่ข้าวก็จะระบายน้ำออกหลังจากที่ให้น้ำตามที่ต้องการแล้ว

ขนาดของแปลงที่ใช้จะขึ้นอยู่กับอัตราการส่งน้ำที่ได้รับจากโครงการชลประทานหรือจากขนาดของเครื่องสูบน้ำ อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน และลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ อัตราการให้น้ำเพื่อให้ท่วมทั่วทั้งแปลงอย่างรวดเร็วนั้นโดยทั่ว ๆ ไปจะใช้ประมาณ 6 ลิตรต่อวินาที ต่อพื้นที่ 1 ไร่ การให้น้ำจะเริ่มต้นจากแปลงที่อยู่สูงกว่าเสียก่อน โดยขังน้ำให้มีความลึกเหนือผิวดินตามที่ต้องการ ส่วนที่มากเกินพอก็จะไหลล้นข้ามฝายเล็ก ๆ ซึ่งจัดไว้ไปเข้าแปลงที่อยู่ต่ำกว่าถัดลงมา ถ้าหากไม่มีฝายควบคุมความลึกของน้ำในแปลง เมื่อให้น้ำได้แปลงแรกตามขนาดที่ต้องการแล้ว ก็ระบายน้ำที่เหลือลงสู่แปลงถัดมา

รูปร่างลักษณะของแปลงซึ่งให้น้ำโดยวิธีนี้แสดงไว้ในรูปที่ 6.5

การเลือกใช้ การที่จะเลือกใช้การให้น้ำวิธีนี้ให้ได้ผลดีนั้น พื้นที่ควรจะเป็นดินที่มีเนื้อดินขนาดปานกลางถึงดินที่มีเนื้อละเอียด และมีอัตราการซึมผ่านผิวดินเฉลี่ยไม่เกิน 12 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง สำหรับข้าวซึ่งจะต้องมีน้ำขังอยู่ตลอดเวลาดินควรจะมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ (Permeability) ไม่เกิน 4 มิลลิเมตรต่อวัน หรือมีชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากอยู่ใต้ระดับเขตราก พื้นที่ควรจะเรียบสม่ำเสมอและมีความลาดเทไม่เกิน 1 เปอร์เซนต์ แต่ถ้าหากมีความลาดเทไม่เกิน 0.5เปอร์เซนต์จะได้ขนาดแปลงที่ดีกว่า



รูปที่6.5 การให้น้ำท่วมเป็นผืนตามแนวเส้นขอบเนิน (CONTOUR LEVEE)

การให้น้ำท่วมเป็นผืนตามแนวเส้นขอบเนินเหมาะสำหรับข้าว และพืชอื่น ๆ เช่น ฝ้าย ข้าวโพด ถั่ว ธัญญพืชและหญ้าเลี้ยงสัตว์ พืชที่จะให้น้ำควรจะทนทานต่อการมีน้ำท่วมรากเป็นเวลา 12 ชั่วโมง หรือกว่านี้เล็กน้อยได้โดยไม่เกิดความเสียหาย

ข้อดี

1) สามารถให้น้ำได้อย่างสม่ำเสมอ ประสิทธิภาพในการให้น้ำสูงถ้าหากได้รับการออกแบบและให้น้ำอย่างถูกต้อง

2) ถึงแม้ว่าจะต้องมีการระบายน้ำส่วนที่เกินออกจากแปลง แต่ก็สามารถนำมาใช้ในแปลงถัดมาที่อยู่ต่ำกว่าได้ ดังนั้นน้ำที่สูญเสียไปอย่างแท้จริงจึงมาจากแปลงที่อยู่ต่ำที่สุดซึ่งจะมีปริมาณไม่มากนัก

3) สามารถจะใช้น้ำฝนที่ตกลงมาบนพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยลดความต้องการน้ำชลประทานลงได้มาก

4) สามารถติดตั้งระบบระบายน้ำผิวดินโดยไม่ต้องลงทุนเพิ่มขึ้นอีกมาก เพราะอาจจะใช้คูส่งน้ำเป็นคูระบายน้ำได้ด้วย

5) ต้องการแรงงานในการให้น้ำไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำทางผิวดินวิธีอื่น ๆ

6) การให้น้ำและควบคุมน้ำทำได้ไม่ยาก จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญในการให้น้ำดี

7) ถ้าหากว่ามีการปรับพื้นที่ไม่มากนัก ค่าลงทุนครั้งแรกจะต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแบบอื่น ๆ

8) มีอาการชลประทานน้อยพอ ๆ กับวิธีอื่น ๆ

ข้อเสีย

1) วิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับดินที่มีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ (Permeability) ขนาดปานกลางถึงดินที่มีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้สูง

2) ไม่สามารถให้น้ำครั้งละน้อย ๆ (น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) ต้องการอัตราการให้น้ำสูง

4) น้ำชลประทานจะต้องมีคุณภาพดี ทั้งนี้เพราะดินที่มีเนื้อละเอียดนั้นจะก่อให้เกิดการสะสมของเกลือบนผิวดินได้ง่าย แต่จะชะล้างออกจากดินได้ยาก

5) ต้องการการปรับพื้นที่บ้างเพื่อให้สามารถให้น้ำได้อย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถระบายน้ำได้ และเพื่อให้ใช้เครื่องจักรกลเกษตรได้สะดวกขึ้น

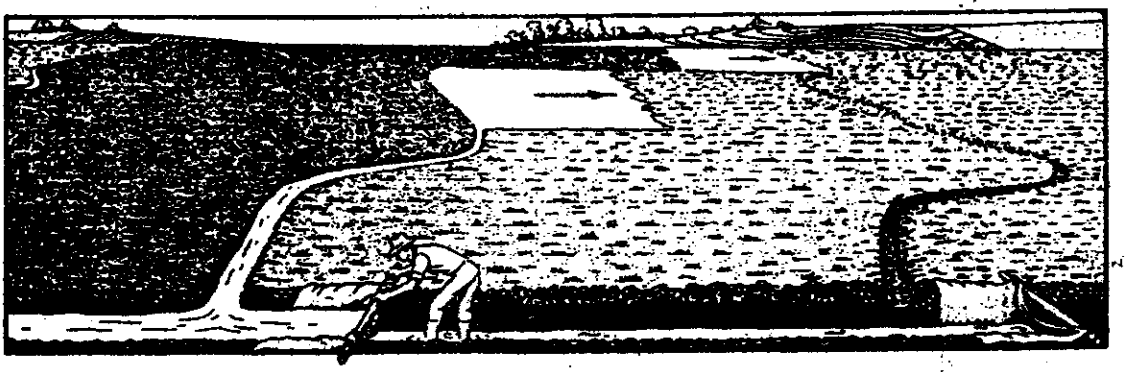
6) ไม่เหมาะสำหรับพืชที่จะเสียหายเมื่อมีน้ำท่วมราก

7) ต้นพืชและคันดินอาจจะได้รับความเสียหายจากคลื่น ถ้าหากมีการให้น้ำในขณะที่ต้นพืชยังเล็กอยู่หรือมีลมแรง

8) การระบายน้ำที่เหลือจากแปลงหนึ่งไปเข้าอีกแปลงหนึ่งอาจก่อให้เกิดการแพร่ขยายโรคพืช และวัชพืชบางชนิดได้ง่าย

วิธีให้น้ำท่วมจากคูตามแนวเส้นขอบเนิน (Contour Ditch Method)

วิธีให้น้ำท่วมจากคูตามแนวเส้นขอบเนิน เป็นการให้น้ำท่วมผิวดินแบบที่มีการควบคุมแบบหนึ่ง โดยการให้น้ำไหลล้นจากร่องน้ำเล็ก ๆ ซึ่งอยู่ในแนวขนานกับเส้นขอบเนิน การส่งน้ำเข้าไปในคูให้น้ำทำโดยปิดกั้นคูส่งน้ำด้วยฝายชั่วคราวหรืออาคารทดน้ำในไร่นาอย่างอื่น เมื่อระดับน้ำในคูส่งน้ำสูงขึ้นมันก็จะไหลเข้าไปในคูให้น้ำซึ่งมีร่องเปิดหรือท่อไซฟอนอยู่บนคันดิน หรือคันดินที่ได้ปรับไว้ให้น้ำล้นออกมาได้อย่างสม่ำเสมอเป็นแผ่นและไหลไปตามความลาดเทของพื้นที่ไปสู่คูให้น้ำถัดไปที่อยู่ต่ำกว่า น้ำที่ไหลลงมาสู่คูให้น้ำหลังนี้ก็จะใช้ให้น้ำแก่พื้นที่ที่อยู่ถัดมา การให้น้ำแก่พื้นที่ระหว่างร่องน้ำอาจจะแบ่งออกเป็นส่วน ๆ จนกว่าจะหมด แล้วจึงย้ายไปให้น้ำแก่พื้นที่ระหว่างร่องน้ำที่อยู่ในระดับต่ำกว่าถัดมา ความกว้างของพื้นที่ที่แบ่งออกเป็นส่วน ๆ นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของคูให้น้ำและอัตราการให้น้ำที่ใช้ ส่วนระยะระหว่างคูให้น้ำตามแนวเส้นขอบเนินนั้นจะขึ้นอยู่กับความลาดเทของพื้นที่ อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน และความลึกของน้ำที่ต้องการจะให้แต่ละครั้ง รูปร่างลักษณะของแปลงซึ่งให้น้ำโดยวิธีนี้แสดงไว้ในรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 การให้น้ำท่วมจากคูตามแนวเส้นขอบเนิน (CONTOUR DITCH)

การเลือกใช้ การให้น้ำวิธีนี้เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกคันชิดกันทุกชนิด พืชที่ปลูกแล้วไม่ต้องมีการพรวนดินหรือยกร่องอีก ยกเว้นข้าวซึ่งจะต้องให้มีน้ำขังอยู่เกือบตลอดเวลา หญ้าเลี้ยงสัตว์ ถั่ว และพืชหว่านแม็ดอาจเลือกให้น้ำโดยวิธีนี้ การให้น้ำวิธีนี้สามารถใช้ได้กับดินที่มีอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดินค่อนข้างสูง สำหรับดินที่มีอัตราการซึมต่ำ ระยะทางระหว่างร่องน้ำอาจจะยาวได้มาก และการให้น้ำครั้งละน้อย ๆ อาจจะได้ประสิทธิภาพสูง ในทางตรงกันข้ามถ้าดินมีอัตราการซึมสูง ระยะระหว่างร่องน้ำก็จะต้องสั้นเข้า

การให้น้ำท่วมจากคูตามแนวเส้นขอบเนินนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทระหว่าง 0.5 ถึง 1.5 เปอร์เซนต์ ถ้าไม่อยู่ในบริเวณที่มีฝนตกหนักและดินแน่นพอสมควรก็อาจจะเพิ่มความลาดเทให้ได้ถึง 4 เปอร์เซนต์ ความลาดเทสูงสุดที่จะใช้ได้สำหรับดินค่อนข้างหยาบและดินหยาบ คือ 4 เปอร์เซนต์ ถ้าหากพื้นที่มีความลาดเท 2 ถึง 4 เปอร์เซนต์และมีการกัดเซาะเนื่องจากฝนรุนแรงด้วยแล้วควรจะเลือกใช้การให้น้ำแบบนี้เฉพาะพืชที่มีรากเกาะกันแน่นเท่านั้น

ข้อดี

1) ค่าลงทุนต่ำ

2) ต้องการการปรับพื้นที่บ้างเล็กน้อยในกรณีที่ผิวดินไม่เรียบ

3) สำหรับพืชที่ปลูกตลอดปี คูให้น้ำเหล่านี้อาจจะกลบเสียก่อนทำการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวก็จะสะดวกขึ้น

ข้อเสีย

1) โดยทั่ว ๆ ไปแล้วประสิทธิภาพในการให้น้ำค่อนข้างต่ำ แต่ถ้าให้น้ำอย่างระมัดระวังอาจจะให้ประสิทธิภาพสูง 50 ถึง 65 เปอร์เซนต์

2) ถ้าหากอัตราการส่งน้ำที่ได้รับจากคูส่งน้ำน้อย การให้น้ำจะทำได้ยากขึ้น

3) ระยะระหว่างคูให้น้ำอาจจะแตกต่างกันได้มากในกรณีที่ความลาดเทของพื้นที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจะต้องแบ่งความกว้างของพื้นที่ที่จะให้น้ำในแต่ละครั้งตลอดความยาวของคูให้น้ำออกเป็นส่วน ๆ ที่ไม่เท่ากัน จึงจะสามารถให้น้ำอย่างสม่ำเสมอได้ ซึ่งทำให้การให้น้ำยุ่งยากมากขึ้น

4) ในกรณีที่คูเข้ามาชิดกันและแนวไม่ขนานกัน การใช้เครื่องเก็บเกี่ยวจะยากขึ้น

5) พืชต้นเล็ก ๆ อาจจะได้รับความเสียหายถ้าดินนั้นแตกระแหงหลังจากให้น้ำ

วิธีให้น้ำแบบร่องคูลาด (Graded Furrow Method)

การให้น้ำแบบร่องคูลาดนี้ จะให้น้ำแก่พืชทางร่องน้ำเล็ก ๆ ซึ่งมีความลาดเทสม่ำเสมอและมีแนวตรง โดยปลูกพืชเป็นแถวบนคันดินซึ่งมีร่องขนาบอยู่ทั้งสองข้าง ขนาดและรูปร่างของร่องคูขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดิน พืชที่ปลูก เครื่องมือที่ใช้ในการยกร่อง และระยะระหว่างพืชที่ปลูก

น้ำที่ให้แก่พืชจะซึมเข้าไปในดินทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง ระยะเวลาที่ให้มีน้ำขังอยู่ในร่องคูขึ้นอยู่กับความลึกของน้ำที่จะให้แก่พืชและอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในร่อง โดยปกติแล้วเมื่อเริ่มให้น้ำจะต้องให้ด้วยอัตราที่สูงกว่าอัตราที่น้ำซึมเข้าไปในร่องเพื่อให้น้ำไหลไปถึงปลายร่องอย่างรวดเร็ว เมื่อน้ำไหลไปถึงปลายร่องแล้วก็ลดอัตราการให้น้ำลงเพื่อป้องกันมิให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยไหลเลยพื้นที่เพาะปลูกออกไป (Runoff) หรือมิฉะนั้นก็จะต้องมีการรวบรวมน้ำเหล่านี้มาใช้อีก แต่ถ้าหากดินมีอัตราการซึมต่ำมากก็อาจจะใช้อัตราการให้น้ำในตอนแรกไม่มากนัก และอาจจะไม่จำเป็นต้องมีการลดอัตราการให้น้ำเลยจนกว่าจะให้น้ำเสร็จ

รูปร่างลักษณะของร่องคูลาดแสดงไว้ในรูปที่ 6.7

การเลือกใช้ การให้น้ำวิธีนี้สามารถใช้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวได้ทุกชนิดรวมทั้งพืชสวนด้วย และใช้ได้กับดินเกือบทุกชนิดยกเว้นดินทรายที่มีอัตราการซึมสูงมาก เพราะว่าจะมีการไหลซึมทางด้านข้างน้อยและจะสูญเสียน้ำเนื่องจากไหลซึมลงลึกพ้นรากพืชมาก พื้นที่ที่จะเลือกใช้การให้น้ำวิธีนี้ควรมีความลาดเทไม่เกิน 2 เปอร์เซนต์ และถ้าหากพื้นที่นั้นไม่มีการกัดเซาะเนื่องจากฝน ก็อาจจะใช้ความลาดเทมากได้ถึง 3 เปอร์เซนต์ ส่วนในพื้นที่ที่มีฝนตกหนัก ความลาดเทของร่องคูไม่ควรเกิน 0.5 เปอร์เซนต์

รูปที่ 6.7 การให้น้ำทางร่องคูลาด (GRADED FURROW)

ในพื้นที่ที่มีความลาดเทสม่ำเสมอ ความลาดเทของร่องคูไม่จำเป็นจะต้องมีค่าเดียวกันกับความลาดเทหลักของพื้นที่ก็ได้ กล่าวคือ ให้ทิศทางของร่องคูทำมุมกับแนวที่ตั้งฉากกับเส้นชอบเนินทั้งนี้เพื่อที่จะได้ลดความลาดเทของร่องลงได้อีก

ข้อดี

1) สามารถใช้ได้กับวิธีการส่งน้ำทุกแบบ โดยการจัดจำนวนร่องคูที่จะให้น้ำแต่ละครั้งให้พอเหมาะกับอัตราส่งน้ำที่ได้รับ ดังนั้น ไม่ว่าจะเป็นการส่งน้ำแบบตลอดเวลาหรือแบบหมุนเวียนก็ใช้วิธีนี้ได้ทั้งนั้น

2) ประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง ถ้าหากมีการออกแบบและให้น้ำอย่างถูกต้อง

3) ในกรณีที่ต้องมีการระบายน้ำฝนออกจากพื้นที่เพาะปลูก ก็สามารถจะระบายได้อย่างรวดเร็ว

ข้อเสีย

1) ต้องการแรงงานในการให้น้ำมาก

2) จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการให้น้ำที่ระยะเวลาต่าง ๆ ขณะที่ให้น้ำ จึงจะทำให้พืชได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอตลอดความยาวของร่อง และมีการสูญเสียน้ำน้อย

3) พื้นที่จะต้องมีความลาดเทสม่ำเสมอ

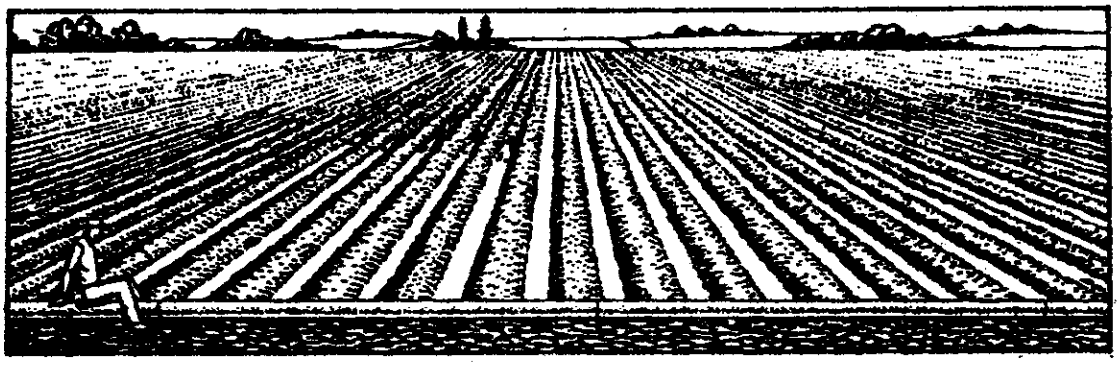
4) ต้องมีการรวบรวมน้ำที่ไหลเลยท้ายร่องออกไป โดยนำมาใช้อีกหรือระบายออกไปให้พ้นจากบริเวณนั้น มิฉะนั้นจะทำให้เกิดน้ำขังขึ้นได้

5) วิธีนี้ไม่เหมาะกับการให้น้ำครั้งละน้อย ๆ เพื่อให้เมล็ดงอก หรือพืชรากตื้นที่ปลูกบนดินมีอัตราการซึมสูง เพราะน้ำจะซึมขึ้นไปถึงจุดที่เมล็ดพืชอยู่ หรือซึมทางด้านข้างไปสู่รากพืชได้ช้ามาก

วิธีให้น้ำแบบร่องคูราบ (Level Furrow Method)

การให้น้ำแก่พืชโดยวิธีนี้คล้ายคลึงกันกับวิธีให้น้ำแบบร่องคูลาด กล่าวคือ เป็นการให้น้ำในร่องแล้วให้น้ำไหลซึมเข้าไปในดินทั้งทางราบและทางดิ่งไปสู่รากพืช แต่วิธีนี้ร่องที่ให้น้ำไหลนั้นไม่มีความลาดเท คืออยู่ในแนวราบ ดังนั้นการให้น้ำจึงต้องให้ด้วยอัตราสูงน้ำจึงจะไหลไปตลอดความยาวของร่องคูในระยะเวลาอันสั้น โดยปกติแล้วจะให้ด้วยอัตราที่มากที่สุดเท่าที่ร่องคูนั้นจะสามารถรับได้จนกระทั่งได้ความลึกตามที่ต้องการจะให้ น้ำที่ให้นี้จะขังอยู่ในร่องและค่อย ๆ ไหลซึมลงไปในดินจนหมด

รูปร่างลักษณะของร่องคูราบแสดงไว้ในรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 การให้น้ำทางร่องคูราบ (LEVEL FURROW)

การเลือกใช้ การให้น้ำวิธีนี้เหมาะสำหรับดินที่มีอัตราการซึมเฉลี่ยน้อยกว่า 50 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ขนาดปานกลางจนถึงเก็บน้ำไว้ได้ดี พื้นที่ควรจะเรียบและมีความลาดเทสม่ำเสมอ พืชที่จะให้น้ำโดยวิธีนี้ควรจะเป็นพืชที่ปลูกเป็นแถว สำหรับพืชหว่านเมล็ดก็อาจจะให้น้ำโดยวิธีนี้ได้ ถ้าหากมีการยกร่องและให้น้ำเสียก่อน

ข้อดี

1) สามารถใช้ได้กับวิธีการส่งน้ำทุกแบบ โดยการจัดจำนวนร่องคูที่จะให้น้ำแต่ละครั้งให้พอเหมาะกับอัตราการส่งน้ำที่ได้รับ

2) ประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง ถ้าหากมีการออกแบบและให้น้ำอย่างถูกต้อง

3) ไม่มีการสูญเสียน้ำโดยการไหลออกนอกแปลงที่ให้น้ำ

4) ถ้าหากไม่มีลมแรงพอที่จะมีผลต่อการไหลของน้ำในร่อง คูส่งน้ำและอาคารส่งน้ำอื่น ๆ อาจจะลดลงได้โดยจัดให้อยู่ในระยะทุก ๆ สองเท่าของความยาวของร่องคูที่ได้ออกแบบไว้ เพราะว่าร่องคูไม่มีความลาดเท ดังนั้นคูส่งน้ำสายหนึ่งจึงให้น้ำแก่ร่องคูได้ทั้งสองด้าน ซึ่งจะทำให้ลดค่าลงทุนและค่าบำรุงรักษาระบบส่งน้ำลงได้มาก มีการสูญเสียพื้นที่น้อย และเครื่องจักรกลเกษตรทำงานได้สะดวกขึ้น

5) สามารถใช้ฝนที่ตกลงบนพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6) ไม่จำเป็นต้องมีการจัดระบบระบายน้ำทางด้านท้ายร่องดูอีก เพราะน้ำจะเฉลี่ยซึมลงไปในดินจนหมด ไม่มีการขังอยู่ที่จุดใดจุดหนึ่งโดยเฉพาะ

7) การขะล้างเกลือออกจากดินจะทำได้ง่าย

ข้อเสีย

1) ถ้าหากลมในบริเวณนั้นมีความเร็วเกินกว่า 25 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการไหลของน้ำ จะทำให้น้ำไหลไปตลอดความยาวของร่องดูได้ยาก ถ้ามีปัญหาดังกล่าวนี้ควรจะให้ทิศทางของร่องดูนั้นตั้งฉากกับทิศทางของลมที่พัดเป็นประจำ และถ้าหากจำเป็นจะต้องให้ร่องดูขนานกับทิศทางการพัดของลม การให้น้ำควรจะทำจากทางด้านเหนือลม

2) ขนาดของร่องดูจะต้องใหญ่พอ ขนาดดังกล่าวนี้ควรจะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของปริมาตรของน้ำที่จะให้แก่พืชในร่องนั้น

3) ถ้าจะให้การให้น้ำโดยวิธีนี้มีประสิทธิภาพดี จะต้องคอยควบคุมระดับดินและรูปทรงของร่องดูให้คงสภาพตามที่ออกแบบไว้อยู่เสมอ

วิธีให้น้ำทางร่องดูตามแนวเส้นขอบเนิน (Contour Furrow Method)

การให้น้ำทางร่องดูตามแนวเส้นขอบเนินนั้นคล้ายคลึงกับการให้น้ำทางร่องดูลาด(Graded Furrow) กล่าวคือเป็นการให้น้ำทางร่องที่มีความลาดเท แต่ร่องตามแนวเส้นขอบเนินนี้จะราบกว่าและทิศทางของร่องจะเกือบขนานไปกับเส้นขอบเนิน ความลาดเทของร่องดูนั้นจะไม่มากนัก คือมีเพียงเพื่อให้น้ำไหลไปยังปลายของร่องได้เท่านั้น ดูส่งน้ำหรือท่อส่งน้ำจะอยู่ในแนวตั้งฉากกับร่องเพื่อจ่ายน้ำให้แต่ละร่อง รูปร่างลักษณะของร่องดูตามแนวเส้นขอบเนินแสดงไว้ในรูปที่ 6.9

การเลือกใช้ การให้น้ำวิธีนี้สามารถใช้ได้กับพื้นที่ที่มีความลาดเททั่ว ๆ ไป ยกเว้นพื้นที่ที่เป็นดินทรายหรือดินที่มีการแตกระแหงเมื่อแห้ง เพราะว่าหลังร่องซึ่งใช้ปลูกพืชถ้าเป็นดินทรายอาจพังและมีน้ำล้นข้ามได้ง่าย ซึ่งถ้าเกิดขึ้นแล้วจะก่อให้เกิดการพังต่อเนื่องกันไปตามความลาดเท และก่อให้เกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรงขึ้นได้ ดินที่แตกระแหงก็จะทำให้เกิดช่องซึ่งทำให้น้ำในร่องที่สูงกว่าไหลลงมารวมกับร่องที่อยู่ต่ำกว่า และอาจก่อ

รูปที่ 6.9 การให้น้ำทางร่องดูตามแนวเส้นขอบเนิน (CONTOUR FURROW)

ให้เกิดความเสียหายเช่นเดียวกับดินทรายได้ การให้น้ำวิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทสม่ำเสมอทั้งสองด้านของพื้นที่ เพราะว่าจะสามารถให้ร่องยาวได้มากและลดจำนวนร่องสั้น ๆ ลง

การให้น้ำทางร่องคูตามแนวเส้นขอบเนินนี้สามารถใช้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวได้เกือบทุกชนิด ในเขตที่ไม่มีฝนตกหนักและเนื้อดินขนาดปานกลางจนถึงดินเนื้อละเอียด อาจเลือกให้น้ำโดยวิธีนี้ได้ถ้าหากความลาดเทไม่เกิน 6 เปอร์เซนต์และร่องคูเป็นร่องคูลึก แต่ถ้าเป็นดินเนื้อหยาบความลาดเทของพื้นที่ไม่ควรเกิน 4 เปอร์เซนต์ เพราะอาจเกิดอันตรายจากการพังของร่องได้ สำหรับร่องคูตื้นความลาดเทของพื้นที่ไม่ควรเกิน 3 เปอร์เซนต์ แต่ถ้าเป็นพืชยืนต้นความลาดเทของพื้นที่ที่จะให้น้ำโดยวิธีนี้จะชันขึ้นได้อีก เพราะว่าร่องจะแข็งแรงกว่าเนื่องจากไม่มีการไถหรือพรวนดินมากเหมือนพืชไร่

ข้อดี

1) ในกรณีที่พื้นที่มีความลาดเทชันมาก การให้น้ำทางร่องคูตามแนวเส้นขอบเนินจะเกิดการกัดเซาะน้อยกว่าการให้น้ำทางร่องคูลาด

2) มีความสม่ำเสมอในการให้น้ำดี เพราะว่าสามารถใช้อัตราให้น้ำขนาดใหญ่กับร่องซึ่งเกือบจะอยู่ในแนวราบ ทำให้น้ำไหลไปถึงปลายร่องในเวลาอันรวดเร็ว นอกจากนั้นยังลดเวลาในการให้น้ำลงได้ด้วย

3) มีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง ถ้าหากได้รับการวางผังและให้น้ำอย่างถูกต้อง

ข้อเสีย

1) จะต้องคอยตรวจตราอยู่เสมอว่าจะไม่มีน้ำล้นข้าม หรือไหลข้ามมาจากร่องที่อยู่สูงกว่าไปสู่ร่องที่ต่ำกว่าในขณะที่ให้น้ำ

2) ในพื้นที่ที่มีฝนตกชุก น้ำฝนอาจก่อให้เกิดการไหลล้นข้ามร่องและเกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรงได้

3) ความยาวของร่องจะต้องไม่มากนักเพื่อที่จะได้ระบายน้ำที่เหลือออกไปโดยไม่เกิดอันตราย

4) ต้องการร่องระบายน้ำที่มีการป้องกันอย่างดี เพื่อที่จะระบายน้ำที่เหลือออกไปได้โดยไม่เกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรงขึ้น

5) สำหรับพืชบางชนิด การซ่อมแซมร่องจะต้องทำด้วยมือ เพราะว่าเมื่อพืชโตแล้วจะไม่สามารถใช้เครื่องจักรกลได้อีก

6) จะต้องมีการป้องกันการกัดเซาะในคูส่งน้ำด้วย เพราะคูส่งน้ำก็มีความลาดเทมาก

7) ต้องใช้เวลาในการวางแนวร่องคูมาก นอกจากนั้น การปลูกและการพรวนดินจะต้องทำด้วยความระมัดระวัง

8) เครื่องมือที่ใช้ในการปลูก พรวนดิน และเก็บเกี่ยวจะต้องเลี้ยวบนพื้นที่เพาะปลูกตรงร่องที่ไปสิ้นสุดอยู่ตรงกลางของพื้นที่

วิธีให้น้ำทางร่องคูเล็ก (Corrugation Method)

การให้น้ำทางร่องคูเล็กเป็นการให้น้ำแก่พืชโดยให้น้ำท่วมผิวดินเพียงบางส่วน โดยการให้น้ำไหลไปในร่องน้ำเล็ก ๆ และตื้น ซึ่งอยู่ห่างจากกันเป็นระยะทางเท่า ๆ กัน การให้น้ำวิธีนี้ต่างกับร่องคูแบบอื่น ๆ ตรงที่ว่าขนาดของร่องน้ำนั้นเล็กและตื้น ระยะระหว่างร่องน้ำต้องไม่มากเกินกว่าที่น้ำจากร่องน้ำทั้งสองจะไหลซึมมาพบกันได้เมื่อการให้น้ำได้สิ้นสุดลงแล้ว

ระยะเวลาที่จะต้องให้น้ำในร่องคูเล็กนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ต้องการจะให้แก่พืช และอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดิน เมื่อเริ่มต้นให้น้ำ อัตราที่ให้จะต้องสูงกว่าอัตราที่น้ำซึมเข้าไปในดินเพื่อให้น้ำนั้นไหลไปถึงปลายร่องได้อย่างรวดเร็ว แต่เมื่อน้ำไหลไปถึงปลายร่องแล้วจะต้องลดอัตราการให้น้ำลงเพื่อมิให้น้ำไหลออกท้ายร่องไปมาก หรือมิฉะนั้นก็จะต้องรวบรวมน้ำเหล่านี้มาใช้อีก

รูปร่างลักษณะของร่องคูเล็กแสดงไว้ในรูปที่ 6.10

รูปที่ 6.10 การให้น้ำทางร่องคูเล็ก (CORRUGATION)

การเลือกใช้ การให้น้ำวิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทสม่ำเสมอระหว่าง 1 ถึง 8 เปอร์เซนต์และมีฝนตกไม่มากนัก สำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทไม่สม่ำเสมอก็อาจจะใช้ได้เหมือนกัน แต่ควรจะให้ร่องคูเล็กนี้มีความลาดเทเท่ากันตลอดและจะต้องไม่มีการไหลล้นข้ามร่องไม่ว่าจะเป็นน้ำฝนหรือน้ำชลประทาน การใช้วิธีให้น้ำแบบนี้ในเขตที่มีฝนตกชุกมักจะก่อให้เกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรงได้เสมอ

การให้น้ำแบบนี้เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกต้นชิดกัน พืชหว่านเมล็ดหรือพืชที่ปลูกแล้วไม่ต้องมีการไถพรวนดินอีก เช่นหญ้าเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น พืชสวนที่มีหญ้าหรือพืชอื่น ๆ เป็นพืชคลุมดินก็อาจจะให้น้ำโดยวิธีนี้ได้เหมือนกัน

ดินที่เหมาะกับการให้น้ำทางร่องคูเล็กก็คือดินที่มีเนื้อดินละเอียดจนถึงดินค่อนข้างหยาบ แต่ไม่เหมาะกับดินที่มีอัตราการซึมสูง วิธีนี้จะใช้ได้ดีกับดินที่มีการแตกระแหงหลังจากที่ดินเปียกชุ่มแล้วแห้ง เพราะว่าจะมีผิวดินที่สัมผัสกับน้ำไม่มากนัก ทำให้ลดการแตกระแหงลงได้ การให้น้ำแบบนี้อาจจะใช้ในแปลงที่ให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนยาว (Graded Border) ในขณะที่ต้นพืชยังเล็กอยู่ เพื่อป้องกันมิให้ต้นพืชได้รับอันตรายจากการพัดพาของน้ำ หรือจมน้ำ เมื่อต้นพืชโตและแข็งแรงดีแล้วจึงให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนยาว

ข้อดี

1) สามารถใช้ได้กับอัตราการส่งน้ำทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เพราะว่าสามารถจัดจำนวนร่องที่จะให้น้ำครั้งหนึ่ง ๆ ให้พอเหมาะกับอัตราการส่งน้ำที่ได้รับได้

2) ไม่ต้องการการปรับพื้นที่มากนัก ดังนั้นเมื่อได้มีการเปิดพื้นที่แล้วก็จะสามารถเพาะปลูกและให้น้ำได้อย่างรวดเร็ว

3) ถ้าใช้กับพื้นที่ที่ได้รับการปรับให้เรียบและมีความลาดเทสม่ำเสมอแล้ว ก็จะให้ประสิทธิภาพสูงถ้าออกแบบและให้น้ำอย่างถูกต้อง

ข้อเสีย

1) ต้องการแรงงานในการให้น้ำมาก เพราะว่าจะต้องมีการลดอัตราการให้น้ำที่ระยะเวลาต่าง ๆ เพื่อให้การให้น้ำนั้นสม่ำเสมอและมีการสูญเสียน้ำเนื่องจากไหลเลยท้ายร่องออกไปน้อยที่สุด

2) เนื่องจากร่องดูมีขนาดเล็กและตื้น ดังนั้นจะต้องมีการตบแต่งทุกปี บางครั้งอาจจะต้องทำหลายครั้งตลอดปีซึ่งทำให้ต้องสิ้นเปลืองมากขึ้น

3) วิธีนี้ไม่เหมาะกับพื้นที่ที่ค่อนข้างราบ โดยปกติแล้วจะไม่ใช้กับพื้นที่ที่มีความลาดเทน้อยกว่า 1 เปอร์เซนต์

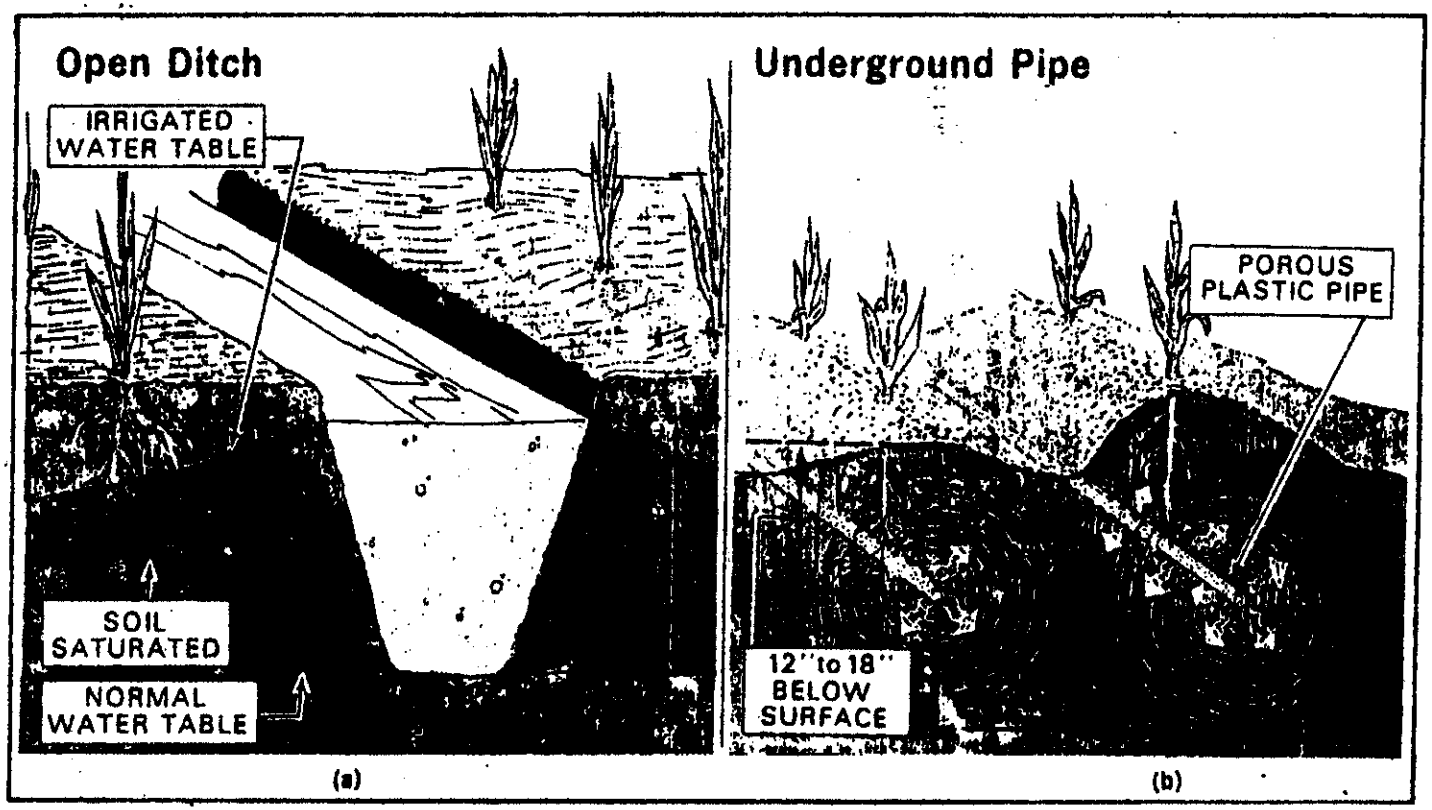
4) ไม่เหมาะกับพื้นที่ที่มีความลาดเทมากและอยู่ในเขตที่มีฝนตกชุก เพราะอาจทำให้เกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรงขึ้นได้

การให้น้ำทางใต้ผิวดิน
(Subsurface Irrigation)

การให้น้ำทางใต้ผิวดินเป็นการให้น้ำแก่พืชโดยการยกระดับน้ำใต้ดินขึ้นมาให้สูงพอที่น้ำจะไหลซึมขึ้นมาสู่ระดับเขตรากได้ วิธีเพิ่มระดับน้ำใต้ดินอาจจะทำได้สองแบบ คือโดยการให้น้ำในคู และโดยการให้น้ำไหลเข้าไปในท่อซึ่งฝังไว้ใต้ดิน ความลึกของระดับน้ำใต้ดินในขณะที่ให้น้ำนั้นจะอยู่ระหว่าง 30 ถึง 60 เซนติเมตรทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของดินและความลึกของรากพืชที่ปลูก น้ำใต้ดินจะไหลไปสู่จุดต่าง ๆ ในเขตรากโดยการดูดซับ (Capillary Action)

การยกระดับน้ำใต้ดินโดยการให้น้ำในคูนั้นเป็นที่นิยมกันมากกว่าการให้น้ำในท่อ คูดังกล่าวนี้จะขุดขึ้นตามแนวเส้นขอบเนินเป็นระยะ ๆ ช่วงห่างระหว่างคูเหล่านี้จะต้องไม่ไกลกันจนเกินไปนักเพื่อที่ว่าน้ำจะสามารถไหลซึมเข้าไปในดินและระบายออกได้อย่างรวดเร็วเมื่อสิ้นสุดการให้น้ำ คูควบคุมระดับน้ำใต้ดินนี้เชื่อมต่อกับคูส่งน้ำซึ่งมีอาคารชนิดประทานคอยควบคุมน้ำในคูทั้งสองให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้

สำหรับการเพิ่มระดับน้ำใต้ดินโดยใช้ท่อซึ่งฝังไว้ใต้ดินนั้นค่าลงทุนจะสูงมาก ท่อใต้ดินซึ่งส่วนมากเป็นท่อดินเผาจะฝังลึกประมาณ 0.60 ถึง 1.0 เมตรจากผิวดิน มีความลาดเทเล็กน้อยเป็นแนวขนานกันและขนานกับความลาดเทของพื้นที่ ระยะระหว่างท่อจะต้องอยู่ใกล้กันพอที่จะควบคุมระดับน้ำใต้ดินได้ง่าย ปลายบนของท่อต่อเข้ากับคูที่ทำหน้าที่ส่งน้ำให้กับพื้นที่ ส่วนปลายล่างก็ต่อเข้ากับท่อซึ่งทำหน้าที่ระบายน้ำที่มากเกินพอออกไปในคูส่งน้ำจะต้องมีอาคารควบคุมระดับน้ำเช่นเดียวกันกับแบบแรก



รูปที่ 6.11 การให้น้ำทางใต้ผิวดิน (SUBSURFACE IRRIGATION)

ท่อรูตุ่น(Mole drains) หรือท่อที่เกิดจากการใช้แทรกเตอร์ลากท่อนเหล็กที่มีรูปคล้ายลูกปืนไปในดินนั้น สามารถใช้ให้น้ำทางใต้ดินได้เช่นเดียวกันกับท่อ แต่พบว่าไม่ค่อยได้ผลนัก เพราะปรากฏว่าเมื่อต้องการระบายน้ำออกจากดินหลังจากที่ให้น้ำตามที่ต้องการแล้วมักจะระบายออกได้ยาก

รูปร่างลักษณะของระบบให้น้ำทางใต้ผิวดินแสดงไว้ในรูปที่ 6.11

การเลือกใช้ การให้น้ำวิธีนี้เหมาะสำหรับดินที่มีเนื้อดินสม่ำเสมอ และมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้มากพอที่จะให้น้ำไหลทั้งในแนวราบและในแนวดิ่งได้รวดเร็ว และจะต้องมีชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากหรือมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ใต้เขตราก ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมระดับน้ำใต้ดินได้โดยมีการสูญเสียน้ำไม่มากนัก พื้นที่ควรจะเรียบและเกือบอยู่ในแนวราบ พืชที่ให้น้ำโดยวิธีนี้ได้ก็มีพวกผัก พืชไร่ หญ้าเลี้ยงสัตว์ และไม้ดอกต่าง ๆ แต่ไม่เหมาะกับพืชสวนหรือพืชยืนต้นอื่น ๆ

ข้อดี

1) การให้น้ำแบบนี้สามารถใช้ได้กับดินที่มีอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดินสูง แต่มีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้น้อย ซึ่งไม่เหมาะกับการให้น้ำทางผิวดิน

2) สามารถควบคุมน้ำใต้ดินให้อยู่ในระดับที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชที่อายุต่าง ๆ ได้

3) มีการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยน้อยมาก

4) การแพร่กระจายของเมล็ดวัชพืชเนื่องจากถูกน้ำพัดพาไปน้อย

5) ระบบให้น้ำทางใต้ดินอาจใช้เป็นระบบระบายน้ำได้ด้วย

6) ต้องการแรงงานในการให้น้ำน้อย

7) ประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง

ข้อเสีย

1) เนื่องจากวิธีนี้ต้องการให้มีชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากหรือมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ใต้เขตราก และดินจะต้องมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ดีพอสมควร ดังนั้นจึงใช้ได้กับพื้นที่เพียงบางแห่งเท่านั้น

2) โดยปกติแล้วพื้นที่ที่อยู่ข้างเคียงจะต้องให้น้ำวิธีนี้เหมือนกัน มิฉะนั้นอาจจะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการระบายน้ำขึ้นได้

3) น้ำชลประทานจะต้องมีคุณภาพดี มิฉะนั้นจะเกิดปัญหาเรื่องการสะสมของเกลือบนผิวดินและในเขตรากขึ้นได้

4) ในกรณีที่น้ำชลประทานมีเกลืออยู่บ้าง ก็จะต้องมีการชะล้างเกลือออกจากดินเป็นประจำ

5) การงอกของเมล็ดอาจจะไม่สม่ำเสมอถ้าหากไม่สามารถควบคุมน้ำใต้ดินให้ไหลซึมขึ้นมาอย่างสม่ำเสมอได้

6) สามารถใช้ได้กับพืชเพียงบางชนิด พวกพืชที่มีรากลึกเช่นพืชสวนและพืชยืนต้นไม่เหมาะที่จะให้น้ำโดยวิธีนี้

7) ปุ๋ยที่ให้แก่พืชแผ่กระจายไปทั่วเขตรากได้ช้ากว่าแบบให้น้ำทางผิวดินหรือแบบฉีดฝอย

การให้น้ำแบบหยด
(Drip or Trickle Irrigation)

การให้น้ำแบบหยดเป็นการให้น้ำแก่พืชที่จุดใดจุดหนึ่งหรือหลาย ๆ จุดบนผิวดินหรือในเขตรากพืช โดยอัตราที่ให้นั้นไม่มากพอที่จะทำให้ดินในเขตรากนั้นเปียกชุ่มเป็นบริเวณกว้าง แต่จะทำให้ดินมีแรงดึงความชื้นต่ำอยู่ตลอดเวลา โดยปกติแล้วผิวดินจะเปียกแต่ตรงจุดที่ให้น้ำเท่านั้น น้ำที่ให้แก่พืชอาจจะอยู่ในรูปของเม็ดน้ำเล็ก ๆ ซึ่งฉีดจากหัวฉีดขนาดเล็กที่ต้องการแรงดันไม่มากนัก หรือเป็นหยดน้ำหรือลายน้ำเล็ก ๆ ที่ไหลจากท่อปลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1 ถึง 2 มิลลิเมตร หัวฉีดหรือท่อปลาสติกนี้จะวางไว้ในบริเวณโคนต้นพืช โดยมีท่อปลาสติกหรือสายยางขนาดใหญ่ซึ่งนำน้ำมาจากท่อประธานเป็นท่อจ่ายน้ำให้อีกทีหนึ่ง จำนวนหัวฉีดหรือท่อปลาสติกจะขึ้นอยู่กับอายุและความต้องการน้ำของพืช เนื่องจากว่าท่อหรือหัวฉีดซึ่งทำหน้าที่จ่ายน้ำมีขนาดเล็กมาก น้ำที่ใช้จึงต้องปราศจากตะกอนขนาดที่จะมาอุดตันหัวฉีดหรือท่อปลาสติกได้ บางครั้งอาจจะต้องให้น้ำผ่านเครื่องกรองเสียก่อน

ดินที่เหมาะกับการให้น้ำแบบนี้ควรจะเป็นดินที่มีเนื้อละเอียดจนถึงดินค่อนข้างหยาบ ควรเป็นดินที่มีการไหลซึมทางด้านข้างดี เนื่องจากว่าการให้น้ำเป็นพื้นที่แคบ ๆ ดินที่โปร่งมากจะทำให้น้ำไหลซึมลึกลงไปในดินมากกว่าที่จะไหลซึมไปหารากพืชทางด้านข้าง ทำให้ความชื้นในดินแผ่กระจายไปไม่ทั่วเขตราก

รูปร่างลักษณะของระบบให้น้ำแบบหยด และลักษณะของหัวจ่ายน้ำบางชนิดแสดงไว้ในรูปที่ 6.12

การเลือกใช้ การให้น้ำแบบนี้เหมาะอย่างยิ่งสำหรับพื้นที่ที่น้ำสำหรับให้แก่พืชมีจำนวนจำกัดหรือมีราคาแพง สามารถใช้ได้ดีกับดินเกือบทุกชนิดแต่จะดีมากถ้าดินนั้นมีการไหลซึมทางด้านข้างดีพอสมควร เพราะจะได้รัศมีทางราบของปริมาตรดินที่เปียกชื้นกว้างกว่า ซึ่งเป็นผลให้สามารถลดจำนวนหัวจ่ายน้ำ(Emitter) ลงได้ เนื่องจากว่าการให้น้ำแบบนี้มีระยะเวลาในการให้น้ำยาวนานแต่ไม่ทำให้ดินเปียกชุ่มเป็นบริเวณกว้าง จึงเหมาะอย่างยิ่งสำหรับพืชที่มีรากตื้นและต้องการให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลา เช่น พวกพืชผักต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม การให้น้ำแบบนี้ใช้ได้ดีกับพืชยืนต้นเหมือนกัน แต่เนื่องจากว่าค่าลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูง ส่วนใหญ่จึงมักเลือกใช้กับพืชที่ให้ผลตอบแทนสูงเช่น พวกไม้ผลต่าง ๆ เป็นต้น

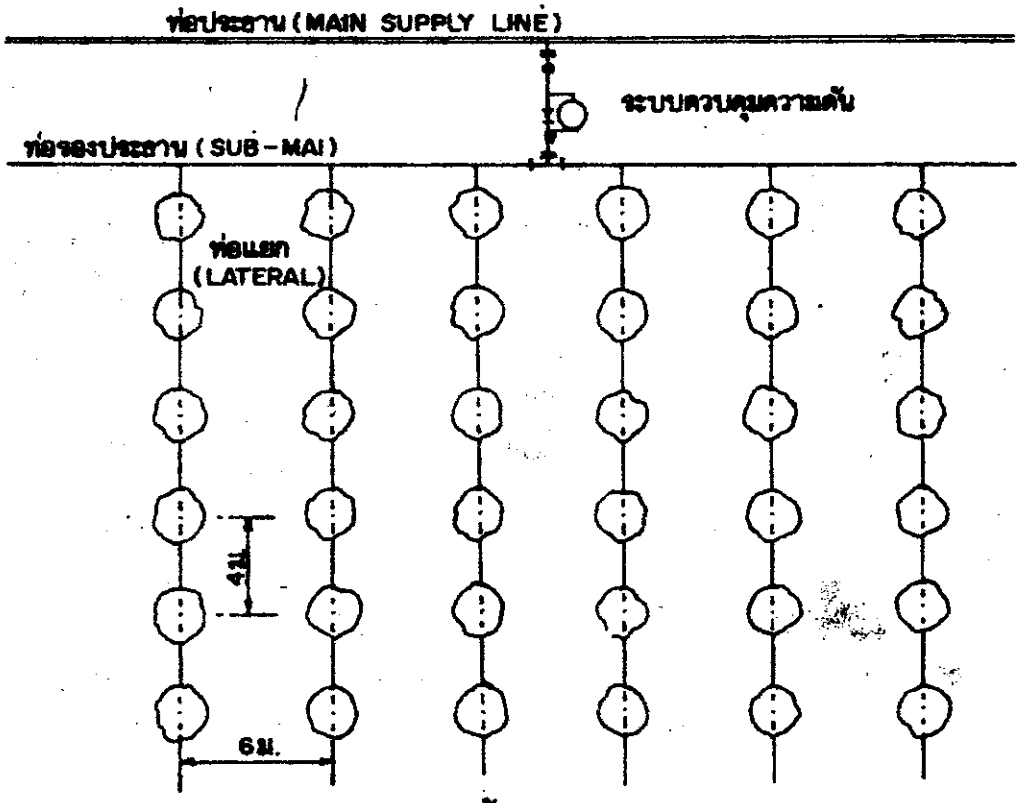
ข้อดี

1. ประสิทธิภาพในการให้น้ำสูงมาก เพราะว่าสามารถควบคุมน้ำได้ทุกขั้นตอน และมีการสูญเสียโดยการระเหยน้อย ดังนั้น ผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของน้ำที่ใช้จึงมากกว่าการให้น้ำแบบอื่น ๆ

2. ค่าใช้จ่ายในการให้น้ำน้อยเพราะไม่ต้องการแรงงานในการให้น้ำมาก และไม่ต้องการแรงดันที่หัวจ่ายน้ำ(Emitter) มากเหมือนแบบฉีดฝอย

3. สามารถใช้ระบบให้น้ำแบบนี้ให้ปุ๋ยและสารเคมีอื่น ๆ แก่พืชพร้อม ๆ กับการให้น้ำได้ด้วย โดยการผสมปุ๋ยหรือสารเคมีเข้ากับน้ำทางท่อดูดของเครื่องสูบน้ำ หรืออัดเข้าทางต้นท่อของระบบ

4. ไม่มีปัญหาโรคพืชหรือแมลงที่เกี่ยวเนื่องจากการเปียกชื้นของใบเหมือนในการให้น้ำแบบฉีดฝอย



ตัวอย่างระบบให้น้ำแบบหยดในสวนผลไม้

รูปที่ 6.12 การให้น้ำแบบหยด (DRIP IRRIGATION)

5. ลดปัญหาเรื่องการแพร่กระจายของวัชพืชลงเนื่องจากว่าน้ำที่ให้แก่พืชจะเปียกผิวดินเป็นบริเวณแคบ ๆ เท่านั้น

6. ไม่มีปัญหาเรื่องลมแรงเหมือนในการให้น้ำแบบฉีดฝอย

7. เนื่องจากว่าอัตราการให้น้ำไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ดินและพืช ดังนั้นอาจทำการให้น้ำได้ตลอด 24 ชั่วโมงโดยไม่ต้องคอยดูแล ระยะเวลาให้น้ำที่ยาวนานเช่นนี้จะมีผลให้ไม่ต้องใช้ระบบส่งน้ำขนาดใหญ่ หรือต้องการเครื่องสูบน้ำแรงม้าสูง

8. เนื่องจากการให้ปุ๋ยและสารเคมีโดยการผสมไปกับน้ำจะมีประสิทธิภาพสูงเช่นเดียวกันกับการให้น้ำ ดังนั้น ค่าใช้จ่ายสำหรับปุ๋ยและสารเคมีก็จะลดลงด้วย

9. ยกเว้นหัวจ่ายน้ำซึ่งมักจะมีปัญหาเรื่องอุดตันแล้ว ระบบชลประทานแบบนี้จะมีอายุการใช้งานยาวนานพอสมควร

10. สามารถติดตั้งให้ทำการให้น้ำแบบอัตโนมัติได้ไม่ยาก เช่น ให้น้ำตามกำหนดเวลาที่ตั้งไว้ หรือให้น้ำเมื่อความชื้นของดินในเขตรากลดลงถึงระดับหนึ่งเป็นต้น

11. ไม่มีปัญหาเรื่องอัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดิน เพราะอัตราการให้น้ำจะไม่มากพอที่จะทำให้ดินเปียกชุ่มเป็นบริเวณกว้างอยู่แล้ว

12. เนื่องจากปริมาณน้ำที่ให้และที่สูญเสียไปโดยการระเหยน้อย ดังนั้น การสะสมของเกลือที่ติดมากับน้ำในเขตรากจึงไม่มากเหมือนแบบอื่น ๆ ที่ใช้น้ำจากแหล่งเดียวกัน

ข้อเสีย

1. มีปัญหาเรื่องการอุดตันที่หัวจ่ายน้ำมาก สำหรับการอุดตันที่เนื่องมาจากตะกอนทรายในน้ำชลประทานนั้นอาจแก้ไขได้โดยการกรองน้ำเสียก่อน สาเหตุอื่นอาจเนื่องมาจากการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำ หรือเนื่องมาจากการสะสมตัวของสารเคมีในน้ำ การอุดตันดังกล่าวนี้ถ้ามีระยะเวลายาวนานก่อนตรวจพบ พืชอาจได้รับความเสียหายได้

2. เนื่องจากว่าบริเวณที่เปียกชื้นไม่กว้างขวางนัก ความเข้มข้นของเกลือซึ่งมักจะเกิดขึ้นในบริเวณรอบ ๆ นอกของส่วนที่เปียกชื้นจึงมักจะสูงและอาจเป็นอันตรายต่อพืชได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีฝนไม่มากพอที่จะชะล้างเกลือออกไปให้เลยเขตราก กรณีดังกล่าวนี้อาจป้องกันได้โดยการให้น้ำในระหว่างฤดูฝนด้วยเพื่อป้องกันมิให้สารละลายของเกลือไหลย้อนมาหารากพืช หรืออาจจะต้องมีการชะล้างเกลือออกจากดินเป็นครั้งคราวด้วย

3. เนื่องจากว่าการให้น้ำแบบนี้ดินจะเปียกชื้นแต่เพียงบางส่วนของเขตรากเท่านั้น การแผ่ขยายของรากส่วนใหญ่จึงถูกจำกัดอยู่แต่ในบริเวณนี้ ดังนั้น ถ้าหากหัวจ่ายน้ำเกิดการอุดตัน โอกาสที่พืชจะได้รับความเสียหายรุนแรงจึงมีมากกว่าการให้น้ำแบบอื่น

4. ค่าลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูงเพราะต้องมีอุปกรณ์หลายอย่าง โดยทั่ว ๆ ไปราคาจะพอ ๆ กับระบบชลประทานแบบฉีดฝอย แต่จะแพงกว่าแบบผิวดิน ยกเว้นในกรณีที่การให้น้ำทางผิวดินนั้นต้องการการปรับพื้นที่มาก

ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช

ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช นี้ จะได้อธิบายถึงคุณสมบัติทางกายภาพของดินและพืชที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ความสามารถอุ้มน้ำ ตลอดจนการที่พืชดูดน้ำจากดิน ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์เหล่านี้ จะเป็นพื้นฐานเบื้องต้นในการพิจารณาวางแผนออกแบบ และบริหารงานส่งน้ำชลประทานในแปลงเพาะปลูกให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ความจำเป็นต้องมีการชลประทาน

เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่า องค์ประกอบสำคัญของการเพาะปลูกมีอยู่ 4 อย่างด้วยกัน คือ ดิน น้ำ พืช และพลังงานแสงแดด การที่พืชจะเจริญเติบโตงอกงามได้จะต้องปลูกอยู่ในดินที่ มีแร่ธาตุอาหารสมบูรณ์ มีความชุ่มชื้นพอเหมาะ มีกาก๊าซและแสงแดดมาเป็นพลังงาน ในการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุให้เป็นอาหารที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป

องค์ประกอบทั้ง 4 นี้ นอกจากพันธุ์พืชแล้วล้วนแต่ขึ้นอยู่กับธรรมชาติทั้งนั้นซึ่งหมายความว่าเรามิอาจจะบังคับหรือเปลี่ยนแปลงสภาพได้ตามความพอใจ เราสามารถทำได้อย่างมากก็เป็นการปรับปรุงหรือเพิ่มเติมเสริมให้มีสภาพดีขึ้นเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ดิน คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินในแต่ละท้องที่นั้น ถูกกำหนดโดยธรรมชาติ จะเปลี่ยนแปลงดินเหนียวให้เป็นดินทรายไม่ได้แต่เราสามารถเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินเพื่อปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้นได้ พลังงานแสงแดดก็เช่นกัน พื้นที่ใดจะได้รับแสงแดดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่นั้น การจะขยายเวลากลางวันให้นานขึ้นนั้น ทำไม่ได้ในพื้นที่แปลงใหญ่ แต่พอจะทำได้สำหรับเรือนเพาะชำเท่านั้น น้ำฝนนั้นตกตามฤดูกาล แต่โดยทั่วไปแล้วมักจะตกไม่สม่ำเสมอตลอดฤดูและปริมาณที่ตกก็ไม่เท่ากันในทุกปี ซ้ำการกระจายของฝน ยังไม่ทั่วถึงพื้นที่ ฉะนั้นน้ำฝนจึงมักจะไม่พอเหมาะแก่การเจริญงอกงามของพืชในเขตเกษตรน้ำฝน (Rainfed Agriculture) ถ้าหากว่าพื้นที่เพาะปลูกนั้นมีฝนตกสม่ำเสมอดีและมีประสิทธิภาพพอก็ไม่จำเป็นจะต้องจัดหาน้ำมาเพิ่มเติมอีก แต่ถ้าฝนตกไม่แน่นอน เช่น มีการทิ้งช่วงนาน ๆ และบ่อยครั้ง การจัดหาน้ำมาช่วยในช่วงระยะเวลาดังกล่าวก็จะช่วยให้พืชสามารถเจริญ

** คัดลอกมาจาก มนตรี ค้ำชู เอกสารประกอบคำบรรยาย โครงการฝึกอบรม การจัดการน้ำชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งอกงามต่อไปตามปกติ และจะไม่มีผลกระทบต่อผลผลิต

นอกจากนี้ถ้าหากไม่มีการชลประทานแล้วชาวนาก็จะไม่สามารถปลูกพืชนอกฤดูฝนได้ การชลประทานจึงนับว่าเป็นสิ่งจำเป็นเพราะผลผลิตจะเพิ่มขึ้น คุณภาพจะดีและทำให้ผลผลิตคงที่ ก็เมื่อมีการชลประทานช่วย กล่าวคือ

1. การชลประทานเป็นหลักประกันได้ว่าพืชจะมีน้ำพอเพียงกับความต้องการอยู่ตลอดเวลา
2. การชลประทานช่วยให้สามารถเพิ่มจำนวนต้นพืชต่อไร่ได้มากขึ้น
3. การชลประทานช่วยให้สามารถใช้ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. ทำให้สามารถปลูกพืชพันธุ์ใหม่ ๆ ที่ได้รับการปรับปรุงเพื่อให้คุณภาพของผลผลิตดีขึ้น
5. ทำให้สามารถปลูกพืชให้ผลกำไรตอบแทนสูง
6. ทำให้การเพาะปลูก เช่น การตกกล้า การปักดำ และการเก็บเกี่ยวได้เสร็จตามแผนการผลิตและความต้องการของตลาด
7. ทำให้สามารถปลูกพืชหมุนเวียนกันได้ทุกฤดูกาลหรือตลอดทั้งปี
8. ทำให้สามารถขยายพื้นที่เพาะปลูกให้ได้ประโยชน์มากขึ้น
9. สามารถป้องกันวัชพืช
10. ช่วยชำระล้างความเค็มของดิน

หรือถ้าจะแยกความแตกต่างระหว่างการเพาะปลูกที่อาศัยการชลประทานกับการเพาะปลูกที่ไม่อาศัยการชลประทานให้เห็นข้อแตกต่างกันได้ดังนี้

อาศัยการชลประทาน	ไม่อาศัยการชลประทาน
1. ฤดูปลูกที่ยาวนานกว่า	1. ฤดูปลูกสั้น
2. ปลูกพืชได้มากชนิดกว่า	2. จำกัดชนิดพืช ในการปลูก
3. ปลูกพืชหลายอย่างในขณะเดียวกัน	3. ปลูกพืชได้น้อยอย่าง
4. มีความมั่นคงและได้ผลผลิตสูง	4. ไม่มั่นคงและได้ผลผลิตต่ำ

อาศัยการชลประทาน	ไม่อาศัยการชลประทาน
5. มีค่าลงทุนสูงโดยได้รับค่าตอบแทนสูง	5. ค่าลงทุนต่ำแต่มีผลตอบแทนต่ำ
6. ช่วงระยะเวลาการทำงานนาน และมีงานที่จะต้องปฏิบัติมากกว่า	6. ช่วงระยะเวลาการทำงานสั้นและมีงานน้อย

อย่างไรก็ตามต้องขอกล่าวเน้นไว้ที่นี้ว่า การจัดหาน้ำมาเพื่อวัตถุประสงค์นี้ ควรทำต่อเมื่อผลประโยชน์ที่จะได้รับเพิ่มขึ้นคุ้มกับค่าลงทุนเท่านั้น ดังนั้นก่อนตัดสินใจลงทุนจัดหาน้ำมาเพื่อการชลประทานควรจะได้พิจารณาจากหัวข้อดังต่อไปนี้เสียก่อน คือ

1. เมื่อมีการชลประทานแล้ว ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตจะเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด
2. จะต้องมีวิธีการอื่นใดอีกที่จะช่วยให้การชลประทานนั้นเกิดประโยชน์อย่างแท้จริง เช่น จะต้องใช้ปุ๋ยมากขึ้นเพื่อจะได้ปลูกพืชต่อไร่มากขึ้น และจะต้องใช้เงินเพื่อการนี้เท่าไร
3. จะต้องการน้ำมาทำการชลประทานในระยะเวลาต่าง ๆ เท่าไร และจะหาน้ำนั้น ได้จากไหน
4. จะเลือกใช้การชลประทานแบบใด และจะต้องเสียค่าลงทุนเท่าใด

เมื่อเปรียบเทียบค่าลงทุนทั้งหมดกับผลประโยชน์ที่จะได้รับเพิ่มขึ้นจากการมีชลประทาน ถ้าหากไม่คุ้มก็ไม่ควรมีการชลประทาน และการชลประทานก็เป็นเพียงส่วนประกอบส่วนหนึ่งที่ช่วยให้ การเพาะปลูกมีผลดี ทั้งในทางปริมาณและคุณภาพอย่างสม่ำเสมอตลอดไป

คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

ดินมีคุณสมบัติที่สำคัญหลายประการ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยเฉพาะคุณสมบัติทางกายภาพซึ่งค่อนข้างจะคงที่ และสามารถสังเกตตรวจสอบได้จากภายนอกโดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงส่วนประกอบทางเคมีในที่นี้จะกล่าวเฉพาะคุณสมบัติที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการให้น้ำชลประทานโดยตรงเท่านั้น อันได้แก่ลักษณะเนื้อดิน (Soil Texture) โครงสร้างของดิน (Soil Structure) และความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (Apparent Specific Gravity, AS) หรือความหนาแน่นรวม (Bulk Density) และความพรุนของดิน

(Porosity, n) เป็นต้น

คุณสมบัติต่าง ๆ ทางกายภาพของดินมีความเกี่ยวพันกับการเติบโตของพืช ซึ่งดินที่มีความอุดมด้วยแร่ธาตุอาหารพืชนั้น ไม่จำเป็นต้องเป็นดินที่ให้ผลผลิตสูงแก่พืชผลที่ปลูกเสมอไป นอกจากว่าดินนั้น ๆ จะมีคุณสมบัติต่าง ๆ ทางกายภาพเหมาะกับความต้องการของพืชควบคู่กันไปกับความอุดมด้วยธาตุอาหารพืช เช่น ดินบางชนิด อาจมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการยังชีพของพืชอย่างครบถ้วนและเพียงพอกับความต้องการของพืช แต่ถ้าดินนั้นจับกันเป็นก้อนแข็งจนต้นกล้าของเมล็ดพืชที่ปลูก ไม่อาจงอกโผล่พ้นผิวดินขึ้นมาได้ง่าย และรากของต้นที่โผล่พ้นผิวดินก็ได้รับความลำบากในการไชซอนไปในดินเพื่อหาน้ำ และอาหารไปเลี้ยงลำต้น พืชที่ขึ้นอยู่บนดินนั้น ๆ ย่อมไม่อาจเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีเท่าที่ควร เพราะสมบัติทางกายภาพไม่เหมาะสมของดิน เป็นตัวจำกัดไม่ให้พืชใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารที่มีอยู่ได้เต็มที่ ดังนั้นควรทำความเข้าใจกับคุณสมบัติที่สำคัญ ๆ ของดินเสียก่อน

<u>เนื้อดิน</u> (Soil Texture) เป็นคุณลักษณะของดินที่บ่งถึงความหยาบ หรือความละเอียดของดิน เนื้อดินจะหยาบหรือละเอียดนั้น เราใช้ช่วงขนาดของอนุภาคปฐมภูมิของดินเป็นตัวกำหนด

ดินส่วนใหญ่ประกอบด้วยส่วนผสมระหว่างอนุภาคปฐมภูมิหลัก 3 ชนิด อันได้แก่ อนุภาคของทราย (Sand) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.05 มม. ตะกอนทราย (Silt) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.002-0.05 มม. และดินเหนียว (Clay) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.002 มม. สำหรับดินที่มีอนุภาคของทรายเป็นส่วนประกอบมากกว่าเรียกว่า ดินเนื้อหยาบ ส่วนดินที่มีอนุภาคของดินเหนียว เป็นส่วนประกอบมากกว่า เรียกว่าดินเนื้อละเอียด และดินที่มีอนุภาคของทราย ตะกอนทราย และดินเหนียวเป็นส่วนประกอบอย่างละเท่า ๆ กัน เรียกว่าดินเนื้อร่วน หรือดินเนื้อปานกลาง เนื้อดินจึงอาจแบ่งหยาบ ๆ ได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังกล่าว

นอกจากนี้ยังนิยมจำแนกประเภทของเนื้อดินโดยละเอียดตามมาตรฐานสากลอีก กระทำได้โดยนำดินที่ต้องการจะทราบไปวิเคราะห์แยกหาส่วนประกอบของอนุภาคปฐมภูมิอันได้แก่ อนุภาคทราย ตะกอนทราย และดินเหนียวว่ามีอย่างละกี่เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก ซึ่งผลรวมจะ

ต้องเท่ากับ 100 เปอร์เซนต์เสมอ แล้วนำผลที่ได้ไปเทียบกับไดอะแกรมสามเหลี่ยมมาตรฐาน ในรูปที่ 1 ก็จะทราบว่า เป็นเนื้อดินประเภทใด

ในทางปฏิบัติ การจำแนกเนื้อดินอย่างหยาบ ๆ อาจจะทำได้โดยการพิจารณา จากลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดิน ซึ่งถ้าหากผู้สังเกตมีประสบการณ์พอสมควร ก็สามารถบอกชื่อดินกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ถูกต้อง ลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดินกลุ่มที่สำคัญ ๆ มีดังต่อไปนี้

<u>ดินทราย</u> (Sand) เป็นดินที่ประกอบด้วยทรายมากกว่า 85 เปอร์เซนต์ จึงมีลักษณะหลวมตัวและแยกกันเป็นเม็ด ๆ ทรายแต่ละเม็ดสามารถมองเห็นและสัมผัสได้โดยง่าย เมื่อใช้มือบีบ ขณะแห้งแล้วคลายออก ทรายจะร่วนหล่นแยกออกจากกัน ถ้าบีบกดเมื่อเปียกชื้น ทรายจะจับเป็นก้อนแต่จะแตกออกเมื่อจับต้อง

<u>ดินร่วนปนทราย</u> (Sandy Loam) เป็นดินที่ประกอบด้วยทรายมากกว่า 50 % แต่มีตะกอนทรายและดินเหนียวปนอยู่ พอที่จะทำให้จับตัวกันเป็นก้อนได้บ้าง ทรายแต่ละเม็ดจะสามารถมองเห็นและสัมผัสได้ ถ้าบีบไว้ในมือเมื่อชื้นจะจับตัวเป็นก้อนแข็งและไม่แตกเมื่อใช้นิ้วกดเบา ๆ

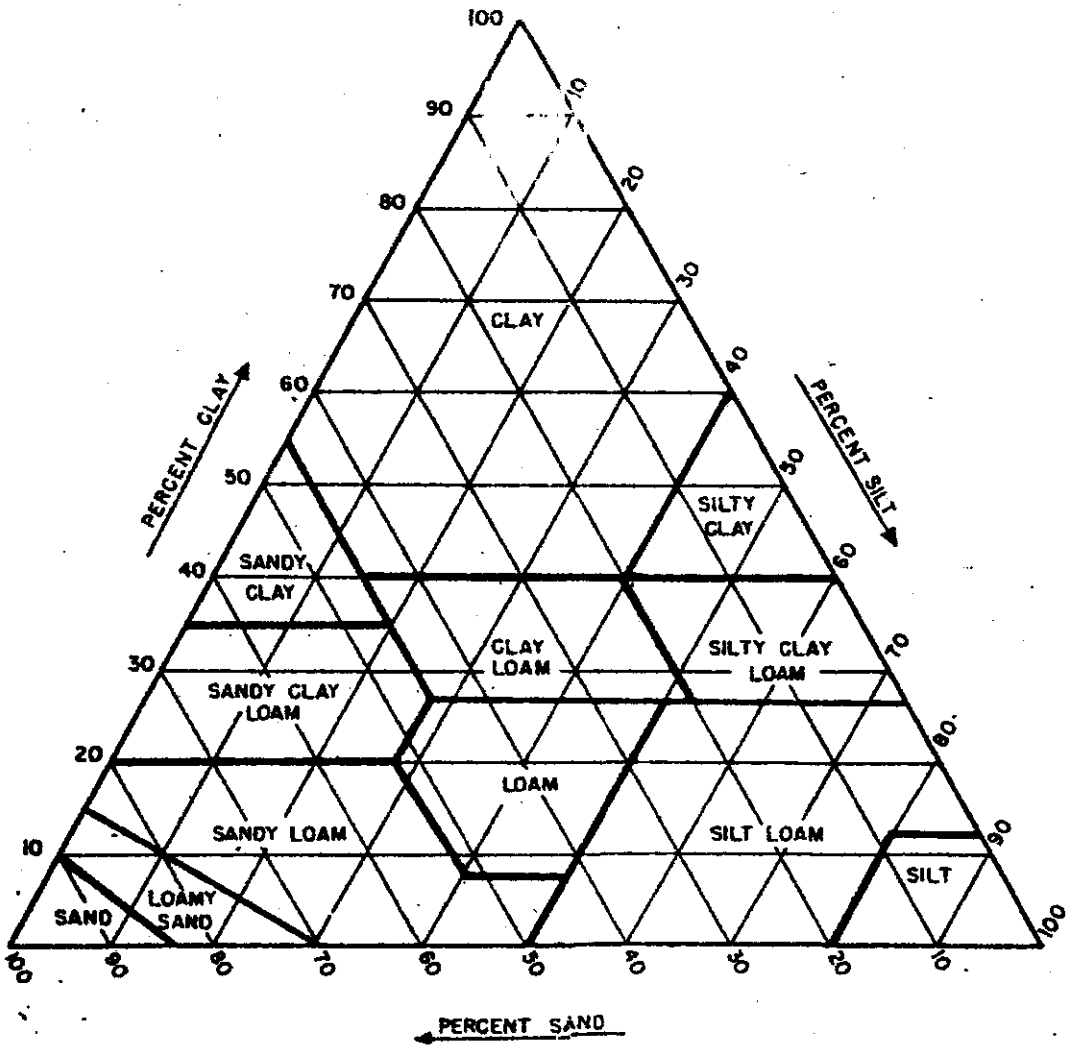
<u>ดินร่วน</u> (Loam) เป็นดินที่มีส่วนผสมของทราย ตะกอนทราย และดินเหนียวในอัตราส่วนอย่างละพอ ๆ กัน มีลักษณะอ่อนนิ่มเมื่อจับ แต่พอจะสังเกตได้ว่ามีความหยาบกระด้างของทราย อยู่บ้าง เมื่อเปียกจะเหนียวเล็กน้อย ถ้าทำให้แน่นในเมื่อขณะที่แห้งจะเป็นก้อนและไม่แตกเมื่อใช้นิ้วกดเบา ๆ แต่ถ้าทำให้แน่นในขณะที่ดินเปียกจะเป็นก้อนแข็งไม่แตก

<u>ดินร่วนปนตะกอนทราย</u> (Silt Loam) เป็นดินที่ประกอบด้วยตะกอนทรายมากกว่า 50 เปอร์เซนต์ มีทรายละเอียดปนอยู่เป็นจำนวนปานกลาง และมีดินเหนียวปนอยู่จำนวนเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อแห้งมักจะจับตัวเป็นก้อน แต่ก้อนดินเหล่านี้สามารถจะทำให้แตกได้ง่าย เมื่อบดขยี้จะรู้สึกอ่อนนุ่ม เหมือนแป้ง ไม่ว่าจะแห้งหรือเปียกดินมักจะจับตัวเป็นก้อน ซึ่งหยิบจับได้โดยไม่แตกหัก

<u>ดินร่วนปนดินเหนียว</u> (Clay Loam) เป็นดินที่มีเนื้อละเอียดเป็นก้อนหรือแผ่น ซึ่งมักจะแข็งเมื่อแห้ง เมื่อใช้นิ้วจี้ดูจะเป็นแผ่นบาง ๆ ซึ่งแตกได้ง่าย เนื้อดินเปียกจะจับตัวเป็นก้อนซึ่งจะต้องถือเบา ๆ เมื่อคลึงจะไม่แตกเป็นผง และจะกลายเป็นก้อนที่อัดตัวแน่น

<u>ดินเหนียว</u> (Clay) เป็นดินที่มีเนื้อละเอียด ซึ่งส่วนมากเมื่อแห้งมักจะจับตัวเป็นแผ่นหรือก้อนแข็ง เมื่อทำให้เปียกจะปั้นเป็นก้อนได้ และมักจะมีลักษณะเหนียว เมื่อใช้นิ้วจี้ดูจะเป็นแผ่นยืดหยุ่น

เช่น สมมติว่าจากการวิเคราะห์ดินก้อนหนึ่ง มีอนุภาคทราย 50% ตะกอนทราย 30% ดินเหนียว 20% จากรูปที่ 1 ก็จะบอกได้ว่าดินก้อนนั้นเป็นดินร่วน (Loam)



รูปที่ 1 การเรียกชื่อดินตามสัดส่วนของทราย ตะกอนทราย และดินเหนียว

ดินเนื้อละเอียดโดยปกติเมื่อแห้งจะจับกันเป็นก้อนที่แข็งแกร่งและเมื่อเปียกจะเหนียวเหนอะหนะ ต้องใช้แรงงานมากในการไถ คราด หรือพรวนดิน จึงนิยมเรียกดินจำพวกนี้อีกอย่างว่า Heavy Soil ในทางตรงกันข้าม ดินเนื้อหยาบโดยปกติเป็นดินที่ไถ คราด หรือพรวนง่าย เพราะไม่จับกันเป็นก้อนแข็งแกร่งและไม่เหนียวเหนอะหนะ จึงนิยมเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Light Soil ฉะนั้น คำว่า Heavy และ Light มิได้บ่งถึงน้ำหนักดินแต่อย่างใด

อย่างไรก็ตามควรจะต้องทราบลักษณะของเนื้อดินชั้นต่าง ๆ ในเขตรากพืช เพราะลักษณะเนื้อดินมีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณน้ำที่จะอุ้มเอาไว้ได้สำหรับให้พืชใช้ และอัตราการไหลซึมของน้ำ ลงในดินเป็นต้น ดินที่ประกอบด้วยเม็ดดินขนาดใหญ่หรือดินเนื้อหยาบ เช่นดินทรายจะมีคุณสมบัติให้น้ำซึมผ่านได้ง่าย มีการระบายน้ำดี แต่อุ้มน้ำไว้ได้น้อย ในทางตรงกันข้าม ดินเนื้อละเอียดเช่นดินเหนียว ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กจะอุ้มน้ำไว้ได้มาก แต่การระบายน้ำและถ่ายเทอากาศไม่ดี ดูรูปที่ 2 นี้เป็นข้ออธิบายอย่างหนึ่งว่าดินที่มีเนื้อขนาดปานกลางจะเหมาะสำหรับการปลูกพืชมากกว่าดินเนื้อละเอียด ถึงแม้ว่าดินเนื้อละเอียดจะเก็บน้ำไว้ได้ดีกว่าก็ตาม

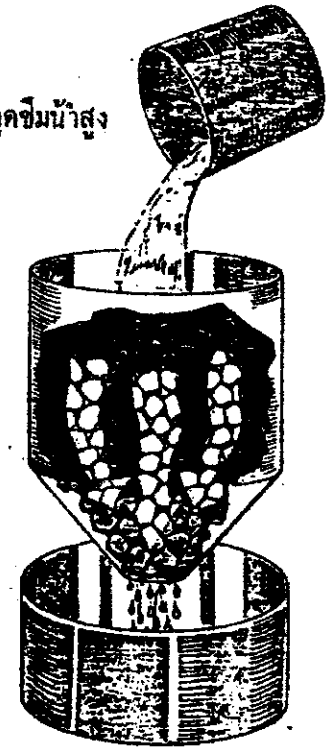
<u>โครงสร้างของดิน</u> (Soil Structure) หมายถึงคุณสมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับการจัดเรียงตัว และเกาะกันระหว่างเม็ดดินเป็นก้อนดิน โครงสร้างของดินกำหนดจากรูปร่าง ขนาด และความคงทนต่อการแตกแยกของเม็ดดิน โครงสร้างของดินมีอิทธิพลต่อการชลประทานและการกสิกรรมอย่างยิ่ง เพราะโครงสร้างของดินจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศภายในดิน อัตราการซึมของน้ำลงในดิน ตลอดจนการแผ่กระจายของรากพืช ฉะนั้น ควรมีการปรับปรุงโครงสร้างของดินในเขตรากพืชด้วย การเขตกรรมอยู่เสมอ ๆ

ประเภทของโครงสร้างของดิน ดูรูปที่ 3 เมื่อพิจารณาตามลักษณะรูปร่างของเม็ดดินหรือหน่วยโครงสร้างของดิน อาจจำแนกโครงสร้างออกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. <u>โครงสร้างที่มีลักษณะเป็นก้อนเหลี่ยม</u> มีความกว้าง ความยาว และความหนาไล่เลี่ยกัน โครงสร้างแบบนี้น้ำซึมได้ด้วยอัตราปานกลาง

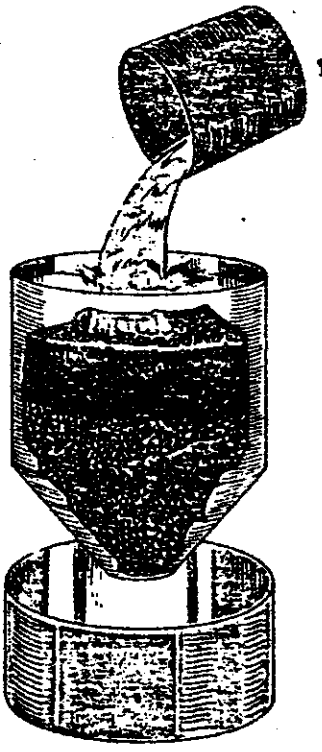
2. <u>โครงสร้างที่มีลักษณะเป็นแผ่นในแนวราบ</u> มีความยาว และความกว้างเป็นหลายเท่าของความหนา โครงสร้างแบบนี้น้ำซึมได้ช้า

ก. ดินทราย
อัตราการดูดซึมน้ำสูง



การไหลซึมอย่างรวดเร็วในดินที่มีเนื้อหยาบ

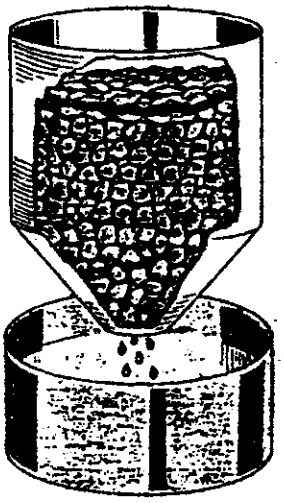
ข. ดินเหนียว
อัตราการดูดซึมน้ำต่ำ



การไหลซึมอย่างช้าในดินที่มีเนื้อละเอียด

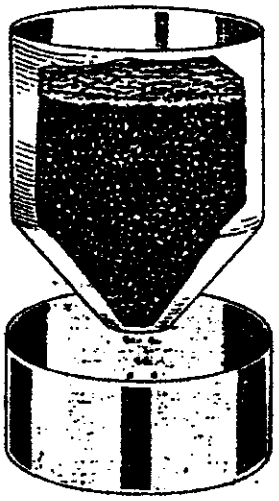
แสดงให้เห็นว่าขนาดของอนุภาคดินใหญ่กว่าอัตราการซึมของน้ำจะเร็วกว่า

ก. ดินทราย
อุ้มน้ำได้น้อย



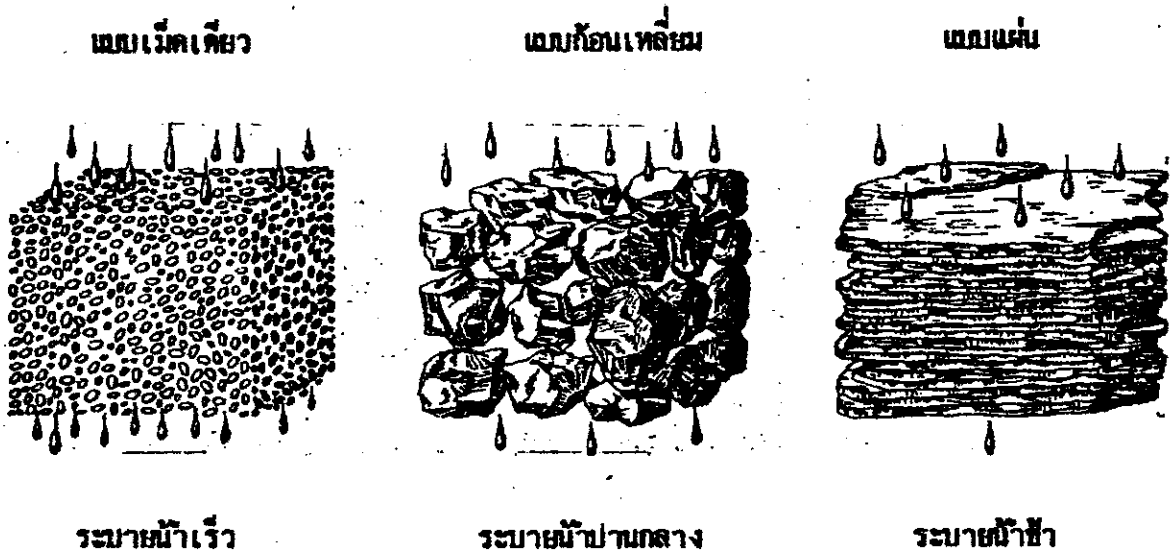
ดินที่มีเนื้อหยาบอุ้มน้ำได้น้อย

ข. ดินเหนียว
อุ้มน้ำได้มาก



ดินที่มีเนื้อละเอียดอุ้มน้ำได้มาก

รูปที่ 2 แสดงให้เห็นดินที่มีเนื้อหยาบจะอุ้มน้ำได้น้อยกว่าดินที่มีเนื้อละเอียด



รูปที่ 3 โครงสร้างของดินที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน

3. <u>โครงสร้างมีลักษณะเป็นเม็ดคล้ายทรงกลม</u> เป็นโครงสร้างที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกมากกว่าโครงสร้างแบบอื่น ๆ

4. <u>โครงสร้างที่มีลักษณะเป็นแท่งตั้งในแนวดิ่ง</u> คือมีความหนา เป็นหลายเท่าของความกว้าง และความยาว น้ำซึมได้เร็ว

<u>ความถ่วงจำเพาะปรากฏ</u> (Apparent specific Gravity, As) เป็นคุณสมบัติของดินที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องการจะหาปริมาณน้ำที่จะให้แก่พืช เพราะเป็นเครื่องแสดงถึงความสามารถของดินที่จะสามารถอุ้มน้ำซลประทานไว้ได้มากหรือน้อยอย่างหนึ่ง ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏนี้หาได้จากอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินแห้งต่อน้ำหนักน้ำที่มีปริมาตร เท่ากับปริมาตรของดินก้อนนั้น เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น ดูรูปที่ 4 ประกอบ และจากนิยามดังกล่าวจะเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า

$$As = \frac{Ws}{\gamma_w V} \qquad \text{..... (1)}$$

เมื่อ As = ความถ่วงจำเพาะปรากฏ

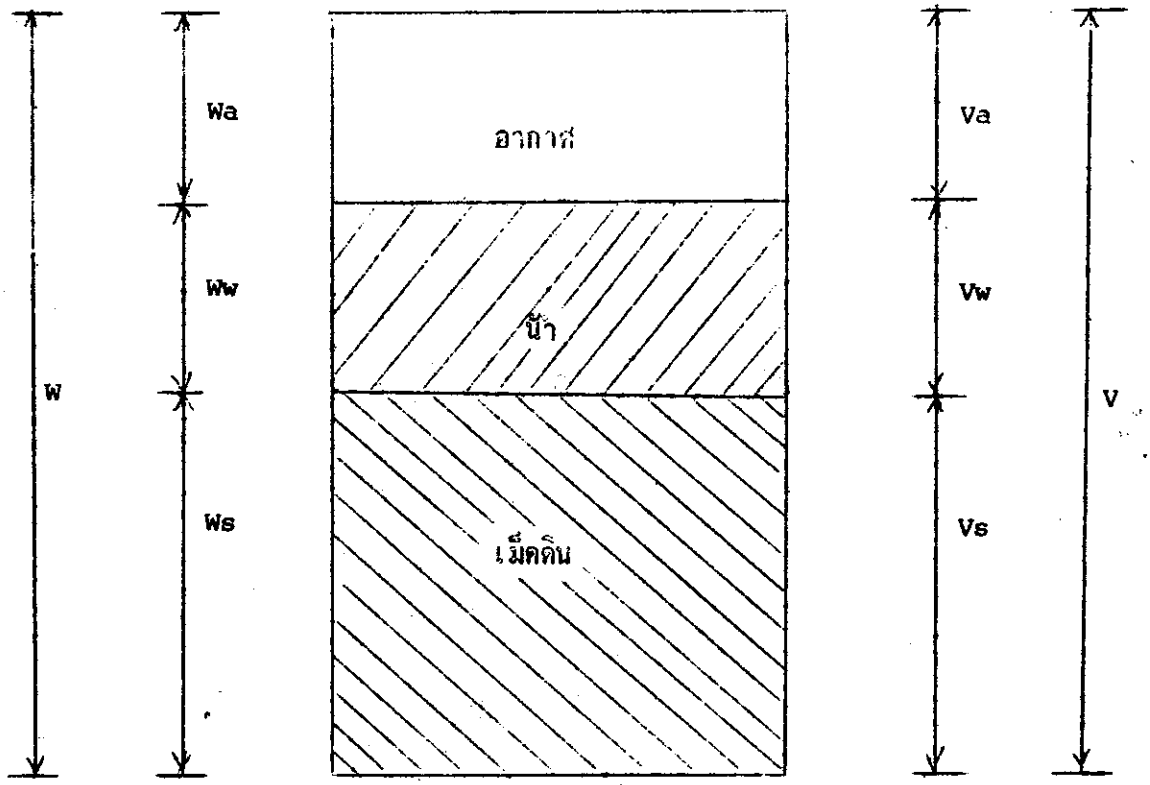
Ws = น้ำหนักของดินแห้ง

V = ปริมาตรของดินทั้งก้อน ซึ่งเท่ากับปริมาตรของอากาศ (Va) + ปริมาตรน้ำ (Vw) + ปริมาตรของเม็ดดิน (Vs)

γ_w = ความหนาแน่นของน้ำซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ 62.4 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต

ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏนี้ บางครั้งก็ใช้เป็นค่าความหนาแน่นรวมของดินแทน (Bulk Density, D_B) โดยที่ค่าความหนาแน่นรวมของดิน หมายถึงอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินแห้ง ต่อปริมาตรของดินทั้งก้อน ดังสมการ

$$D_B = \frac{Ws}{V} \qquad \text{..... (2)}$$



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างเม็ดดิน น้ำ และอากาศ

จากสมการจะเห็นว่าเมื่อใช้หน่วยในระบบเมตริก คือน้ำหนักเป็นกรัมปริมาตรเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร และความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าตัวเลขของความถ่วงจำเพาะปรากฏกับค่าความหนาแน่นรวม จะเป็นตัวเลขเดียวกัน ต่างกันที่ค่าความถ่วงจำเพาะไม่มีหน่วยแต่ความหนาแน่นรวมมีหน่วย เป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

การหาค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินหรือความหนาแน่นของดินจะหาได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Soil Core Sampler ดังแสดงในรูปที่ 5 เครื่องมือนี้ใช้เก็บตัวอย่างดินแบบไม่ให้กระทบกระเทือนต่อโครงสร้างของดิน ส่วนปลายที่ใช้ตัดดิน (Cutting tips) มี 2 แบบ คือ แบบใบมีด (หมายเลข 7) ใช้สำหรับดินอ่อนและแบบลิ่ม (หมายเลข 8) ใช้สำหรับดินแข็ง

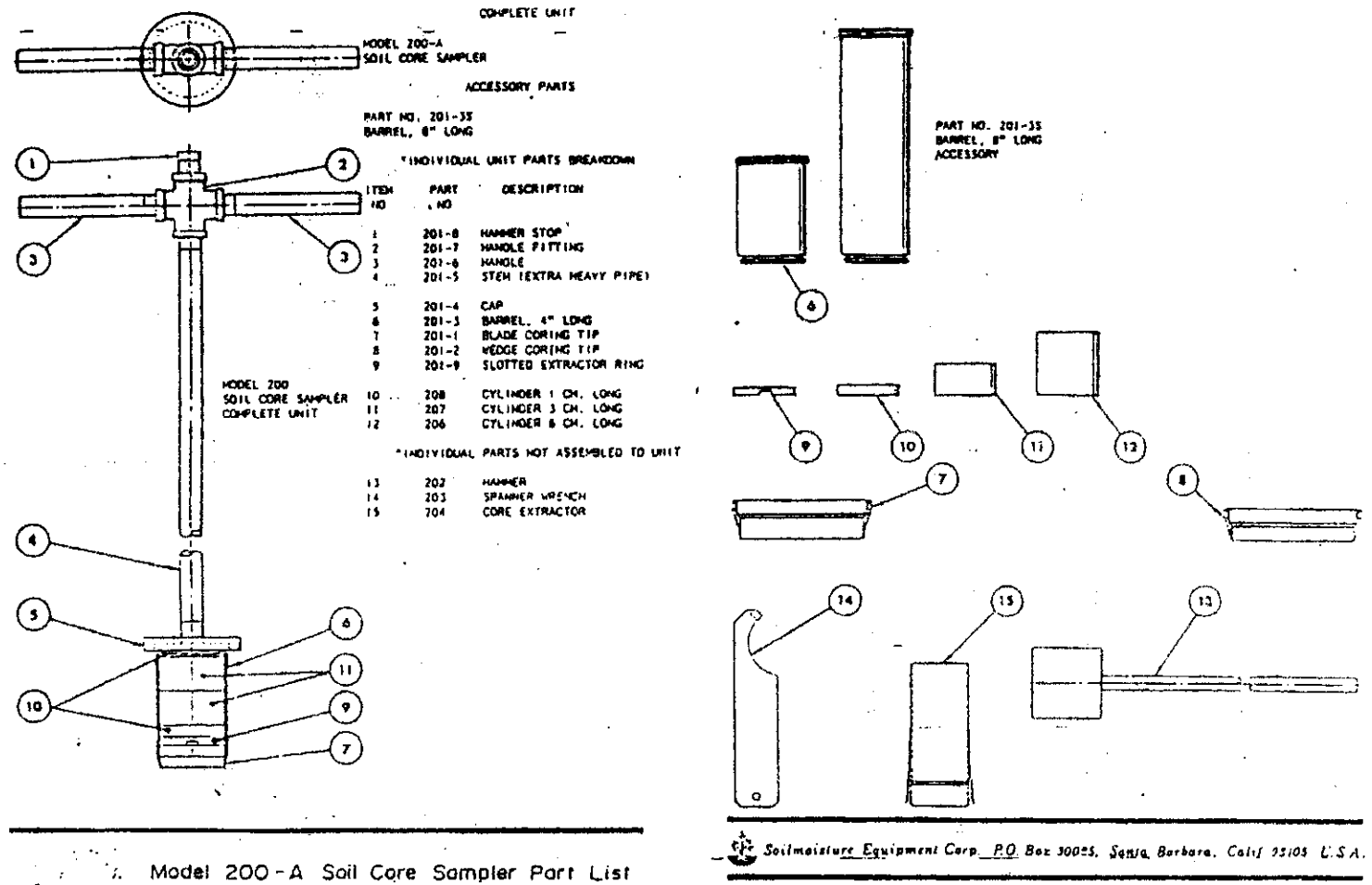
ในขั้นแรกก่อนที่จะลงมือเก็บตัวอย่างดินจะต้องทำการวัดปริมาตรและชั่งน้ำหนัก วงแหวน (หมายเลข 11) ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินเสียก่อน แล้วจึงนำเครื่องมือดังกล่าวไปตอกลงในดิน โดยใช้ฆ้อน (หมายเลข 13) ตรงบริเวณและความลึกที่ต้องการ จุดที่จะเก็บตัวอย่างดินควรจะมีลักษณะ เป็นตัวแทนของดินในแปลงทั้งหมด การเก็บตัวอย่างดินแต่ละครั้งไม่ควรเก็บน้อยกว่า 5 จุด เพื่อจะได้นำมาเฉลี่ยหาค่าที่ถูกต้อง เมื่อเก็บตัวอย่างดินได้แล้วให้ใช้เครื่องดันที่เรียกว่า , Core Extractor (หมายเลข 15) ดันวงแหวนออกจากกระบอกเก็บตัวอย่างดินและใช้มีดปาดดินให้มีปริมาตรพอดีกับวงแหวนแล้วจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง นำเอาออกมาชั่งหาน้ำหนักของดินแห้ง (Ws) แล้วจึงทำการคำนวณหาความถ่วงจำเพาะปรากฏตามสมการที่ 1 หรือความหนาแน่นรวมจากสมการที่ 2

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> ในการเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินมีข้อมูลดังต่อไปนี้

ขนาดวงแหวน : เส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร สูง 6 เซนติเมตร

น้ำหนักวงแหวนและกระป๋องเก็บตัวอย่าง 45 กรัม

น้ำหนักดินแห้งหลังอบรวมน้ำหนักวงแหวนและกระป๋องเก็บตัวอย่าง 250 กรัม



1. Model 200-A Soil Core Sampler Part List

รูปที่ 5 เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างดินแบบ Soil Core Sampler

วิธีทำ

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

$= \frac{\pi (5.5)^2}{4} \times 6 = 142.5$ ลบ.ซม.

น้ำหนักดินแห้ง (Ws) = 250-45 = 205 กรัม

ความหนาแน่นของน้ำ (γ_w) = 1 กรัมต่อ ลบ.ซม.

∴ ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (As) = $\frac{Ws}{\gamma_w V}$

$= \frac{205}{1 \times 142.5} = 1.43$

หรือความหนาแน่นของดิน (D_B) = $\frac{Ws}{V}$

ความหนาแน่นของดิน = $\frac{205}{142.5} = 1.43$ กรัมต่อ ลบ.ซม.

ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินในพื้นที่เพาะปลูกทั่ว ๆ ไปจะมีค่าน้อยที่สุดที่ผิวดินเนื่องจากดินโปร่งและมีอินทรีย์วัตถุมาก ค่าดังกล่าวนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อต่ำจากผิวดินมากขึ้น และจะมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อต่ำกว่าผิวดินประมาณ 40 เซนติเมตร ถึงแม้ค่านี้จะแปรเปลี่ยนไปตามชนิดและลักษณะของดินก็ตาม ถ้าต้องการรู้ค่าที่แท้จริงจะต้องตรวจวัดเอาในสนาม แต่ถ้าไม่สะดวกที่จะทำการวัดจริง ๆ ในสนามอาจจะพิจารณาเลือกใช้ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏตามชนิดของเนื้อดิน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (A_s)

เนื้อดิน	ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (As)
ดินทราย (Sandy)	1.55 - 1.80 (เฉลี่ย 1.65)
ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam)	1.40 - 1.60 (เฉลี่ย 1.50)
ดินร่วน (Loam)	1.35 - 1.50 (เฉลี่ย 1.40)
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Loam)	1.30 - 1.40 (เฉลี่ย 1.35)
ดินเหนียวปนตะกอนทราย (Silt Clay)	1.25 - 1.35 (เฉลี่ย 1.30)
ดินเหนียว (Clay)	1.20 - 1.30 (เฉลี่ย 1.25)

<u>ความพรุนของดิน</u> (Porosity, n) เป็นอัตราส่วนที่คิดเป็นเปอร์เซนต์ระหว่างปริมาตรของช่องว่างระหว่างเม็ดดินต่อปริมาตรของก้อนดิน คือ

$$n = \frac{Vv}{V} \times 100 \quad \text{..... (3)}$$

n = ความพรุนของดิน

Vv = ปริมาตรของช่องว่างระหว่างเม็ดดินซึ่งเท่ากับปริมาตรของอากาศ (Va) + ปริมาตรของน้ำ (Vw) ที่แทรกอยู่ระหว่างเม็ดดิน

V = ปริมาตรของดินทั้งก้อน

ดินเนื้อละเอียดจะมีความพรุนมากกว่าดินเนื้อหยาบ ดังนั้นค่าความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นของดินเนื้อละเอียดจึงต่ำกว่าของดินเนื้อหยาบ ดินชนิดต่าง ๆ มีความพรุนแตกต่างกัน เพราะลักษณะการจัดเรียงและการเชื่อมยึดกันระหว่างเม็ดดินแตกต่างกัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของดิน แต่ละชนิด นอกจากนี้อินทรีย์วัตถุในดิน ก็มีส่วนทำให้ความพรุนและความหนาแน่นของดินแตกต่างกันไป ด้วย การหาความพรุนของดิน อาจจะทำได้ต่อจากการหาค่าความหนาแน่นรวมของดิน โดยใช้ Soil Core Sampler เก็บตัวอย่างดิน เราก็จะทราบปริมาตรของตัวอย่างดินที่เราเก็บได้จากปริมาตรของวงแหวนเก็บตัวอย่าง เมื่อได้ปริมาตรรวม

ของก้อนดินแล้ว (V) ก็นำก้อนดินนั้นมาหาปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็ง (Vs) โดยการนำดินนั้นไปละลายน้ำที่รู้ปริมาตร คนจนเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงวัดปริมาตรรวมทั้งหมด ปริมาตรรวมทั้งหมดนี้เมื่อหักลบกับปริมาตรของน้ำเดิม ก็จะทราบปริมาตรของดินส่วนที่เป็นของแข็ง (Vs) เราก็จะสามารถหาค่า Vv ซึ่งเท่ากับ V-Vs ได้ แล้วจึงคำนวณหาค่าความพรุนของดินตามสูตรที่กล่าวข้างต้นได้ อย่างไรก็ดีถ้าไม่สามารถหาความพรุนของดินดังวิธีข้างต้นได้ก็อาจจะใช้ค่าความพรุนของดินในพื้นที่เพาะปลูกดังแสดงในตารางที่ 2 แทนได้

ตารางที่ 2 ความพรุน (Porosity) ของดินชนิดต่าง ๆ

เนื้อดิน	ความพรุน (n) %	
	ช่วงค่าปกติ	ค่าเฉลี่ย
ดินทราย	32-42	38
ดินร่วนปนทราย	40-47	43
ดินร่วน	43-49	46
ดินร่วนปนเหนียว	47-51	49
ดินเหนียวปนตะกอนทราย	49-53	51
ดินเหนียว	51-55	53

<u>ชนิดของน้ำในดิน</u>

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การเรียงตัวของเม็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปทรงต่าง ๆ ขึ้นในดิน เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืชน้ำก็จะแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ และเกาะติดอยู่กับเม็ดดินด้วย แรงดึงดูดของโมเลกุลชนิดเดียวกัน (Adhesive Force) และแรงดึงดูดของโมเลกุลต่างชนิดกัน (Cohesive Force) ถ้าหากน้ำเข้าไปแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่างเรากล่าวว่า ดินนั้นอิ่มน้ำ (Saturated) และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนั้นทั้งหมดจะเป็นปริมาตรสูงสุดที่ดินจะเก็บเอาไว้ได้ ถ้าไม่มีแรงจากภายนอกมากระทำ แต่เนื่องจากว่าสสารทุกอย่างที่อยู่บนผิวโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำอยู่ตลอดเวลารวมทั้งน้ำที่ขังอยู่ในช่อง

ว่างระหว่างเม็ดดินด้วย ในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำที่อยู่ตรงกลางของช่องว่างกับเม็ดดินจะน้อยกว่าในช่องว่างที่มีขนาดเล็กดังนั้นเมื่อผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อน้ำและน้ำต่อดินน้อยกว่าแรงดึงดูดของโลก น้ำก็จะไหลลงสู่ที่ลึกกว่า น้ำในดินที่ไหลด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้เรียกว่าน้ำอิสระ (Gravitational Water หรือ Free Water) ดังเช่น เมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดให้น้ำแก่พืช น้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะระบายออกภายในเวลา 2-3 วัน ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี Free Water จะถูกระบายออกไปหมดก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อพืชและจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ ส่วนน้ำในช่องว่างที่มีขนาดเล็ก ซึ่งไม่ถูกระบายออกด้วยแรงดึงดูดของโลกอาจจะยังคงมีการเคลื่อนที่อยู่ด้วยแรงดูดซับ น้ำซึ่งอยู่ในช่องว่างที่มีขนาดเล็กดังกล่าวนี้เรียกว่า น้ำดูดซับ (Capillary Water) ซึ่งมีการเคลื่อนที่ช้ามาก ช้ากว่าน้ำอิสระ (Free Water) และจะมีทิศทางไปทางใดก็ได้ โดยเคลื่อนที่ไปสู่จุดที่มีแรงดึงดูดความชื้นมากที่สุดเสมอ

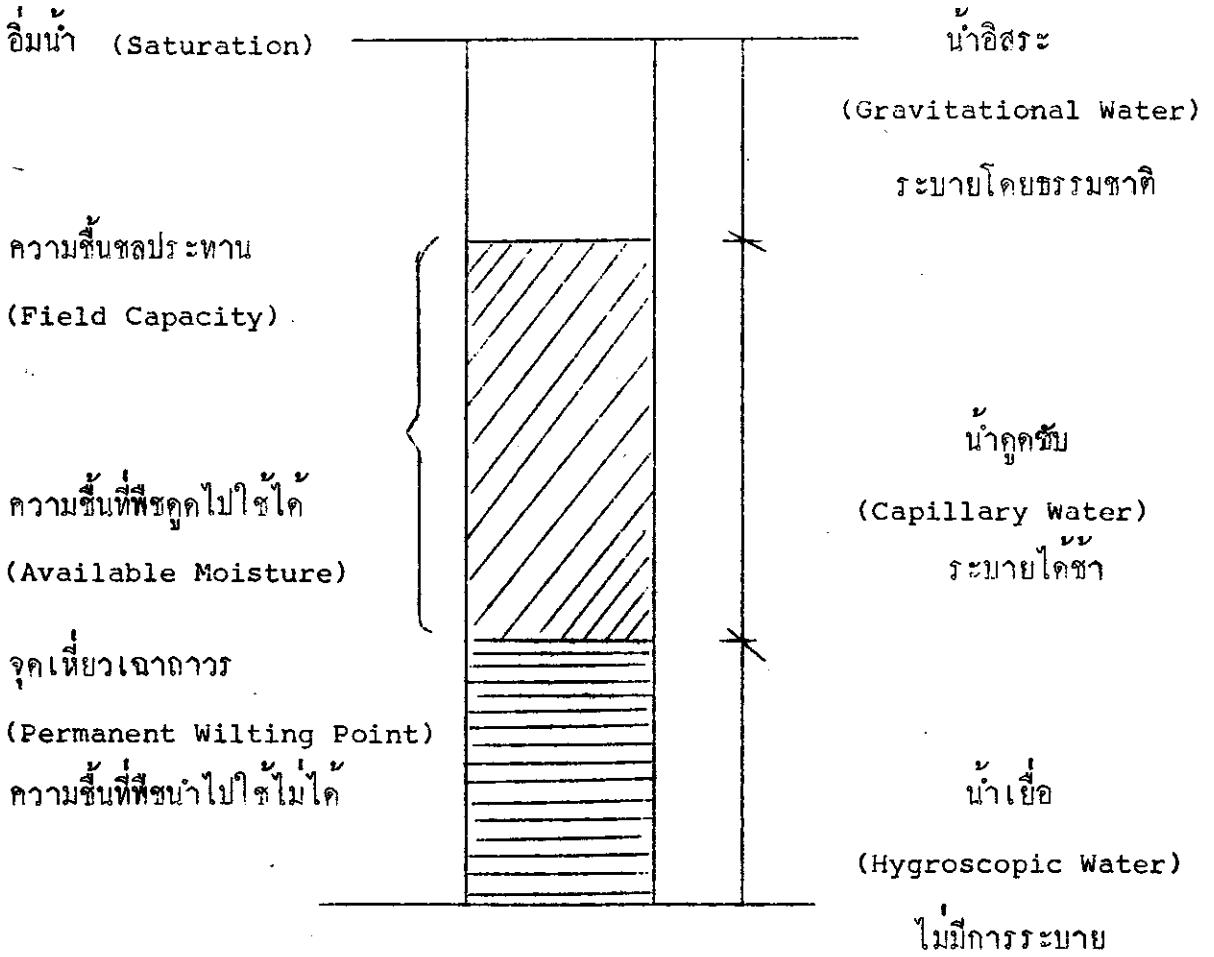
และจากการสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดิน และจากที่พืชดูดเอาไปใช้จะทำให้ปริมาณความชื้นในดินลดลงจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่น้ำในดินไม่มีการเคลื่อนที่อีก ทั้งนี้เพราะว่าแรงที่น้ำหรือความชื้นจับยึดติดแน่นเป็นแผ่นบาง ๆ รอบเม็ดดิน จะมากจนกระทั่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้พืชก็จะเหี่ยวเฉาและถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืชในตอนนี้แล้วพืชก็จะตาย น้ำซึ่งยึดติดแน่นกับเม็ดดินและไม่สามารถที่จะทำให้เคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดึงดูดของโลก หรือแรงดูดซับนี้เรียกว่าน้ำเยื่อ (Hygroscopic Water)

สรุปแล้ว เราสามารถจัดแบ่งน้ำในดินออกได้เป็น 3 ชนิด ดังกล่าวคือ ดูรูปที่ 6 ประกอบ

1. น้ำอิสระ
2. น้ำดูดซับ
3. น้ำเยื่อ

ในบรรดาน้ำทั้งสามชนิดนี้

น้ำดูดซับ (Capillary Water) นับว่ามีความสำคัญต่อพืชมากที่สุด น้ำส่วนใหญ่ที่พืชดูดไปใช้ได้ก็คือน้ำส่วนนี้



รูปที่ 6 น้ำในดินและระดับความชื้นของดินที่จุดต่าง ๆ

น้ำอิสระ (Free Water) เป็นน้ำส่วนเกินซึ่งพืชจะได้รับประโยชน์จากน้ำส่วนนี้บ้างเพียงเล็กน้อยก่อนที่น้ำส่วนนี้จะถูกระบายออกจากดินในเขตราก ในทางปฏิบัติน้ำส่วนนี้ถือว่าสูญเสีย

น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) เป็นส่วนที่พืชดูดไปใช้ไม่ได้จึงนับว่าไม่มีความสำคัญต่อพืช

ความชื้นชลประทาน (Field Capacity)

หลังจากที่น้ำอิสระได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้วความชื้นในดินก็จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง เพราะน้ำที่เหลืออยู่มีการเคลื่อนที่ช้ามาก ปริมาณความชื้นในดินหลังจากน้ำอิสระถูกระบายออกไปหมดแล้วนี้เรียกว่า เป็นความชื้นชลประทาน (Field Capacity) ปริมาณความชื้นที่ Field Capacity นี้ไม่อาจหาเป็นค่าตัวเลขที่แน่นอนได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่าจะยังคงมีการเคลื่อนที่ของน้ำดูดซับ (Capillary Water) อยู่ตลอดเวลา แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นไม่มากนัก ในทางปฏิบัติมักจะถือว่าปริมาณความชื้นในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี หลังจากที่ฝนตกหนัก หรือหยุดให้น้ำแล้ว 2-3 วัน เป็นความชื้นชลประทาน (Field Capacity)

จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point)

ความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้ทดแทนการคายน้ำ และพืชเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรเรียกว่าความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point)

อาการเหี่ยวเฉาของพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายกรณีก่อนที่จะถึงจุดที่พืชเหี่ยวเฉา อย่างถาวร เช่น ในตอนกลางวันของวันที่มีอากาศร้อนจัด ความชื้นของอากาศต่ำ ลมแรง และพืชมีใบกว้าง ลักษณะของอากาศและพืชเช่นที่กล่าวนี้จะทำให้พืชมีการสูญเสียน้ำโดยการคายออกทางใบมาก และเมื่ออัตราที่พืชดูดน้ำจากดินน้อยกว่าที่คายออกทางใบ พืชก็จะมีอาการเหี่ยวเฉาถึงแม้ว่าขณะนั้นดินจะมีความชื้น อยู่มากก็ตาม แต่เมื่ออากาศเย็นลงพืชก็จะสดชื่นตามเดิม จะเห็นได้ว่าอาการเหี่ยวเฉาของพืชไม่ว่าจะเป็นการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร หรือชั่วระยะเวลาหนึ่งนั้น จะขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืช ความลึก และการแผ่กระจายของราก ตลอดจนความสามารถของ

ดินที่จะเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้เราถือว่าพืชมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร ถ้าหากว่านำพืชที่เฉานั้นไปไว้ในห้องที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 100 เปอร์เซนต์ ซึ่งพืชจะมีการสูญเสียน้ำน้อยมากหรือไม่มีการสูญเสียเลย แล้วพืชนั้นยังไม่สดชื่น

ความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ (Available Moisture)

น้ำในรูปของความชื้นในดินที่พืชดูดไปใช้สำหรับการเจริญเติบโตก็คือน้ำดูดซับ (Capillary Water) ซึ่งอยู่ระหว่างความชื้นชลประทาน (Field Capacity) กับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) ดังนั้นผลต่างระหว่างความชื้นในดินสองค่านี้ก็คือ ค่าความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ (Available Moisture)

ความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้นี้มีหน่วยการวัดได้หลายอย่างเช่น วัดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของดินแห้ง (Pw) เปอร์เซนต์โดยปริมาตร (Pv) หรือความลึกของน้ำต่อความลึกของดิน ซึ่งแบบหลังนี้เป็นหน่วยที่สะดวกและนิยมใช้กันมากเช่น ดินร่วนมีความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ 2 มม. ต่อความลึกของดิน 1 เซนติเมตร เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามหน่วยทั้งสามนี้สามารถเปลี่ยนจากหนึ่ง ไปเป็นอีกหน่วยหนึ่งได้ ถ้าทราบค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏหรือค่าความหนาแน่นรวมของดิน ซึ่งจะกล่าวถึงวิธีหาภายหลัง

ขนาดของเม็ดดินหรือเนื้อดินจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้มาก กล่าวคือในดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ อย่างไรก็ตามดินทรายบางชนิดอาจมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินเหนียวทั้งนี้เพราะดินที่มีเนื้อละเอียดมาก ๆ จะมีน้ำที่ยึดอยู่รอบ ๆ เม็ดดิน ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้เป็นจำนวนมากด้วย

ในดินทรายที่มีการระบายน้ำได้ดีมักจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะว่าที่ความชื้นชลประทาน (Field Capacity) น้ำที่แทรกอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินซึ่งส่วนมากมีขนาดใหญ่จะถูกระบายออกไปจนหมด จึงมีความชื้นที่เก็บไว้ได้น้อย ดินที่มีความชื้นที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้มากมักจะเป็นดินที่มีเม็ดขนาดปานกลางหรือค่อนข้างละเอียด เช่นดินที่ประกอบขึ้นด้วยตะกอนทราย (Silt) เป็นส่วนใหญ่ ความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้สำหรับดินชนิดต่าง ๆ จะได้กล่าวถึงต่อไป

ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

ดินเปรียบเสมือนถังน้ำหรือเป็นที่เก็บน้ำโดยธรรมชาติให้แก่พืช ซึ่งรากพืชจะดูดเอาความชื้นในดินไปใช้อีกทอดหนึ่ง และในการให้น้ำชลประทานเราพยายามให้น้ำไม่มากกว่าที่ความสามารถของดินในระยะเขตรากพืชจะอุ้มน้ำไว้ได้ ดินแต่ละชนิดมีความสามารถอุ้มน้ำไว้ได้มากน้อยต่างกัน และนานเร็วต่างกันไปตามลักษณะเนื้อดิน และโครงสร้างของดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งขนาดและปริมาตรของช่องว่างระหว่างเม็ดดินเป็นสำคัญ เช่น ในระหว่างดินเหนียว ดินร่วน และดินทรายนี้ ดินเหนียวจะอุ้มน้ำได้มากที่สุดและนานที่สุด ส่วนดินทรายมีลักษณะตรงกันข้ามดังที่แสดงในรูปที่ 2

สำหรับในแง่ของการชลประทาน ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ (ยกเว้นนาข้าว) คือความชื้นในดินช่วงระหว่างความชื้นชลประทาน ถึงความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรเท่านั้นดังนั้นในที่นี้ก็จะกล่าวเฉพาะแต่ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในช่วงนี้เท่านั้น เช่นกัน และเพื่อความสะดวกในการคำนวณความชื้นที่จะเพิ่มให้แก่ดินตามความสามารถสูงสุดที่ดินจะอุ้มไว้ได้นั้น ได้กำหนดว่าที่ความชื้นชลประทานมีค่าแรงดึงความชื้นอยู่ระหว่าง 1/10-1/3 บรรยากาศ และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรมีแรงดึงความชื้นเท่ากับ 15 บรรยากาศ ซึ่งก็พอจะหาค่าออกมาเป็นความชื้นโดยน้ำหนักหรือความลึกของน้ำต่อความลึกของดินได้ โดยอาศัยเครื่องแยกความชื้นออกจากดิน (Soil Moisture Extractor) สำหรับในกรณีที่ไม่มีเครื่องมือดังกล่าว อาจจะพิจารณาเลือกใช้ค่าต่าง ๆ ได้จากตารางที่ 3 และความสามารถในการอุ้มน้ำของดินหรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ของดินชนิดต่าง ๆ จะแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ค่าความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรของดินชนิดต่าง ๆ

เนื้อดิน	ความชื้นชลประทาน % โดยน้ำหนักดินแห้ง	ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร % โดยน้ำหนักดินแห้ง
ดินทราย (Sand)	6-12 (เฉลี่ย 9)	2-6 (เฉลี่ย 4)
ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam)	10-18 (เฉลี่ย 14)	4-8 (เฉลี่ย 6)
ดินร่วน (Loam)	18-26 (เฉลี่ย 22)	8-12 (เฉลี่ย 10)

เนื้อดิน	ความชื้นชลประทาน % โดยน้ำหนักดินแห้ง	ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร % โดยน้ำหนักดินแห้ง
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Loam)	23-31 (เฉลี่ย 27)	11-15 (เฉลี่ย 13)
ดินเหนียวปนตะกอนทราย (Silty Clay)	27-35 (เฉลี่ย 31)	13-17 (เฉลี่ย 15)
ดินเหนียว (Clay)	31-39 (เฉลี่ย 36)	15-19 (เฉลี่ย 17)

ตารางที่ 4 ความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ประโยชน์ในดินชนิดต่าง ๆ

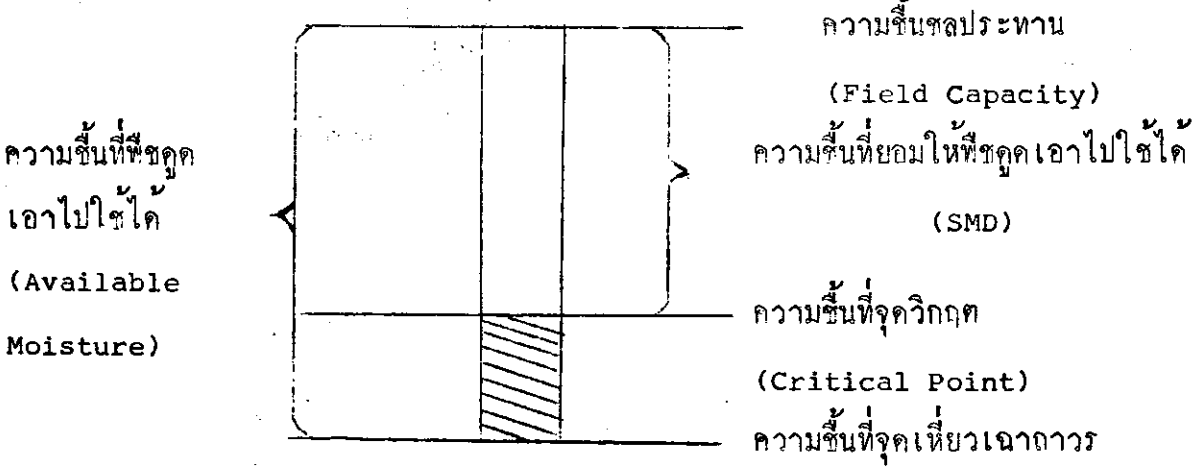
เนื้อดิน	ความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้เป็น มม. ต่อดินลึก 1 ซม.
ดินเนื้อหยาบมาก-ดินทรายเนื้อหยาบมาก	0.35 - 0.65
ดินเนื้อหยาบ-ดินทรายหยาบ, ดินทรายละเอียด และดินทรายปนดินร่วน	0.65 - 1.00
ดินเนื้อหยาบปนกลาง-ดินร่วนปนทราย และดินร่วนปนทรายละเอียด	1.00 - 1.50
ดินเนื้อปานกลาง-ดินร่วนปนทรายละเอียดมาก ดินร่วน และดินร่วนปนตะกอนทราย	1.20 - 1.90
ดินเนื้อละเอียดปานกลาง-ดินร่วนปนดินเหนียว ดินร่วนปนดินเหนียว ปนตะกอนทราย และดินร่วนปนดินเหนียวปนทราย	1.50 - 2.10
ดินเนื้อละเอียด-ดินเหนียวปนทราย, ดินเหนียวปนตะกอนทราย และดินเหนียว	1.30 - 2.10
ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงมาก	1.70 - 2.50

ตารางที่ 5 ลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดินที่มีความชื้นที่พืชดูดไปใช้ในระดับต่าง ๆ

ความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ที่มีอยู่ในดิน	ลักษณะและความรู้สึกสัมผัส			
	ดินเนื้อหยาบ	ดินเนื้อค่อนข้างหยาบ	ดินเนื้อปานกลาง	ดินเนื้อละเอียดและละเอียดมาก
0 เปอร์เซนต์	แห้ง ร่วน ไม่เกาะกันเป็นก้อน	แห้ง ร่วน ไม่เกาะกันเป็นก้อน	แห้งเป็นผงหรือเกาะกันเป็นก้อนแตบี้ให้แตกเป็นผงได้ง่าย	แห้ง แข็ง มีรอยแตกราวบางที่มีก้อนร่วนเล็ก ๆ บนผิวหน้า
50 เปอร์เซนต์หรือต่ำกว่า	ดูแห้ง กำให้แนนในมือไม่เป็นก้อน	ดูแห้ง กำให้แน่นในมือไม่เป็นก้อน	ค่อนข้างร่วน แต่กำให้แน่นจะเกาะกันเป็นก้อนได้	ค่อนข้างนุ่ม กำให้แนนเป็นหอนให
50-75 เปอร์เซนต์	ดูแห้ง กำให้แนนในมือไม่เป็นก้อน	กำให้แน่นเป็นห้อนได้แตแตกง่ายไม่เกาะกัน	กำเป็นก้อนได้ค่อนข้างเหนียวเมื่อบีบจะลื่นเล็กน้อย	กำเป็นก้อนใช้นิ้วรีดเป็นแผนบาง ๆ ได
75 เปอร์เซนต์ถึง Field Capacity	เกาะกันบ้างกำเป็นก้อนแตแตกง่าย	กำเป็นก้อน แต่แตกง่าย	กำเป็นก้อน อ่อนนุ่มมาก ถ้ามีดินเหนียวมากจะลื่น	รีดเป็นแผ่นระหว่างนิ้วมือได้ง่าย รู้สึกลื่น
ที่ Field Capacity (100เปอร์เซนต์) เกิน eld Capacity	บีบไม่มีน้ำออกมาแต่เปียกมือ สูลัดในมือจะมีน้ำกระเด็นออกมา	เหมือนดินเนื้อหยาบ นวดดินจะมีน้ำออก	เหมือนดินเนื่อหยาบ บีบจะมีน้ำออกมา	เหมือนดินเนื้อหยาบ เป็นโคลน มีน้ำบนผิว

<u>ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้</u> (Allowable Soil Moisture Deficiency, SMD)

ในการให้น้ำแก่พืชที่ไม่ใช่ชาวนั้นตามหลักการชลประทานที่ถูกต้องนั้นคือการให้น้ำเพื่อควบคุมความชื้นในดินในเขตรากพืช ให้อยู่ในช่วงระหว่างจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) กับความชื้นชลประทาน (Field Capacity) หรือพูดง่าย ๆ ว่าอยู่ในช่วงความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ การให้น้ำแก่พืชและเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงใกล้จุดเหี่ยวเฉาถาวร ส่วนจะให้ลดลงใกล้มากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความสามารถในการทนแล้ง ของพืชและสภาพภูมิอากาศ เช่น ความแห้งแล้งและชุ่มชื้นซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำของพืชโดยทั่ว ๆ ไปจะยอมให้ความชื้นในดินลดลงประมาณ 50-70 เปอร์เซนต์ ของความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ ซึ่งความชื้นในดินที่ยอมให้ลดลงก่อนทำการให้น้ำครั้งต่อไป เรียกว่าความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ (Allowable soil moisture deficiency, SMD) ส่วนความชื้นที่เหลือในดินหลังจากที่พืชดูดเอาความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ใช้จนหมดแล้ว เรียกความชื้นที่เหลือระดับนี้ว่าความชื้นวิกฤต หรือความชื้นที่จุดวิกฤต (Critical moisture level หรือ Critical point) ซึ่งที่ระดับความชื้นนี้ ถือว่าเป็นจำนวนความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ที่ยังเหลืออยู่ในดิน ในระดับที่เริ่มจะกระทบกระเทือนต่อผลผลิต เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างเทอมต่าง ๆ ที่กล่าวถึงจะแสดงให้ดูไว้ในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ กับความชื้นที่ยอมให้พืชดูดเอาไปใช้ได้

จากรูปที่ 7 พอจะสรุปได้ว่า การให้น้ำแก่พืชจะต้องเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤต และปริมาณน้ำที่ให้จะต้องมากพอที่จะเพิ่มความชื้นในดินให้ถึงความชื้นชลประทานซึ่ง ถ้าหากทำการให้น้ำไม่ทันจนทำให้ความชื้นในดินลดต่ำลงกว่าความชื้นที่จุดวิกฤตจะมีผลกระทบกระเทือนต่อผลผลิต ของพืชทำให้ผลผลิตน้อยลง

แต่การที่จะรู้ว่าความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤตหรือยังจะต้องมีการตรวจวัดความชื้นในดินในเขตรากพืชซึ่งมีทางทำได้ 3 วิธี คือการตรวจความชื้นโดยดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัส การวัดความชื้นของดินโดยการชั่งน้ำหนักและวิธีสุดท้ายคือการวัดความชื้นในดินโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 วิธี ดังกล่าวจะช่วยทำให้ทราบว่าควรจะให้น้ำแก่พืชได้หรือยัง และก็ต้องให้ด้วยปริมาณเท่าใด ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะการตรวจความชื้นโดยดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัส กับการวัดความชื้นของดินโดยการชั่งน้ำหนัก เพื่อให้เข้าใจง่ายเป็นแนวทางประกอบสำหรับหัวข้อบรรยายอื่น ๆ ต่อ ๆ ไป

<u>การดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดิน</u>

การดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดินที่เจาะได้ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในเขตรากและที่จุดต่าง ๆ ในพื้นที่จะทำให้ทราบความชุ่มชื้นของดินได้โดยประมาณเนื่องจากวิธีนี้ต้องการเครื่องมือเจาะดูตัวอย่างดินเพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงมีประโยชน์มากเมื่อไม่มีเครื่องมือกำหนดการให้น้ำช่วย เพียงแต่ใช้สว่านเจาะดิน หรือใช้พลั่วขุดดินในเขตรากมาตรวจดู ซึ่งกระทรวงเกษตรของสหรัฐได้จัดทำตารางสำหรับเป็นแนวทางในการกำหนดการให้น้ำไว้ ดังตารางที่ 5

<u>การหาจำนวนความชื้นในดินโดยการชั่งน้ำหนัก</u>

การตรวจวัดความชื้นของดินโดยการชั่งน้ำหนักเป็นวิธีหนึ่งที่จะทราบว่าความชื้นในดินขณะนั้นลดลงถึงจุดที่ต้องให้น้ำได้หรือยัง โดยการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในเขตรากพืชและที่จุดต่าง ๆ ในแปลงเพาะปลูก (ตัวอย่างดินที่เก็บจากแต่ละจุดไม่ควรน้อกว่า

100 กรัม) นำมาชั่งแล้วอบให้แห้งในเตาอบ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักของดินไม่ลดลงอีก จากนั้นจึงนำเอาไปชั่งหาน้ำหนักของดินแห้ง น้ำหนักของดินที่หายไปในการชั่งทั้งสองครั้ง ก็คือจำนวนความชื้นในดินขณะที่เก็บตัวอย่างนั่นเอง

การที่จะบอกว่าดินมีความชื้นเท่าใด สามารถบอกได้ 3 แบบ คือ เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง เปอร์เซนต์โดยปริมาตร และความลึกของน้ำต่อความลึกของดิน

1. ความชื้นในดินเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง จะหาได้จากสมการ

$$Pw = 100 \frac{Ww}{Ws} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

เมื่อ Pw = ความชื้นเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

Ww = น้ำหนักของน้ำในดิน

Ws = น้ำหนักของดินแห้ง

2. ความชื้นในดินเป็นเปอร์เซนต์โดยปริมาตร จะหาได้จากสมการ

$$Pv = 100 \frac{Vw}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

เมื่อ Pv = ความชื้นเป็นเปอร์เซนต์โดยปริมาตร

Vw = ปริมาตรของน้ำในดิน

V = ปริมาตรของดินทั้งก้อน

3. ความชื้นในดินในรูปของความลึกของน้ำต่อความลึกของดิน

วิธีนี้ก็คล้าย ๆ กับวิธีการที่หาความชื้นโดยปริมาตร โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอเพาะปลูกเป็นดินเนื้อปานกลางมีความ ดินจะเท่ากับ d.A. และปริมาตรก[illegible]มีพื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ 2 มม./ซม. ถ้าข้าว ความลึกของน้ำที่อยู่ในดินและความลึ[illegible]มีระยะรากพืชลึกประมาณ 80 ซม. และความชื้นที่ยอมให้

(SMD) = 60 %

[illegible]ทราบว่าค่าความชื้นในดินที่จะยอมให้ข้าวโพดดูดไปใช้ได้ตลอด เป็นความลึกของน้ำเท่าไร

$$Pv = 100 \times \frac{Vw}{V} = 100 \times \frac{d \cdot A_o}{D \cdot A_o}$$

หรือ $$\frac{d}{D} = \frac{Pv}{100} \; ; \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

ในกรณีที่ทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏ (As) หรือความหนาแน่นรวม (D_B) ของดินแล้วการหาจำนวนความชื้นของดินเป็นเปอร์เซนต์โดยปริมาตรจะง่ายขึ้น โดยทำการหาความชื้นเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก ซึ่งสะดวกกว่าเสียก่อน แล้วใช้สูตร

$$Pv = Pw \cdot As \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

$\therefore$ จากสมการ (5) เป็น $$\frac{d}{D} = \frac{Pw \cdot As}{100} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

หรือ $$d = \frac{Pw \cdot As \cdot D}{100} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

ในเมื่อ d เป็นความลึกของน้ำที่อยู่ในดิน หรือที่จะต้องเพิ่มให้แก่ดิน D เป็นความลึกของดินที่พิจารณาส่งน้ำได้แก่ความลึกในเขตรากพืชนั่นเอง สำหรับค่าความลึกทั้งสองในสมการ (8) จะมีหน่วยอย่างเดียวกันคือถ้า D เป็นเซนติเมตร d ก็จะเป็นเซนติเมตร ด้วยถ้าเปลี่ยนเป็นหน่วยอื่น ต้องมีค่าคงที่มาคูณ

ในการคำนวณปริมาณน้ำชลประทานที่จะส่งนั้น จำนวนความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ มักจะนิยมคำนวณจากหน่วยเป็นความลึกของน้ำต่อความลึกของดินดังตารางที่ 4 เมื่อต้องการจะทราบว่าจะต้องให้น้ำแก่พืชคิดเป็นความลึกเท่าไร ก็เอาความลึกของเขตรากคูณกับค่าจำนวนความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ ที่กำหนด ก็จะได้ความลึกของน้ำที่ต้องการให้แก่พืช

ตัวอย่างที่ 4 ดูดไปใช้ได้ในดินชั้นในแปลงเพาะปลูกแห่งหนึ่ง ซึ่งเนื้อดินเป็นดินร่วน โดยต้องการทราบว่าจะต้องให้น้ำแก่พืชคิดเป็นความลึกเท่าไร ถ้าจากการพิจารณาพบว่าเป็นทั้ง 3 อย่าง คือ ก) เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักดิน สามารถในการอุ้มน้ำหรือมีความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ (SMD) = 60 % ข) ความหนาแน่นรวมของดิน = 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ ค) ความลึกของน้ำต่อความลึกของดิน ปรากฏว่ามีข้อมูลดังต่อไปนี้

อยากทราบว่าค่าความชื้นในดินที่จะยอมให้พืชในแปลงนี้ดูดไปใช้ได้ในเขตรากคิดเป็นความลึกของน้ำเท่าไร

น้ำหนักของกระป๋องเก็บตัวอย่าง = 17 กรัม

น้ำหนักดินเปียกรวมน้ำหนักกระป๋อง = 128 กรัม

น้ำหนักดินแห้งรวมน้ำหนักกระป๋อง = 105 กรัม

วิธีทำ น้ำหนักดินแห้ง (Ws) = 105 - 17 = 88 กรัม

น้ำหนักของน้ำในดิน (Ww) = 138 - 105 = 23 กรัม

ความชื้นในดิน = $\frac{23}{88} \times 100$ = 26.1 เปอร์เซนต์

โดยน้ำหนักดินแห้ง

ดังนั้น ก) เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักดินแห้ง = 26.1 %

จากตารางที่ 1 ความถ่วงจำเพาะ (As) ของดินรวน = 1.40

ความชื้นเป็นเปอร์เซนต์โดยปริมาตร (Pv) = Pw x As

= 26.1 x 1.40

ข) เปอร์เซนต์โดยปริมาตร = 36.5 %

ความชื้นในรูปของความลึกของน้ำต่อความลึกของดิน $\frac{d}{D} = \frac{Pv}{100}$

$= \frac{36.5}{100}$

ค) ความลึกของน้ำต่อความลึกของดิน = 0.365

หมายความว่าในดินลึก 1 เซนติเมตร จะมีความชื้น = 0.365 เซนติเมตร

<u>ตัวอย่างการกำหนดให้น้ำแก่พืชโดยการวัดความชื้นของดิน</u>

ตัวอย่างที่ 3 จงหาความลึกของน้ำที่จะต้องให้แก่ดินเพื่อให้ดินมีความชื้นที่ความชื้นชลประทาน (Field Capacity)

ความชื้นของดินก่อนการให้น้ำ = 8.5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

ความชื้นที่ความชื้นชลประทาน = 21.5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

ความลึกของเขตราก = 0.90 เมตร

ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน = 1.25

วิธีทำ

ความชื้นที่จะต้องให้แก่ดินเพื่อให้ดินมีความชื้นที่ความชื้นชลประทาน

= 21.5 - 8.5 = 13.0 % โดยน้ำหนักดินแห้ง

ดังนั้น P_w = 13.0 %

D = 0.90 เมตร หรือ 90 เซนติเมตร

As = 1.25

จากสมการ (8) $d = \frac{Pw.\ As.\ D}{100}$

∴ ความลึกของน้ำที่ต้องให้ $\frac{13 \times 1.25 \times 90}{100}$ = 14.6 เซนติเมตร

ดังนั้นจะต้องให้น้ำแก่ดินเป็นปริมาณน้ำสุทธิ 14.6 เซนติเมตร ดินจึงจะมีความชื้นที่ความชื้นชลประทานตลอดความลึกของเขตราก .90 เมตร

สำหรับกรณีที่ดินในเขตรากมีเนื้อดินไม่สม่ำเสมอกันตลอด กล่าวคือ มีความถ่วงจำเพาะปรากฏต่างกัน การคำนวณหาปริมาณความชื้นที่จะต้องให้แก่ดินก็ต้องทำเป็น ชั้น ๆ แล้วจึงนำเอาความลึกของน้ำที่จะต้องให้แก่ดินในแต่ละชั้นมารวมกันก็จะได้ความลึกของน้ำที่จะต้องให้แก่ดินทั้งหมด

ตัวอย่างการกำหนดการให้น้ำแก่พืชโดยพิจารณาถึงความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้

ตัวอย่างที่ 4 ถ้าจากการพิจารณาพบว่าดินในพื้นที่เพาะปลูกเป็นดินเนื้อปานกลางมีความสามารถในการอุ้มน้ำหรือมีความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ 2 มม./ซม. ถ้าข้าวโพดที่ปลูกในแปลงนี้มีระยะรากพืชลึกประมาณ 80 ซม. และความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ (SMD) = 60 %

อยากทราบว่าค่าความชื้นในดินที่จะยอมให้ข้าวโพดดูดไปใช้ได้ตลอดเขตรากคิดเป็นความลึกของน้ำเท่าไร

<u>วิธีทำ</u> หาความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ตลอดเขตราก = 2 x 80 = 160

∴ ความชื้นที่ยอมให้ข้าวโพดดูดไปใช้ได้ = $160 \times \frac{60}{100}$

คิดเป็นความลึกของน้ำ = 96 มม.

<u>ตัวอย่างที่ 5</u> ถ้าผลจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการแจ้งมาว่าดินในแปลงเพาะปลูกเป็นดินร่วนและมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ความชื้นชลประทาน (FC) = 25 % โดยน้ำหนักดินแห้ง

ความชื้นจุดเหี่ยวเฉาถาวร (PWP) = 10 % โดยน้ำหนักดินแห้ง

ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (As) = 1.4

ก) ให้คำนวณหาความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ (Available Moisture) ของดินในแปลงดังกล่าวในหน่วยความลึกของน้ำ (มม.) ต่อความลึกของดิน (ซม.)

ข) ถ้าพื้นที่แปลงนี้กำลังปลูกอ้อย ซึ่งมีระยะรากลึกประมาณ 80 เซนติเมตร และจะให้น้ำเมื่อความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ลดลง 60 % (SMD = 60 %)

ให้คำนวณหาความชื้นในดินที่ยอมให้อ้อยดูดไปใช้ได้ตลอดเขตราก ก่อนการให้น้ำ หรือจำนวนน้ำสุทธิที่จะต้องให้แก่แปลงอ้อยนี้ (เป็นความลึกของน้ำ)

<u>วิธีทำ</u>

ก) หาความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ = ความชื้นชลประทาน - ความชื้นจุดเหี่ยวเฉาถาวร

= 25 - 10 = 15 % โดยน้ำหนักดินแห้ง

จากสมการ (8) $d = \frac{Pw.\ As.\ D}{100}$

ในที่นี้ Pw = 15 %

As = 1.4

D = ความลึกของดิน 1 เซนติเมตร

∴ $d = \frac{15 \times 1.4 \times 1}{100}$ = 0.21 เซนติเมตร หรือ 2.1 มม.

[redacted] ความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ = 2.1 มม./ซม.

ช) อ้อยรากลึก 80 เซนติเมตร

∴ ความชื้นที่อ้อยดูดไปใช้ได้ตลอดเขตราก = 2.1 x 80 = 168 มม.

กำหนดให้ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ = 60 %

∴ ความชื้นที่ยอมให้อ้อยดูดไปใช้ได้ตลอดเขตราก = $168 \times \frac{60}{100}$

= 100.8 มม.

หรือปริมาณน้ำสุทธิที่จะต้องให้แก่แปลงอ้อย = 100.8 มม.

สำหรับการหาความถี่ในการให้น้ำหรือเมื่อให้น้ำเต็มที่แล้วพืชจะใช้ได้สูงสุดกี่วัน โดยไม่ทำให้กระทบกระเทือนต่อผลผลิต อาจจะใช้วิธีการคำนวณหาได้ เมื่อทราบอัตราการใช้น้ำสูงสุดของพืชต่อวัน ซึ่งก็พอจะคำนวณหาได้แต่จะไม่กล่าวในที่นี้ และปริมาณน้ำที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้หรือปริมาณน้ำชลประทานสุทธิดังสมการ

$$\text{ความถี่ในการให้น้ำ (วัน)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำสุทธิที่ต้องให้แก่พืช (มม.)}}{\text{ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม./วัน)}}$$

ตัวอย่างที่ 6 สมมุติตามตัวอย่างที่ 5 ถ้าอัตราการใช้น้ำในช่วงที่อ้อยมีรากลึก 80 เซนติเมตร นั้นมีค่า 8 มม./วัน ให้หาความถี่ในการให้น้ำ

วิธีทำ

จากสมการ

$$\text{ความถี่ในการให้น้ำ} = \frac{\text{ปริมาณน้ำสุทธิที่ต้องให้พืช}}{\text{ปริมาณการใช้น้ำของพืช}}$$

$$= \frac{100.8}{8} = 12.6 \text{ วัน}$$

นั่นคือความถี่ในการให้น้ำ = 12 วัน

ปริมาณน้ำที่จะทำให้ดินในเขตรากพืชอิ่มตัว

ปริมาณน้ำส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับความพรุนของดินในแปลงความชื้นในดินก่อนการให้น้ำและระยะเขตราก ซึ่งจะหาได้จากสมการ

$$Ds = \frac{(n - Pv)\ D}{100} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (9)$$

เมื่อ Ds = ความลึกของน้ำที่จะทำให้ดินในเขตรากอิ่มตัว

n = เปอร์เซนต์ความพรุนของดิน

Pv = ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำมีหน่วยเปอร์เซนต์โดยปริมาตร

D = ความลึกของเขตรากโดยทั่ว ๆ ไปจะมีค่าประมาณ 30 เซนติเมตร

ตัวอย่างที่ 7 ในแปลงปลูกข้าวซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว ก่อนการให้น้ำดินมีความชื้น 10 % โดยน้ำหนักดินแห้ง ต้องการทราบปริมาณน้ำที่จะทำให้ดินในแปลงอิ่มตัวตลอดความลึก 30 เซนติเมตร (สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏและค่าความพรุนของดินให้ใช้ค่าเฉลี่ยจากตารางที่ 1 และตารางที่ 2)

วิธีทำ

จากสมการ (9) $Ds = \frac{(n - Pv)\ D}{100}$

จากตารางที่ 2

n (ความพรุน) = 49 %

Pv (ความชื้นโดยปริมาตร) = Pw . As.

Pw (ความชื้นโดยน้ำหนักดินแห้ง) = 10 %

จากตารางที่ 1

As (ความถ่วงจำเพาะปรากฏ) = 1.35

D (ความลึกของดิน) = 30 เซนติเมตร

แทนค่าในสมการ (9)

$$\therefore\ Ds = \frac{(49 - 10 \times 1.35) \times 30}{100}$$

นั่นคือปริมาณน้ำที่จะทำให้ดินในแปลงอิ่มตัว = 10.65 เซนติเมตร

การดูดซึมน้ำของดิน (Intake Characteristics of Soils)

การดูดซึมน้ำของดินหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งได้ว่าการซึมของน้ำลงไปในดิน (Infiltration) หมายถึงการที่น้ำซึ่งขังอยู่เหนือผิวดินค่อย ๆ ซึมลงไปในดินตามช่องว่างระหว่างเม็ดดินตามรอยแตกระแหงหรือรูโพรงต่าง ๆ ส่วนปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงไปในดินหนึ่งหน่วยเวลาเรียกอัตราการดูดซึมน้ำของดิน (Intake Rate) หรืออัตราการซึมของน้ำลงไปในดิน (Infiltration Rate)

อัตราการดูดซึมน้ำของดินเป็นองค์ประกอบสำคัญในการกำหนดระยะเวลาที่จะต้องให้น้ำแก่พืชตลอดจนอัตราการให้น้ำแก่แปลงเพาะปลูกและการกำหนดขนาดของแปลงเพาะปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการชลประทานแบบผิวดินเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการให้น้ำ อัตราการดูดน้ำของดินจะมากน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญหลายอย่างเช่น

1. ความลึกของน้ำที่ขังอยู่บนผิวดิน ความลึกของน้ำที่ขังอยู่บนผิวดินจะก่อให้เกิดแรงดันให้น้ำไหลซึมลงไปในดิน ถ้าน้ำที่ขังอยู่บนผิวดินมากจะก่อให้เกิดแรงดันมาก น้ำจะไหลซึมลงไปในดินได้อย่างรวดเร็ว ถ้าความลึกของน้ำที่ขังอยู่บนผิวดินน้อยแรงดันก็จะน้อย น้ำจะซึมลงไปในดินได้ช้า

2. ลักษณะเนื้อดิน ถ้าเป็นดินพวกเนื้อหยาบเช่น พวกดินทราย จะยอมให้น้ำผ่านไปได้สะดวกและรวดเร็ว ส่วนดินเนื้อละเอียดเช่นดินเหนียวน้ำจะไหลผ่านได้อย่างช้า ๆ

3. ลักษณะโครงสร้างของดิน จากที่ได้กล่าวมาแล้วเกี่ยวกับโครงสร้างของดิน เช่น โครงสร้างแบบเม็ดจะยอมให้น้ำไหลผ่านไปได้อย่างรวดเร็วแต่ โครงสร้างบางอย่างจะยอมให้น้ำไหลผ่านไปได้ปานกลาง เช่น โครงสร้างแบบก้อนและแบบแท่ง และโครงสร้างบางชนิด จะยอมให้น้ำไหลผ่านไปได้อย่างช้ามาก เช่น โครงสร้างแบบแผ่น

4. ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ ถ้าดินแห้งมากหรือมีความชื้นน้อย ก่อนการให้น้ำดินจะมีแรงดึงความชื้นสูง น้ำจะถูกดูดซึมเข้าไปในดินได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้าดินมีความชื้นอยู่มากก่อนการให้น้ำ แรงดึงความชื้นของดินจะต่ำ อัตราการไหลซึมของน้ำเข้าไปในดินจะลดน้อยลง

5. การปิดผิวดิน เกิดเนื่องจากเม็ดฝนหรือเม็ดน้ำที่ให้ด้วยวิธีการชลประทานแบบฉีดฝอย ตกลงมากระแทกผิวดินทำให้ผิวดินแน่น ซึ่งจะมีผลทำให้ค่าอัตราการดูดซึมลดลงอย่างรวดเร็วหรืออาจจะเกิดขึ้นอนื่องจากตะกอนที่ถูกพัดมากับน้ำในขณะที่ทำการให้น้ำหรือน้ำท่วม พวกตะกอนละเอียดจะเข้าไปอุดตามช่องว่างรอบเม็ดดินเม็ดใหญ่กว่าในลักษณะปิดเคลือบแน่น น้ำซึมผ่านไม่ได้ทำให้น้ำซึมผ่านได้ยาก

6. รอยแตกของดิน คือการแตกระแหงของดินบางประเภท ในขณะที่แห้งมาก ๆ เช่น พวกดินเหนียว เมื่อส่งน้ำไปบนผิวดินเป็นครั้งแรกน้ำจะซึมผ่านรอยแตกอย่างรวดเร็ว แต่เมื่อดินเหนียวนี้เปียกก็จะขยายตัวออกปิดรอยแตก น้ำจะซึมผ่านได้ยากมาก แต่ถ้ารอยแตกระแหงมีมาก และมีขนาดใหญ่จะทำให้ค่าอัตราการดูดซึมของดินสูงตลอดเวลา

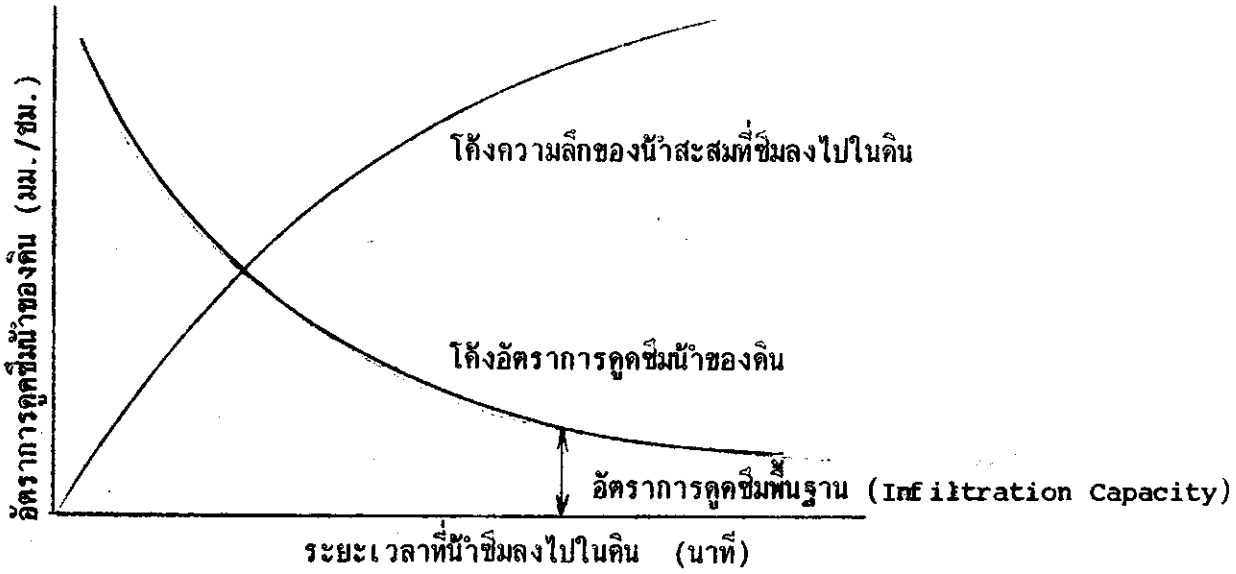
7. การไถพรวนดิน การไถพรวนดินจะช่วยทำให้น้ำซึมลงไปในดินได้มากขึ้น เพราะการไถพรวนจะช่วยทำให้ดินร่วนขึ้น การไถพรวนจะช่วยแก้การปิดผิวดินได้ แต่ต้องไม่ทำการไถในระหว่างดี่ดินเปียก เพราะจะทำให้เกิดดินอัดแน่นใต้ชั้นดินที่ทำการไถไว้

8. การปลูกพืชหมุนเวียน จะช่วยทำให้ค่าอัตราการดูดซึมของดินเปลี่ยนแปลงได้เพราะรากพืชจะช่วยทำให้ดินร่วน ดังนั้น ถ้ามีการจัดระบบการปลูกพืชหมุนเวียนให้ดี เช่น ทำการปลูกพืชรากลึกบ้าง ตื้นบ้าง สลับกันจะช่วยทำให้ดินร่วนขึ้น ดินจะสามารถรับน้ำได้มากขึ้น

9. ปริมาณเกลือในดินและน้ำ ปัญหาเรื่องเกลือในดินจะมีผลต่อสภาพของดิน ถ้าในดินมีเกลือประเภทแคลเซี่ยมและแมกนีเซียม จะช่วยทำให้ดินดีขึ้น มีลักษณะร่วนซุยขึ้น แต่ถ้าหากว่าในดิน มีเกลือประเภทโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมซัลเฟต จะทำให้เกิดความเสียหายแก่ดินและจะทำให้ดินมีลักษณะแน่นทึบน้ำซึมผ่านยาก อาจจะแก้ไขได้โดยเติมสารเคมีพวกแคลเซียมซันเฟตหรือยิบซั่ม จะช่วยปรับปรุงดินและการถ่ายเทอากาศทำให้รากพืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น

ลักษณะการดูดซึมน้ำของดิน อัตราการดูดซึมน้ำของดินจะมีค่าสูงมากในตอนแรกที่เริ่มทำการให้น้ำและจะมีค่าน้อยลงเรื่อย ๆ หลังจากที่ให้น้ำไปแล้วช่วงเวลาหนึ่งค่าอัตราการดูดซึมน้ำของดินจะมีค่าเกือบคงที่ซึ่งอัตราการดูดซึมในช่วงนี้เรียกว่าอัตราการดูดซึมพื้นฐาน (Basic Intake Rate หรือ Infiltration Capacity) และได้มีผู้ให้นิยามว่า

" อัตราการดูดซึมพื้นฐาน คือ อัตราการดูดซึมน้ำของดินในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงอัตราการดูดซึมเท่ากับ 10 เปอร์เซนต์ต่อชั่วโมง " ซึ่งค่าโดยประมาณของดินชนิดต่าง ๆ จะแสดงไว้ในตารางที่ 5 และถ้าพิจารณาความลึกสะสม (Accumulated Depth) ของน้ำที่ซึมลงไปในดินจะเห็นว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ลักษณะการดูดซึมน้ำของดิน

ตารางที่ 5 ค่าโดยประมาณของอัตราการดูดซึมพื้นฐานของดินชนิดต่าง ๆ

เนื้อดิน	อัตราการดูดซึมพื้นฐาน มม. ต่อชั่วโมง
ดินทรายหยาบ (Coarse Sand)	10.0 - 25.5
ดินทรายละเอียด (Fine Sand)	12.5 - 19.0
ดินร่วนปนทรายละเอียด (Fine Sandy Loams)	12.5
ดินร่วนตะกอนทราย (Silty Loams)	10.0
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Loams)	7.5

การหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำของดิน วิธีการวัดหาอัตราการดูดซึมน้ำของดินจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของการให้น้ำชลประทาน เช่น ถ้าคาดว่าจะทำการให้น้ำชลประทานแบบท่วมเป็นผืน ซึ่งลักษณะการดูดซึมน้ำจะเป็นแบบการดูดซึมในแนวดิ่งแต่เพียงอย่างเดียวควรจะใช้วิธีการวัดแบบใช้ถังกลม (Infiltrometer) หรือวัดแบบให้น้ำท่วมขังบนผิวดินในแปลง (Ponding) ซึ่งทำได้ง่ายและสะดวก แต่ถ้าเป็นการให้น้ำแบบร่องคูซึ่งการดูดซึมน้ำมีทั้งแนวดิ่งและแนวราบก็ต้องใช้ วิธีการวัดอัตราการไหลเข้าและออกจากร่องคู (Inflow-Outflow)

ก. การวัดอัตราการดูดซึมน้ำของดินในถังกลม อุปกรณ์ในการวัดประกอบด้วยถังกลมแผ่นรองตอก เครื่องตอก และตะขอวัดระดับน้ำดังแสดงในรูปที่ 9 ถังกลมมีลักษณะเป็นถังเปิดหัว และเปิดท้ายทั้งสองด้าน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 25 เซนติเมตรและสูงไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร การวัดควรจะทำหลาย ๆ จุดเพื่อหาค่าเฉลี่ยและจุดที่ทำการวัดควรจะเป็นตัวแทนของดินในแปลงทั้งหมด เมื่อเลือกจุดที่จะทำการวัดได้แล้วจึงตอกถังกลมลงไปลึกประมาณ 15 เซนติเมตร และเติมน้ำลงไปในถังขณะเติมน้ำจะต้องระมัดระวังไม่ให้กระทบกระเทือนต่อผิวหน้าดินซึ่งจะช่วยได้มากถ้าใช้กระสอบหรือแผ่นพลาสติกคลุมผิวดินในถังเสียก่อนที่จะเติมน้ำ ทันทีที่เติมน้ำลงไปในถังจะต้องทำการวัดระดับน้ำด้วยตะขอวัดระดับน้ำ พร้อมทั้งจับเวลาและบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มจนกระทั่งอัตราการดูดซึมน้ำของดินมีค่าคงที่จึงหยุด

ขณะที่น้ำซึมลงไปถึงปลายถังด้านล่าง มันจะพยายามไหลซึมออกทางด้านข้าง ซึ่งจะมีผลทำให้อัตราการดูดซึมน้ำของดินที่วัดได้มีค่าสูงกว่าที่เกิดขึ้นจริง ๆ การไหลซึมของน้ำทางด้านนี้จะสามารถป้องกันได้โดยใช้ถังอีกใบหนึ่งซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าตอกครอบลงไปโดยให้ถังใบเล็กที่ใช้วัดอยู่ตรงกลางแล้วเติมน้ำลงไประหว่างถังทั้งสองใบให้ระดับน้ำเท่ากับในถังใบเล็ก โดยวิธีนี้ความกดดันของน้ำระหว่างถังทั้งสองจะป้องกันมิให้น้ำในถังใบเล็กซึมหนีออกทางด้านข้าง ซึ่งจะทำให้ค่าที่วัดได้ถูกต้องยิ่งขึ้น ในกรณีที่มีถังเพียงใบเดียวก็อาจใช้วิธีทำคันดินล้อมรอบถังที่ใช้วัดและเติมน้ำลงไป ระหว่างคันดินและถังเช่นเดียวกับการใช้ถังสองใบก็ได้

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าความลึกของน้ำเหนือผิวดินมีอิทธิพลต่ออัตราการดูดซึมน้ำ ของดินเพื่อที่จะให้ข้อมูลที่วัดได้สามารถใช้กำหนดระยะเวลาการให้น้ำได้ด้วย ความลึกของน้ำในถังจึงควรมีขนาดเดียวกันกับที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริง ๆ ในขณะให้น้ำแก่พืช และขณะที่บันทึกอัตราการ

ดูดซึมน้ำของดิน จะต้องคอยเติมน้ำในถังให้อยู่ที่ระดับเริ่มแรกเสมอ การเติมน้ำควรจะทำเมื่อน้ำในถังหายไปประมาณ 2-5 เซนติเมตร การจดบันทึกจะต้องทำจนกระทั่งค่าอัตราการดูดซึมน้ำของดินมีค่าเกือบคงที่ จึงหยุดและนำเอาข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาอัตราการดูดซึมน้ำของดินต่อไป

ถ้านำเอาความลึกของน้ำสะสม (Accumulated Depth) และเวลานับจากเริ่มต้นให้น้ำท่วมผิวดินมาเขียนลงในกระดาษกราฟ เราจะได้ความสัมพันธ์กันในรูปของสมการยกกำลัง

$$D = At^{B} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

เมื่อ D = ความลึกของน้ำสะสมที่ซึมลงไปในดิน (มิลลิเมตร)

t = ระยะเวลานับตั้งแต่เริ่มต้นให้น้ำ (นาที)

A และ B = เป็นค่าคงที่ของสมการ

ถ้านำเอาค่า D และ t ไปเขียนลงในกระดาษกราฟ log-log จะได้ความสัมพันธ์อยู่ในรูปของสมการเส้นตรง ซึ่งจะสามารถหาค่า A และ B ได้จากคุณสมบัติของกราฟเส้นตรงดังนี้

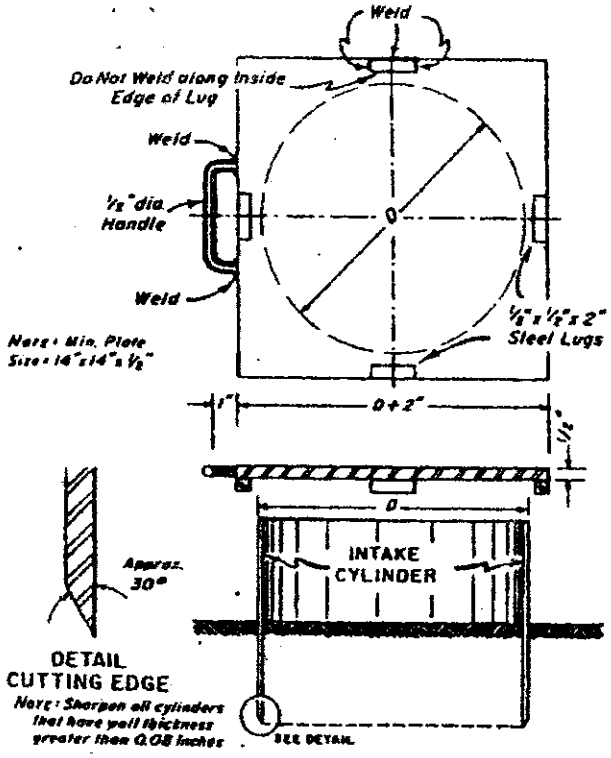
สมการ (10) นี้อาจเขียนใหม่ได้เป็น

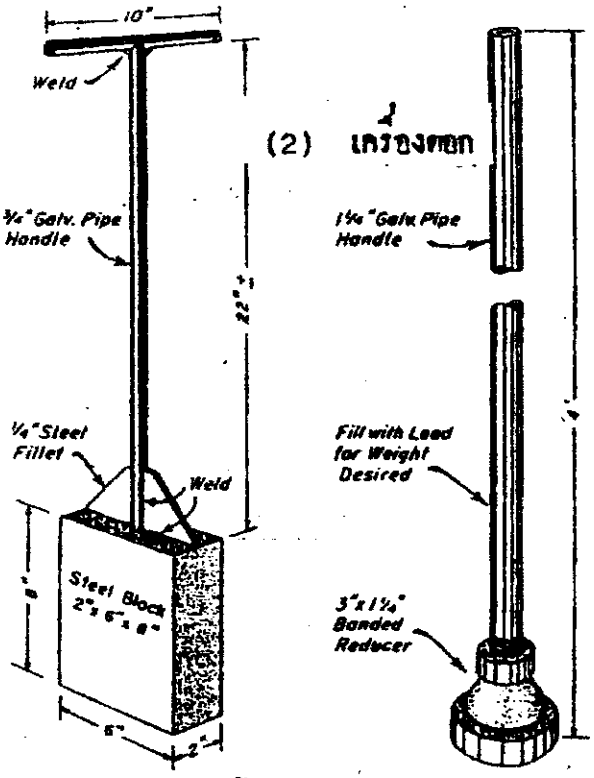
$$\log D = B \log t + \log A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

ซึ่งอยู่ในรูปของสมการเส้นตรง

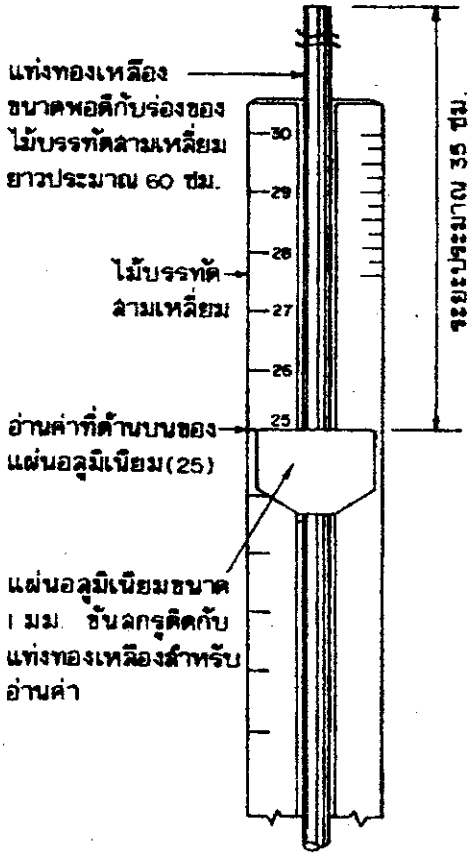
$$Y = mX + c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

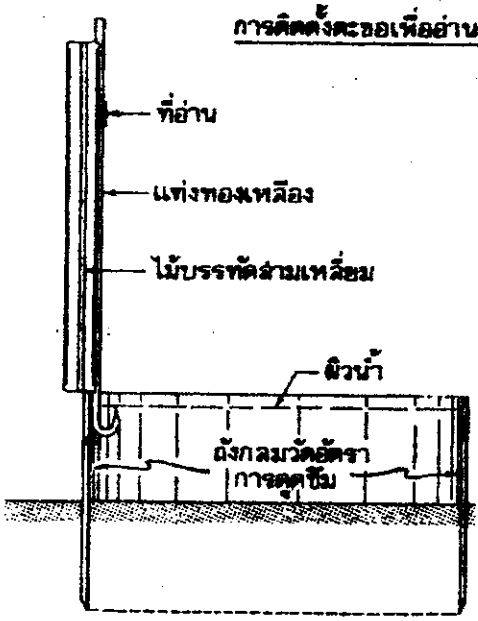
ในสมการ (12) นี้ x และ y เป็นค่าทางแกนราบและแกนตั้ง m เป็นความลาดเท (slope) ของเส้นซึ่งมีค่าเท่ากับ $\Delta y / \Delta x$ และ c เป็นค่าคงที่ซึ่งเท่ากับระยะทาง จากจุดกำเนิด (origin) ถึงจุดตัดระหว่างเส้นตรงกับแกน y ดูรูปที่ 10

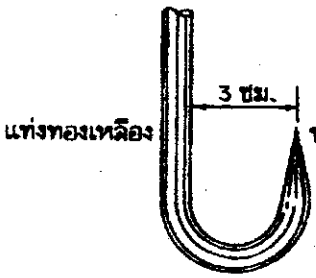




การติดตั้งตะขอเหยี่ยวด่า

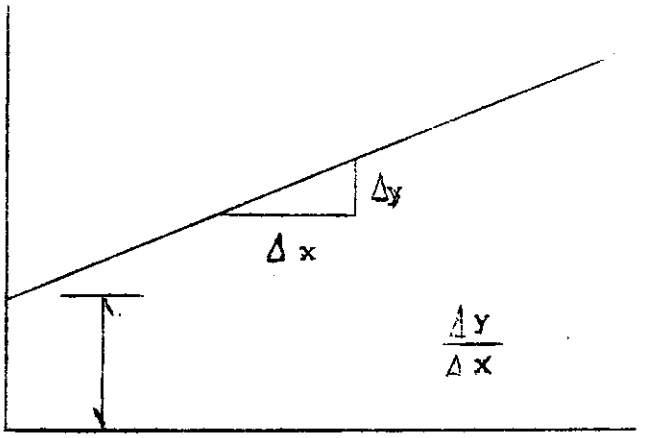






รายละเอียดตะขอวัดระดับน้ำ

รูปที่ 9 อุปกรณ์วัดอัตราการดูดซึมน้ำของดิน



รูปที่ 10 กราฟเส้นตรงของสมการ $y = mx + C$

จากคุณสมบัติดังกล่าวนี้ถ้าเราให้ D เป็นค่าทางแกนตั้ง และ t เป็นค่าทางแกนราบเราอาจคำนวณหาค่าของ A และ B ได้จากกราฟที่เขียนบนกระดาษ log-log โดย

B = ความลาดเทของเส้นและมีค่าเท่ากับระยะทาง (linear scale) ในแนวตั้งหารด้วยระยะทางในแนวราบระหว่างจุดสองจุดบนเส้น โดยปกติแล้วจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

A = ระยะทางจากจุดกำเนิด (Origin) ถึงจุดที่เส้นตัดกับแกนตั้งในที่นี้จะมีค่าเท่ากับความลึกของน้ำที่ซึมลงไปในดินสะสมที่เวลา t = 1 นาที

จากสมการความลึกของน้ำสะสมที่ซึมลงไปในดิน จะสามารถเปลี่ยนเป็นสมการดูดซึมน้ำของดินได้โดย

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

$$= \frac{d(At^B)}{dt}$$

$$= A.Bt^{B-1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

เมื่อ I = อัตราการดูดซึมน้ำ (มิลลิเมตร/นาที)

t = ระยะเวลานับตั้งแต่เริ่มต้นให้น้ำ (นาที)

ตามปกติแล้วมักจะใช้ค่า I มีหน่วยเป็นมิลลิเมตรต่อชั่วโมง จึงอาจเขียนสมการ (13) ใหม่ให้อยู่ในรูปง่าย ๆ ได้ดังนี้

$$I = kt^n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

เมื่อ I = อัตราการดูดซึมน้ำของดิน (มม./ชั่วโมง)

t = ระยะเวลานับตั้งแต่เริ่มต้นให้น้ำ (นาที)

k = เป็นระยะจากจุดกำเนิดถึงจุดที่กราฟตัดแกนตั้ง ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 60 A.B

n = ความลาดเทของกราฟ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ B - 1

<u>ตัวอย่างที่ 8</u> จากการทดลองหาอัตราการดูดซึมน้ำของดินในดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) ได้ผลดังตาราง จงหาสมการอัตราการดูดซึมน้ำของดินและการดูดซึมสะสม

ก. ถ้าต้องการจะให้น้ำแก่พืช 80 มม. จะต้องให้น้ำนานเท่าใด

ข. จงหาอัตราการดูดซึมน้ำของดิน หลังจากให้น้ำแล้ว 20 นาที และ 2 ชั่วโมง

<u>ข้อมูลอัตราการดูดซึมน้ำของดินที่วัดจากถังกลม</u>

ดิน : ดินร่วนปนทราย

ความชื้น : 10 % โดยน้ำหนักของดินแห้ง

เวลา (นาที			การดูดซึมน้ำของดิน (มม.)		
เวลา ...น.	เวลาต่าง	เวลาสะสม	ความลึก	ความลึกต่าง	ความลึกสะสม
10.55		0	63		0
56	1	1	66	3	3
59	3	4	71	5	8
11.01	2	6	72	1	9
05	4	10	76	4	13
17	12	22	84	8	21

ตัวอย่างที่ 8 (ต่อ)

เวลา (นาที)			การดูดซึมน้ำของดิน (มม.)		
เวลา ... น.	เวลาต่าง	เวลาสะสม	ความลึก	ความลึกต่าง	ความลึกสะสม
26	9	31	88	4	25
38	12	43	91	3	28
12.03	25	68	102	11	39
21	18	86	104	2	41
39	18	104	110	6	47
1.20	41	145	122	12	59
58	38	183	135	13	72

** วัดจากปากถังถึงผิวน้ำ

จากกราฟการดูดซึมสะสมระยะทางจากจุดกำเนิดถึงจุดตัดที่แกนตั้งเท่ากับ 3.7 และ slope ของเส้นเท่ากับ 0.56 ดังนั้นสมการของการดูดซึมสะสม (Accumulated Depth) คือ

$$D = 3.7\ t^{0.56}$$

โดย D มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร และ t มีหน่วยเป็นนาที จากสมการนี้เราสามารถหาสมการอัตราการดูดซึมน้ำของดินที่เวลาใดหลังจากให้น้ำได้ดังนี้

$$K = 60 \cdot A \cdot B$$

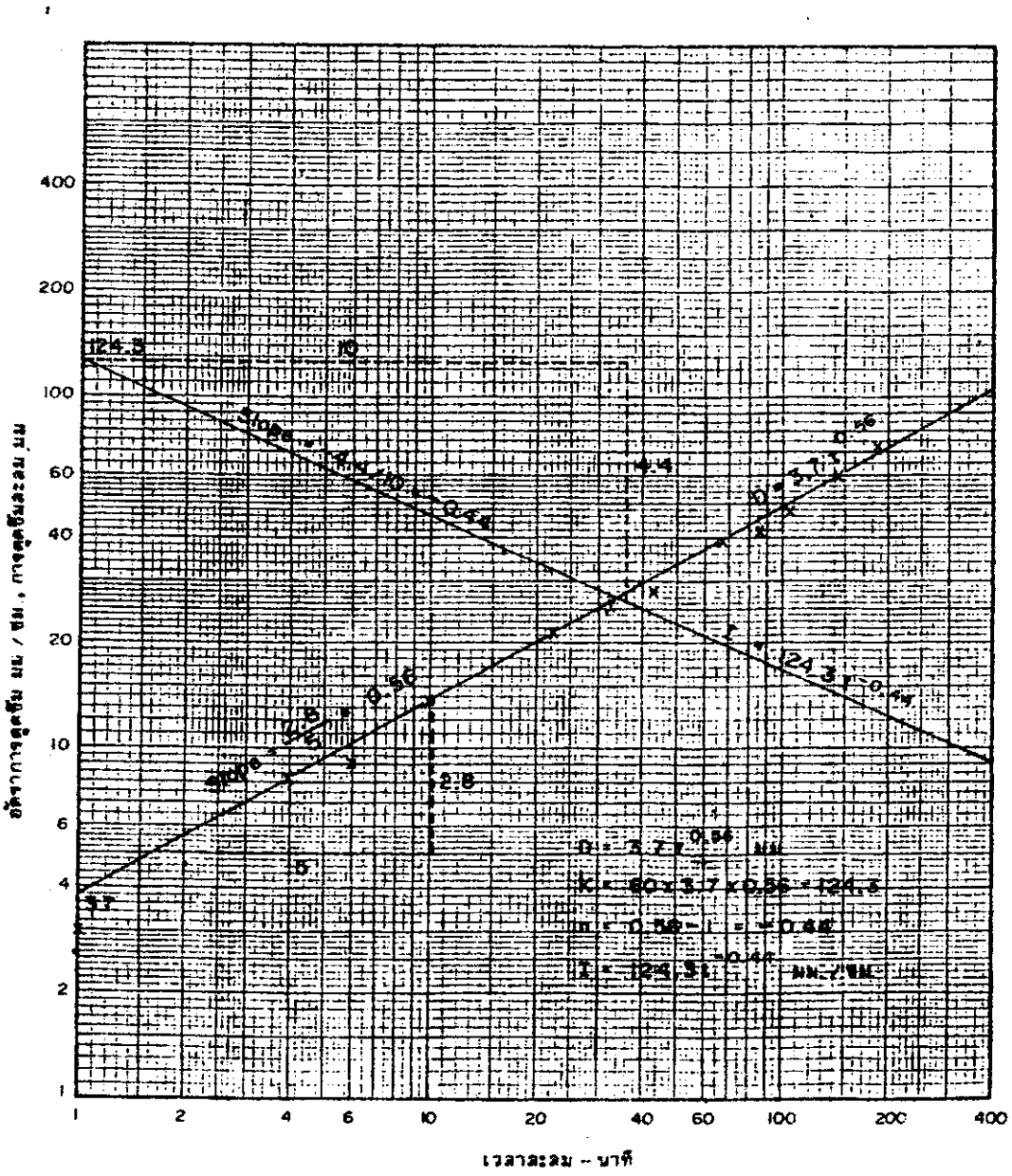
$$= 60 \times 3.7 \times 0.56 = 124.3$$

$$n = B - 1$$

$$= 0.56 - 1 = -0.44$$

$$I = 124.3\ t^{-0.44} \quad \text{มม./ชม.}$$

นำเอาค่าความลึกสะสม (D) และเวลาสะสม (t) ไปพล็อตลงในกระดาษ log-log จะได้กราฟดูดซึมสะสมเป็นกราฟเส้นตรง ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลา

เพื่อความสะดวกในการหาค่าอัตราการดูดซึมน้ำของดินที่ระยะเวลาต่าง ๆ ควรจะเขียนกราฟของสมการข้างบนลงในกระดาษ log - log โดยเริ่มจากจุดที่แกนตั้ง (I) มีค่าเท่ากับ 124.3 จากนั้นเขียนเส้นตรงซึ่งมีความลาดเทเท่ากับ -0.44 ซึ่งทำได้โดยลากเส้นในแนวราบให้ยาว 10 หน่วย แล้วลากเส้นในแนวดิ่งจากปลายของเส้นเดิมแต่อยู่ต่ำกว่า 4.4 หน่วย เมื่อลากเส้นต่อระหว่างจุดปลายของเส้นนี้กับจุดบนแกนตั้งที่มีค่า 124.3 ก็จะได้กราฟอัตราการดูดซึมน้ำของดินตามต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 11

ก. ต้องการหาว่าจะต้องให้น้ำแก่พืชนานเท่าใด อาจทำได้ 2 วิธีคือ โดยการอ่านกราฟหรือแทนค่าลงในสมการที่หามาได้

จากกราฟการดูดซึมสะสมที่ D มีค่าเท่ากับ 80 มม. จะได้ว่า t มีค่าเท่ากับ 245 นาที หรือถ้าต้องการให้น้ำแก่พืช 80 มม. จะต้องให้น้ำขังอยู่บนผิวดินนาน 245 นาที เวลาที่ใช้ในการให้น้ำนี้อาจคำนวณได้โดยแทนค่า D ลงในสมการที่หาได้คือ

$$D = 3.7\ t^{0.56}$$

$$80 = 3.7\ t^{0.56}$$

$$t = \left(\frac{80}{3.7}\right)^{\frac{1}{0.56}}$$

$$= 242 \text{ นาที}$$

ข. ค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินหลังจากให้น้ำแล้ว 20 นาที และ 2 ชม. เมื่ออ่านจากกราฟจะได้

$$I_{20} = 34 \text{ มม./ชม.}$$

$$I_{120} = 15 \text{ มม./ชม.}$$

ค่าเหล่านี้อาจจะคำนวณจากสมการที่หาได้คือ

$$I = 124.3t^{-0.44}$$

$$I_{20} = 124.3(20)^{-0.44}$$

$$= 33.33 \text{ มม./ชม.}$$

และ $I_{120} = 124.3(120)^{-0.44}$

$$= 15.1 \text{ มม./ชม.}$$

วิธีการวัดการดูดซึมของดินที่กล่าวมาข้างต้นเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะใช้เครื่องมือง่าย ๆ และวิธีการก็ง่าย แต่ยังมีวิธีการวัดอีกสองแบบซึ่งยังนิยมใช้กันอยู่และสมควรจะทราบคือ

ข. การวัดอัตราการดูดซึมน้ำของดินโดยการวัดปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและไหลออก (Inflow - Outflow)

วิธีที่กล่าวข้างต้นเป็นการวัดเมื่อทิศทางการไหลซึมของน้ำอยู่ในแนวดิ่ง ซึ่งเป็นลักษณะของการให้น้ำแบบท่วมผิวดิน แต่ในการให้น้ำทางร่องคู (Furrow Irrigation) ลักษณะการดูดซึมจะแตกต่างออกไป กล่าวคือทิศทางที่น้ำไหลซึมเข้าไปในร่องคูจะมีทั้งในแนวดิ่งและในแนวราบ ดังนั้นถ้าจะใช้วิธีวัดโดยถังกลมกับการให้น้ำทางร่องคูจึงไม่ถูกต้อง วิธีที่ใช้กันคือวัดความแตกต่างระหว่างอัตราที่น้ำไหลเข้าและออกจากช่วงความยาวของร่องช่วงหนึ่ง ค่าที่วัดได้นี้ก็คืออัตราที่น้ำซึมในร่องคูนั่นเอง

วิธีวัดทำโดยติดตั้งอาคารวัดน้ำขนาดเล็กไว้ที่หัวร่อง และที่จุดซึ่งอยู่ห่างออกไปทางท้ายร่องประมาณ 25-50 เมตร เริ่มวัดอัตราที่น้ำไหลเข้าเมื่อน้ำไหลมาถึงจุดกึ่งกลางระหว่างอาคารวัดน้ำทั้งสองและวัดครั้งต่อไปเมื่อน้ำไหลผ่านอาคารวัดน้ำอันหลังออกไปเล็กน้อย จากนั้นก็วัดต่อ ๆ ไปทุก 3-5 นาที หรือมากกว่านั้นจะได้ข้อมูลมากขึ้น การวัดทุกครั้งจะต้องวัดพร้อมกันทั้งสองแห่ง

เนื่องจากว่าอัตราที่น้ำไหลผ่านนิยมบอกเป็นปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยเวลา อัตราการซึมในร่องคูที่วัดได้จึงบอกเป็นปริมาตรต่อหนึ่งหน่วยเวลาต่อความยาวของร่องระหว่างอาคารวัดน้ำ เช่นลิตร/วินาที/25 เมตร หรือแกลลอน/นาที/100 ฟุต เป็นต้น หน่วยดังกล่าวนี้สามารถแปลงให้เป็น มม./ชม. หรือ นิ้ว/ชม. ได้โดยถือว่าพื้นที่รับน้ำในร่องเท่ากับระยะทางระหว่างอาคารวัดน้ำคูณด้วยระยะทางระหว่างร่อง (Furrow Spacing)

การรั่วซึมในแปลงนา (Percolation & Seepage)

การรั่วซึมในแปลงนาจะเกิดมีได้เป็นสองลักษณะคือ การรั่วซึมทางลึก (Percolation) ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการไหลซึมเลยเขตรากลงสู่ดินชั้นล่าง และการรั่วซึมทางด้านข้าง (Seepage) การรั่วซึมทั้งสองลักษณะจะเกิดขึ้นเมื่อดินอิ่มน้ำ (Saturation) หรือภายหลังดินได้ดูดซึมน้ำเป็นเวลานานจนกระทั่งอัตราการดูดซึมของดินมีค่าคงที่ ในขณะที่ดินอิ่มน้ำนี้น้ำในดินส่วนหนึ่งจะซึมลงดินชั้นล่างด้วยแรงดึงดูดของโลก และบางส่วนก็จะไหลไปตามทิศต่าง ๆ โดยรอบ ซึ่งค่าทั้งสองนี้ยากที่จะแยกออกจากกัน แต่นับว่ามีความสำคัญต่อการออกแบบระบบส่งน้ำและระบบแจกจ่ายน้ำในแปลงนาเป็นอย่างมาก เพราะเป็นการสูญเสียที่หลีกเลี่ยงไม่ได้เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ ฉะนั้น (Percolation & Seepage) จึงเป็นตัวการที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เพิ่มปริมาณน้ำชลประทานที่จะส่งให้แก่พืชมากกว่าปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริง

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการรั่วซึมน้ำของดินคือเนื้อดิน โครงสร้างของดิน ระดับน้ำใต้ดิน ความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ของดิน (Permeability) ความหนาแน่นของดิน ความลาดเทของชลศาสตร์ของน้ำใต้ดิน ความแตกต่างของระดับพื้นดิน ความลึกของชั้นดินทึบน้ำ

สำหรับในแปลงนาที่มีน้ำขังอยู่ตลอดเวลาจะถือว่าการรั่วซึมทางด้านข้างนั้นแปลงนาที่อยู่ใกล้เคียงสามารถนำออกไปใช้ได้ ส่วนการรั่วซึมทางลึกเป็นการสูญเสียน้ำที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจวัดเพื่อประโยชน์ในการคำนวณความต้องการน้ำชลประทานในแปลงนาซึ่งจะทำการวัดได้ง่าย ๆ โดยใช้ถังกลมเปิดปากเปิดก้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ตอกลงในดินลึกประมาณ 25 เซนติเมตร ทำฝาปิดป้องกันการระเหยในกรณีที่มีชั้นดินทึบน้ำเป็นแผ่นบาง ๆ อยู่ใกล้ผิวดิน เวลาตอกถังจะต้องไม่ให้ลึกจนทำให้ชั้นดินทึบน้ำฉีกขาด เติมน้ำให้ใกล้เคียงกับระดับน้ำในแปลงนาแล้วทำการวัดน้ำที่หายไปในแต่ละวัน จะได้ค่าการรั่วซึมทางลึก ของแปลงนาโดยประมาณนอกจากวิธีนี้แล้วยังมีวิธีการวัดอัตราการรั่วซึมในแปลงนาที่ปลูกข้าวจริง ๆ อีกโดยการติดตั้งเครื่องมือที่เรียกว่าบรรทัดเอียง (Sloping gauge) ดังรูปที่ 12 วิธีนี้ไม่มีการวัดปริมาณน้ำที่ไหลเข้าออกจากแปลงนา

หลักการของบรรทัดเอียงก็เพียงแต่ว่าในแปลงนาข้าวจะมีปริมาณน้ำที่เกี่ยวข้องอยู่ 5 ชนิดคือ น้ำชลประทาน (IR) การใช้น้ำของข้าว (ET) น้ำฝน (RN) น้ำที่ระบายออก (DR) และน้ำที่สูญเสียโดยการรั่วซึม (S&P) ดังนั้น ถ้าไม่มีน้ำไหลเข้าออกแปลงนานั้นแล้ว น้ำในแปลงนาก็จะมีการสูญเสียเพียงสองทางคือ ET + (S&P) ซึ่งจะสามารถหาได้โดยวัดระดับน้ำที่ลดลงประจำวันในแปลงนา สำหรับค่า ET ของข้าวนั้นสามารถหาในแปลงนาได้ ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป ดังนั้นเมื่อนำค่า ET ไปลบออก แล้วก็จะได้ค่า S&P หลักใหญ่ของการใช้บรรทัดเอียงก็คือจะต้องไม่มีน้ำล้นเข้าออกแปลงนา

เนื่องจากระดับน้ำในแปลงนาที่ลดลงในแต่ละวันมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 1 เซนติเมตร ดังนั้นเพื่อให้การวัดระดับน้ำทำได้ละเอียดขึ้น ไม้บรรทัดที่ใช้ติดตั้งต้องเอียง 1 ต่อ 5 เพื่อที่จะได้ขยายการวัดให้มีช่วงกว้างขึ้น โดยสามารถคำนวณหา S&P จากสมการ

$$(S \& P)_t = \frac{(WD_{t-1} - WD_t)}{5} - ET_t \quad \text{..... (15)}$$

(S & P) = อัตราการรั่วซึม มม./วัน

WD = ระดับน้ำที่วัดได้จากบรรทัดเอียง มม.

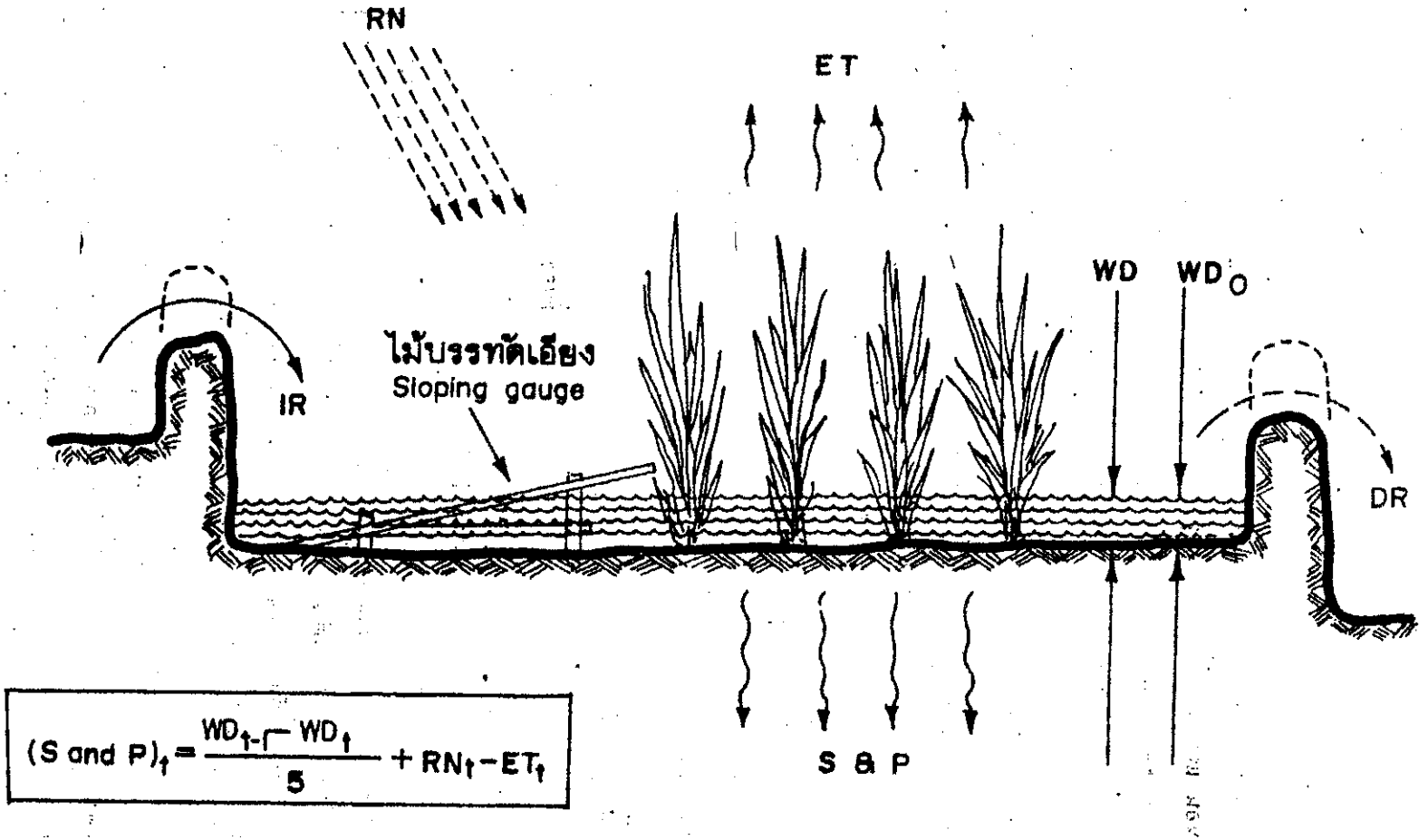
t = วันที่ทำการวัด

ถ้าวันไหนมีฝนตกจะต้องบวกอัตราการรั่วซึมด้วยปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ แต่มีข้อแม้ว่าการที่ฝนตกต้องไม่ทำให้เกิดน้ำล้นแปลงนา

จากที่มีผู้เคยทำการประเมินไว้ว่า สำหรับดินเหนียวและมีระดับน้ำใต้ดินตื้น จะมีการสูญเสียประมาณวันละ 1-2 มิลลิเมตร แต่ถ้าเป็นสภาพดินทรายและมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึก อาจจะมีการสูญเสียของน้ำมากถึงวันละ 7-10 มม. ซึ่งวิธีที่จะลดปริมาณการสูญเสียของน้ำโดยการรั่วซึม ลงไปในดินให้น้อยลง อาจจะทำได้โดยการทำเทือกหลาย ๆ ครั้ง เพราะนอกจากจะทำให้ดินอัดแน่นขึ้นแล้ว ยังเป็นการช่วยกำจัดวัชพืชในแปลงนาอีกด้วย

ในกรณีที่มีน้ำต้นทุนอย่างจำกัด ข้อเสนอแนะในการปลูกพืชตามลักษณะของการสูญเสียของน้ำโดยการรั่วซึมลงไปในดินมีดังนี้คือ

การร่วซึม	ข้อเสนอแนะ
1 - 3 มม./วัน	ทำนาได้ทั้งฤดูฝน (นาปี) และฤดูแล้ง (นาปรัง)
3 - 5 มม./วัน	ทำนาในฤดูฝน และปลูกพืชไร่ฤดูแล้ง
มากกว่า 5 มม./วัน	ควรปลูกพืชไร่หรือพืชที่ใช้น้ำน้อยกว่าข้าว



$$(S \text{ and } P)_t = \frac{WD_{t-1} - WD_t}{5} + RN_t - ET_t$$

รูปที่ 12 แสดงบรรทัดเอียงสำหรับวัดการรั่วซึมของน้ำในแปลงนา

บทที่ 7

การกำหนดการให้น้ำแก่พืช

วิบูลย์ บุญยอโรกุล

ในการชลประทาน หรือการให้น้ำแก่พืชเพื่อให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลตอบแทนสูงนั้น เรามักจะพบกับปัญหาซึ่งเป็นหัวใจของการชลประทานอยู่เสมอคือ เมื่อไรจึงควรจะให้น้ำแก่พืช และให้เป็นปริมาณมากน้อยเท่าใด ถ้าหากทราบคำตอบทั้งสองข้อนี้ก็ย่อมเป็นที่แน่ใจได้ว่า การชลประทานนั้นจะสัมฤทธิ์ผลโดยการเพิ่มผลผลิตขึ้นได้อย่างแน่นอน แต่ก่อนที่จะให้คำตอบนี้ได้นั้นเราจำเป็นต้องทราบข้อมูลเกี่ยวกับพืช ดิน และน้ำ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการชลประทานเสียก่อน สิ่งที่เราต้องการทราบก็มี

1) ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ระยะเวลาต่าง ๆ ตลอดอายุของมัน

2) ความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก

3) ปริมาณน้ำที่จะหามาทำการชลประทานได้ และกำหนดเวลาที่จะได้รับน้ำนั้น

ปริมาณน้ำที่พืชต้องการที่ระยะเวลาต่าง ๆ ตลอดอายุของมัน และความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก เป็นข้อมูลสำคัญเบื้องต้นซึ่งจะต้องนำมาใช้หาความถี่ในการให้น้ำ และปริมาณที่จะต้องให้ในแต่ละครั้ง อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งเราไม่สามารถจะให้แก่พืชได้เต็มจำนวนตามที่มันต้องการเสมอไปเนื่องจากว่าน้ำที่มีอยู่นั้นมีจำนวนจำกัด หรือในขณะที่พืชกำลังต้องการน้ำนั้นยังไม่ถึงกำหนดส่งน้ำจากโครงการชลประทาน ดังนั้น จึงต้องทราบด้วยว่าจะมีน้ำที่สามารถให้แก่พืชได้อย่างแน่นอนเท่าไรและมีหมายกำหนดการส่งน้ำอย่างไร เพื่อที่ว่าจะได้จัดเวลาที่ยอมให้พืชขาดน้ำอยู่ในช่วงที่จะกระทบกระเทือนต่อผลผลิตน้อยที่สุด หรือถ้ามีน้ำมากพอแต่การส่งน้ำนั้นไม่ตรงกับที่พืชต้องการ ก็จะได้จัดเตรียมเก็บกักน้ำไว้ใช้ในช่วงที่มิได้มีการส่งน้ำด้วย

พืชกับการกำหนดการให้น้ำ

พืชที่กำลังเจริญเติบโตย่อมมีการใช้น้ำอยู่ตลอดเวลา อัตราการใช้น้ำจะขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิและสภาพของภูมิอากาศอื่น ๆ การให้น้ำแก่พืชในแต่ละครั้งปริมาณที่ให้ควรจะมากพอกับความต้องการของพืชไปจนกว่าจะถึงกำหนดการให้น้ำคราวหน้า ซึ่งอาจจะมีระยะเวลาตั้งแต่สองสามวันจนถึงสองสามอาทิตย์ ความถี่ในการให้น้ำเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องพิจารณากันอย่างรอบคอบเพราะว่าพืชบางชนิดเช่น พวกผักต่าง ๆ ต้องการให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลา ถ้าดินแห้งผลผลิตจะต่ำหรือมีคุณภาพเสื่อมลง แต่พืชบางชนิด เช่น ส้มและไม้ผลอื่น ๆ อีกหลายอย่าง ต้องให้มีการขาดน้ำบ้างเล็กน้อยเสียก่อนจึงจะออกดอกออกผลดังนั้น การกำหนดความถี่ในการให้น้ำจึงจำเป็นต้องทราบอุปนิสัยของพืชที่ปลูกด้วย โดยทั่ว ๆ ไปแล้วการกำหนดเวลาที่ควรจะให้น้ำแก่พืชอาจทำได้สองแบบคือ โดยการสังเกตลักษณะอาการของพืชและโดยการพิจารณาจากจำนวนความชื้นที่ยังเหลืออยู่ในดิน

การกำหนดการให้น้ำโดยสังเกตจากลักษณะอาการของพืชนั้นสามารถใช้ได้กับพืชเพียงบางชนิด เช่น พืชที่มีรากเป็นหัวจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาเมื่อเริ่มขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตอนบ่ายที่มีอากาศร้อนจัด ถั่วฝักยาว เมื่อเริ่มมีการขาดน้ำใบอ่อนของมันจะมีสีเขียวเข้มขึ้นกว่าปกติ สำหรับไม้ผลไม่ควรจะกำหนดการให้น้ำโดย

หมายเหตุ เอกสารทั้งหมดนี้คัดลอกจากหนังสือ "หลักการชลประทาน" โดย รศ.ดร. วิบูลย์ บุญยอโรกุล ซึ่งสงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

วิธีนี้ เพราะกว่าจะสังเกตพบพืชอาจจะขาดน้ำติดต่อกันเป็นเวลาหลายวันแล้ว ซึ่งจะทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพและปริมาณลดลง

พืชทุกชนิดเมื่อมีการขาดน้ำจะลดอัตราการเจริญเติบโตลง ดังนั้น ถ้าไม่จำเป็นแล้วควรให้พืชมีน้ำใช้อย่างเพียงพออยู่เสมอ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วเราจะกำหนดเวลาที่ต้องให้น้ำแก่พืชโดยการพิจารณาจากจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้(Available Moisture) ที่ยังมีเหลืออยู่ในดิน เพราะจำนวนความชื้นดังกล่าวนี้เท่านั้นที่จะบอกว่าพืชกำลังขาดน้ำอยู่หรือเปล่า

การที่จะให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและให้ผลผลิตสูง จะต้องคอยควบคุมจำนวนความชื้นในดินให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะอยู่เสมอ พืชส่วนใหญ่สามารถดูดน้ำจากดินไปใช้ได้เป็นอย่างดีถ้าดินมีความชื้นสูง เมื่อความชื้นในดินลดลงแรงดึงความชื้นของดินก็จะเพิ่มขึ้น ถ้าหากไม่มีน้ำมาเพิ่มความชื้นให้แก่ดินในที่สุดพืชจะไม่สามารถดูดน้ำมาใช้ให้เพียงพอกับความต้องการได้ อัตราการเจริญเติบโตก็จะลดลงหรือหยุดเจริญเติบโต แต่ถ้าหากมีการให้น้ำแก่พืชในตอนนี้ พืชบางชนิดจะสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ตามปกติโดยมีการเสียหายเพียงเล็กน้อยหรือไม่เสียหายเลย พืชบางชนิดอาจจะเสียหายมากถ้าหากความชื้นในดินอยู่ใกล้ขีดเฉา (Wilting Point) ติดต่อกันเป็นเวลาหลายวัน ถึงแม้ว่ามันอาจจะเจริญเติบโตต่อไปได้ แต่จะพบว่าผลผลิตที่ได้ลดลงไป

เนื่องจากว่าระดับความเสียหายที่เกิดจากการขาดน้ำนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช ดังนั้นในเมื่อมีความจำเป็นที่จะต้องยอมให้พืชขาดน้ำ ก็ควรจะเลือกให้อยู่ในระยะที่กระทบกระเทือนต่อผลผลิตน้อยที่สุด เช่นการทดลองให้น้ำข้าวโพดพบว่า ถ้าให้ความชื้นในดินลดลงจนถึงขีดเฉาเป็นเวลา 1 ถึง 2 วันในช่วงที่ข้าวโพดกำลังออกช่อดอก(Tasseling)จะทำให้ผลผลิตลดลงได้มากถึง 22 เปอร์เซนต์ และถ้าให้ขาดน้ำในช่วงนี้ติดต่อกันเป็นเวลา 6 ถึง 8 วันผลผลิตอาจจะลดลงถึง 50 เปอร์เซนต์ ดังนั้นถ้าต้องการปลูกข้าวโพดให้ได้ผลผลิตสูงแล้วก็จะต้องป้องกันมิให้ความชื้นในดินลดลงใกล้ขีดเฉาเลยตลอดอายุของมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่กำลังออกช่อดอก

สำหรับพืชบางชนิด เช่น ฝ้าย ซึ่งมีการใช้น้ำในดินอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าพืชชนิดอื่น อาจไม่จำเป็นต้องให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลา แต่ถ้าหากมันขาดน้ำผลผลิตก็จะลดลงเช่นเดียวกัน โดยปกติแล้วควรจะให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลาหลังจากที่มันเริ่มออกดอกแล้ว สำหรับยาสูบ ในระยะแรกไม่ควรให้น้ำมากนัก แต่ควรจะให้ดินมีความชื้นสูงอยู่เสมอในช่วงหลังของการเพาะปลูก

พืชเกือบทุกชนิดจะให้ผลผลิตน้อยลงหรือมีคุณภาพเลวลงถ้ามีการขาดน้ำที่ระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ระยะเวลาที่เมื่อมีการขาดน้ำแล้วจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตมากที่สุดเรียกว่า ช่วงวิกฤติ (Critical Period) ดังนั้น ในช่วงระยะเวลาดังกล่าวนี้จะต้องคอยรักษาให้ดินมีความชื้นสูงอยู่เสมอ ช่วงวิกฤติในความต้องการน้ำของพืชชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกกันทั่ว ๆ ไปแสดงไว้ในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ช่วงวิกฤติ(Critical Period) ในความต้องการน้ำของพืชชนิดต่าง ๆ

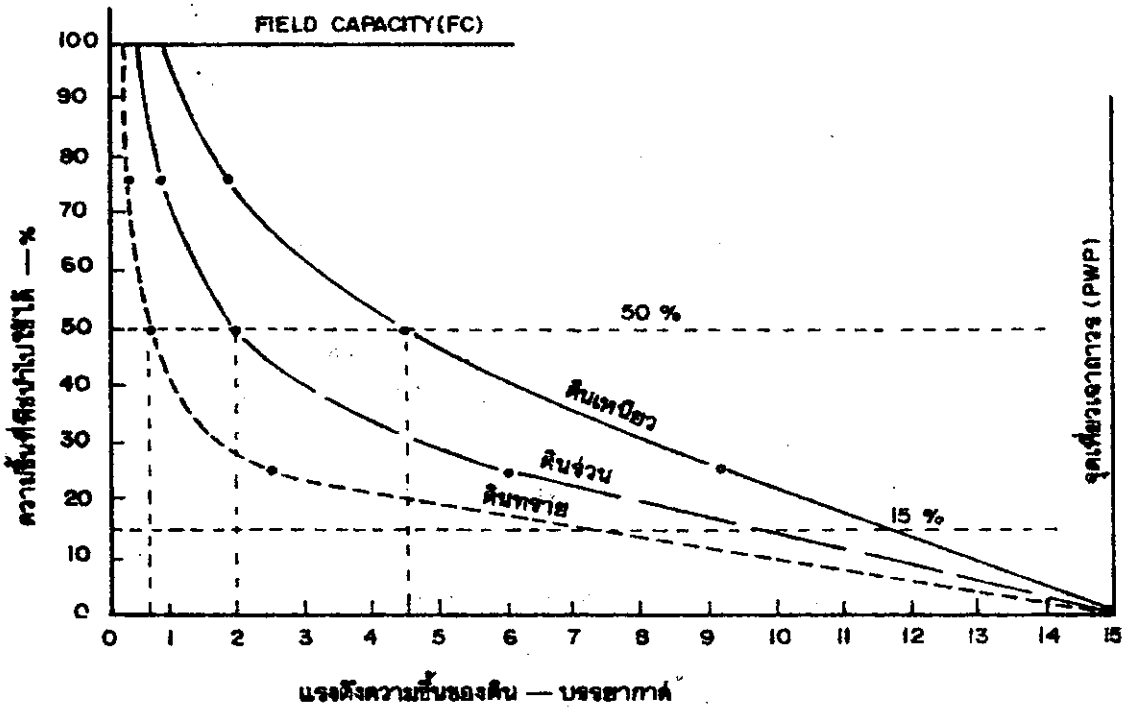
พืช	ช่วงวิกฤติ
กะหล่ำปลี	ใบเริ่มห่อเป็นหัวและหัวกำลังโต
กะหล่ำดอก	ต้องการความชื้นในดินสูงตลอดฤดูการปลูก
ข้าว	จากตั้งท้องถึงออกรวง(Booting to Heading)
ข้าวโพด	ช่วงผสมเกสรจากออกช่อดอกจนถึงมีเนื้อเต็มเมล็ด รองลงมาเป็นช่วงก่อนออกช่อดอก และรองลงมาเป็นช่วงที่เมล็ดกำลังจะเต็ม ช่วงผสมเกสรจะวิกฤติมากถ้าหากข้าวโพดไม่เคยขาดน้ำมาก่อน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

ดินกับการกำหนดการให้น้ำ

ถึงแม้ว่าการรักษาความชื้นของดินให้อยู่ในระดับสูงอยู่เสมอเป็นสิ่งที่จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและให้ผลผลิตสูง แต่ในทางปฏิบัติแล้วเราไม่สามารถจะรักษาความชื้นของดินให้อยู่ที่ระดับใดระดับหนึ่งตลอดฤดูการเพาะปลูกได้ นอกจากนั้นพืชแต่ละชนิดยังต้องการให้ดินมีจำนวนความชื้นแตกต่างกันอีกด้วย พืชบางชนิดต้องการให้ดินมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลาจึงจะให้คุณภาพและปริมาณของผลผลิตดี กล่าวคือ จะต้องไม่ยอมให้ความชื้นของดินลดลงไปใกล้ขีดเฉา(Wilting point) เลย ระดับความชื้นก่อนการให้น้ำเป็นสิ่งที่จะ

บอกว่าดินนั้นมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลาหรือไม่ เราอาจถือว่าถ้าดินยังมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลืออยู่ประมาณสองในสาม หรือประมาณ 66 เปอร์เซนต์แล้วดินนั้นยังชื้นอยู่ แต่ถ้าความชื้นดังกล่าวเหลืออยู่เพียงหนึ่งในสาม หรือประมาณ 33 เปอร์เซนต์ก็ถือว่าดินนั้นแห้ง

ระดับความชื้นของดินก่อนการให้น้ำอาจจะเทียบหาได้จากแรงดึงความชื้นของดิน ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นของดิน (Soil Moisture Tension) กับจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture)มีลักษณะดังเช่นรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นของดินกับจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้

จากรูปนี้จะเห็นว่า ที่ Field capacity ดินมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ 100 เปอร์เซนต์ และที่ขีดเฉา (Wilting point) ดินไม่มีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เลย

เนื่องจากช่องว่างระหว่างเม็ดดินของดินแต่ละชนิดมีขนาดไม่เท่ากัน น้ำในดินที่มีเนื้อหยาบ เช่นทรายจะถูกดูดไปใช้เกือบหมดโดยใช้แรงดึงความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ในดินที่มีเนื้อละเอียดจะยังคงมีความชื้นเหลืออยู่อีกเป็นจำนวนมากเมื่อใช้แรงดึงความชื้นขนาดเดียวกัน หรือถ้าพิจารณาทางด้านความชื้นในดินที่ยังเหลืออยู่ ที่ระดับความชื้นที่ยังเหลืออยู่ 50 เปอร์เซนต์ดินเหนียวจะมีแรงดึงความชื้นประมาณ 4.5 บรรยากาศ ส่วนดินร่วนและดินทรายจะมีแรงดึงความชื้นประมาณ 2.0 และ 0.75 บรรยากาศตามลำดับ อย่าลืมว่ารากพืชจะต้องออก

แรงดึงดูดความชื้นมากกว่าแรงดึงความชื้นของดินจึงจะได้น้ำไปใช้ โดยปกติแล้วรากพืชมีแรงดูดน้ำจากดินได้ขนาดหนึ่ง เมื่อแรงดึงความชื้นของดินเพิ่มขึ้น หรือดินแห้งมากขึ้นรากพืชก็จะต้องใช้แรงดูดน้ำมากขึ้นและจะดูดน้ำจากดินได้น้อยลง เมื่ออัตราที่รากดูดน้ำได้น้อยกว่าที่มันคายออกทางใบพืชก็จะขาดน้ำและเกิดการเหี่ยวเฉา ดังนั้น จากตัวอย่างดินทั้งสามที่กล่าวนี้ ถ้าต้องการให้น้ำเมื่อความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลือ 50 เปอร์เซนต์ ก็จะต้องให้น้ำเมื่อดินเหนียว ดินร่วน และดินทรายมีแรงดึงความชื้น 4.5, 2.0 และ 0.75 บรรยากาศตามลำดับ

ดังได้กล่าวแล้วว่า ความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ได้จะยังคงสูงอยู่ถ้าหากแรงดึงความชื้นต่ำ ดังนั้น อาจพบว่าผลผลิตที่ได้จะแตกต่างกันถ้าให้น้ำเมื่อความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลือ 50 เปอร์เซนต์เท่า ๆ กัน ที่เป็นดังนี้เพราะพืชจะต้องออกแรงดึงดูดความชื้นจากดินเหนียวมากกว่าดินร่วนหรือดินทราย และจะพบว่า พืชที่ปลูกในดินเหนียวจะแสดงอาการขาดน้ำก่อนถึงแม้ว่ายังมีความชื้นเหลืออยู่มากกว่าก็ตาม แต่ถ้าหากให้น้ำเมื่อแรงดึงความชื้นมีค่าเท่า ๆ กันจะพบว่าผลผลิตที่ได้แตกต่างกันไม่มากนักทั้ง ๆ ที่ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลืออยู่แตกต่างกันมาก เช่น ถ้าให้น้ำเมื่อแรงดึงความชื้นในดินเท่ากับ 2.0 บรรยากาศ ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ในดินเหนียว ดินร่วน และดินทราย จะเหลืออยู่ 75, 50 และ 27 เปอร์เซนต์ เป็นต้น

ไม่ว่าความถี่ในการให้น้ำจะกำหนดจากแรงดึงความชื้น หรือจากจำนวนความชื้นที่ยังเหลืออยู่ก็ตาม เราไม่สามารถใช้ค่าดังกล่าวนี้กับพืชหรือดินทุกชนิดได้ ค่าเหล่านี้ควรจะทดลองหาจากแปลงเพาะปลูกโดยตรง นอกจากนั้นความถี่ในการให้น้ำควรจะพิจารณาจากค่าแรงและอุปกรณ์ในการให้น้ำ และจากการเปรียบเทียบปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ตลอดจนราคาของผลผลิตในท้องตลาดด้วยว่าถ้ามีการควบคุมความชื้นในดินให้อยู่ในระดับที่ต้องการแล้วจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าหรือไม่

ในเขตแห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้งน้ำที่พืชได้รับส่วนใหญ่เป็นน้ำชลประทาน จากการศึกษาพบว่าควรจะให้น้ำเมื่อความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ลดลงประมาณ 50 เปอร์เซนต์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งถ้าหากหลังการให้น้ำทุกครั้งดินมีความชื้นที่ Field capacity ดินจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้อยู่ระหว่าง 50 ถึง 100 เปอร์เซนต์ตลอดเวลา

สำหรับในเขตชุ่มชื้นน้ำที่พืชใช้ส่วนใหญ่อาจมาจากฝน ดังนั้นการให้น้ำจึงทำกันเฉพาะในช่วงที่ขาดฝน และถ้าหากต้องการจะใช้น้ำฝนให้มากที่สุดเพื่อเป็นการประหยัดน้ำชลประทานแล้ว ก็จะต้องจัดที่ไว้สำหรับเก็บน้ำฝนให้มากที่สุด นั่นก็คือ ยอมให้ความชื้นในดินลดลงมาใกล้ขีดเฉาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยไม่กระทบกระเทือนต่อผลผลิต

การกำหนดค่าความชื้นที่ยังเหลืออยู่ก่อนการให้น้ำ จะต้องพิจารณาทั้งความสะดวกในการให้น้ำ และความชื้นที่พืชต้องการเพื่อให้เกิดผลผลิตสูงสุดด้วย ในบางครั้งเกษตรกรอาจจะยังไม่ต้องการให้น้ำเนื่องจากความชื้นในดินยังสูงอยู่ และเกรงว่าอีกสองสามวันข้างหน้าจะมีฝนตกลงมาอีก อย่างไรก็ตาม จากการทดลองพบว่า สำหรับพืชทั่ว ๆ ไปอาจจะยอมให้พืชดูดเอาความชื้นไปใช้ 40 ถึง 50 เปอร์เซนต์แล้วจึงให้น้ำ แต่ถ้าเป็นพืชที่มีราคาแพงซึ่งถ้าให้ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ลดลงมากแล้วจะทำให้ปริมาณหรือคุณภาพของผลผลิตลดลง ก็อาจจะต้องให้น้ำเมื่อดินยังมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลืออยู่ 65 ถึง 70 เปอร์เซนต์ เป็นต้น

การกำหนดค่าความชื้นที่ยังเหลืออยู่ก่อนการให้น้ำเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะว่าพืชจะไม่สามารถดูดน้ำ

มาใช้ให้พอเพียงกับความต้องการได้ถ้าหากความชื้นในดินลดลงใกล้ขีดเฉา เนื่องจากแรงดึงความชื้นจะสูงมาก จากการทดลองพบว่าผลผลิตของพืชเกือบทุกชนิดจะลดลงถ้าหากความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ลดลงเหลือ 20 เปอร์เซนต์ หรือต่ำกว่า สำหรับพืชและดินบางชนิดผลผลิตอาจจะลดลงได้เมื่อความชื้นลดลงเหลือ 30 ถึง 50 เปอร์เซนต์

จำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ที่ยังเหลืออยู่ในดิน ในระดับที่เริ่มจะกระทบกระเทือนต่อผลผลิตนี้เรียกว่า ระดับความชื้นวิกฤติ (Critical Moisture Level) หรือบางทีเรียกสั้น ๆ ว่า จุดวิกฤติ (Critical Point) ค่าดังกล่าวนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของดินและพืชที่ปลูก จากรูปที่ 7.1 จะเห็นได้ว่าที่ระดับความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เหลือเท่ากับ 15 เปอร์เซนต์ แรงดึงความชื้นสำหรับดินทราย ดินร่วน และดินเหนียวจะมีค่าเท่ากับ 7.3, 9.8 และ 11.8 บรรยากาศตามลำดับ ถ้าพิจารณาจากแรงดึงความชื้นของดินแล้ว พืชจะสามารถดูดน้ำจากดินทรายได้ง่ายกว่าดินร่วนหรือดินเหนียว อย่างไรก็ตาม เนื่องจากว่าดินทรายมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้น้อย ที่แรงดึงความชื้น 7.3 บรรยากาศความชื้นในดินทรายก็ลดลงไปใกล้ขีดเฉาแล้ว ดังนั้น เพื่อความปลอดภัยจึงไม่ควรให้ความชื้นในดินทรายลดลงไปต่ำกว่า 15 เปอร์เซนต์ ส่วนดินเหนียวซึ่งมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากกว่า ถึงแม้ว่าพืชจะต้องออกแรงดูดน้ำมากกว่า แต่ที่ระดับความชื้นที่เหลืออยู่ 15 เปอร์เซนต์นั้น เมื่อคิดออกมาเป็นปริมาณน้ำแล้วจะยังคงมีน้ำเหลืออยู่มากกว่าในดินทรายมาก ดังนั้นพืชจะยังมีน้ำใช้มากกว่า

ด้วยเหตุนี้ถ้าจะป้องกันมิให้พืชต้องขาดน้ำแล้ว การกำหนดระดับความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ที่ยังเหลืออยู่จะต้องพิจารณาจากดินและพืชเป็นราย ๆ ไป สำหรับการออกแบบระบบการชลประทาน ระดับความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ที่ยังเหลืออยู่ในดินสำหรับการออกแบบควรอยู่ระหว่าง 15 ถึง 20 เปอร์เซนต์

องค์ประกอบอื่น ๆ กับการกำหนดการให้น้ำ

การกำหนดการให้น้ำ นอกจากจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของดินและพืชที่ปลูกแล้ว ยังมีองค์ประกอบอย่างอื่นที่จะต้องนำเข้ามาพิจารณาด้วยคือ สภาพภูมิอากาศ และการจัดการเพาะปลูก สภาพภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องก็มี รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศ และความยาวของชั่วโมงกลางวันตลอดฤดูการเพาะปลูกเป็นต้น สภาพภูมิอากาศเหล่านี้จะมีผลต่อปริมาณการใช้น้ำของพืชซึ่งจะต้องนำมาใช้หาความถี่ในการให้น้ำนั่นเอง สำหรับองค์ประกอบเกี่ยวกับการจัดการเพาะปลูกก็ได้แก่ ช่วงของฤดูที่ทำการเพาะปลูกและเก็บเกี่ยว ความหนาแน่นของพืชที่ปลูกต่อไร่ วิธีการและค่าใช้จ่ายในการให้น้ำ และการใช้ปุ๋ย เป็นต้น

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทุกอย่างแล้วอาจสรุปได้ว่า เราสามารถแบ่งการกำหนดการให้น้ำเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งต้องการการให้น้ำบ่อยครั้งจึงจะให้ผลผลิตสูง ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งไม่จำเป็นต้องให้น้ำบ่อยครั้งนักก็ได้

กลุ่มที่ต้องการการให้น้ำบ่อยครั้ง มีสภาวะของพืช ดิน ภูมิอากาศ และการจัดการเพาะปลูกดังนี้คือ

ก. พืช

1. มีรากตื้น ไม่หนาแน่น และอัตราการแผ่ขยายต่ำ
2. การเจริญเติบโตส่วนใหญ่อยู่ในช่วงที่ไม่มีฝน หรือช่วงที่มีการระเหยและคายน้ำมาก

3. ผลผลิตที่ต้องการเป็น ลำต้น ใบ ดอก หรือผลสด

ข. ดิน

1. ชั้นดินตื้น โครงสร้างของดินไม่ดีทำให้รากแผ่ขยายออกไปได้แคบและตื้น
2. อัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดินต่ำ การระบายน้ำในดินไม่ดี และมีการถ่ายเทอากาศไม่ดี
3. มีโรคที่เป็นอันตรายต่อรากพืชอยู่ในดิน
4. ดินระบายน้ำออกมาให้พืชได้น้อยเมื่อใช้แรงดึงความชื้นต่ำ
5. เป็นดินเค็ม และ/หรือน้ำชลประทานมีเกลือละลายอยู่เป็นปริมาณมาก
6. มีปุ๋ยอยู่ในดินเป็นปริมาณมาก หรือปุ๋ยส่วนใหญ่อยู่ในดินชั้นบน
7. ดินมีอุณหภูมิสูงมาก และพืชมีรากตื้น

ค. ภูมิอากาศ

1. มีลักษณะที่ทำให้อัตราการระเหยและการคายน้ำสูง
2. ไม่มีฝนตกในฤดูการเพาะปลูก

ง. การจัดการเพาะปลูก

1. ปลูกพืชตอนต้นฤดูแล้ง
2. ต้องการผลผลิตสูง ถึงแม้ว่าจะทำให้การเก็บเกี่ยวล่าช้าไปบ้างก็ยอม
3. ราคาของผลผลิตขึ้นอยู่กับน้ำหนักสด หรือขนาดของส่วนที่เก็บเกี่ยว

กลุ่มที่ไม่จำเป็นต้องให้น้ำบ่อยครั้งนัก มีลักษณะของพืช ดิน ภูมิอากาศและการจัดการเพาะปลูกดังนี้คือ

ก. พืช

1. มีรากลึก แผ่กระจายอย่างหนาแน่น และมีอัตราการแผ่ขยายของรากสูง
2. พืชมีความต้านทานต่อการขาดน้ำสูง
3. การเจริญเติบโตส่วนใหญ่อยู่ในฤดูฝน หรือในช่วงที่มีการระเหยและการคายน้ำน้อย
4. ผลผลิตที่ต้องการเป็นเมล็ดหรือผลแห้ง

ข. ดิน

1. ชั้นดินลึก โครงสร้างดี
2. อัตราการซึมของน้ำเข้าไปในดินพอเหมาะ การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศในดินดี
3. ดินระบายน้ำออกมาให้พืชได้มากเมื่อใช้แรงดึงความชื้นต่ำ
4. ดินและน้ำชลประทานมีเกลืออยู่น้อย
5. มีปุ๋ยอยู่ในดินไม่มากนักและแผ่กระจายอยู่ตลอดความลึกของชั้นดิน
6. น้ำใต้ดินอยู่ในระดับที่พืชสามารถดูดมาใช้ได้บ้าง

ค. ภูมิอากาศ

1. มีอัตราการระเหยและการคายน้ำต่ำ
2. มีฝนตกในฤดูการเพาะปลูก

ง. การจัดการเพาะปลูก

1. ปลูกและเจริญเติบโตในฤดูฝน และ/หรือในช่วงที่มีการระเหยและการคายน้ำน้อย
2. ปลูกและเจริญเติบโตเต็มที่ก่อนถึงฤดูแล้ง
3. ต้องการให้ผลผลิตแก่หรือสุกเร็วเพราะว่าตลาดกำลังต้องการ ถึงแม้ว่าคุณภาพและปริมาณจะด้อยกว่าปกติก็ยอม

วิธีกำหนดการให้น้ำ

ดังได้กล่าวแล้วว่าการกำหนดการให้น้ำแก่พืชอาจทำได้หลายวิธี ทุก ๆ วิธีมีวัตถุประสงค์อย่างเดียวกันคือ เพื่อให้สามารถให้น้ำแก่พืชได้ทันเวลาที่มันต้องการโดยไม่ก่อให้เกิดการเสียหายแก่ผลผลิตอันเนื่องมาจากการขาดน้ำ อย่างไรก็ตาม การที่จะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งนั้นย่อมขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบอื่น ๆ ด้วย เช่น ในท้องที่ที่หาน้ำได้ยากหรือน้ำมีราคาแพง การให้น้ำควรจะกำหนดเพื่อให้ได้ผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของน้ำที่ใช้สูงสุด ถ้าท้องที่นั้นหาน้ำได้ง่ายแต่คุณภาพของดินไม่ดีหรือพื้นที่ดินมีราคาสูง ก็ควรจะกำหนดการให้น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่สูงสุด นอกจากนั้นการกำหนดการให้น้ำอาจจะต้องดัดแปลงให้เข้ากับสภาพแวดล้อมอย่างอื่น เช่น เพื่อให้เข้ากับกำหนดการส่งน้ำจากโครงการชลประทาน เพื่อให้เข้ากับการทำงานอย่างอื่นในไร่นา เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการให้น้ำให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อการควบคุมระดับน้ำใต้ดินและเพื่อการชะล้างเกลือออกจากดิน เป็นต้น

การกำหนดการให้น้ำอาจพิจารณาได้จากลักษณะอาการของพืชที่ปลูก คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับจำนวนความชื้นของดิน ซึ่งมีทั้งการวัดจำนวนความชื้นของดินโดยตรง การดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดิน ตลอดจนการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์วัดคุณสมบัติบางอย่างแล้วเทียบเป็นจำนวนความชื้นที่ดินมีอยู่ในขณะนั้น ส่วนอีกวิธีหนึ่งก็คือ การหาว่าดินยังมีความชื้นเหลืออยู่เท่าใดโดยการเปรียบเทียบกับการระเหยที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยหรือการใช้น้ำของพืชที่วัดได้ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงแต่เฉพาะสองอย่างหลังคือคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับจำนวนความชื้นของดิน และการเปรียบเทียบกับการระเหยหรือการใช้น้ำของพืชที่วัดได้

การวัดจำนวนความชื้นของดินโดยตรง(Gravimetric Sampling)

การตรวจวัดความชื้นของดินโดยตรงเป็นวิธีหนึ่งที่จะหาว่าความชื้นของดินในขณะนั้นลดลงจนถึงจุดที่ต้องให้น้ำแล้วหรือยัง การตรวจวัดทำโดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในเขตรากและที่จุดต่าง ๆ ในพื้นที่เพาะปลูก จากนั้นก็นำมาชั่งแล้วอบให้แห้งในเตาอบซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักของดินนั้นไม่ลดลงอีก แล้วนำมาชั่งอีกครั้ง น้ำหนักของดินที่หายไปในการชั่งทั้งสองครั้งจะเป็นน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในดินในขณะที่เก็บตัวอย่าง น้ำดังกล่าวนี้อาจจะบอกเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของ

ดินแห้ง หรือถ้าทราบความต่วงจำเพาะปรากฏของดินก็อาจจะแปลงให้เป็นเปอร์เซนต์โดยปริมาตรได้ อย่างไรก็ตาม การที่จะใช้ตัวเลขที่หามาได้มากำหนดการให้น้ำนั้น จำเป็นต้องทราบค่า Field Capacity และจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) ของดินนั้นด้วย

ตามปกติแล้วเราจะยอมให้ความชื้นของดินลดลงถึงระดับหนึ่งซึ่งอาจเป็น 25, 50 หรือ 75 เปอร์เซนต์ของความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ ค่าดังกล่าวนี้เรียกว่า ความชื้นที่ยอมให้ลดลงได้ (Allowable Soil Moisture Deficiency หรือ Allowable Depletion) ถ้าหากความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ลดต่ำกว่านี้แล้วจะเกิดการเสียหายแก่ผลผลิต หรือความชื้นที่ยังเหลืออยู่ในดินในขณะที่ความชื้นของดินลดลงถึงระดับต่ำสุดที่ยอมให้ก็คือระดับความชื้นวิกฤติ(Critical Moisture Level) หรือจุดวิกฤติ(Critical Point) นั่นเอง

ถึงแม้ว่าการวัดจำนวนความชื้นของดินโดยตรงเป็นวิธีให้ค่าถูกต้องที่สุด แต่ก็มีข้อเสียที่ทำให้ไม่สามารถใช้ได้ทั่ว ๆ ไปอยู่หลายอย่าง คือ

1. ต้องใช้เวลาและแรงงานมาก กล่าวคือ ต้องออกไปเก็บตัวอย่างดิน นำมาเข้าเตาอบและคอยจนดินแห้งซึ่งจะต้องใช้เวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงจึงจะได้คำตอบที่ต้องการ

2. ต้องการเครื่องมือหลายชิ้น เช่น สว่านเจาะเก็บตัวอย่างดิน กระป๋องเก็บตัวอย่าง เครื่องชั่งน้ำหนักและเตาอบ เครื่องมือเหล่านี้บางชิ้นมีใช้เฉพาะในห้องทดลองเท่านั้น

3. ความละเอียดถูกต้องขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการเก็บตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างและความสม่ำเสมอของเนื้อดินในพื้นที่เพาะปลูก

ด้วยเหตุดังกล่าว การกำหนดการให้น้ำโดยการวัดจำนวนความชื้นโดยตรงจึงมีใช้กันแต่เฉพาะในงานที่ต้องการความละเอียดถูกต้องจริง ๆ เช่นในงานวิจัยเท่านั้น

การดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดิน(Feel and Appearance)

การดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดินที่เจาะได้ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในเขตรากและที่จุดต่าง ๆ ในพื้นที่จะทำให้ทราบความชุ่มชื้นของดินได้โดยประมาณ เนื่องจากวิธีนี้ต้องการเครื่องมือเจาะดูตัวอย่างดินเพียงอย่างเดียว ดังนั้นจึงมีประโยชน์มากเมื่อไม่มีเครื่องมือกำหนดการให้น้ำช่วย

การตรวจดูลักษณะของดินทำโดยการใช้สว่านเจาะดิน หรือใช้พลั่วขุดดินในเขตรากมาตรวจดู ซึ่งถ้าหากกสิกรมีความคุ้นเคยกับลักษณะของดินที่มีความชื้นขนาดต่าง ๆ กันดีพอแล้วก็สามารถบอกได้ทันทีว่า ดินในขณะนั้นแห้งพอที่จะลงมือให้น้ำได้หรือยัง กระทรวงเกษตรของสหรัฐได้จัดทำตารางสำหรับเป็นแนวทางในการกำหนดการให้น้ำไว้ ดังตารางที่ 7.2

ถึงแม้ว่าการประมาณความชื้นของดินโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ละเอียดถูกต้องนัก แต่ถ้าหากกสิกรมีความชำนาญก็จะสามารถกำหนดการให้น้ำได้ถูกต้องพอสมควร

ตารางที่ 7.2 ลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดินที่มีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ในระดับต่าง ๆ

ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ที่มีอยู่ในดิน	ลักษณะและความรู้สึกสัมผัส			
	ดินเนื้อหยาบ	ดินเนื้อค่อนข้างหยาบ	ดินเนื้อปานกลาง	ดินเนื้อละเอียดและละเอียดมาก
0 เปอร์เซนต์	แห้ง ร่วน ไม่เกาะกัน-เป็นก้อน	แห้ง ร่วน ไม่เกาะกัน-เป็นก้อน	แห้งเป็นผง หรือเกาะกันเป็นก้อน แต่บี้ให้แตกเป็นผงได้ง่าย	แห้ง แข็ง มีรอยแตกร้าว บางทีมีก้อนร่วนเล็ก ๆ บนผิวหน้า
50 เปอร์เซนต์หรือต่ำกว่า	ดูแห้ง กำให้แน่นในมือ-ไม่เป็นก้อน	ดูแห้ง กำให้แน่นในมือ-ไม่เป็นก้อน	ค่อนข้างร่วน แต่กำให้แน่น-จะเกาะกันเป็นก้อนได้	ค่อนข้างนุ่ม กำให้แน่น-เป็นก้อนได้
50 ถึง 75 เปอร์เซนต์	ดูแห้ง กำให้แน่นในมือ ไม่เป็นก้อน	กำให้แน่นเป็นก้อนได้ แต่-แตกง่าย ไม่เกาะกัน	กำเป็นก้อนได้ ค่อนข้าง-เหนียว เมื่อบีบจะลื่นเล็กน้อย	กำเป็นก้อน ใช้นิ้วรีดเป็น-แผ่นบาง ๆ ได้
75 เปอร์เซนต์ ถึง Field Capacity	เกาะกันบ้าง กำเป็นก้อน แต่แตกง่าย	กำเป็นก้อน แต่แตกง่าย	กำเป็นก้อน อ่อนนุ่มมาก ถ้ามีดินเหนียวมากจะลื่น	รีดเป็นแผ่นระหว่างนิ้วมือ-ได้ง่าย รู้สึกลื่น
ที่ Field Capacity (100 เปอร์เซนต์)	บีบไม่มีน้ำออกมา แต่-เปียกมือ	เหมือนดินเนื้อหยาบ	เหมือนดินเนื้อหยาบ	เหมือนดินเนื้อหยาบ
เกิน Field Capacity	สลัดในมือจะมีน้ำกระเด็น-ออกมา	นวดดินจะมีน้ำออกมา	บีบจะมีน้ำออกมา	เป็นโคลน มีน้ำบนผิว

การใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์วัด

ปัจจุบันนี้นักวิทยาศาสตร์ได้ประดิษฐ์และพัฒนาเครื่องมือช่วยกำหนดการให้น้ำขึ้นหลายแบบ เครื่องมือเหล่านี้ใช้วัดคุณสมบัติบางอย่างของดิน แล้วเทียบค่าที่วัดได้นั้นให้เป็นจำนวนความชื้น เครื่องมือนี้มีหลายแบบ ซึ่งอาจแบ่งออกตามคุณสมบัติของดินที่มันทำการวัดหรือวิธีการวัด คือ

1) **แบบวัดแรงดึงความชื้นของดิน** โดยให้แรงดึงความชื้นของดินอยู่ในภาวะสมดุลย์กับน้ำที่บรรจุอยู่ในกระเปาะพรุน (Porous cup) เครื่องมือชนิดนี้เรียกว่าเครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน (Tensiometer)

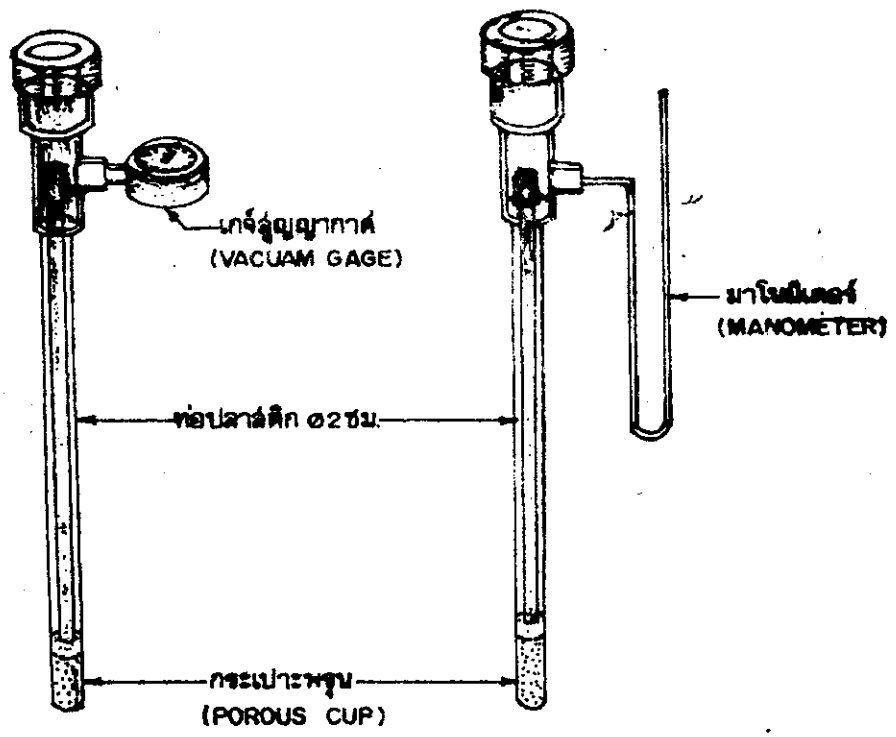
2) **แบบวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุพรุน**(Porous Media) ซึ่งมีความชื้นอยู่ในภาวะสมดุลย์กับดินบริเวณรอบ ๆ จุดที่มันฝังอยู่ คุณสมบัติทางไฟฟ้าที่วัดส่วนมากเป็นความต้านทาน ดังนั้นจึงต้องมีเครื่องมือวัดความต้านทานประกอบด้วย อุปกรณ์ทั้งหมดรวมเรียกว่าเครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้า(Electrical Resistance Instruments) ส่วนตัววัสดุพรุนเรียกว่าก้อนความต้านทาน(Resistance block) ซึ่งประกอบขึ้นด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วแล้วห่อหุ้มด้วยปูนปลาสเตอร์ ไนล่อนหรือไฟเบอร์กลาส

3) **แบบวัดการกระจายของนิวตรอน** (Neutron Scattering) ที่สารกัมมันตภาพรังสีส่งออกไปแล้วสะท้อนกลับมา นิวตรอนที่ส่งออกไปนี้เมื่อไปกระทบเข้ากับไฮโดรเยนอตอมของน้ำซึ่งอยู่ในรูปของความชื้นในดิน จะทำให้ความเร็วของนิวตรอนที่สะท้อนกลับมาลดลง จำนวนนิวตรอนช้า(Slow Neutron) ที่สะท้อนกลับมานี้สามารถวัดและเทียบเป็นความชื้นในดินได้ เครื่องมือแบบนี้เรียกว่าเครื่องวัดความชื้นด้วยนิวตรอน (Neutron Moisture Meter)

เครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน (Tensiometer)

เครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดินประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ ท่อกลม ซึ่งส่วนมากเป็นปลาสติกใส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร (3/4 นิ้ว) ยาวตั้งแต่ประมาณ 15 ถึง 150 เซนติเมตร แล้วแต่ความลึกของดินตรงจุดที่ต้องการวัด ที่ปลายของท่อจะมีกระเปาะพรุน (Porous Cup) ขนาดเดียวกันกับท่อ ยาวประมาณ 6 เซนติเมตร และมีปลายกลมมนสวมอยู่ ปลายอีกด้านหนึ่งมีฝาเกลียวเปิดได้ ก่อนที่จะถึงปลายท่อด้านมีฝาเกลียวจะมีข้อต่อเข้ากับเกจ์สูญญากาศ(Vacuum Gage) หรือหลอดแก้วรูปตัวยูบรรจุปรอทซึ่งเรียกว่า มาโนมิเตอร์ (Manometer) เพื่อใช้วัดค่าสูญญากาศในท่อปลาสติก ลักษณะโดยทั่ว ๆ ไปของเครื่องมือแสดงไว้ในรูปที่ 7.2

การทำงานของเครื่องวัดแรงดึงความชื้นจะเริ่มต้นเมื่อฝังลงไปในดินให้กระเปาะพรุนอยู่ในดินอยู่ตรงจุดที่ทำการวัด เติมน้ำให้เต็มแล้วปิดฝาให้แน่น ดินบริเวณรอบ ๆ กระเปาะพรุนซึ่งแห้งกว่าจะดูดน้ำออกไปจากกระเปาะพรุนและทำให้เกิดสูญญากาศขึ้นในท่อปลาสติกซึ่งจะวัดได้จากเกจ์สูญญากาศหรือมาโนมิเตอร์ ถ้าดินบริเวณรอบ ๆ กระเปาะพรุนแห้งมากก็จะเกิดสูญญากาศมาก ในทางตรงกันข้าม หลังจากฝนตกหรือให้น้ำดินมีความชื้นเพิ่มขึ้น แรงดึงความชื้นลดลง น้ำก็จะถูกดูดกลับเข้ามาและค่าที่อ่านได้จากเกจ์สูญญากาศก็จะลดลง



รูปที่ 7.2 เครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน (TENSIOMETER)

เลกลที่หน้าปัดของเกจ์สูญญากาศจะบอกเป็นแรงดึงความชื้นของดินจาก 0 ถึง 100 เซนติบาร์ หนึ่งร้อยเซนติบาร์เท่ากับหนึ่งบาร์ ซึ่งมีค่าประมาณเท่ากับหนึ่งบรรยากาศหรือ 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ถ้าเกจ์สูญญากาศอ่านได้ 0 เซนติบาร์ก็แสดงว่าดินนั้นอิ่มน้ำ(Saturated) จาก 0 ถึง 5 เซนติบาร์แสดงว่าดินเปียกมาก สำหรับพืชทั่ว ๆ ไป จาก 10 ถึง 25 เซนติบาร์แสดงว่าดินกำลังมีความชื้นพอเหมาะโดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่ต้องการให้ดินมีความชื้นสูง เพราะว่าที่แรงดึงความชื้นขนาดนี้ดินจะมีความชื้นประมาณ Field Capacity ส่วนที่ชิดเฉาหรือ Wilting Point ดินจะมีแรงดึงความชื้นประมาณ 1000 ถึง 2000 เซนติบาร์ซึ่งไม่สามารถใช้เครื่องวัดแรงดึงความชื้นวัดได้ เมื่อเกจ์สูญญากาศอ่านได้มากกว่า 25 เซนติบาร์ พืชที่มีความรู้สึกไวต่อการขาดน้ำ พืชที่มีรากตื้น พืชที่ปลูกในกระถาง หรือพืชที่ปลูกในดินเนื้อหยาบอาจจะแสดงอาการขาดน้ำบ้าง แต่พืชทั่ว ๆ ไปที่มีรากลึก 50 เซนติเมตรหรือมากกว่าจะไม่กระทบกระเทือนจนกว่าแรงดึงความชื้นของดินจะถึงขนาด 40 ถึง 50 เซนติบาร์ ในดินที่มีเนื้อละเอียดปานกลางและพืชมีรากลึก 75 เซนติเมตรหรือมากกว่า พืชจะไม่กระทบกระเทือนจากการขาดน้ำจนกว่าแรงดึงความชื้นของดินจะถึง 70 เซนติบาร์ และถ้าเป็นดินเนื้อละเอียดหรือค่อนข้างละเอียดพืชมีรากแผ่กระจายออกไปกว้างขวาง ก็อาจจะให้น้ำหลังจากที่เกจ์สูญญากาศอ่านได้ 70 เซนติบาร์เป็นเวลาหลายวันแล้วก็ได้ เมื่ออ่านได้ 80 เซนติบาร์ก็แสดงว่าควรจะให้น้ำแก่พืชได้แล้วถึงแม้ว่าพืชยังไม่แสดงอาการขาดน้ำเลยก็ตาม ความหมายของค่าที่อ่านได้จากเกจ์สูญญากาศของเครื่องวัดแรงดึงความชื้นได้สรุปไว้ในตารางที่ 7.3

ตารางที่ 7.3 ความหมายของค่าที่อ่านได้จากเกจ์สูญญากาศของเครื่องวัดแรงดึงความชื้น (Tensiometer)

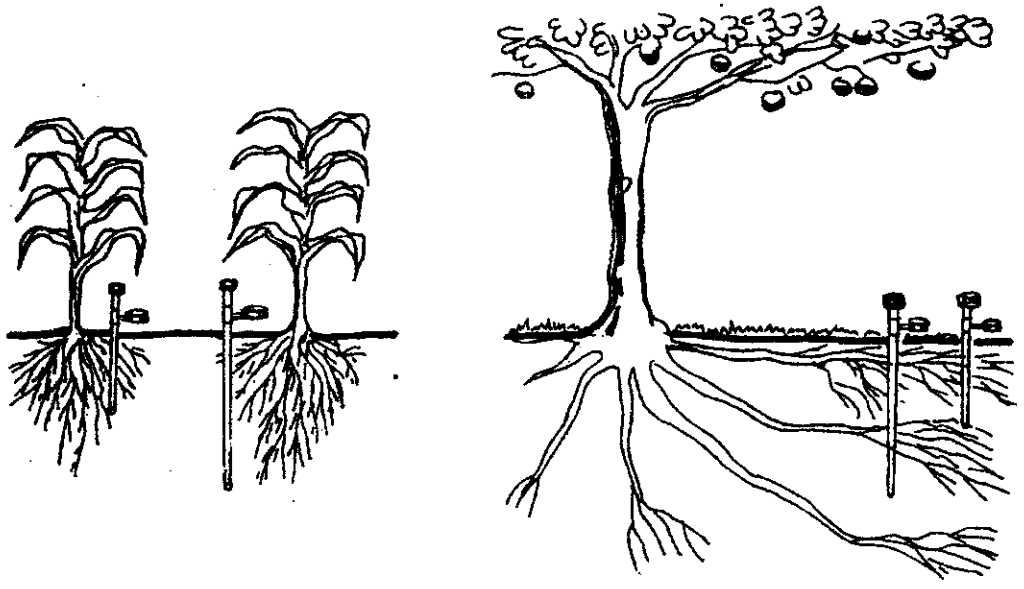
ค่าที่อ่านได้ - เซนติบาร์	ความหมาย
0	เปียกมาก ดินอิ่มน้ำ(Saturated)
0 - 25	ดินมีความชื้นประมาณที่ Field Capacity ความชื้นกำลังพอเหมาะสำหรับพืชที่ต้องการความชื้นสูง
มากกว่า 25	พืชที่มีความรู้สึกไวต่อการขาดน้ำ พืชรากตื้น พืชที่ปลูกในกระถาง จะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นดินเนื้อหยาบ
40 - 50	พืชทั่ว ๆ ไปที่มีรากลึก 50 เซนติเมตรหรือมากกว่าจะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ ถ้าเป็นดินเนื้อหยาบ
70	พืชที่มีรากลึก 75 เซนติเมตรหรือมากกว่าในดินเนื้อปานกลางจะเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ แต่ถ้าเป็นดินละเอียดหรือค่อนข้างละเอียดอาจจะคอยต่อไปได้อีก 3 - 4 วันแล้วจึงให้น้ำก็ได้
80	ควรจะให้น้ำได้แล้วถึงแม้ว่าพืชยังไม่แสดงอาการขาดน้ำเลยก็ตาม

โดยทั่ว ๆ ไปแล้วเครื่องวัดแรงดึงความชื้นจะทำงานได้ดีในช่วง 0 ถึงประมาณ 85 เซนติบาร์ เพราะถ้าค่าสูญญากาศมากกว่านี้อากาศจะซึมผ่านกระเปาะพรุนเข้าไปในท่อปลาสติก และจะทำให้เกจ์สูญญากาศไม่แสดงค่าเพิ่มขึ้นถึงแม้แรงดึงความชื้นของดินจะมีค่ามากกว่านี้ก็ตาม นอกจากอากาศจะซึมเข้าไปทางกระเปาะพรุนเมื่อแรงดึงความชื้นของดินมากกว่า 0.85 บรรยากาศแล้ว อากาศอาจจะรั่วเข้าไปตามรอยต่อต่าง ๆ หรือที่ฝากลียวซึ่งปิดไม่แน่น การรั่วตามรอยต่ออาจจะทดสอบได้โดยการใช้ปั๊มสูญญากาศสำหรับเครื่องวัดแรงดึงความชื้นซึ่งมีเกจ์ติดอยู่ด้วยตรวจสอบหลังจากเติมน้ำทุกครั้ง ถ้าหากเกจ์สูญญากาศของปั๊มอ่านค่าต่ำกว่า 0.85 บรรยากาศแต่มีฟองอากาศเกิดขึ้นในท่อก็แสดงว่ามีการรั่วที่ใดที่หนึ่ง หรือถ้ารั่วมากเกจ์สูญญากาศจะอ่านได้ 0 เซนติบาร์ตลอดเวลาถึงแม้ว่าดินจะแห้งมากก็ตาม ปั๊มสูญญากาศนอกจากจะใช้ตรวจสอบการรั่วแล้วยังใช้ตรวจสอบความถูกต้องของเกจ์สูญญากาศและใช้ดูดเอาอากาศซึ่งละลายอยู่ในน้ำในท่อปลาสติกออกไป ทำให้มันทำงานได้ถูกต้องดีขึ้นด้วย

การติดตั้งเครื่องวัดแรงดึงความชื้นทำโดยการสอดท่อเข้าไปในรูที่ได้เตรียมไว้ รูดังกล่าวนี้เจาะด้วยสว่านเจาะดินหรือท่อเก็บตัวอย่างดินซึ่งมีปลายคมและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับท่อปลาสติก กดที่ปลายด้านฝากเกลียวเบา ๆ เพื่อให้ผนังของกระเปาะพรุนสัมผัสกับดินทั่วทุกด้าน ใช้เศษดินพูนรอบ ๆ ท่อปลาสติก แล้วกดให้แน่นเพื่อป้องกันมิให้น้ำขังและไหลซึมลงไปหากระเปาะพรุนได้

การติดตั้งที่ถูกต้องจะต้องให้กระเปาะพรุนอยู่ในบริเวณที่มีรากแผ่กระจายอยู่อย่างหนาแน่น และอยู่ใน

ตำแหน่งที่น้ำที่ให้แก่พืชสามารถซึมไปถึงได้ ตำแหน่งที่มีรากอยู่อย่างหนาแน่นนี้อาจหาได้โดยการขุดดูรากของพืชในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะพบว่าอยู่ในบริเวณประมาณ 1/3 ของความลึกของราก ถ้าเป็นพืชรากตื้นอาจจะใช้เครื่องวัดแรงดึงความชื้นเพียงอันเดียว แต่ถ้าเป็นพืชรากลึกควรจะติดตั้งที่ 2/3 ของความลึกของรากอีกอันหนึ่ง สำหรับพืชสวนตำแหน่งทั้งสองอาจจะอยู่ที่ 30 และ 60 เซนติเมตร หรือ 40 และ 80 เซนติเมตรจากผิวดิน เป็นต้น ถ้าดินเป็นชั้น กระเปาะพรุนควรจะอยู่ในชั้นดินที่หนาและมีรากแทรกอยู่อย่างหนาแน่นกว่า



รูปที่ 7.3 การติดตั้งเครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน

หลังจากทำการติดตั้งเครื่องวัดแรงดึงความชื้นแล้วประมาณ 24 ชั่วโมง แรงดึงความชื้นของดินรอบ ๆ กระเปาะพรุนก็จะอยู่ในภาวะสมดุลย์กับน้ำในกระเปาะพรุน ค่าที่วัดได้ก็สามารถใช้กำหนดการให้น้ำได้อย่างถูกต้อง แต่ถ้าในขณะที่ติดตั้งดินแห้งมากก็ควรจะให้น้ำแก่พืชครั้งหนึ่งก่อนแล้วจึงใช้ค่าที่อ่านได้กำหนดการให้น้ำครั้งต่อไป ค่าแรงดึงความชื้นที่ควรจะให้น้ำสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ จะดูได้จากตารางที่ 7.4

หลังจากที่ได้ใช้เครื่องวัดแรงดึงความชื้นไปแล้วระยะหนึ่งจะพบว่าระดับน้ำในท่อลดลง ทั้งนี้เนื่องจากอากาศซึ่งละลายอยู่ในน้ำได้แยกตัวออกมาเมื่ออุณหภูมิและสูญญากาศในท่อสูงขึ้น และอาจมีการรั่วซึมของอากาศเข้าไปในท่อบ้าง ฟองอากาศนี้จะทำให้ความละเอียดถูกต้องในการวัดเสียลงเพราะอากาศมีการขยายตัวได้มากกว่าน้ำ ดังนั้นเมื่อพบว่าระดับน้ำในท่อปลาสติกลดลงก็จะต้องเติมน้ำให้เต็มอยู่เสมอ การเติมน้ำทุกครั้งควรจะทำหลังจากให้น้ำแก่พืชแล้วเสร็จ

การอ่านค่าแรงดึงความชื้นควรจะอ่านในตอนเช้าและอยู่ในเวลาเดียวกันทุกครั้ง ทั้งนี้เพราะในตอนกลางคืนพืชมีการใช้น้ำน้อยมาก ความชื้นในดินมีโอกาสไหลซึมเข้ามาหาจุดที่แห้งกว่าในบริเวณรากพืช เมื่อถึงตอนเช้าดิน

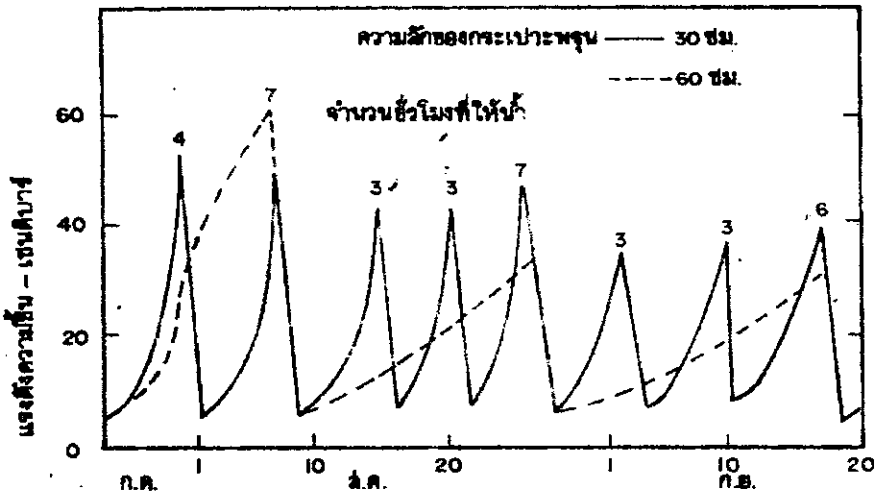
จึงมีความชื้นสม่ำเสมอกันดี ค่าที่อ่านได้จึงเป็นตัวแทนดินตลอดความลึกของเขตรากได้

ความถี่ในการอ่านแรงดึงความชื้นเพื่อกำหนดการให้น้ำขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืชและความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก หลังจากให้น้ำแล้วควรจะมีการอ่านอย่างน้อย 3 ครั้ง หรือให้การอ่านสองครั้งติดต่อกันต่างกันไม่เกิน 15 เซนติบาร์ ถ้าหากมีการให้น้ำมากกว่าหนึ่งครั้งในหนึ่งสัปดาห์ก็ควรจะอ่านทุกวัน และถ้าหากนำค่าที่อ่านได้ทุกครั้งมาเขียนกราฟแสดงค่าที่อ่านในวันต่าง ๆ และหลังจากให้น้ำแล้วเสร็จดังรูปที่ 7.4 ก็จะช่วยให้ทราบถึงสภาพความชุ่มชื้นของดินในอดีตและที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ตลอดจนทราบว่าหลังจากให้น้ำแล้วทุกครั้งน้ำซึมลงไปถึงจุดที่กระเปาะพรุนฝังอยู่หรือไม่ ซึ่งทำให้สามารถกำหนดปริมาณและความถี่ในการให้น้ำแก่พืชได้ถูกต้องดีขึ้น

ตารางที่ 7.4 ระดับแรงดึงความชื้นของดินที่ควรให้น้ำ สำหรับพืชที่ปลูกในดินที่ลึก มีการระบายน้ำดี เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด

พืช	แรงดึงความชื้น บาร์	พืช	แรงดึงความชื้น บาร์
กะหล่ำดอก	0.60 - 0.70	มะนาว	0.40
กะหล่ำปลี	0.60 - 0.70	มะเขือเทศ	0.80 - 1.50
กล้วย	0.30 - 1.50	มันฝรั่ง	0.30 - 0.50
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์		ไม้ผลประเภทผลัดใบ	0.50 - 0.80
เริ่มปลูกถึงออกฝัก	1.50	ยาสูบ	0.30 - 0.80
ฝักแก่	8.00 - 12.00	ส้ม	0.20 - 1.00
ข้าวโพดหวาน	0.50 - 1.00	สตรอเบอรี่	0.20 - 0.30
ดื่นช่ายฝรั่ง	0.20 - 0.30	หญ้า	0.30 - 1.00
แคนตาลูป	0.35 - 0.40	หัวหอมใหญ่	
แครอท	0.55 - 0.65	ช่วงแรก	0.45 - 0.55
ถั่ว		ช่วงหัวกำลังโต	0.55 - 0.65
ฝัก(Snap lima)	0.75 - 2.00	อาโวกาโด	0.50
เมล็ด (Peas)	0.30 - 0.50	อ้อย	0.25 - 0.30
บรอคโคลี่		องุ่น	
ช่วงแรก	0.45 - 0.55	ช่วงแรก	0.40 - 0.50
หลังออกดอกเต็มแล้ว	0.60 - 0.70	ผลกำลังแก่	1.00
ผักกาดหอม	0.40 - 0.60		

หมายเหตุ แรงดึงความชื้นค่าต่ำใช้สำหรับกรณีอากาศร้อน แดดจัดและลมแรง ค่าสูงใช้สำหรับอากาศเย็น พืชใช้น้ำน้อย ค่าเฉลี่ยใช้เมื่อสภาพภูมิอากาศทำให้พืชต้องการน้ำปานกลาง



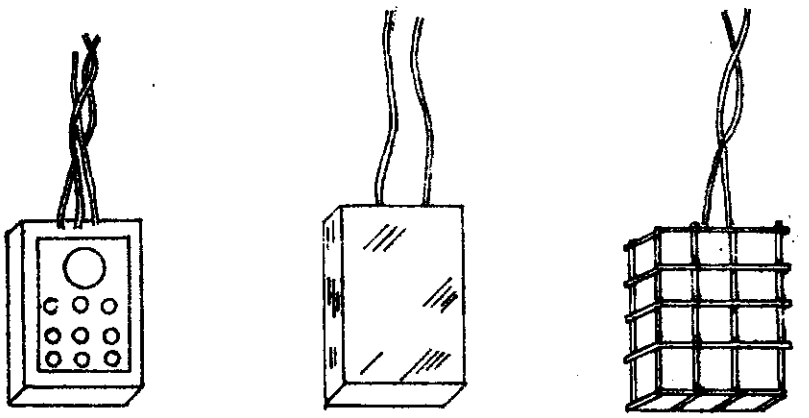
รูปที่ 7.4 การกำหนดการให้น้ำโดยการสังเกตจากเครื่องวัดแรงดึงความชื้น ซึ่งฝังไว้ที่ระดับ 30 และ 60 เซนติเมตร จากผิวดิน เมื่อดินที่ระดับ 30 เซนติเมตรซึ่งมีรากอยู่อย่างหนาแน่นแห้ง แต่ที่ระดับ 60 เซนติเมตร ยังเปียกอยู่ก็ให้น้ำแต่น้อย (3 ถึง 4 ชั่วโมง) เมื่อทั้งที่ระดับ 30 และ 60 เซนติเมตรแห้ง ก็เพิ่มเวลาให้น้ำให้นานขึ้น (7 ชั่วโมง) เพื่อให้ดินเปียกตลอดความลึก

เครื่องวัดแรงดึงความชื้น เป็นเครื่องมือช่วยกำหนดการให้น้ำที่มีผู้นิยมใช้กันมากแบบหนึ่ง เพราะมันสามารถวัดแรงดึงความชื้นของดินได้ตลอดเวลาและถูกต้องพอสมควร หลังจากติดตั้งแล้วก็สามารถใช้ติดต่อกันไปจนกว่าจะสิ้นฤดูการเพาะปลูกโดยคอยเติมน้ำให้เต็มอยู่เสมอเท่านั้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากว่ามันสามารถวัดได้ถูกต้องเฉพาะในช่วง 0 ถึง 85 เซนติบาร์ ดังนั้นมันจึงเหมาะสำหรับดินเนื้อหยาบมากกว่า เพราะว่าในดินทรายทั่ว ๆ ไปความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เกือบทั้งหมดจะอยู่ในช่วงแรงดึงความชื้นไม่เกิน 1 บรรยากาศหรือ 100 เซนติบาร์ ส่วนในดินเนื้อละเอียดความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ประมาณ 45 เปอร์เซนต์เท่านั้นที่อยู่ในช่วงแรงดึงความชื้นนี้

เครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้า (Electrical Resistance Instruments)

เครื่องมือช่วยกำหนดการให้น้ำแก่พืชแบบนี้ ประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์สองอย่างด้วยกัน คือเครื่องมือวัดความต้านทานไฟฟ้าที่มีขีดแบ่งบอกทั้งความต้านทานและจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ เครื่องวัดความต้านทานนี้บางครั้งเรียกว่า Soil Moisture Meter อุปกรณ์อีกอย่างหนึ่งก็คือก้อนความต้านทานหรือ Resistance block ที่บางครั้งเรียกว่า Soil block หรือ Bouyoucos block ตามชื่อของ G.J.Bouyoucos ผู้ประดิษฐ์เป็นคนแรก

ก้อนความต้านทานประกอบขึ้นด้วยขั้วไฟฟ้าสองขั้วแล้วห่อหุ้มด้วยวัสดุพรุน เช่นปูนปลาสเตอร์ ไนล่อน หรือไฟเบอร์กลาส รูปร่างของก้อนความต้านทานจะขึ้นอยู่กับลักษณะของขั้วไฟฟ้าที่ใช้ ขั้วไฟฟ้าที่นิยมใช้กันส่วนมากเป็นแผ่นลวดตะแกรงเหล็กเสตนเลส หรือโลหะผสมสองแผ่นวางขนานกันแล้วห่อหุ้มด้วยวัสดุพรุน ก้อนความต้านทานที่มีขั้วไฟฟ้าแบบนี้จะมีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม สำหรับก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์



รูปที่ 7.5 ก้อนความต้านทานที่ทำด้วย ไฟเบอร์กลาส (ก) ปูนปลาสเตอร์ (ข) และ ไนล่อน (ค)

บริษัทผู้ผลิตบางรายใช้ลวดตะแกรงรูปทรงกระบอกและแกนโลหะซึ่งวางอยู่ตรงกลางเป็นขั้วไฟฟ้า ก้อนความต้านทานจึงมีรูปทรงกระบอกด้วย ก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์บางครั้งเรียกว่า Gypsum block

เมื่อฝังก้อนความต้านทานไว้ในดินมันจะทำหน้าที่เสมือนส่วนหนึ่งของดิน คือมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในเช่นเดียวกันกับดินในบริเวณรอบ ๆ และเนื่องจากจำนวนความชื้นในวัสดุพรุนมีผลต่อความต้านทานระหว่างขั้วไฟฟ้าในวัสดุพรุน กล่าวคือ ถ้าวัสดุพรุนมีความชื้นมากมันจะมีความนำไฟฟ้าดีหรือมีความต้านทานไฟฟ้าน้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้าวัสดุพรุนแห้ง ความต้านทานไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความต้านทานที่วัดได้จึงสามารถนำมาเทียบเป็นจำนวนความชื้น หรือแรงดึงความชื้นของดินได้

ความละเอียดถูกต้องของค่าที่วัดได้เพื่อนำมากำหนดการให้น้ำแก่พืช จะขึ้นอยู่กับความสามารถของวัสดุพรุนที่จะปรับความชื้นในตัวของมันให้เท่ากับความชื้นของดินในบริเวณรอบ ๆ ที่เปลี่ยนไป วัสดุที่ทำจากไนล่อนจะให้ค่าละเอียดถูกต้องดีที่แรงดึงความชื้นไม่เกิน 2 บรรยากาศ ถ้าเป็นปูนปลาสเตอร์ค่าดังกล่าวจะอยู่ระหว่าง 1 ถึง 15 บรรยากาศ ส่วนไฟเบอร์กลาสจะใช้ได้ตลอดช่วงแรงดึงความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ แต่พบว่าก้อนความต้านทานที่ทำด้วยไนล่อนและไฟเบอร์กลาสจะมีการสัมผัสกับดินที่เปียก ๆ แห้ง ๆ ไม่ดีนัก อย่างไรก็ตาม ในช่วงแรงดึงความชื้นต่ำกว่า 1 บรรยากาศเครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน(Tensiometer) จะช่วยกำหนดการให้น้ำแก่พืชได้ละเอียดถูกต้องดีกว่าก้อนความต้านทานทุกแบบ

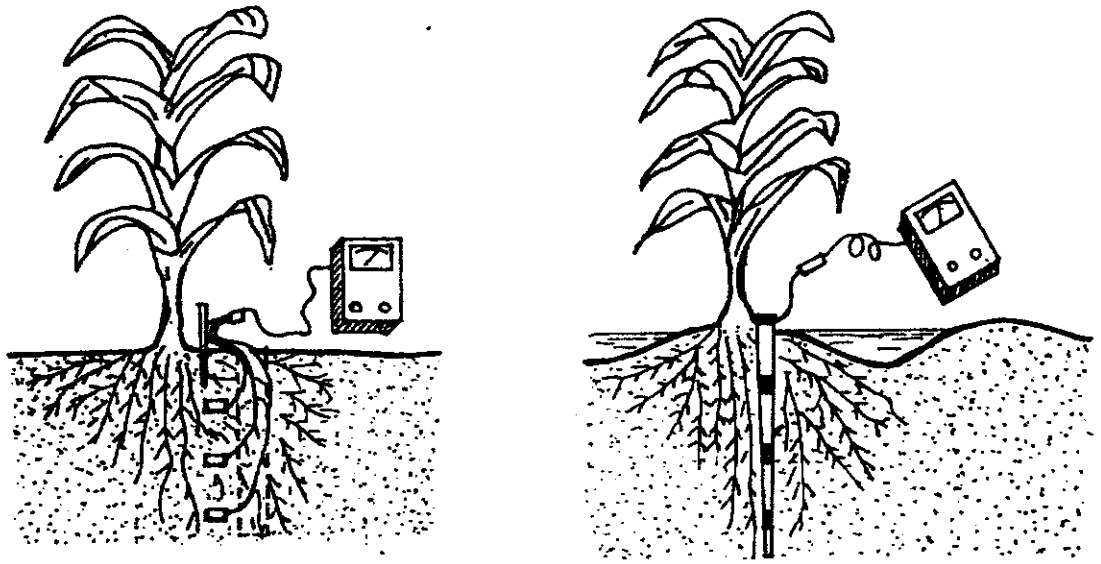
ก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์จะไม่ค่อยทนทานนักถ้าฝังในดินที่มีน้ำขัง หรือเป็นดินเนื้อหยาบและมีการให้น้ำบ่อยครั้ง ทั้งนี้เพราะปูนปลาสเตอร์จะสลายตัวได้ง่ายในสภาวะดังกล่าว

เนื่องจากว่า ปริมาณสารละลายของเกลือที่มีอยู่ในดินจะมีผลต่อความนำไฟฟ้าอยู่มาก กล่าวคือ ถ้าดินหรือน้ำมีเกลือมาก ก้อนความต้านทานก็จะมีความนำไฟฟ้าดี ความต้านทานที่วัดได้จึงต่ำกว่าดินชนิดเดียวกันที่มีความชื้นเท่ากันแต่มีเกลืออยู่น้อยกว่า ในกรณีนี้จำนวนความชื้นที่อ่านได้จากมิเตอร์ จะทำให้การกำหนดการให้น้ำผิดไปมาก เพราะผลที่อ่านได้จะบอกว่าดินยังมีความชื้นสูงอยู่ ทั้ง ๆ ที่ระดับความชื้นในดินขณะนั้นควร

จะให้น้ำแก่พืชได้แล้วก็ตาม นอกจากนั้นพืชยังต้องออกแรงดึงดูดความชื้นจากดินมากกว่าปกติ เพราะสารละลายในดินมีความข้นเหนียวเนื่องจากมีเกลือละลายอยู่มากด้วย

เกลือที่มีอยู่ในดินนี้จะกระทบกระเทือนต่อก้อนความต้านทานที่ทำด้วยไนล่อนและไฟเบอร์กลาสมากกว่าที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์ เพราะปูนปลาสเตอร์ที่ขึ้นจะมีสารละลายของแคลเซี่ยมซัลเฟตอยู่ก่อนแล้ว และถ้าเกลือในดินมีความเข้มข้นน้อยกว่าในก้อนความต้านทานด้วยแล้ว ก็จะยิ่งมีผลต่อค่าที่วัดได้ไม่มากนัก

นอกจากปริมาณเกลือในดินแล้ว อุณหภูมิก็มีผลต่อค่าที่วัดได้เหมือนกัน แต่ความผิดพลาดเนื่องจากสาเหตุนี้น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับที่เกิดขึ้นจากสาเหตุอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเบี่ยงเบนของคุณสมบัติของแต่ละก้อนจากก้อนที่ได้มาตรฐาน ซึ่งทำให้การเทียบความต้านทานมาเป็นจำนวนความชื้นผิดไป ในทางปฏิบัติความผิดพลาดเนื่องจากสาเหตุนี้อาจจะหลีกเลี่ยงได้โดยการเลือกใช้ก้อนความต้านทานที่เมื่อแช่น้ำไว้แล้ว วัดความต้านทานได้ต่างกันไม่เกิน 50 โอห์ม นอกจากนั้นคุณสมบัติด้านความนำไฟฟ้าอาจเปลี่ยนไปเมื่อมีอายุการใช้งานนานขึ้น และยังมีสาเหตุที่ก่อให้เกิดความผิดพลาดเมื่อนำไปใช้งานในสนามอีก เป็นต้นว่าความไม่สม่ำเสมอในการให้น้ำ ความแตกต่างในปริมาณความชื้นที่พืชดูดไปจากดินที่จุดต่าง ๆ ความแตกต่างของเนื้อดิน การเปลี่ยนแปลงอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินเนื่องจากการแตกระแหง การอัดแน่นของดินเนื่องจากเครื่องจักรกลเกษตร เป็นต้น สิ่งเหล่านี้มีผลต่อค่าที่วัดได้ซึ่งจะนำไปใช้กำหนดการให้น้ำแก่พืชทั้งสิ้น



รูปที่ 7.6 การติดตั้งก้อนความต้านทาน เพื่อวัดความชื้นของดินในเขตราก

การติดตั้งก้อนความต้านทานก็คล้ายคลึงกันกับการติดตั้งเครื่องวัดแรงดึงความชื้น (Tensiometer) กล่าวคือฝังก้อนความต้านทานให้อยู่ในบริเวณที่มีรากอยู่อย่างหนาแน่น แต่ในกรณีนี้ต้องขุดหลุมแล้วฝังก้อนความต้านทานเข้าที่ผนังของหลุมในระดับต่าง ๆ ที่ต้องการ โยงสายไฟจากก้อนความต้านทานไปผูกไว้กับหลักเล็ก ๆ บริเวณใกล้ ๆ

แล้วจึงกลบดินในหลุมให้มีความหนาแน่นเท่ากับดินเดิม การที่ไม่ฝังก้อนความต้านทานในหลุมโดยตรงก็เพราะว่าถ้ากลบดินในหลุมได้ไม่เหมือนเดิมแล้ว ค่าที่วัดได้ในหลุมจะแตกต่างกับที่เป็นจริงมาก

ก้อนความต้านทานนี้บางบริษัททำเป็นชุดโดยการหล่อติดกับหลักซึ่งมีรูปร่างเรียวเป็นระยะ ๆ เวลาใช้ก็เสียบหลักนี้ลงในหลุมที่เจาะด้วยสว่านซึ่งออกแบบไว้โดยเฉพาะ ทำให้ก้อนความต้านทานทุกอันมีการสัมผัสกับดินดีกว่าแบบเป็นก้อนเดี่ยว ๆ การติดตั้งก็สะดวกกว่ากันมาก

ก่อนที่จะนำก้อนความต้านทานไปใช้ควรจะแช่ให้อิ่มน้ำเสียก่อน การติดตั้งควรจะทำหลังจากที่ให้น้ำแก่พืชแล้วหรือขณะที่ดินยังมีความชื้นสูงอยู่ หลังจากติดตั้งไปแล้ว 24 ชั่วโมงก็สามารถใช้ค่าที่อ่านได้มากำหนดการให้น้ำแก่พืชได้

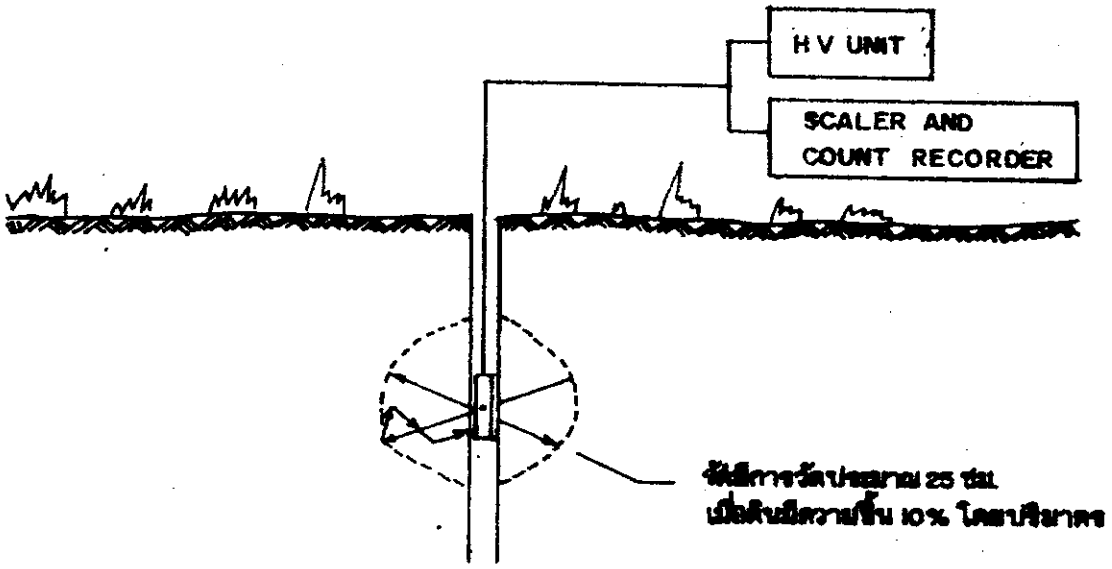
เครื่องมือวัดความต้านทานที่มีผู้ผลิตขายในปัจจุบันใช้ระบบทรานซิสเตอร์ ทำให้มีขนาดเล็กและสะดวกต่อการนำไปใช้ในสนามมาก ขีดแบ่งที่หน้าปัดของเครื่องวัดจะบอกความต้านทานเป็นโอห์มและจำนวนความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้เป็นเปอร์เซนต์ เมื่อมิเตอร์อ่านได้ 100 เปอร์เซนต์ก็แสดงว่าขณะนั้นดินมีความชื้นที่ Field Capacity และเมื่ออ่านได้ 0 เปอร์เซนต์ก็แสดงว่าดินมีความชื้นที่จุดเฉา (Wilting Point) การอ่านมิเตอร์ควรจะอ่านตอนเช้าและในเวลาเดียวกันทุก ๆ 2 ถึง 3 วัน และถ้าหากนำค่าที่อ่านได้ในวันต่าง ๆ มาเขียนกราฟในทำนองเดียวกันกับที่ได้อธิบายไว้ในเรื่องเครื่องวัดแรงดึงความชื้นก็จะช่วยให้การกำหนดการให้น้ำทำได้ถูกต้องดีขึ้น

ถึงแม้ว่าเครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้าจะเป็นเครื่องมือช่วยกำหนดการให้น้ำที่เป็นที่รู้จักกันดีเหมือนกับเครื่องวัดแรงดึงความชื้นแต่ก็ได้รับความนิยมน้อยกว่า เพราะพืชส่วนใหญ่จะให้น้ำเมื่อแรงดึงความชื้นของดินไม่เกิน 0.85 บรรยากาศ ในช่วงความชื้นขนาดนี้เครื่องวัดแรงดึงความชื้นจะให้ค่าละเอียดถูกต้องดีกว่า ส่วนก้อนความต้านทานนั้นพบว่า ความต้านทานที่วัดได้ไม่ค่อยสัมพันธ์กันกับจำนวนความชื้นในดินนัก นอกจากนั้น ความละเอียดถูกต้องยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุและอายุการใช้งานของมันด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งก้อนความต้านทานที่ทำด้วยปูนปลาสเตอร์ ส่วนดีของก้อนความต้านทานก็คือมีราคาถูกและไม่ต้องการการดูแลรักษาเหมือนกับเครื่องวัดแรงดึงความชื้น อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ดินเป็นดินเนื้อละเอียดซึ่งยังมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้อีกมากอยู่ที่แรงดึงความชื้นสูงกว่า 0.85 บรรยากาศ ซึ่งไม่สามารถใช้เครื่องวัดแรงดึงความชื้นวัดได้ ก็อาจจะใช้เครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้าร่วมกับเครื่องวัดแรงดึงความชื้นกำหนดการให้น้ำได้เป็นอย่างดี

เครื่องวัดความชื้นด้วยนิวตรอน (Neutron Moisture Meter)

เครื่องมือช่วยกำหนดการให้น้ำแก่พืชแบบนี้ เป็นการใช้การกระจัดกระจายของนิวตรอนเทียบหาจำนวนความชื้นของดินโดยตรง โดยมีหลักอยู่ว่า นิวตรอนจากสารกัมมันตภาพรังสี เช่น Radium - Berryllium (Ra - Be) หรือ Americium - Berryllium (Am - Be) ซึ่งเป็นนิวตรอนเร็ว (Fast Neutron) จะสูญเสียพลังงานไปเมื่อกระจายไปชนกับนิวเคลียสของไฮโดรเยนอะตอมซึ่งอยู่ในรูปของความชื้นในดิน การชนกันนี้ทำให้นิวตรอนเร็วกลายเป็นนิวตรอนช้า (Slow Neutron) ชนกับนิวเคลียสของอะตอมอื่น ๆ และสะท้อนอยู่ในบริเวณรอบ ๆ สารกัมมันตภาพรังสี จำนวนนิวตรอนช้านี้สามารถวัดได้ และเนื่องจากอัตราการกระจัดกระจายของนิวตรอนช้าขึ้นอยู่กับจำนวนความชื้นในดิน อัตราดังกล่าวนี้จึงสามารถเทียบมาเป็นจำนวนความชื้นของดินได้

เครื่องมือนี้ประกอบขึ้นด้วยสารกัมมันตภาพรังสี ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายนิวตรอนเร็ว เครื่องตรวจจับและวัดจำนวนนิวตรอนช้า สารกัมมันตภาพรังสีและเครื่องตรวจจับนิวตรอนช้าจะถูกบรรจุอยู่ในแท่งกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ถึง 5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 30 เซนติเมตร และมีสายไฟต่อจากเครื่องตรวจจับนิวตรอนไปเข้าเครื่องวัด



รูปที่ 7.7 ลักษณะการทำงานของเครื่องวัดความชื้นด้วยนิวตรอน
(NEUTRON MOISTURE METER)

การใช้เครื่องมือนี้วัดความชื้นของดินในพื้นที่เพาะปลูก จะต้องใช้สว่านเจาะดินแล้วสอดท่อลงในรูที่เจาะไว้ โดยให้ปลายของท่ออยู่ลึกกว่าระดับดินที่ต้องการวัดความชื้นประมาณ 30 เซนติเมตร สว่านและท่อควรมีขนาดเดียวกันเพื่อป้องกันมิให้โครงสร้างของดินภายนอกท่อต้องเปลี่ยนไปจากเดิมมาก ท่อที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นท่ออลูมิเนียมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ถึง 6 เซนติเมตร หรือขนาดใหญ่พอที่จะสอดกระบอกที่ใช้วัดความชื้นของดินลงไปได้สะดวก กระบอกนี้จะถูกหย่อนลงไปในท่อในระดับที่ต้องการวัดความชื้น อ่านค่าจำนวนนิวตรอนช้าจากเครื่องวัด ค่าที่อ่านได้ในหนึ่งหน่วยเวลานี้สามารถเทียบให้เป็นจำนวนความชื้นของดินเป็นเปอร์เซนต์โดยปริมาตรได้ โดยเทียบจากกราฟที่ผู้ผลิตได้จัดทำไว้ให้

เนื่องจากว่า นิวตรอนเร็วจากสารกัมมันตภาพรังสีจะแผ่กระจายออกไปโดยรอบ และมีขอบเขตที่เครื่องนี้ทำการวัดได้ประมาณ 25 เซนติเมตรเมื่อดินมีความชื้น 10 เปอร์เซนต์โดยปริมาตร ค่าที่วัดได้จึงเป็นค่าความชื้นเฉลี่ยของก้อนดินทรงกลมซึ่งมีรัศมีประมาณ 25 เซนติเมตร รัศมีการวัดนี้จะลดลงอีกเมื่อดินมีความชื้นเพิ่มขึ้น สำหรับที่ผิวดินควรจะหย่อนกระบอกลงไปให้ต่ำกว่าผิวดินไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร เพราะถ้ากระบอก

อยู่สูงกว่านี้จะมีการสูญเสียนิวตรอนเร็วเนื่องจากกระจายออกไปในบรรยากาศ ทำให้นิวตรอนช้าที่นับได้น้อยกว่าที่ควร ดังนั้นความชื้นในบริเวณใกล้ ๆ กับผิวดินจึงไม่สามารถใช้เครื่องมือชนิดนี้วัดได้อย่างถูกต้อง ในกรณีที่ดินเป็นชั้นบาง ๆ การวัดจะต้องทำทั้งในระดับสูงและต่ำกว่าชั้นนั้น แล้วจึงนำค่าที่หาได้นั้นมาเฉลี่ยอีกทีหนึ่ง

นอกจากไฮโดรเยนอตอมที่มีอยู่ในความชื้นในดินแล้ว แร่ธาตุบางชนิด เช่น โบรอน คลอรีน ก็ทำให้นิวตรอนเร็วเป็นนิวตรอนช้าได้เหมือนกัน ดังนั้น ถ้าดินมีแร่ธาตุประเภทนี้อยู่มากก็จะมีผลต่อค่าความชื้นที่วัดได้ และควรจะทำการทดสอบเทียบ (Calibrate) หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการภระจัดกระจายของนิวตรอนช้ากับจำนวนความชื้นของดินชนิดนั้นเสียใหม่

เนื่องจากว่าเครื่องวัดความชื้นชนิดนี้ใช้สารกัมมันตภาพรังสี ดังนั้นจึงมีราคาแพงมากและอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ได้ถ้าหากไม่ระมัดระวัง นอกจากนั้นยังต้องคอยดูแลรักษาอย่างดีด้วย เครื่องมือชนิดนี้จึงไม่เป็นที่นิยมใช้กันทั่ว ๆ ไปเหมือนกับเครื่องวัดแรงดึงความชื้น (Tensiometer) หรือเครื่องวัดความชื้นด้วยไฟฟ้า (Electrical Resistance Instrument) ที่มีอยู่ส่วนมากใช้ในงานวิจัย อย่างไรก็ตาม เครื่องวัดความชื้นของดินแบบนี้มีส่วนดีอยู่หลายอย่างเหมือนกัน กล่าวคือ สามารถวัดความชื้นได้รวดเร็ว การวัดแต่ละจุดใช้เวลาประมาณ 1 นาทีเท่านั้น การวัดซ้ำกันหลาย ๆ ครั้งค่าที่ได้ก็ไม่แตกต่างกันเหมือนวิธีอื่น โครงสร้างของดินในบริเวณรอบ ๆ ท่อไม่เปลี่ยนแปลงหรือถูกทำลายไป การวัดจำนวนความชื้นตลอดความลึกของดินทำได้สะดวกกว่าวิธีอื่น ๆ

การเปรียบเทียบกับการระเหยที่วัดได้

ดังได้กล่าวแล้ว เนื่องจากสภาพของภูมิอากาศทุกอย่าง เช่น รังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ฯลฯ ต่างก็มีผลต่อการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหยด้วยกันทั้งนั้น ดังนั้นถาดวัดการระเหยที่ได้รับการติดตั้งอย่างถูกต้อง จึงให้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชในระยะเวลาสั้น ๆ ได้ถูกต้องดีกว่าสูตรเอมไพริกอลที่ใช้ข้อมูลภูมิอากาศเพียงอย่างเดียวหรือสองสามอย่าง การระเหยที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยจึงสามารถนำมาใช้กำหนดการให้น้ำแก่พืชได้เป็นอย่างดี การกำหนดการให้น้ำโดยวิธีนี้เราจำเป็นจะต้องทราบ

1) ความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก

2) จำนวนความชื้นที่จะยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ก่อนการให้น้ำครั้งต่อไป(Allowable depletion)

3) ความลึกของเขตราก

4) อัตราการใช้น้ำของพืช อัตราดังกล่าวนี้หามาได้โดยการแปลงการระเหยจากถาดวัดการระเหยให้เป็นอัตราการใช้น้ำของพืช ดังแสดงไว้ในตัวอย่างที่ 5.8

5) ปริมาณฝนที่ตกในแปลงเพาะปลูก

หลักการกำหนดการให้น้ำโดยวิธีนี้ มีลักษณะเช่นเดียวกันกับการทำบัญชีความชื้นของดิน โดยเริ่มต้นคำนวณเมื่อดินมีความชื้นที่ Field Capacity ซึ่งควรจะเป็นวันถัดจากวันฝนตกหนักหรือให้น้ำแก่พืช หลังจากวัดปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหยแล้วทุกเช้าก็คำนวณความชื้นที่มีเหลืออยู่ในดิน โดยการหักค่าความชื้นที่เหลืออยู่จากวันก่อนด้วยปริมาณน้ำที่พืชใช้ไป ถ้าหากมีฝนตกก็ให้รวมปริมาณน้ำฝนที่วัดได้เข้าเป็นความชื้นของดินด้วย แต่ถ้าปริมาณน้ำฝนนั้นเมื่อรวมกับความชื้นเดิมของดินแล้วทำให้ดินมีความชื้นมากกว่า Field Capacity

ก็ให้ถือว่าดินมีความชื้นแค่ Field Capacity ที่เหลือก็เป็นน้ำผิวดินไหลไปสู่ที่ต่ำกว่า หรือสูญเสียไปโดยการซึมเลยเขตราก แต่ถ้าอัตราที่ฝนตกนั้นสูงมากจนกระทั่งไม่สามารถซึมลงไปในดินได้ทัน และเกิดเป็นน้ำผิวดินก่อนที่ดินจะถึง Field Capacity ก็จะต้องตรวจและประมาณดูว่าหลังฝนตกแล้วมีน้ำฝนซึมลงไปในดินประมาณเท่าไร และใช้ค่าประมาณนี้รวมกับความชื้นเดิมของดิน หรือประมาณค่าโดยตรงเลยก็ได้ว่าจำนวนความชื้นของดินในเขตรากหลังฝนตกเท่ากับเท่าไร ผลที่ได้ก็จะเป็นความชื้นที่จะใช้สำหรับการคำนวณในวันถัดไป

เมื่อความชื้นในดินลดลงจนถึงจุดวิกฤติ(Critical Point) ก็ถึงเวลาที่จะต้องให้น้ำแก่พืช และถ้าไม่คำนึงถึงประสิทธิภาพในการให้น้ำ ปริมาณน้ำที่จะต้องให้ก็คือปริมาณที่จะเพิ่มความชื้นของดินจากจุดวิกฤติมาเป็น Field Capacity หรือเท่ากับจำนวนความชื้นที่ยอมให้ลดลงได้ (Allowable Depletion) นั่นเอง การคำนวณหลังจากนี้ก็จะเหมือนกันกับที่ได้อธิบายไว้ในตอนแรกแล้ว

วิธีนี้มีข้อดีที่ว่าไม่ต้องการเครื่องมือที่มีราคาแพง ต้องการแรงงานไม่มากนัก ส่วนความถูกต้องจะขึ้นอยู่กับการประมาณค่าความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก และการใช้น้ำของพืชในแต่ละวัน

ถ้าหากมีเครื่องมือกำหนดการให้น้ำ เช่นเครื่องวัดแรงดึงความชื้น (Tensiometer) ประกอบด้วย ก็จะช่วยให้สามารถกำหนดการให้น้ำแก่พืชได้ถูกต้องดีขึ้น โดยเอาไว้ตรวจสอบกันวิธีนี้ที่จุดใดจุดหนึ่ง และเอาไว้ตรวจดูว่า น้ำฝนหรือน้ำชลประทานที่ให้แก่พืชซึมลงไปถึงจุดที่ต้องการหรือเปล่า

ความต้องการน้ำชลประทาน

ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์

1. คำนำ

ในการศึกษาเรื่อง "ความต้องการน้ำชลประทาน" ขั้นแรกขอให้ทุกคนสมมุติตัวเองเป็น "ผู้ดูแลต้นพืช" หน้าที่คือ จะต้องดูแลต้นพืช ตั้งแต่การตระเตรียมดิน การหว่านเมล็ดพันธุ์ พืชงอก เจริญเติบโต จนกระทั่งออกดอก-ออกผล และเก็บเกี่ยว ในขั้นนี้สมมุติว่าสิ่งที่พืชต้องการคือ น้ำ เรื่องปุ๋ยจะไม่พูดถึงในที่นี้ เพื่อให้บรรลุหน้าที่ดังกล่าวนี้ ผู้ดูแลต้นพืชจะต้องคอยถามตัวเองอยู่เสมอว่า เมื่อไหร่ควรจะให้น้ำแก่พืช และให้เท่าไร อันนี้ถือว่าเป็นหัวใจของการชลประทาน ถ้าให้น้ำแก่พืชไม่ทันเวลา ให้ไม่พอ หรือให้มากเกินไป ย่อมเกิดผลเสียหาย พืชอาจเหี่ยว ไม่โต หรืออาจตาย ซึ่งเรื่องนี้ได้มีการพูดถึงแล้วในหัวข้อเรื่อง "การกำหนดการให้น้ำแก่พืช"

อย่างไรก็ตามเพียงแค่รู้ว่า "เมื่อไรจึงควรจะให้น้ำแก่พืช และให้เท่าไร" ยังไม่พอ ขั้นต่อไปที่จะต้องรู้คือ "จะไปเอาน้ำจากที่ไหนมาให้พืชได้ทันเวลาและความต้องการของพืช" ในขั้นนี้จะต้องมีการศึกษาและวางแผนกันพอสมควรว่า ถ้าเราปลูกข้าวโพดในเนื้อที่ 1,000 ไร่ จะต้องใช้น้ำเป็นจำนวนเท่าใด หรือถ้ามีน้ำอยู่เป็นปริมาณจำกัด สมมุติ 1 แสนลูกบาศก์เมตรควรจะปลูกข้าวโพดในเนื้อที่เท่าใด ในการนี้สิ่งที่ควรจะรู้เบื้องต้นคือการใช้น้ำของพืช ปริมาณฝนใช้การ และประสิทธิภาพของการชลประทาน ข้อมูลเหล่านี้จะช่วยในการวางแผนคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานของพืช

2. การใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืช หมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปใช้ รวมทั้งปริมาณน้ำที่ระเหยไปจากผิวดินหรือผิวน้ำรอบ ๆ ต้นพืช ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชที่ปลูก ระยะการเจริญเติบโต ฤดูกาล วิธีการปลูกพืช สภาพดินฟ้าอากาศ ตลอดจนปริมาณและวิธีการให้น้ำ ปริมาณน้ำส่วนนี้จะเป็นองค์ประกอบเบื้องต้นในการพิจารณาหาความต้องการน้ำชลประทาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชมีหลายวิธี อาทิเช่น การตรวจวัดจริงในแปลงพืชและการคำนวณจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศโดยใช้สูตร การจะเลือกใช้วิธีหนึ่งวิธีใดขึ้นอยู่กับความละเอียดถูกต้องที่ต้องการ

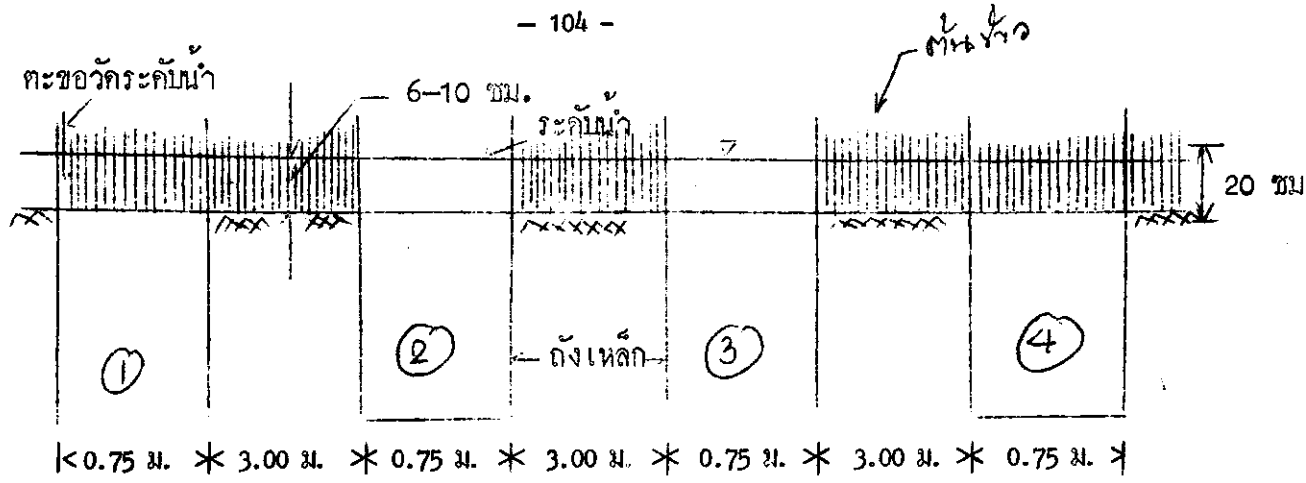
1. การวัดโดยใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืช

ถังวัดการใช้น้ำของพืชถ้าจะเปรียบแล้วก็คือกระถางต้นไม้ขนาดใหญ่ที่ปลูกพืชที่ต้องการวัดปริมาณการใช้น้ำ และติดตั้งอยู่ในพื้นที่เพาะปลูกที่ปลูกพืชชนิดเดียวกัน โดยทำให้มีสภาพทั้งภายในและภายนอกถังกลายคลึงกับสภาพที่เป็นจริงตามธรรมชาติของแปลงเพาะปลูกมากที่สุด ถังดังกล่าวจะมีอุปกรณ์สำหรับวัดปริมาณน้ำที่สูญเสียไปเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาถังวัดการใช้น้ำของพืชเป็นแบบต่าง ๆ มากมาย อาทิเช่น ถังวัดการใช้น้ำแบบการรั่วซึมเลยเขตราก แบบระดับน้ำใต้ดินคงที่ แบบวัดน้ำหนัก และถังวัดการใช้น้ำของข้าว รายละเอียดของถังวัดการใช้น้ำของพืชแต่ละแบบดูได้จากหนังสือหลักการชลประทานของ รศ.ดร.วิบูลย์ บุญยโรกุล

สำหรับถังวัดการใช้น้ำของข้าว ออกแบบเพื่อวัดการใช้น้ำของข้าวโดยเฉพาะคือ นอกจากจะวัดการระเหย (E) และการคายน้ำ (T) แล้ว ยังสามารถวัดการรั่วซึมในแปลงนา (P) ซึ่งเป็นการสูญเสียน้ำอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และถือว่าเป็นส่วนหนึ่งในปริมาณน้ำ ที่จะต้องจัดหาให้แก่ข้าวด้วย

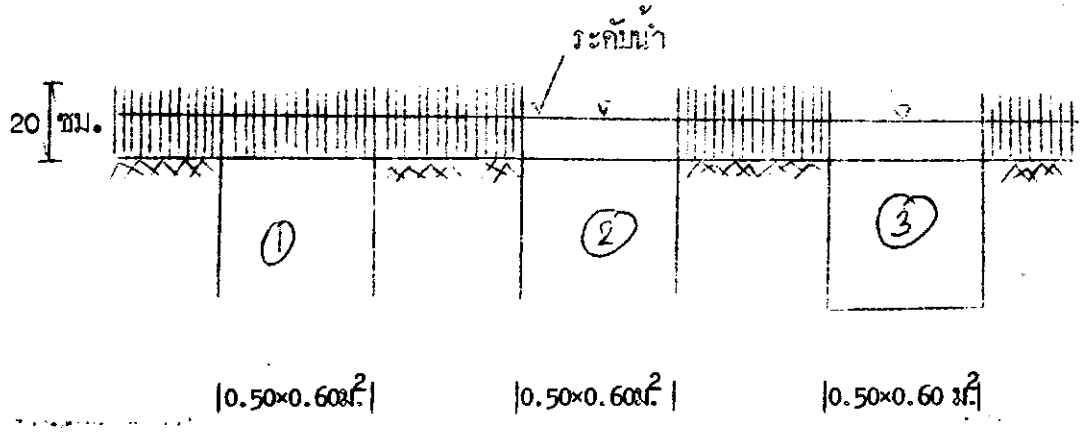
ถังวัดการใช้น้ำของข้าวมีอยู่ 2 แบบคือ แบบแรกเป็นของกรมชลประทาน ซึ่งใช้ถังขนาด 75 x 75 เซนติเมตร ยาว 1.00 เมตร จำนวน 4 ใบ เป็นชนิดก้นเปิด 2 ใบ และก้นปิด 2 ใบ แต่ละชนิดจะปลูกข้าว และไม่ปลูกข้าวสลับกัน ดังแสดงในรูปที่ 1 แบบที่สองเป็นของฟิลิปปินส์ ใช้ถังขนาด 50 x 60 เซนติเมตร ยาวไม่กำหนดไว้แน่นอนขึ้นกับลักษณะดินในแปลงทดลอง จำนวน 3 ใบ เป็นชนิดก้นเปิด 2 ใบ และก้นปิด 1 ใบ ปลูกข้าวในถังก้นเปิด 1 ใบ ส่วนที่เหลือขังน้ำไว้เฉย ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 แต่อย่างไรก็ตามสำหรับการวัดในสนามก็อาจใช้ถังน้ำมันธรรมดา แทนถังมาตรฐานเหล่านี้ก็ได้

การติดตั้งถังทั้งสองแบบจะต้องระวังไม่ให้กระทบกระเทือนต่อโครงสร้างของดินโดยเฉพาะชั้นดินดาน มิฉะนั้นจะทำให้ค่า P สูงกว่าที่เป็นจริงในแปลงนา และควรจะทำการวัดระดับน้ำที่หายไปในแต่ละถังทุกวันตลอดฤดูกาลเพาะปลูก เพื่อนำมาคำนวณหาค่าการระเหย (E) การคายน้ำ (T) และการรั่วซึมในแปลงนา (P)



(1)	(2)	(3)	(4)
ถังก้นเปิด	ถังก้นปิด	ถังก้นเปิด	ถังก้นปิด
ปลูกข้าว	ไม่ปลูกข้าว	ไม่ปลูกข้าว	ปลูกข้าว
วัดค่า	วัดค่า	วัดค่า	วัดค่า
E+T+P	E	E+P	E+T

รูปที่ 1 ถังวัดการใช้น้ำของข้าวตามแบบมาตรฐานของกรมชลประทาน



(1)	(2)	(3)
ถังก้นเปิดปลูกข้าว	ถังก้นเปิดไม่ปลูกข้าว	ถังก้นปิดไม่ปลูกข้าว
วัดค่า	วัดค่า	วัดค่า
ET+P	E+P	E

รูปที่ 2 ถังวัดการใช้น้ำของข้าวตามแบบมาตรฐานของประเทศฟิลิปปินส์

2. การหาค่าการใช้น้ำของพืชโดยการศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน

การหาค่าการใช้น้ำของพืชโดยวิธีนี้เป็นการหาค่าการใช้น้ำของพืชไร่ในแปลงเพาะปลูกจริง โดยการวัดความชื้นในดินหลังการให้น้ำครั้งแรกและก่อนการให้น้ำครั้งต่อไป ทำเช่นนี้ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก ค่าความชื้นในดินที่หายไปในช่วงที่ทำการวัด 2 ครั้งจะถือว่าเป็นค่าการใช้น้ำของพืชในช่วงเวลานั้นนั่นเอง วิธีนี้เหมาะสมสำหรับบริเวณซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินลึกมาก จนเชื่อแน่ได้ว่าจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของดินในเขตราก ความถูกต้องของค่าการใช้น้ำของพืช ขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการวัดความชื้นในดิน เนื่องจากดินในเขตรากพืชและการเปลี่ยนแปลงความชื้นมักจะไม่สม่ำเสมอ การวัดความชื้นจึงควรจะวัดเป็นชั้น ๆ ชั้นละประมาณ 10–15 เซนติเมตร จากผิวดินจนตลอดชั้นดินซึ่งพืชสามารถดูดความชื้นมาใช้ได้ และควรจะทำการวัดหลาย ๆ จุดในแปลงเพาะปลูกเพื่อหาค่าเฉลี่ย

3. การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชจากสูตร

สภาพภูมิอากาศเป็นองค์ประกอบสำคัญซึ่งมีอิทธิพลต่อค่าการใช้น้ำของพืช จากความจริงในข้อนี้จึงได้มีการคิดค้นสูตรเพื่อใช้ในการหาค่าการใช้น้ำของพืช โดยอาศัยข้อมูลของสภาพภูมิอากาศในท้องถิ่นที่มีการวัดไว้ สูตรดังกล่าวมีทั้งสูตรแบบง่าย ๆ ซึ่งต้องการข้อมูลเพียงอย่างเดียวหรือสองอย่าง หรือสูตรที่ยุ่งยากซับซ้อนและต้องการข้อมูลมาก การเลือกใช้ขึ้นอยู่กับลักษณะงาน ความละเอียดถูกต้อง และข้อมูลที่หาได้เป็นสำคัญ รายละเอียดเกี่ยวกับการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากสูตรจะดูได้จากหนังสือหลักการชลประทานของ รศ.ดร.วิบูลย์ บุญยโรกุล

ผลลัพธ์ในการคำนวณส่วนใหญ่ เป็นปริมาณการใช้น้ำของพืชมาตรฐาน เมื่อต้องการทราบปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง จะสามารถหาได้ดังนี้

$$ET_c = ET_p \times K_c \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

ในเมื่อ ET_c = ปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดที่ต้องการทราบ

ET_p = ปริมาณการใช้น้ำของพืชมาตรฐานคำนวณได้จากสูตร

K_c = สัมประสิทธิ์การให้น้ำของพืชชนิดนั้น

ดิเรก ทองอร่าม [1] ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำของพืชมาตรฐานรายเดือนของประเทศไทย จากข้อมูลภูมิอากาศ เฉลี่ยในคาบ 25 ปี โดยใช้สูตรของ Penman ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชชนิดต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2 และ 3

4. การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากถาดวัดการระเหย

เนื่องจากองค์ประกอบของสภาพภูมิอากาศเช่น รังสีอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม มีผลต่อค่าการระเหยของน้ำเช่นเดียวกับค่าการใช้น้ำของพืช ดังนั้นในกรณีที่ไม่มีการวัดค่าการใช้น้ำของพืชไว้ อาจจะประมาณได้จากค่าการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหย โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังสมการ

$$ET_c = K_p \cdot Epan \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

เมื่อ ET_c = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

K_p = สัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยเบ็ดเสร็จ ซึ่งจะแปรผันตามชนิดของพืช และระยะเวลาในการเจริญเติบโตสำหรับถาดวัดการระเหยแบบเอ ค่า K_p จะดูได้จากตารางที่ 4

Epan = ปริมาณการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหย

การหาค่าการใช้น้ำของพืชจากค่าการระเหยอาจจะทำได้อีกวิธีหนึ่ง โดยการแปลงค่าการระเหยจากถาดเป็นค่าการใช้น้ำของพืชมาตรฐานแล้วคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ดังนี้

$$ET_p = K_p \cdot Epan \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

และ $$ET_c = K_c \cdot ET_p \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำของพืชมาตรฐาน (Potential Evapotranspiration) ที่สถานีต่าง ๆ ทั่วประเทศ คำนวณโดยวิธีของ Penman (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)

ที่	สถานี	เดือน											
		มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
1	เชียงราย	93	125	151	169	158	143	135	124	128	122	105	91
2	แม่ฮ่องสอน	102	134	166	185	161	139	131	123	125	123	112	97
3	เชียงใหม่	104	134	164	179	160	144	135	122	124	123	110	96
4	แม่สะเรียง	108	139	173	191	166	135	127	120	125	127	117	103
5	ลำปาง	109	139	167	184	167	151	144	132	130	125	113	100
6	น่าน	102	133	162	177	158	144	135	124	126	126	112	97
7	แพร่	108	137	170	188	168	145	142	130	128	125	115	103
8	อุตรดิตถ์	114	140	165	180	160	140	133	124	128	132	123	109
9	ตาก	115	147	182	198	167	150	144	134	128	121	112	103
10	พิษณุโลก	113	138	165	175	159	143	136	126	128	129	121	108
11	แม่สอด	117	146	177	190	163	135	128	118	127	130	123	110
12	เพชรบูรณ์	118	143	176	180	160	140	132	122	123	131	124	112
13	เชื่อนภูมิพล	116	153	186	197	166	148	143	141	130	125	116	106
14	เลย	119	146	172	183	167	155	153	143	139	139	124	109
15	อุดรธานี	112	137	165	174	158	144	140	128	131	134	121	107
16	นครพนม	113	133	157	166	155	134	132	122	127	132	121	107
17	สกลนคร	114	138	163	173	154	143	141	129	132	135	122	108
18	มุกดาหาร	119	140	167	172	156	141	136	128	135	135	127	114
19	ขอนแก่น	117	143	168	177	162	148	147	133	132	131	126	113

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ที่	สถานที่	เดือน											
		มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
20	ร้อยเอ็ด	119	140	165	171	159	147	143	130	129	132	126	114
21	อุบลราชธานี	125	145	166	168	155	140	140	129	129	134	132	120
22	สุรินทร์	119	139	162	162	150	137	135	125	124	126	119	110
23	นครราชสีมา	120	143	163	168	158	151	146	134	132	127	122	112
24	ชัยม่วง	113	131	147	153	145	142	137	125	125	119	112	105
25	ชัยภูมิ	125	150	172	179	172	150	144	133	130	135	130	119
26	นครสวรรค์	122	149	179	187	167	152	144	134	127	126	121	113
27	ลพบุรี	131	152	177	179	161	148	141	132	131	133	131	128
28	สุพรรณบุรี	129	147	174	182	168	155	149	142	134	132	128	121
29	ปราจีนบุรี	132	147	161	162	152	136	132	158	127	131	134	128
30	กาญจนบุรี	125	151	177	182	163	148	144	135	133	127	121	116
31	ดอนเมือง	130	148	169	170	158	150	145	133	132	131	126	119
32	กรุงเทพมหานคร	120	136	153	156	144	136	132	126	123	120	119	113
33	อรัญประเทศ	126	148	166	166	158	144	137	129	131	130	126	117
34	ชลบุรี	131	149	168	171	153	149	143	136	131	131	131	130
35	สัตหีบ	140	156	171	170	152	158	151	146	139	133	137	139
36	จันทบุรี	128	134	139	146	132	123	121	115	117	123	128	127
37	คลองใหญ่(ตราด)	124	130	137	137	129	120	119	112	116	121	122	123
38	เกาะสีชัง	133	150	166	171	156	152	146	139	134	137	135	132

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ที่	สถานที่	เดือน											
		มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
39	หัวหิน	127	145	165	167	152	146	139	132	132	127	125	123
40	ประจวบคีรีขันธ์	125	141	159	164	154	145	142	137	140	129	128	127
41	ชุมพร	117	133	152	154	139	130	127	150	128	121	113	111
42	สุราษฎร์ธานี	120	143	158	155	142	136	135	131	114	123	110	107
43	นครศรีธรรมราช	116	137	157	153	143	140	142	135	101	124	110	107
44	สงขลา	103	144	153	147	135	133	135	133	79	124	113	116
45	นราธิวาส	121	136	151	154	138	135	133	131	57	127	115	110
46	ระนอง	130	145	158	153	130	118	117	113	109	115	108	120
47	ภูเก็ต	143	159	167	155	132	132	133	132	82	126	124	132
48	สนามบินภูเก็ต	134	150	157	148	137	127	128	125	88	120	120	123
49	ตรัง	140.	158	166	155	131	121	128	123	72	122	117	123

ที่มา : ฉลอง เกิดพิทักษ์. 2526. การจัดการน้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย พระนคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์.

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำประจำเดือนของพืชชนิดต่าง ๆ

อายุของพืช (เดือน)	ชนิดของพืช				
	ข้าวพันธุ์พื้นเมือง	ข้าวพันธุ์ กข.	อ้อย	พืชไร่	พืชผัก
1	1.0*	1.0*	0.6	0.4	0.7
2	1.0	1.25	0.8	0.7	0.7
3	1.2	1.35	1.0	1.0	0.7
4	1.35	1.3	1.2	0.8	0.7
5	1.3	1.1	1.25	0.5	
6	1.2		1.2		
7	1.1		1.15		
8			1.0		
9			0.85		
10			0.65		
11			0.6		
12			0.5		

หมายเหตุ 1.* **รวมระยะเวลาประมาณ 1 เดือน สำหรับการเตรียมแปลงตกกล้าและปักดำ**

2. จาก JICA Master Plan Study for The Greater Mae Klong River Basin Development Project, Appendices (Volume 2), February, 1980.

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำประจำสัปดาห์ของพืชชนิดต่าง ๆ

ระยะเวลาจากต้นฤดู สัปดาห์	ข้าวพันธุ์พื้นเมือง ปักดำ	ข้าวพันธุ์ กข. ปักดำฤดูฝนและฤดูแล้ง	ข้าวพันธุ์พื้นเมือง หว่าน	ข้าวพันธุ์ กข.หว่านฤดูฝนและฤดูแล้ง	พืชไร่ ฤดูฝน	พืชไร่ ฤดูแล้ง
1	0.83	0.99	0.0	0.0	0.30	0.53
2	0.83	0.99	0.0	0.99	0.30	0.53
3	0.83	0.99	0.0	0.99	0.30	0.30
4	0.93	1.16	0.0	0.99	0.30	0.30
5	1.06	1.16	0.83	1.16	0.70	0.70
6	1.06	1.16	0.83	1.16	0.70	0.70
7	1.06	1.25	0.83	1.16	0.9	0.9
8	1.06	1.30	0.93	1.25	1.2	1.2
9	1.06	1.32	1.06	1.30	1.0	1.0
10	1.06	1.32	1.06	1.32	1.0	1.0
11	1.06	1.32	1.06	1.32	0.7	0.7
12	1.06	1.24	1.06	1.32	0.5	0.5
13	0.96	0.0	1.06	1.24	0.5	0.5
14	0.83	0.0	1.06	0.0	0.5	0.5
15	0.83	0.0	1.06	0.0	0.5	0.5
16	0.83	0.0	0.96	0.0	0.5	0.5
17	0.83	0.0	0.96	0.0	0.5	0.5
18	0.72	0.0	0.83	0.0	0.5	0.5
19	0.0	0.0	0.83	0.0	0.5	0.5
20	0.0	0.0	0.83	0.0	0.5	0.5
21	0.0	0.0	0.83	0.0	0.5	0.5
22	0.0	0.0	0.72	0.0	0.5	0.5
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5

ที่มา ฉลอง เกิดพิทักษ์ 2526 การจัดการในลุ่มน้ำของประเทศไทย พระนคร ห้างหุ้นส่วนจำกัด

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยเบ็ดเสร็จ สำหรับถาดวัดการระเหยแบบเอ

พืช	เปอร์เซนต์ของอายุพืช										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ถั่วต่าง ๆ	0.20	0.30	0.40	0.65	0.85	0.90	0.90	0.80	0.60	0.35	0.20
พืชผลไม้ประเภทส้ม และอาโวกาโด	0.50	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.50	0.55	0.60	0.55	0.50
ข้าวโพด	0.20	0.30	0.50	0.65	0.80	0.90	0.90	0.85	0.75	0.60	0.50
ฝ้าย	0.10	0.20	0.40	0.55	0.75	0.90	0.90	0.85	0.75	0.55	0.35
ไม้ผลประเภทผลัดใบ	0.20	0.30	0.50	0.65	0.70	0.75	0.70	0.60	0.50	0.40	0.20
ไม้ผล มีพืชคลุมดิน	ค่าเฉลี่ยประมาณ 1.0 ในช่วงที่พืชคลุมดินกำลังโตเต็มที่										
ข้าวฟ่าง	0.20	0.35	0.55	0.75	0.85	0.90	0.85	0.70	0.60	0.35	0.15
ธัญญพืชปลูก	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.55	0.75	0.85	0.90	0.90	0.30
ธัญญพืช	0.15	0.25	0.35	0.40	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 0.55-1.0 ขึ้นอยู่กับอัตราและช่วงการเจริญเติบโต										
พืชผัก รากลึก	0.20	0.20	0.25	0.35	0.50	0.65	0.70	0.60	0.45	0.35	0.20
รากตื้น	0.10	0.20	0.40	0.50	0.60	0.60	0.60	0.55	0.45	0.35	0.30

เมื่อ ET_p = ปริมาณการใช้น้ำของพืชมาตรฐาน

K_p = ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหย สำหรับถาดวัดการระเหยแบบเอ ค่า K_p จะหาได้จากตารางผนวกที่ 1

K_c = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ซึ่งจะแปรผันไปตามชนิดและระยะเวลาในการเจริญเติบโตของพืชจะหาได้จากตารางที่ 2 – 3

ET_p และ Epan = มีความหมายเหมือนที่กล่าวมาแล้ว

ปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทย

ปริมาณและอัตราการใช้น้ำของพืชชนิดต่าง ๆ ที่วัดได้ ที่สถานีทดลองการใช้น้ำของพืชของกรมชลประทาน และโครงการไร่นาตัวอย่างห้วยสีชน จังหวัดกาฬสินธ์ จะแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 2 – 4 ซึ่งพอที่จะสรุปค่าอัตราการใช้น้ำของพืชโดยประมาณในกรณีที่ไม่มีข้อมูล ที่แท้จริงได้ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 อัตราการใช้น้ำของพืชโดยประมาณ

พืช	อัตราการใช้น้ำของพืชโดยประมาณ มม./วัน
ข้าว (ET+P)	5 – 15
ข้าวโพดหวาน	4.5
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	2 – 6.5
ข้าวฟ่าง	3 – 4
ถั่วเหลือง	1 – 5
ถั่วเขียว	3
ถั่วลิสง	3 – 4
ฝ้าย	3
ยาสูบ	3.7

ความต้องการน้ำของข้าวที่กล่าวถึงในตารางที่ 5 หมายถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียจากแปลงในรูปของการระเหย การคายน้ำ และรั่วซึม เพราะถือว่าการรั่วซึมในแปลงนา เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ สำหรับปริมาณการใช้น้ำของข้าวเนื่องจากการระเหยและการคายน้ำโดยทั่ว ๆ ไป จะมีค่าเกือบคงที่คือประมาณ 4–7 มม./วัน

ส่วนการรั่วซึมในแปลงนาจะแปรผันไปตามลักษณะเนื้อดิน ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 อัตราการรั่วซึมในแปลงนา

เนื้อดิน	การรั่วซึมในแปลงนาเฉลี่ย (มม./วัน)
ดินทราย (Sandy)	2.5 – 8.0
ดินร่วน (Loamy)	1.5 – 2.5
ดินเหนียว (Clayer)	1.0 – 1.5

อย่างไรก็ตามปริมาณการใช้น้ำของพืชจะแปรผันไปตามสภาพดินฟ้าอากาศ ชนิดและพันธุ์พืช วิธีการใช้น้ำ ตลอดจนฤดูกาล ดังนั้นค่านี้จะแตกต่างกันออกไปในแต่ละที่ จึงควรจะได้มีการทดลองวัดจริง ๆ เพื่อใช้ในการวางแผนการส่งน้ำต่อไป

3. ปริมาณฝนใช้การ (Effective Rainfall)

ปริมาณฝนใช้การหมายถึงส่วนของน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรืออีกนัยหนึ่งเป็นส่วนของน้ำฝนที่ทดแทนความต้องการน้ำรสประทานที่แปลงเพาะปลูก ซึ่งจะต้องให้แก่พืชในวันที่มีฝนตกนั้น

โดยปกติแล้วไม่จำเป็นว่าฝนที่ตกลงบนพื้นที่เพาะปลูกนั้นจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ทั้งหมด ทั้งนี้เพราะว่าส่วนที่จะเป็นประโยชน์อย่างแท้จริงนั้นก็อ ส่วนที่ถูกเก็บไว้ในเขตราก ที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในภายหลัง หรือในกรณีที่เป็นนาข้าวก็จะเป็นส่วนที่ยังอยู่ในแปลงนาในระดับที่ไม่เกินไป จนเป็นอันตรายต่อข้าวเช่น สมมติว่าในวันที่ 20 กรกฎาคม ถึงกำหนดที่จะต้องให้น้ำแก่ข้าวโพดจำนวน 100 มม. ถ้าฝนตกในวันที่ 19 จำนวน 30 มม. ฝนดังกล่าวนี้ก็จะเป็นฝนใช้การทั้งหมด ในทางตรงกันข้าม ถ้าฝนตกในวันที่ 21 ซึ่งเพิ่งให้น้ำเสร็จ ฝน 30 มม. ก็จะไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเลย จะเห็นได้ว่าจำนวนฝนใช้การที่แท้จริงนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างด้วยกัน เช่น ความชื้นของดินหรือระดับน้ำในแปลงนาก่อนฝนตก อัตราและปริมาณของฝน อัตราการดูดซึมน้ำของดิน ความสามารถเก็บน้ำของดินในเขตราก ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่เพาะปลูก ชนิด และอัตราการดูดน้ำของพืชที่ปลูก เป็นต้น

เนื่องจากว่าวิธีการให้น้ำและการใช้น้ำของข้าวนั้นแตกต่างจากพืชไร่มากดังนั้นปริมาณฝนใช้การสำหรับข้าวจะได้พิจารณาแยกต่างหากจากพืชไร่

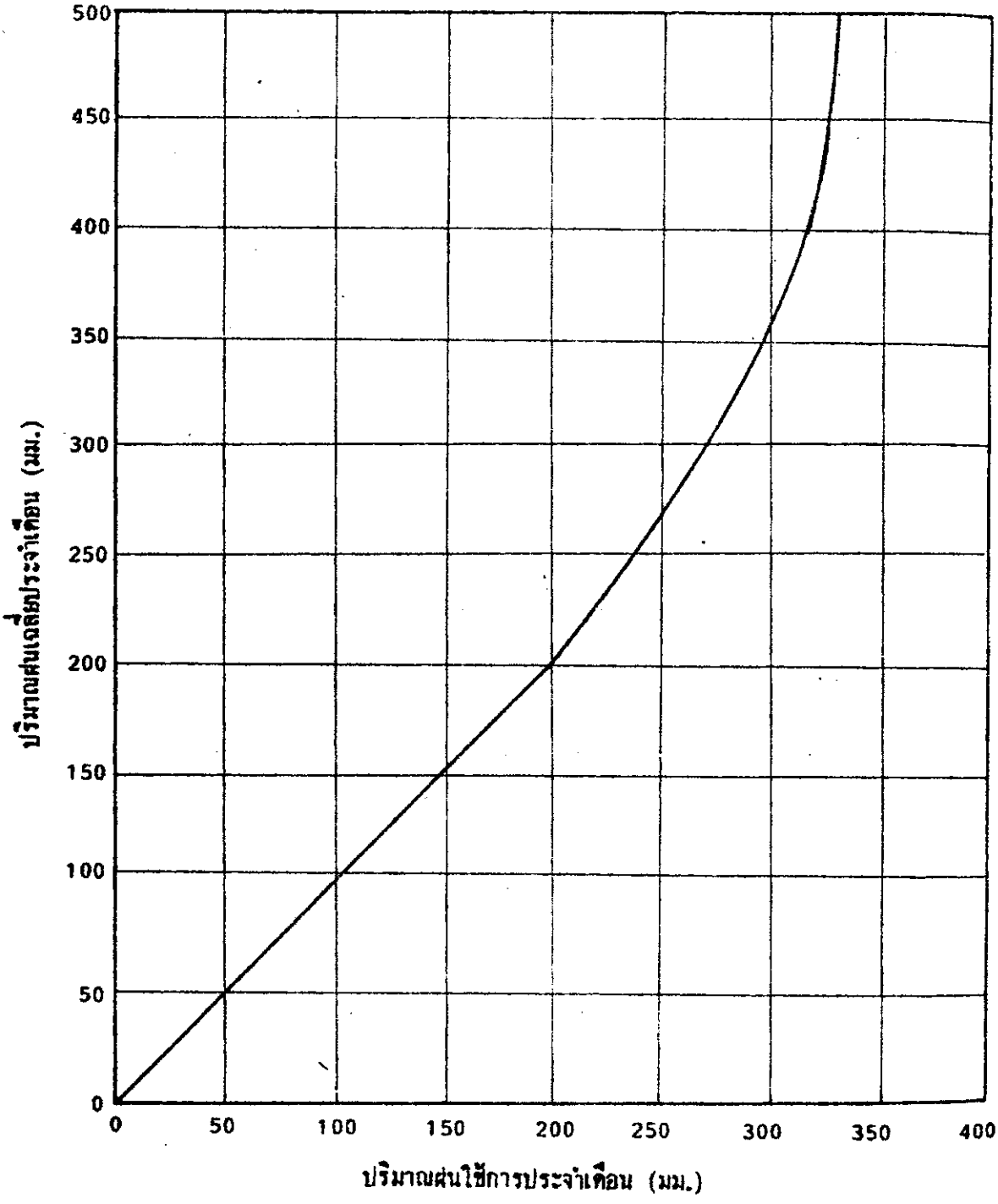
ฝนใช้การสำหรับข้าว

ก่อนที่เกษตรกรจะเข้าใจว่านาข้าวส่วนใหญ่มีการสูญเสียน้ำโดยรวย ฝนที่ตกลงในนาถ้ามีปริมาณไม่มากจนเกินไปก็จะถูกเก็บกักไว้ได้ทั้งหมด นอกจากนี้ข้าวยังมีความต้องการน้ำชลประทานสูงเพราะ จะต้องเผื่อไว้สำหรับการรั่วซึมในแปลงนาซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ด้วย โดยปกติความต้องการน้ำในแปลงนาจะมีค่าอยู่ระหว่าง 150-300 มิลลิเมตรต่อเดือน ดังนั้น อาจถือว่าฝนที่ตกด้วยอัตราปกติ และแผ่กระจายสม่ำเสมอตลอดเดือนในขนาดไม่เกินความต้องการน้ำสำหรับเดือนนั้น ๆ เป็นฝนใช้การได้ทั้งหมด อย่างไรก็ตามข้อกำหนดดังกล่าวนี้จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อระดับน้ำในแปลงนาไม่สูงจนเกินไปในขณะที่ฝนตก เพราะเมื่อมีน้ำฝนมาเพิ่มระดับน้ำอาจจะสูงจนเกินไปจนไม่สามารถใช้น้ำฝนให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ นี่เป็นสาเหตุหนึ่งที่แนะนำชาวนาให้รักษาระดับน้ำในนาให้ต่ำเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย บริษัทวิศวกรที่ปรึกษา (Engineering Consultants, Inc.) ได้แนะนำการคำนวณปริมาณฝนใช้การสำหรับข้าวดังรูปที่ 3 ข้อแนะนำดังกล่าวถือว่าฝนที่ตกไม่เกิน 200 มม.ตลอดเดือนเป็นฝนใช้การได้ทั้งหมด ส่วนที่เกิน 200 มม. ปริมาณฝนใช้การจะลดลงตามส่วน และสัดส่วนของฝนใช้การจะลดลงเมื่อฝนรายเดือนมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนี้

ปริมาณฝนรายเดือน-มม.	ปริมาณใช้การ-มม.(%)	% ฝนใช้การที่เพิ่มขึ้น 50 มม.
200	200.0 (100)	
		75
250	237.5 (95.0)	
		65
300	270.0 (90.0)	
		45
350	292.5 (83.6)	
		35
400	310.0 (77.5)	
		20
450	320.0 (71.1)	
		10
500	325.0 (65.0)	

ขอให้สังเกตว่าฝนใช้การสำหรับนาข้าวนั้นอาจมีค่ามากกว่าความต้องการน้ำชลประทานที่แปลงนาได้ ทั้งนี้เพราะถ้าระดับน้ำไม่สูงมากอยู่ก่อนแล้ว ฝนที่ตกลงมาก็สามารถเก็บไว้ใช้ในเดือนถัดไปได้ ซึ่งตรงกันข้ามกับพืชไร่ที่ฝนใช้การมีค่าเกินความต้องการน้ำไม่ได้ เพราะว่าที่เกินนั้นจะซึมเลยเขตรากและไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนเฉลี่ยประจำเดือนและปริมาณฝนใช้การสำหรับนาข้าวภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งแนะนำโดยบริษัทวิศวกรที่ปรึกษา (Engineering Consultants, Inc.)

ในภาคกลาง บริษัท Acres International Ltd. ได้เสนอแนะการคำนวณปริมาณฝนใช้การไว้ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนประจำเดือนและปริมาณฝนใช้การสำหรับนาข้าวในภาคกลาง

ปริมาณฝนประจำเดือน (มม.)	ปริมาณฝนใช้การประจำเดือน (มม.)							
	กรณีที่ 1		กรณีที่ 2		กรณีที่ 3			
	ต.ค.	เดือนอื่น ๆ	ต.ค.	เดือนอื่น ๆ	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	เดือนอื่น ๆ
0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	25	25	25	25	25	25	25	25
50	43	50	50	50	50	50	50	50
100	58	80	92	100	100	100	100	100
150	71	93	95	126	150	140	120	150
200	82	100	100	135	190	165	120	200
250	84	110	100	147	215	180	120	250
300	84	120	100	156	234	189	120	275
400	84	120	100	160	264	212	120	300
500	84	120	100	160	164	215	120	300

กรณีที่ 1 ได้แก่สภาพการทำนาในปัจจุบันซึ่งสามารถเก็บน้ำฝนไว้ในแปลงนาได้น้อยมาก

กรณีที่ 2 ได้แก่สภาพการทำนาในปัจจุบันแต่ปริมาณน้ำฝนที่เก็บไว้ในแปลงนามีความสำคัญต่อการเพาะปลูก

กรณีที่ 3 ในอนาคตถ้ามีการปรับปรุงสภาพแปลงนาให้สามารถเก็บน้ำฝนไว้ให้พืชใช้ได้มากขึ้น

ตัวอย่างที่ 1 จงคำนวณปริมาณฝนใช้การสำหรับนาข้าวในเขตจังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งมีฝนตกในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม และกันยายน เท่ากับ 172.6, 222.6 และ 391.0 มม. ตามลำดับ

วิธีทำ

ใช้กราฟของ Engineering Consultants, Inc.

เดือนกรกฎาคม ฝนตก 172.6 มม. น้อยกว่า 200 มม. ดังนั้นฝนใช้การสำหรับเดือนนี้เท่ากับ 100 เปอร์เซนต์ หรือ 172.6 มม.

เดือนสิงหาคม ฝนตก 222.6 มม. มากกว่า 200 มม.

ส่วนที่ไม่เกิน 200 มม. เป็นฝนใช้การ 100 เปอร์เซ็นต์

ส่วนที่เกิน 200 มม. คือ 22.6 มม. ใช้การ 75 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นฝนใช้การสำหรับเดือนสิงหาคม = $200+\frac{75}{100}\times 22.6$ = 217 มม.

หรืออ่านจากกราฟรูปที่ 3 ฝนใช้การ = 220 มม.

เดือนกันยายน ฝนตก 391.0 มม.

จากตาราง ถ้าฝนตก 350 มม. จะเป็นฝนใช้การ 292.5 มม. จาก 350 มม. ถึง 400 มม. เป็นฝนใช้การ 35 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้น ฝนใช้การสำหรับเดือนกันยายน = $292.5+(391-350)\times\frac{35}{100}$

= $292.5+\frac{41\times 35}{100}$

= 306.9 มม.

อ่านจากการสรุปที่ 3 ฝนใช้การ = 307.5 มม.

ฝนใช้การสำหรับพืช

ค่าฝนใช้การสำหรับพืชไร่หมายถึงส่วนของน้ำฝนที่ซึมลงไปในดินและเก็บไว้ในเขตรากที่พืชจะสามารถนำไปใช้ได้ในภายหลัง การประมาณค่าดังกล่าวนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากมากกว่าในกรณีที่เป็นนาข้าว ทั้งนี้เพราะว่าตัวแปรที่มีผลต่อค่าดังกล่าวมีมากกว่า เช่น คุณสมบัติของดินจะมีผลต่ออัตราการดูดซึมน้ำแตกต่างกันได้มาก ความลึกของรากพืชแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ความลาดเทของแปลง ซึ่งเกี่ยวข้องกับโอกาสที่น้ำฝนจะซึมลงไปในดินก็ต่างกันมาก ดังนั้น ถ้าจะให้การประมาณค่าฝนใช้การมีความถูกต้องสูงแล้วจะต้องแบ่งแยกพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย ๆ ให้มีลักษณะของตัวแปรที่กล่าวข้างต้นคล้ายคลึงกัน แล้วจึงแยกคำนวณปริมาณฝนใช้การของแต่ละแปลงย่อยนั้น

สำหรับประเทศไทยยังไม่เคยมีการศึกษาเรื่องนี้อย่างจริงจัง การประเมินปริมาณฝนใช้การจึงจำเป็นต้องใช้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในต่างประเทศ เช่น ประเทศเม่าพิจารณาว่าปริมาณฝนใช้การสำหรับพืชไร่ที่ปลูกในฤดูฝนเท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์ของฝนรายเดือนที่มากกว่า 12.7 มม. และ 65 เปอร์เซ็นต์ของฝนรายเดือนที่มากกว่า 25.4 มม. สำหรับพืชไร่ที่ปลูกในฤดูแล้ง นอกจากนี้ยังมีวิธีการของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา ซึ่งได้จากการวิเคราะห์สถิติน้ำฝนและการคำนวณสมดุลย์ของความชื้นในดิน โดยสมมติว่าดินในเขตรากมีความสามารถอุ้มน้ำได้ 75 มม. จะต้องทำการปรับแก้ค่าในตาราง โดยใช้ตัวคูณซึ่งให้ไว้ในบรรทัดสุดท้ายของตาราง

การใช้ตารางที่ 8 เพื่อคำนวณฝนใช้การสำหรับพืชไร่ต้องการข้อมูลหลายอย่างด้วยกันคือ จำนวนน้ำฝนตลอดเดือน อัตราการใช้น้ำของพืชสำหรับเดือนนั้น และความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ของดินในเขตราก

ตารางที่ 8 ปริมาณฝนใช้การ สำหรับกรณีที่ดินในเขตรากมีความสามารถอุ้มน้ำได้ 75 หมม.

ฝนรายเดือนเฉลี่ย -มม.	อัตราการใช้น้ำของพืช (ET) ประจำเดือน-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	26	28	30
40	23	25	27	29	30	31	32	35	38	40
50	25	32	34	35	36	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	86	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
ความสามารถอุ้มน้ำของดินในเขตราก(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 ฝนใช้การเฉลี่ยประจำเดือนต้องไม่มากกว่าจำนวนฝนเฉลี่ยหรืออัตราการใช้น้ำของพืชในเดือนเดียวกัน ในกรณีที่ฝนเฉลี่ยรายเดือนน้อยกว่าค่าสำสุดของฝนใช้การ ในตารางข้างบนให้ถือว่าฝนดังกล่าวเป็นฝนใช้การทั้งหมด

ตัวอย่างที่ 2 สมมติว่าการปลูกพืชไร่ในฤดูแล้งในเขตโครงการชลประทานแห่งหนึ่งในเดือนที่ต้องการคำนวณฝนใช้การมีฝนตก 60 มม. แต่จากการคำนวณพืชต้องการน้ำ 125 มม. ฝนใช้การจะเท่ากับเท่าไร ถ้าดินในเขตรากสามารถเก็บน้ำไว้ได้ ก) 75 มม. ข) 50 มม. ก) 100 มม.

วิธีทำ ก. จากตารางที่ 8 เมื่อมีฝนตก 60 มม. พืชใช้น้ำ 125 มม.

ฝนใช้การจะเท่ากับ 43 มม.

ข. เมื่อดินในเขตรากสามารถเก็บน้ำไว้ได้เพียง 50 มม. จากตัวเลขในบรรทัดสุดท้ายของตารางที่ 8 ตัวคูณปรับแก้ = 0.93

ดังนั้น ฝนใช้การ = 0.93 x 43 = 40 มม.

ค. เมื่อดินในเขตรากสามารถเก็บน้ำไว้ได้ 100 มม. ตัวคูณปรับแก้จากตารางที่ 5 จะเท่ากับ 1.02

ดังนั้น ฝนใช้การ = 1.02 x 43 = 44 มม.

การหาปริมาณฝนใช้การสำหรับพืชไร่ตามวิธีของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา เป็นค่าโดยประมาณสำหรับพื้นที่ปลูกพืชไร่โดยทั่ว ๆ ไปเท่านั้น ในกรณีที่เราทราบรายละเอียดของพื้นที่เพาะปลูก ดินและพืช เราอาจจะพิจารณาเลือกใช้ค่าอื่นนอกเหนือจากตารางนั้นก็ได้ เช่น สมมติว่าในตัวอย่างที่แล้วนี้เป็นการปลูกพืชในแปลงนาดินในเขตรากมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้ 50 มม. ในเดือนดังกล่าวมีฝนตกหนักครั้งเดียวพิจารณาจากข้อเท็จจริงที่ว่า ฝนที่ตกในแปลงนาส่วนใหญ่จะซึมลงเก็บไว้ในดิน เราอาจจะเลือกใช้ฝนใช้การเท่ากับ 50 มม. จากฝนทั้งหมด 60 มม. ก็ไม่น่าจะผิดไปจากความจริงเท่าใดนัก ในทางกลับกันถ้าเป็นการปลูกพืชในพื้นที่ที่มีความลาดเทสูง ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ต่ำ หรือฝน 60 มม. นั้น เป็นฝนที่ตกหนักในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ก็อาจจะลดฝนใช้การให้เหลือเพียง 30 หรือ 35 มม. ก็ได้

4. ประสิทธิภาพของการชลประทาน (Irrigation Efficiency, Ei)

ประสิทธิภาพของการชลประทาน ในด้านของการบริหารโครงการจะหมายถึง ความมีประสิทธิภาพในการส่งน้ำ แจกจ่ายน้ำไปยังแปลงเพาะปลูก และการให้น้ำกับต้นพืช เป็นดัชนีที่ชี้ให้เห็นว่าควรจะทำการปรับปรุงวิธีการส่งน้ำให้พืช ตลอดจนโครงสร้างขั้นพื้นฐาน (Infra-Structure) เช่น ระบบคลอง และคูน้ำหรือไม่ ในด้านการออกแบบประสิทธิภาพของการชลประทาน จะหมายถึงเกณฑ์ความปลอดภัย (Safety Factor) ที่จะต้องเผื่อไว้ในการออกแบบขนาดคลอง คูส่งน้ำ และอาคารควบคุมน้ำต่าง ๆ เนื่องจากการสูญเสียน้ำชลประทาน

ในระบบส่งน้ำเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เพียงแต่มากหรือน้อยเท่านั้น ดังนั้นจึงควรจะได้ทำความเข้าใจถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการสูญเสียน้ำชลประทาน หรือประสิทธิภาพของการชลประทานเพื่อจะได้ช่วยในการตัดสินใจเลือกค่าประสิทธิภาพของการชลประทานที่เหมาะสมในการวางแบบระบบใหม่ หรือช่วยในการพิจารณาแก้ไขปรับปรุงระบบชลประทานที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ลักษณะการสูญเสียน้ำชลประทานในระบบ

การสูญเสียน้ำชลประทานเกิดขึ้นได้ 2 ทาง คือ

1. การสูญเสียน้ำในระบบส่งน้ำและระบบแจกจ่ายน้ำในระหว่างการส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปถึงแปลงเพาะปลูก เนื่องจากการระเหย การรั่วซึม และการรั่วไหลออกตามจุดอ่อนของระบบ

2. การสูญเสียน้ำในแปลงชาวเกษตรกรให้น้ำแก่พืชในลักษณะของการรั่วซึม ลงเขตรากพืช และการไหลลงท้ายแปลง

น้ำชลประทานที่สูญเสียไปในขบวนการต่าง ๆ นี้สามารถแบ่งออกได้ เป็น 2 พวก คือ พวกแรกเป็นการสูญเสียน้ำซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น การระเหย การรั่วซึม ในระบบส่งน้ำและระบบกระจายน้ำ แต่อย่างไรก็ตามการสูญเสียในส่วนนี้จะทำให้ลดน้อยลงได้บ้างถ้าได้รับการออกแบบก่อสร้าง และบริหารงานส่งน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนการสูญเสียน้ำพวกที่สองซึ่งได้แก่การไหลซึมลงเขตรากพืช (สำหรับพืชไร่) การไหลลงท้ายแปลงเพาะปลูก ตลอดจนการใช้น้ำอย่างฟุ่มเฟือย เกินความต้องการของพืชก็จะเป็นการสูญเสียน้ำที่ควรจะหลีกเลี่ยงได้ ถ้าหากบุคคลที่เกี่ยวข้องมีความรู้ความชำนาญและรู้จักคุณค่าของน้ำชลประทาน

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการชลประทาน

ประสิทธิภาพของการชลประทานจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติของดิน

โดยทั่ว ๆ ไปดินเนื้อหยาบซึ่งมีอัตราการดูดซึมน้ำสูงเมื่อให้น้ำชลประทานแบบผิวดิน ก็ย่อมจะสูญเสียน้ำโดยการไหลซึมลงเขตรากมาก ในทางกลับกันดินเนื้อละเอียดซึ่งมีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำเมื่อให้น้ำแบบเดียวกันจะเกิดการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการไหลลงท้ายแปลงมากกว่า ซึ่งการสูญเสียน้ำในลักษณะนี้จะมีผลต่อประสิทธิภาพของการชลประทานบนแปลงเพาะปลูกและของระบบด้วย และการเปลี่ยนแปรของอัตราการรั่วซึมน้ำของดินก็ย่อมทำให้ประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำต่ำ อัตราการรั่วซึมน้ำของดินในระบบที่ส่งน้ำแบบหมุนเวียนย่อมจะผันแปรตลอดฤดู และแต่ละฤดูแต่ละปีก็ย่อมแตกต่างกัน

2. สภาพภูมิประเทศ

การส่งน้ำในสภาพภูมิประเทศที่ราบเรียบย่อมทำได้ง่ายและถูก และมีประสิทธิภาพกว่าในสภาพภูมิประเทศที่ลาดชันหรือเป็นลื่น เพราะสภาพภูมิประเทศแบบหลังจะทำให้ต้องวางแนวคลองคูน้ำยาวออกไปตามสภาพพื้นที่ ซึ่งการระเหยและรั่วซึมย่อมจะมากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้การให้น้ำกับแปลงเพาะปลูกที่ไม่ราบเรียบหรือมีความลาดชันสูง ย่อมจะสิ้นเปลืองน้ำมากกว่าถ้าต้องการให้ทุกจุดในแปลงได้รับน้ำตามที่ต้องการ

3. สภาพลมฟ้าอากาศ

สภาพลมฟ้าอากาศจะมีผลต่อการสูญเสียน้ำในรูปของการระเหยในคลอง คูส่งน้ำและในแปลงเพาะปลูก ซึ่งย่อมจะมีผลต่อประสิทธิภาพของการชลประทานด้วย แต่ก็เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้

4. ความลึกของน้ำชลประทานที่จะให้กับพืช

ความลึกของน้ำชลประทานที่จะให้กับพืช สำหรับวิธีการให้น้ำชลประทานแบบท่วมเป็นผืน ก็มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการชลประทานเหมือนกัน โดยเฉพาะถ้าความลึกของน้ำที่ให้น้อยจะทำให้น้ำไม่แผ่กระจายไปทั่วแปลง หัวแปลงจะได้รับน้ำมากเกินไป และเกิดการสูญเสียน้ำเนื่องจากการไหลซึมเลยเขตราก จึงควรจะได้มีการศึกษาเฉพาะถิ่นแต่ละแห่ง ว่าความลึกของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการให้แต่ละครั้งควรเป็นเท่าใด

5. วิธีการให้น้ำชลประทาน

โดยทั่วไปแล้วการชลประทานทุกวิธีจะมีประสิทธิภาพสูงในที่ซึ่งสภาพดิน ภูมิประเทศและลมฟ้าอากาศเหมาะสม อย่างไรก็ตามในสภาพบางอย่างวิธีการชลประทานบางแบบ อาจมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีอื่น เช่นในที่ราบลมแรงและปลูกพืชชนิด การชลประทานแบบท่วมเป็นผืนจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่าแบบเฉือดฝอย แต่การปลูกพืชชนิดเดียวกันนี้ในที่ลาดชันและลมสงบ การชลประทานแบบเฉือดฝอยย่อมจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า ดังนั้น เพื่อให้ได้ระบบชลประทานที่มีประสิทธิภาพสูงจึงจำเป็นจะต้องเลือกใช้วิธีการชลประทานให้เหมาะสมด้วย

6. ความสมบูรณ์ของการออกแบบและก่อสร้างระบบส่งน้ำ

นอกจากวิธีการชลประทานแล้ว การที่จะให้ได้ประสิทธิภาพสูง ระบบส่งน้ำจะต้องออกแบบและก่อสร้างไว้อย่างถูกต้องพร้อมทั้งมีอาคารและเครื่องมือควบคุมน้ำต่าง ๆ ไว้ในระบบอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามการที่จะประสบความสำเร็จในเรื่องนี้และการที่จะทราบได้ว่าระบบส่งน้ำที่ออกแบบและก่อสร้างไว้นั้นถูกต้องสมบูรณ์เพียงใด ก็ต่อเมื่อระบบนี้ได้ใช้งานแล้ว และมีการตรวจสอบวัดประสิทธิภาพของระบบนั้น แล้วดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

7. ความชำนาญของผู้ใช้น้ำและส่งน้ำ

การใช้น้ำอย่างประหยัดและถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากต่อประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำ ถึงแม้ว่าองค์ประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วจะดีและเหมาะสมเพียงใดก็ตาม ถ้าผู้ใช้น้ำและส่งน้ำไม่ได้ทำตามแผนที่วางไว้ ใช้น้ำอย่างไม่ประหยัดและถูกต้องตามวิธีการตามความต้องการของพืช ระบบนั้นก็จะไม่มีประสิทธิภาพตามที่ออกแบบไว้

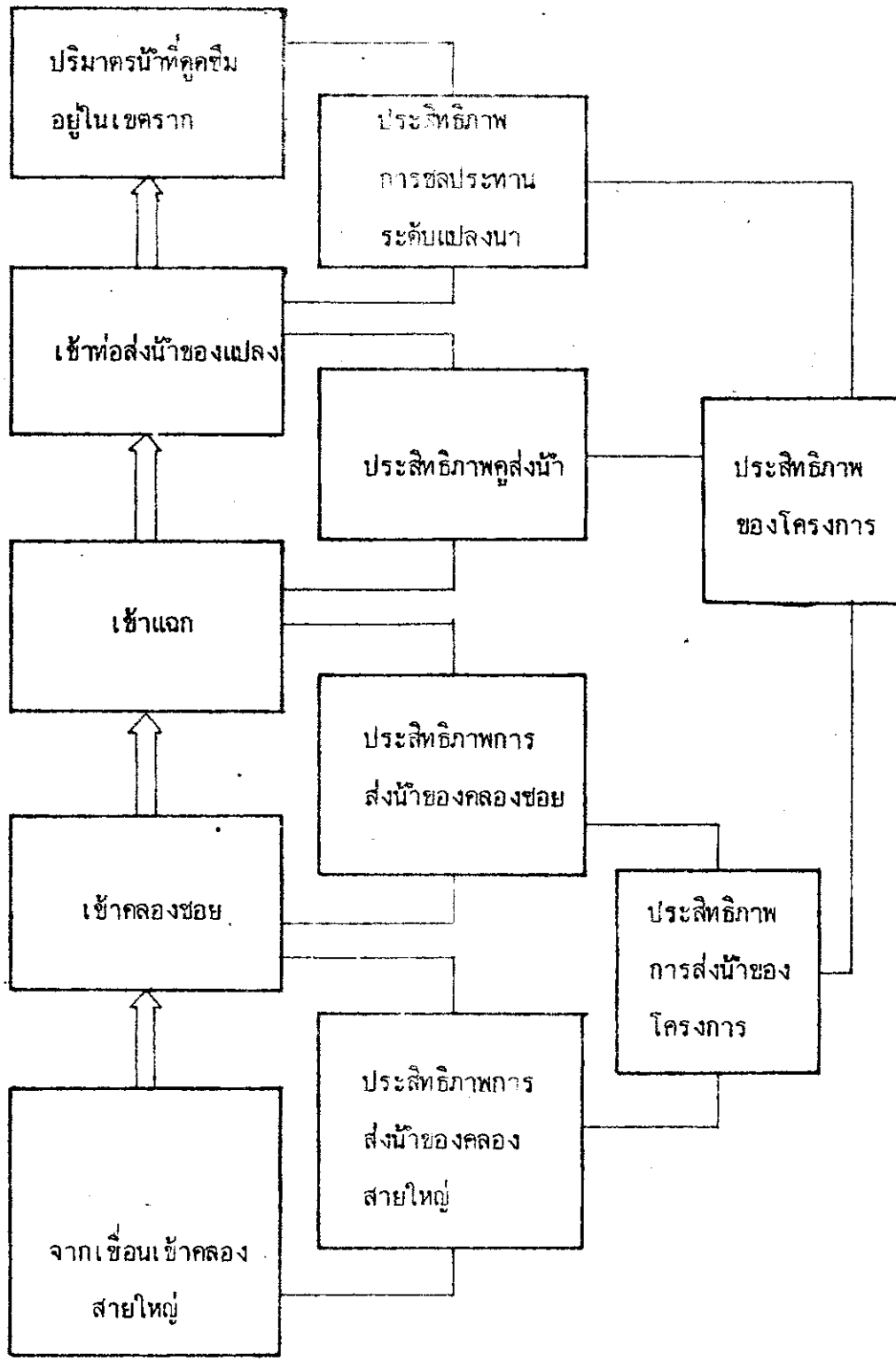
การหาค่าประสิทธิภาพของการชลประทาน

การหาค่าประสิทธิภาพของการชลประทานมีความมุ่งหมายที่จะใช้เป็นเกณฑ์วัดความสามารถในการทำงานของระบบส่งน้ำ ระบบแจกจ่ายน้ำตลอดจนการใช้น้ำของโครงการ เพื่อจะได้ปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้ดีขึ้น การที่จะควบคุมการส่งน้ำในทุกส่วนของระบบให้ได้ผลดี จำเป็นจะต้องมีการวัดประสิทธิภาพของการชลประทานในส่วนต่าง ๆ ตั้งแต่แหล่งน้ำจนถึงแปลงเพาะปลูก แล้วนำผลการตรวจวัดค่าประสิทธิภาพของการชลประทานที่ปฏิบัติได้จริงกลับไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนและออกแบบระบบชลประทานอย่างอื่น ๆ แบบเดียวกันต่อไป หรือนำมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องส่งให้ในขณะส่งน้ำ หรือสำหรับวางแผนส่งน้ำล่วงหน้า

โดยทั่วไปประสิทธิภาพของการชลประทาน หมายถึง อัตราส่วนที่คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่างปริมาณน้ำสุทธิที่ต้องการต่อปริมาณน้ำที่ส่งให้ทั้งหมด ณ ตำแหน่งที่พิจารณา ซึ่งจะคิดแยกเป็นส่วน ๆ เพื่อจะได้ทราบว่าส่วนไหนมีประสิทธิภาพมากน้อยเท่าใด ดังแสดงขั้นตอนการคำนวณในรูปที่ 4 และสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Water Application Efficiency, Ea)

ประสิทธิภาพในการให้น้ำหรือประสิทธิภาพการชลประทานระดับแปลงนา หมายถึงอัตราส่วนคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่างปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในเขตรากพืชในขณะทำการให้น้ำ (สำหรับพืชไร่) ต่อปริมาณน้ำที่แปลงเพาะปลูกได้รับ ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับสภาพดินในแปลง วิธีการให้น้ำชลประทานตลอดจนขีดความสามารถของเกษตรกร



รูปที่ 4 ขั้นตอนการคำนวณหาประสิทธิภาพของการชลประทานที่ระดับต่าง ๆ

$$Ea = 100 \frac{Ws}{Wp} \quad \text{.....(5)}$$

เมื่อ Ea = ประสิทธิภาพในการให้น้ำเป็นเปอร์เซ็นต์

Ws = ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในเขตรากในขณะที่ทำการให้น้ำ ซึ่งต้องการให้มีค่าเท่ากับปริมาณน้ำสุทธิที่จะต้องให้แก่พืช (Wn)

Wp = ปริมาณน้ำที่พื้นที่เพาะปลูกได้รับ

สำหรับการปลูกพืชไร่หรือพืชผัก การสูญเสียน้ำในแปลงจะได้แก่การไหลซึมเลยเขตรากและการไหลเลยท้ายแปลงเพาะปลูก

สำหรับการทำนาซึ่งจะให้น้ำขังอยู่เหนือผิวดินในแปลงตลอดเวลา นั้น

Ws = ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในแปลงในขณะที่ทำการให้น้ำ ซึ่งเท่ากับปริมาณน้ำสุทธิที่จะต้องให้แก่ข้าว (Wn)

2. ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ

ในกรณีที่พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกรมีขนาดใหญ่มากจนต้องมีระบบแจกจ่ายน้ำในไร่นาภายในพื้นที่เพาะปลูก การสูญเสียน้ำภายในระบบส่วนนี้จะอยู่ในความรับผิดชอบของเกษตรกร ประสิทธิภาพของคูน้ำจะหาได้จากสมการ

$$Eb = 100 \frac{Wp}{Wf} \quad \text{.....(6)}$$

เมื่อ Eb = ประสิทธิภาพของคูน้ำเป็นเปอร์เซ็นต์

Wp = ปริมาณน้ำที่แปลงเพาะปลูกได้รับ

Wf = ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าปากคูส่งน้ำ

ในกรณีที่พื้นที่เพาะปลูกได้รับน้ำจากคลองโดยตรงจะถือว่า Wp = Wf

3. ประสิทธิภาพในการส่งน้ำ (Conveyance Efficiency, Ec)

เนื่องจากปริมาณน้ำทั้งหมดที่ส่งจากแหล่งน้ำไปตามระบบคลอง และคูส่งน้ำไปสู่แปลงเพาะปลูกจะมีการสูญเสียเนื่องจากการระเหย การรั่วซึม และถูกพืชที่ขึ้นอยู่ตามริมคลองใช้ไป การจะบอกว่าคลองส่งน้ำทำหน้าที่ได้สมบูรณ์เพียงใดจะบอกได้ด้วยประสิทธิภาพในการส่งน้ำ

$$Ec = 100 \frac{Wf}{Wr} \quad \text{.....(7)}$$

เมื่อ Ec = ประสิทธิภาพในการส่งน้ำเป็นเปอร์เซ็นต์

Wf = ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าปากคูส่งน้ำ

Wr = ปริมาณน้ำที่ผันไปจากแหล่งน้ำ

เมื่อทราบประสิทธิภาพของแต่ละส่วน กล่าวคือ ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea) ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Eb) และประสิทธิภาพในการส่งน้ำ (Ec) แล้วจะหาประสิทธิภาพรวมของโครงการชลประทานได้จากสมการ

$$Ei = Ea. Eb. Ec \quad \text{.....(8)}$$

เมื่อ Ei = ประสิทธิภาพของโครงการชลประทานเป็นเปอร์เซ็นต์

ค่าทั่ว ๆ ไปของประสิทธิภาพทั้ง 3 ส่วนนี้พิจารณาจากวิธีการส่งน้ำวิธีการให้น้ำตลอดจนสภาพดินจะหาได้จากตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea) ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Eb) และประสิทธิภาพในการส่งน้ำ (Ec) สำหรับวิธีการส่งน้ำ ขนาดของพื้นที่ ลักษณะของดิน และวิธีการให้น้ำแบบต่าง ๆ

ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Application Efficiency, Ea)	ประสิทธิภาพ (%)
ให้น้ำทางผิวดิน	
ดินทราย	55
ดินร่วน	70
ดินเหนียว	60
แบบท่วมเป็นขั้นลาด (Graded Border)	60–75
แบบท่วมเป็นอ่างหรือเป็นขั้นราบ (Basin and Level Border)	60–80
แบบท่วมจากคูตามเส้นชอบเนิน (Contour Ditch)	50–55
แบบร่องคู	55–70
แบบร่องคูเล็ก	50–70
ให้น้ำใต้ผิวดิน	ไม่เกิน 60

ให้แบบฉีดฝอย (Sprinkler)

อากาศร้อนและแห้ง	60
อากาศอบอุ่นปานกลาง	70
อากาศชุ่มชื้นและเย็น	80

สำหรับนาข้าว

ระยะการเตรียมแปลง	75
ระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว	65

ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Field Canal Efficiency, Eb)		ประสิทธิภาพ (%)
สำหรับพื้นที่รับน้ำมากกว่า 125 ไร่	: คลองดิน	80
	คลองคอนกรีตหรือท่อส่งน้ำ	90
สำหรับพื้นที่รับน้ำน้อยกว่า 125 ไร่	: คลองดิน	70
	คลองคอนกรีตหรือท่อส่งน้ำ	80

ประสิทธิภาพในการส่งน้ำ (Conveyance Efficiency, Ec)	ประสิทธิภาพ (%)
ส่งน้ำแบบตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงอัตราการส่งน้อย	90
ส่งน้ำแบบหมุนเวียน โครงการขนาด 20,000–40,000 ไร่	
พื้นที่หมุนเวียน 500–20,000 ไร่ มีการจัดการดี	80
ส่งน้ำแบบหมุนเวียนในโครงการขนาดใหญ่มาก (มากกว่า 60,000 ไร่)	
หรือโครงการเล็ก (น้อยกว่า 6,000 ไร่)	
การจัดการไม่ดีพอ	65–70

ประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำ (Ed = Ec. Eb)

สำหรับการส่งน้ำแบบหมุนเวียนที่มีการจัดการและการประสานงาน

ก. ดี	65
ข. พอใช้	55
ค. เกือบพอใช้	40
ง. เลว	30

5. การกำนวณหาความต้องการน้ำของประทาน

การกำนวณหาความต้องการน้ำของประทานในระบบส่งน้ำสำหรับการวางแบบการส่งน้ำ จะใช้ข้อมูลฝน และอัตราการใช้น้ำของพืชเป็นรายสัปดาห์หรือรายเดือน ตามรูปแบบการปลูกพืชที่กำหนดไว้ ซึ่งจะแตกต่างจากการกำนวณหาความต้องการน้ำของประทานสำหรับการจัดสรรน้ำในฤดูส่งน้ำ ที่ใช้ข้อมูลปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นเป็นประจำวันในระยะที่มีการปลูกพืชจริง ๆ ซึ่งอาจแยกแยกไปจากรูปแบบการปลูกพืชที่วางไว้ก็ได้

ในการหาความต้องการน้ำของประทานนั้นควรจะศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับสภาพดินฟ้าอากาศของโครงการ เกี่ยวกับพืช วิธีการทางการเกษตร วิธีการส่งน้ำ ตลอดจนแรงงานที่มีอยู่ในพื้นที่ของโครงการ ซึ่งพอจะแยกออกได้ดังนี้

1. รูปแบบการปลูกพืช ซึ่งแสดงถึงชนิดของพืชที่ปลูก ช่วงที่ปลูก ตลอดจนจำนวนพื้นที่ที่ปลูกพืชแต่ละชนิด

2. คุณสมบัติของพืช เช่น ความลึกของเขตราก จุดวิกฤต (Critical Point) ความต้องการการใช้น้ำประจำวัน ประจำเดือน ประจำฤดูกาล หรือความต้องการน้ำสูงสุด

3. สภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิ การระเหย รังสีอาทิตย์ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้ในการประเมินความต้องการน้ำของพืชและการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยในระบบส่งน้ำและปริมาณฝนใช้การที่จะนำมาหักลบหาความต้องการน้ำของประทาน

4. คุณสมบัติดิน ได้แก่ ความลึกในชั้น ความสามารถอุ้มน้ำไว้ใช้พืช การซึมน้ำและการรั่วซึม

5. ปริมาณน้ำที่จำเป็นต้องใช้ในกรณีต่าง ๆ ในการปลูกพืช เช่น การเตรียมแปลงกลบกล้า

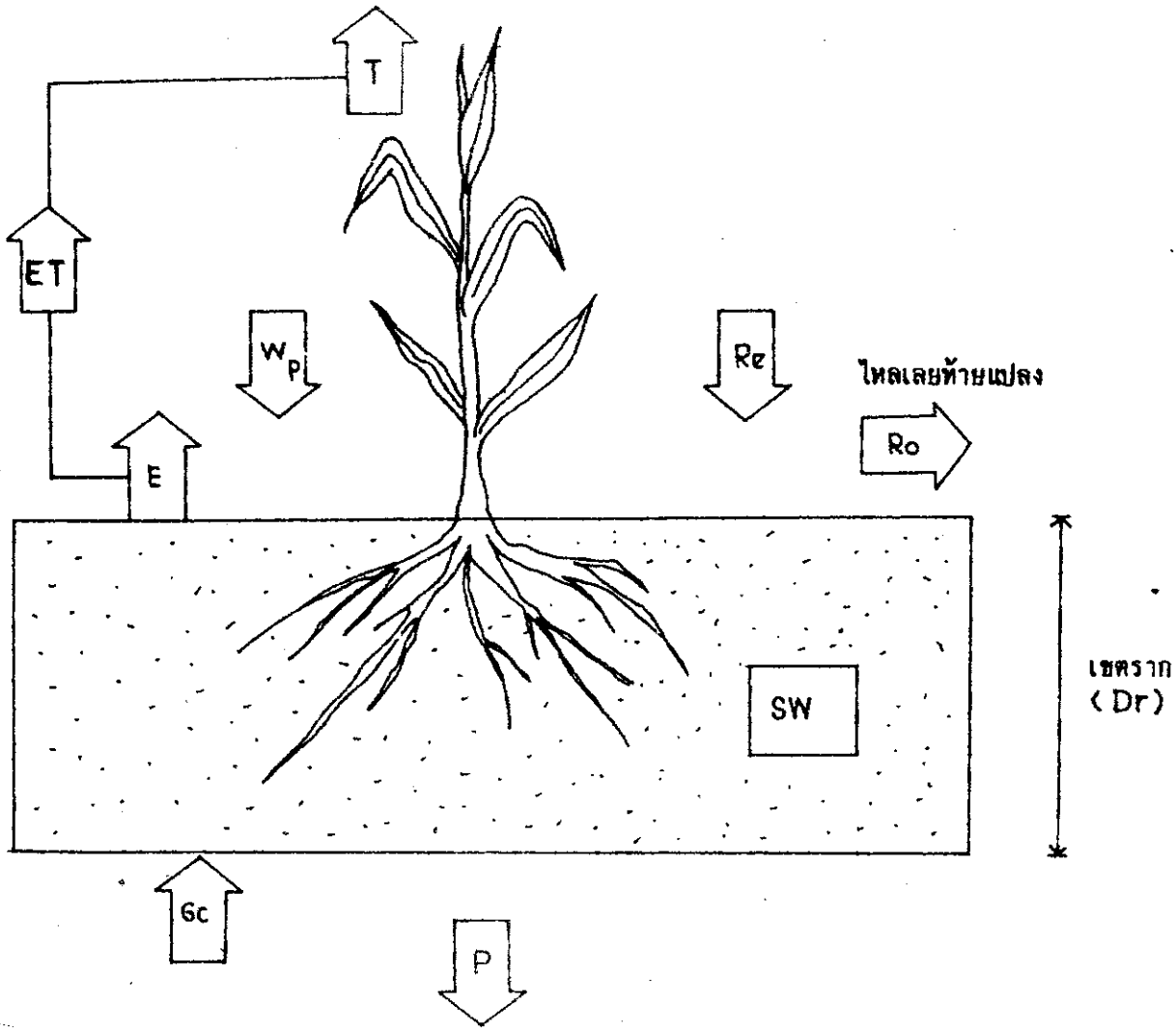
6. ประสิทธิภาพในการใช้น้ำ ประสิทธิภาพของระบบคูและประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำ

การกำนวณหาปริมาณความต้องการน้ำของประทานจะเริ่มจากการกำนวณหาปริมาณใช้น้ำของพืชและความต้องการน้ำเพื่อการอื่น เช่น การเตรียมแปลง การกลบกล้า แล้วจึงประเมินปริมาณฝนใช้การ แล้วจึงนำมาหาความต้องการน้ำของประทานสุทธิ โดยใช้หลักการสมดุลย์ของน้ำในแปลงเพาะปลูก หลังจากนั้นจึงทำการประเมินปริมาณการสูญเสียน้ำในส่วนต่าง ๆ ของระบบ จากแปลงไปสู่แหล่งน้ำซึ่งโดยทั่ว ๆ ไป ปริมาณการสูญเสียน้ำในส่วนต่าง ๆ ของระบบมักจะกล่าวถึงในรูปของประสิทธิภาพในการให้น้ำและประสิทธิภาพในการส่งน้ำตามที่กล่าวมาแล้ว เนื่องจากความต้องการน้ำของประทาน ในช่วงเวลาต่าง ๆ จะแตกต่างกันออกไปตามสภาพฝนและการใช้น้ำของพืช ดังนั้นจึงต้องกำนวณหาความต้องการน้ำของประทานในช่วงเวลาต่าง ๆ ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก

เนื่องจากองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำ การสูญเสียน้ำ และประสิทธิภาพในการใช้น้ำในแปลงเพาะปลูกพืชไร่และข้าวต่างกันออกไป ดังนั้น การหาความต้องการน้ำชลประทานสำหรับการปลูกพืชไร่และข้าวจึงมักพิจารณาแยกออกจากกัน และนำมารวมกันเป็นความต้องการน้ำชลประทานของโครงการทีหลัง ในที่นี้จะเน้นเฉพาะความต้องการน้ำชลประทานในระดับแปลงเพาะปลูกเท่านั้น

<u>การกำหนดหาความต้องการน้ำชลประทานสำหรับพืชไร่</u>

การหาความต้องการน้ำชลประทานสำหรับพืชไร่จะพิจารณาจากดุลยภาพของความชื้นในเขตรากพืช ซึ่งมีตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ไดอะแกรมแสดงสมดุลย์ของความชื้นในแปลงพืชไร่

จากรูปที่ 5 จะสามารถเขียนสมการสำหรับคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานของพืชไร่ได้ดังนี้

$$Wp + Re + Gc = ET + P + RO + \Delta Sw \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(9)$$

เมื่อ Wp = ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่ให้กับแปลง

Re = ปริมาณฝนใช้การ

Gc = ปริมาณน้ำใต้ดินที่ซึมเข้าสู่เขตรากพืช

ET = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

P = ปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงเลยเขตราก

RO = ปริมาณน้ำที่ไหลเลยท้ายแปลง

Δ Sw = ปริมาณการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน

การคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานของแปลงพืชไร่ตามวิธีในสมการที่ 9 เป็นวิธีที่ให้ค่าถูกต้องแน่นอน แต่ในทางปฏิบัติการคำนวณค่าความต้องการน้ำชลประทานเพื่อการวางแผนการส่งน้ำจะใช้วิธีการพิจารณาเป็นช่วง ๆ เช่น รายสัปดาห์ หรือรายเดือน ดังนั้นจะถือว่าค่า Δ Sw เป็นศูนย์ และโดยทั่ว ๆ ไปจะไม่พิจารณาว่าน้ำใต้ดิน (Gc) มีประโยชน์ต่อพืช ส่วนปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตราก (P) และปริมาณน้ำที่ไหลเลยท้ายแปลง (RO) จะนำไปคิดรวมในประสิทธิภาพในการให้น้ำ ดังนั้นจะสามารถเขียนสมการใหม่ได้ว่า

$$Wn = Wp - P - RO = ET - Re \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(10)$$

เมื่อ Wn = ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ

และ $$Wp = 100 \frac{Wn}{Ea} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(11)$$

เมื่อ Ea = ประสิทธิภาพในการให้น้ำ

ในกรณีที่มีการใช้น้ำชลประทานเพื่อการอื่น เช่น การเตรียมดิน จะต้องนำปริมาณน้ำส่วนนั้นมารวมอยู่ในค่า Wn ด้วย

ตัวอย่างที่ 3 จากผลการคำนวณในตัวอย่างที่ 2 ก) จงคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานที่ที่เพาะปลูกได้รับและที่อาคารควบคุมปากคูส่งน้ำในเมื่อพื้นที่เพาะปลูก รับน้ำจากอาคารควบคุมปากคูส่งน้ำนี้ทั้งหมด 250 ไร่ ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea) 55% และประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Eb) 80%

วิธีทำ

จากตัวอย่างที่ 2 ก. ได้ว่า

ปริมาณการใช้น้ำของพืช ET = 125 มม.

ปริมาณฝนใช้การ Re = 43 มม.

จากสมการที่ (10) Wn = ET−Re

จะได้ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ Wn = 125−43 = 82 มม.

จากสมการที่ (5) $Wp = \frac{Wn}{Ea} \times 100$

จะได้ความต้องการน้ำชลประทานที่พื้นที่เพาะปลูก $Wp = \frac{82}{55} \times 100$

$= 149$ มม.

หรือ $149 \text{ มม.}/_{30 \text{ วัน}} = 4.97 \text{ มม.}/\text{วัน}$

หรือ $\frac{4.97}{54} = 0.092$ ลิตร/วินาที/ไร่

(หมายเหตุ 1 ลิตร/วินาที/ไร่ = 54 มม./วัน)

จากสมการที่ (6) $Wf = \frac{Wp}{Eb} \times 100$

จะได้ความต้องการน้ำชลประทานที่อาคารควบคุมปากคูส่งน้ำ

$$Wf = \frac{4.97}{80} \times 100 = 6.21 \text{ มม.}/\text{วัน}$$

หรือ $$Wf = \frac{6.21}{54} \times 250 = 28.75 \text{ ลิตร/วินาที}$$

ในกรณีที่มีการปลูกพืชหลายอย่างในพื้นที่เพาะปลูก จะต้องคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานของพืชแต่ละอย่างในแต่ละช่วงเวลา และจึงคูณกับพื้นที่เพาะปลูกแต่ละอย่างจะได้ปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องส่งให้แก่พืชแต่ละชนิด และเมื่อรวมปริมาณน้ำที่จะต้องส่งให้พืชแต่ละชนิดเข้าด้วยกัน ก็จะได้ปริมาณน้ำชลประทานทั้งหมดที่จะต้องส่งให้

การคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานสำหรับพื้นที่ปลูกข้าว

ข้าวที่ปลูกกันในประเทศไทยส่วนมากเป็นข้าวพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตในพื้นที่ที่มีน้ำขัง อันเนื่องมาจากความเหมาะสมในด้านภูมิประเทศ ดิน และลักษณะอากาศ ดังนั้น นอกจากจะต้องรักษาน้ำให้ต้นข้าวดูดเอาไปใช้ ยังจะต้องมีน้ำอีกจำนวนหนึ่งเผื่อไว้สำหรับแทนการรั่วซึมลงไปในดิน และระเหยออกสู่อากาศ ถ้าเป็นข้าวนาดำก็จะต้องมีการขังน้ำซึ่งจำเป็นต้องใช้น้ำอีกส่วนหนึ่ง กิจกรรมการเพาะปลูกข้าวที่สำคัญอีกช่วงหนึ่งคือการเตรียมแปลง ดังนั้น เพื่อง่ายแก่การเข้าใจ จึงขอแยกส่วนการคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานสำหรับพื้นที่ปลูกข้าวออกเป็นเพื่อตกกล้า เพื่อการเตรียมแปลง และเพื่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว

1. ความต้องการน้ำชลประทานเพื่อตกกล้า

ช่วงระยะเวลาในการเพาะกล้าจะอยู่ประมาณ 20–40 วัน ก่อนการปักดำ ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานของแปลงกล้าจะประกอบไปด้วย ปริมาณน้ำที่ต้นกล้าใช้ในการระเหยและการคายน้ำ รวมปริมาณการรั่วซึมน้ำในแปลงกล้า การตกกล้านี้จะเป็นกิจกรรมที่ดำเนินควบคู่ไปกับการเตรียมแปลงปักดำ ซึ่งการตกกล้ากระทำในพื้นที่น้อย ประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปักดำ ปริมาณที่จะต้องส่งให้แปลงกล้าจึงไม่มากนัก จึงรวมคิดเป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งที่ส่งน้ำเพื่อการเตรียมแปลง

2. ความต้องการน้ำชลประทานเพื่อการเตรียมแปลง

สำหรับการปลูกข้าว การเตรียมแปลงถือว่าเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมาก บางครั้งและในบางแห่งพบว่าปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องส่งไปเพื่อการเตรียมแปลงมีปริมาณมากเกือบกว่าปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องส่งให้ข้าวหลังการปักดำ ดังนั้น ปริมาณน้ำส่วนนี้จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการจัดส่งน้ำ ในระบบส่งน้ำสำหรับการปลูกข้าว

ในที่นี้จะกล่าวถึงการเตรียมแปลงเพื่อใช้ในการปักดำข้าว ซึ่งมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้ (1) เป็นการกำจัดวัชพืช (2) ทำให้ดินนิ่มและเรียบสะดวกแก่การปักดำ (3) ผสมกลมกลืนวัตถุ เช่น ฟางข้าว หญ้า หรือวัชพืชอื่น ๆ ลงไปในดิน (4) เพื่อลดการรั่วซึมของน้ำลงในดิน และ (5) เพื่อให้พื้นที่เรียบสะดวกแก่การส่งน้ำและระบายน้ำ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงจะประกอบไปด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. ปริมาณน้ำที่จะทำให้ดินเปียกหรืออิ่มตัว ปริมาณน้ำส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับความพรุนของดินในแปลง ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ และระยะความลึกของดินที่จะทำให้อิ่มตัว

$$Dss = \frac{(n-Pv)}{100} D \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(12)$$

เมื่อ Dss = ความลึกของน้ำที่จะทำให้ดินเปียกหรืออิ่มตัว

n = เปอร์เซ็นต์ความพรุนของดิน (Porosity) ซึ่งมีค่าโดยประมาณสำหรับดินเหนียว ดินเหนียวปนตะกอนทราย และดินร่วนปนดินเหนียว เท่ากับ 53, 51 และ 49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

D = ระยะความลึกของดินที่ต้องการจะให้อิ่มตัวด้วยน้ำ

Pv = ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

2. น้ำที่ปล่อยเข้าท่วมขังในแปลงนา (Dst) โดยทั่ว ๆ ไปจะมีความลึกประมาณ 3–5 เซนติเมตร

3. น้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหย (E) ในแปลงนาที่มีน้ำท่วมขัง

4. น้ำที่รั่วซึมในแปลงนา (P) ในระหว่างที่น้ำขัง

เมื่อรวมปริมาณน้ำทั้งหมดที่จะต้องใช้เพื่อการเตรียมแปลงจะเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$D_{LP} = Dss + Dst + E + P \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(13)$$

ปริมาณน้ำทั้งหมดที่จะต้องใช้เพื่อการเตรียมแปลงที่ได้จากสมการ (13) นั้นเป็นปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับพื้นที่เตรียมแปลง เพื่อทำให้ดินอิ่มตัวพร้อมกันหรือในวันเดียวกัน ถ้าพื้นที่ที่จะเตรียมแปลงมีมากจะไม่สามารถส่งน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัวทั่วถึงพื้นหมดในวันเดียวได้ เช่น พื้นที่รับน้ำทั้งหมดจากอาการควบคุมปากคูส่งน้ำ หรือประตูควบคุมน้ำปากคลอง แปลงแรกจะได้รับน้ำก่อนแปลงสุดท้ายช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าพื้นที่แปลงแรก ๆ จะมีน้ำสูญเสียเนื่องจาก การระเหย (E) และการรั่วซึม (P) มากกว่า

พื้นที่ที่ได้รับน้ำในช่วงหลัง เพราะจะต้องมีน้ำขังอยู่ในแปลงหลังการเตรียมดิน ดังนั้น ปริมาณน้ำที่ใช้ในการเตรียมแปลงในพื้นที่ที่ไม่สามารถจัดส่งน้ำให้ดินอิ่มตัวตั้งแต่ในวันเดียวได้ จะคำนวณจากสูตร

$$D_{LP} = Dss + Dst + \frac{E+P}{2} \quad \text{.....(14)}$$

ตัวอย่างที่ 4 จงหาปริมาณน้ำรวมประทานที่จะต้องส่งให้ในการเตรียมแปลงของพื้นที่ปลูกข้าวซึ่งรับน้ำจากอาคารควบคุมปากคูส่งน้ำแห่งหนึ่ง โดยมีข้อมูลที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

1. ดินเป็นดินเหนียวและมีความต้องการที่จะให้ดินอิ่มตัวจนถึงระยะลึก 120 เซนติเมตร และดินมีลักษณะเฉพาะดังนี้

   ความชื้นก่อนการให้น้ำที่ระยะลึก 0–30 ซม. เท่ากับ 17% โดย น.น.ดินแห้ง

   ความชื้นก่อนการให้น้ำที่ระยะลึก 30–120 ซม. เท่ากับ 35% โดย น.น.ดินแห้ง

   ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (As) 1.25

   ความพรุนของดิน (n) 53%

2. น้ำที่ปล่อยขังในแปลงนา (Dst) 5 เซนติเมตร
3. น้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหย (E) 4 มม./วัน
4. การรั่วซึมของน้ำในแปลงนา (P) 2 มม./วัน
5. ช่วงระยะเวลาการเตรียมแปลง 42 วัน
6. ประสิทธิภาพการรวมประทานระดับแปลงนา (Ea) 75%
7. ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Eb) 80%

วิธีทำ

จากสูตร $D_{LP} = Dss + Dst + \frac{E+P}{2}$

$$Dss = \frac{(n-Pv)D}{100} = \frac{(n-As.\ Pw)D}{100}$$

$$Dss_{0-30} = \frac{(53-1.25x17)}{100} \times 30 = 9.5 \text{ ซม.}$$

$$Dss_{30-120} = \frac{(53-1.25x35)}{100} \times 90 = 8.3 \text{ ซม.}$$

$$Dss = Dss_{0-30} + Dss_{30-120}$$

$$= 9.5+8.3 = 17.8 \text{ ซม.} = 178 \text{ ซม.}$$

$$Dst = 5 \text{ ซม.} = 50 \text{ มม.}$$

$$E = 4 \text{ มม./วัน} \times 42 \text{ วัน} = 168 \text{ มม.}$$

$$P = 2 \text{ มม./วัน} \times 42 \text{ วัน} = 84 \text{ มม.}$$

ดังนั้น $D_{LP} = 178 + 50 + \frac{168+84}{2} = 354$ มม.

หรือ $= 345$ มม./42 วัน $= 8.43$ มม./วัน

หรือ $= \frac{8.43}{54} = 0.156$ ลิตร/วินาที/ไร่

ปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องส่งให้ที่อาคารควบคุมปากคูส่งน้ำ

$$= \frac{0.156}{\frac{Ea}{100} \times \frac{Eb}{100}} = \frac{0.156}{\frac{75}{100} \times \frac{80}{100}}$$

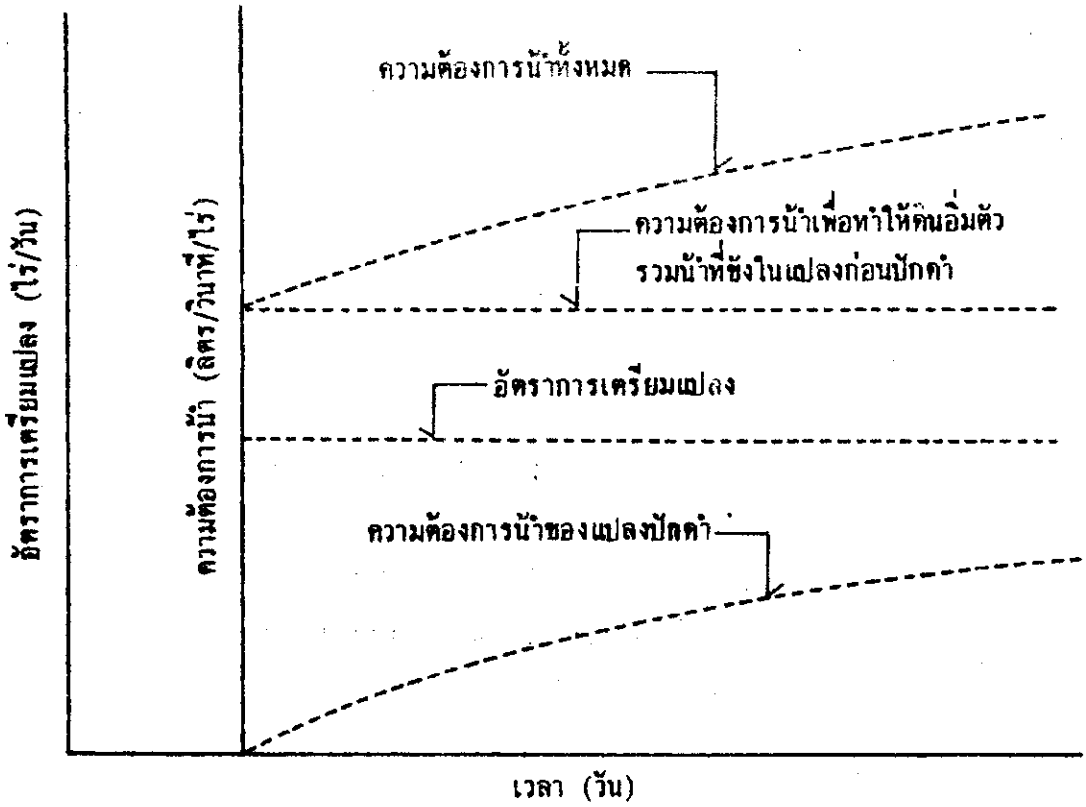
$$= 0.26 \text{ ลิตร/วินาที/ไร่}$$

ดังที่กล่าวมาแล้ว ปริมาณที่ใช้ในช่วงนี้สูงมาก และช่วงเวลาในการเตรียมแปลงอาจจะแปรผันไปได้ตั้งแต่ 2 สัปดาห์ ถึงเกือบ 2 เดือน ขึ้นอยู่กับชนิดดินและความชื้น ขนาดของที่ดินและศักยภาพในการเตรียมดินของเกษตรกร ระยะเวลายิ่งยาวนานออกไปการสูญเสียน้ำจะเพิ่ม และทำให้ต้องการใช้น้ำในการเตรียมแปลงมากขึ้น แต่ถ้าระยะเวลาในการเตรียมแปลงสั้นจะทำให้อัตราความต้องการน้ำชลประทานในช่วงนี้สูง เพราะจะต้องส่งน้ำปริมาณมากในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ดังนั้นจำนวนวันที่กำหนดให้การเตรียมแปลงแล้วเสร็จเป็นสิ่งสำคัญที่สุดต่ออัตราความต้องการน้ำชลประทานในระยะสูงสุดของการปลูกข้าว เมื่อขยายระยะเวลาช่วงการเตรียมแปลงปักดำให้ยาวขึ้น อัตราความต้องการน้ำชลประทานในระยะสูงสุดจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงระยะเวลาหนึ่งที่อัตราความต้องการน้อยกว่าช่วงอื่น เจษฎา แกวกัญญา (6) ได้ทำการคำนวณและทำการเปรียบเทียบอัตราความต้องการน้ำชลประทานในรอบเวรต่าง ๆ ของการปลูกข้าวนาปรังพันธุ์ กข. เริ่มจากการให้น้ำครั้งแรกจนกระทั่งหยุดส่งน้ำ โดยให้จำนวนวันของช่วงการเตรียมแปลงมีค่าต่าง ๆ กัน และพบว่าอัตราความต้องการน้ำชลประทานสูงสุดอยู่ในช่วงการเตรียมแปลงปักดำ ในรอบเวรที่ 5 (ช่วงระยะเวลาการหมุนเวียน 7 วัน) เมื่อจำนวนที่กำหนดให้การเตรียมแปลงแล้วเสร็จเท่ากับหรือน้อยกว่า 35 วัน และเมื่อช่วงการเตรียมแปลงเพิ่มขึ้นเป็น 42 วัน อัตราความต้องการน้ำชลประทานสูงสุดจะเกิดขึ้น ในรอบเวรที่ 15 หรือ 16 และจะคงที่อยู่ที่ค่านี้เมื่อจำนวนวันเพิ่มมากกว่า 42 วัน หรือประมาณเดือนครึ่ง ซึ่งข้าวในพื้นที่ส่วนใหญ่จะอยู่ในระยะออกรวง

ปัจจุบันได้มีผู้เสนอแนะสูตรที่ใช้ในการคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานสูงสุด ในช่วงการเตรียมแปลงปักดำอย่างมากมาย ดังที่ กิเรก ทองธรานิ (2) ได้รวบรวมเอาไว้ซึ่งสามารถจำแนกการคำนวณออกได้เป็น 2 พวก คือ อัตราการเตรียมแปลงคงที่ และอัตราการส่งน้ำคงที่

1. อัตราการเตรียมแปลงคงที่

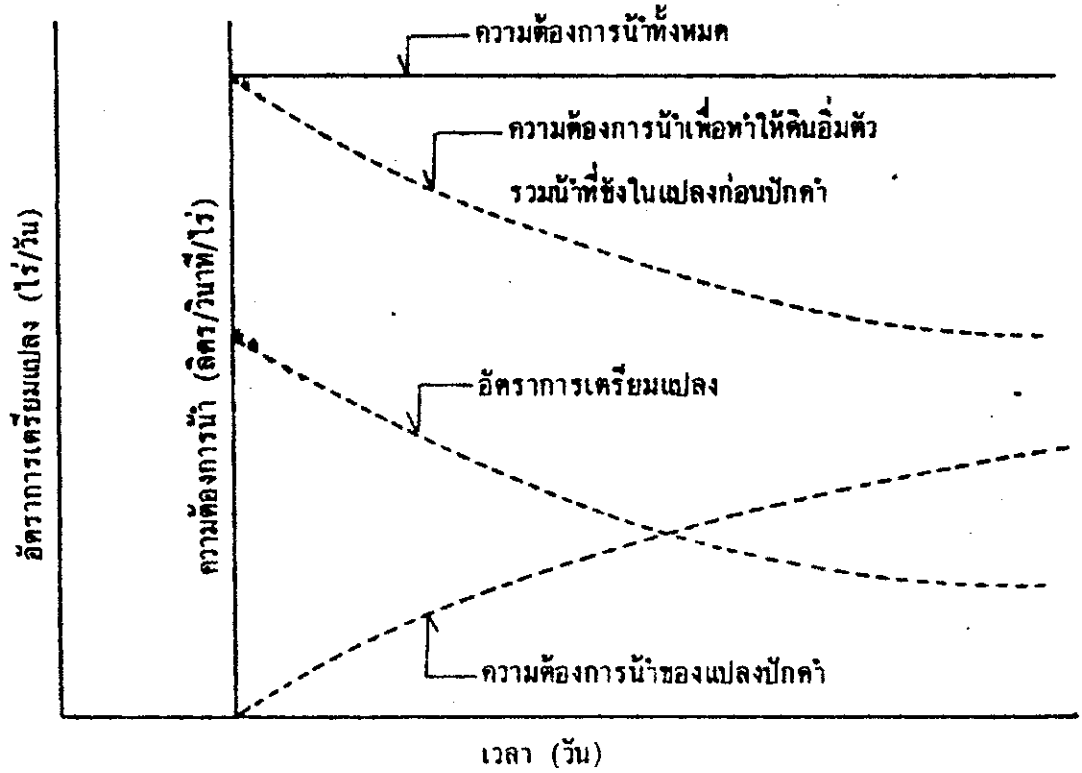
ความต้องการน้ำชลประทานเนื่องการเตรียมแปลง จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากเริ่มจนมีค่ามากที่สุดในวันสุดท้ายของการเตรียมแปลง และความต้องการน้ำชลประทานในระยะสูงสุด จะเกิดขึ้นในวันนี้ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 6 แนวความคิดนี้ใช้กันในไต้หวันหรือญี่ปุ่น



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเตรียมแปลง และความต้องการน้ำ กับเวลาในช่วงการเตรียมแปลงปักดำ กรณีที่อัตราการเตรียมแปลงคงที่

2. อัตราการส่งน้ำคงที่

อัตราการเตรียมแปลงจะมากในตอนแรกและค่อย ๆ ลดลงในลักษณะที่จะทำให้ ความต้องการน้ำเพื่อการเตรียมแปลงมีอัตราสม่ำเสมอตลอดช่วงเวลาในการเตรียมแปลง ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งแนวความคิดนี้ได้แก่สูตรของ L.J.Wen, T.T.Cheng, V.D.Goor and Zijlstra, R.E. Hagan and J.K. Wang รวมทั้งสูตรของ ฉลอง เกิดพิทักษ์ และชัยวัฒน์ ชยันการนาวี ก็จัดอยู่ในพวกนี้ รายละเอียดของสูตรต่าง ๆ สามารถที่จะศึกษาเพิ่มเติมจาก ดิเรก ทองอร่าม (2)



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเตรียมแปลงและความต้องการน้ำ กับเวลาในช่วงการเตรียมแปลงปักดำ กรณีที่อัตราการส่งน้ำคงที่

แนวความคิดในพวกที่ 2 จะมีความเหมาะสมกับโครงการชลประทานในประเทศไทยมากกว่า โดยเฉพาะโครงการชลประทานขนาดใหญ่ที่มีคลองส่งน้ำยาว ๆ และมีระบบส่งน้ำที่ซับซ้อน เนื่องจากปริมาณน้ำที่ส่งเข้าระบบส่งน้ำคงที่ทำให้เสียเวลาการกวดหมุนปรับบานน้ำน้อยลง อีกประการหนึ่งจะรับกับสภาวะแรงงานและเนื้อที่ทำการเพาะปลูกตอกรัวเร็ว เกษตรกรรายที่มีเนื้อที่ปลูกข้าวมากจะแบ่งพื้นที่เพื่อการเตรียมแปลงออกเป็น 2 หรือ 3 ระยะโดยหลบเลี่ยงที่ทำ ถึงแม้ว่าจะมีเครื่องจักรเครื่องมือทำการเตรียมแปลงแล้วเสร็จในพื้นที่ใหญ่ในระยะเวลาอันสั้น ทั้งนี้เพราะต้องคำนึงถึงแรงงานในการปักดำและเก็บเกี่ยวด้วย ส่วนเกษตรกรที่มีเนื้อที่เพาะปลูกน้อย สามารถที่จะดำเนินการให้แล้วเสร็จในระยะเวลาอันสั้นได้ ดังนั้น ในช่วงแรกของฤดูกาลส่งน้ำ อัตราการเตรียมแปลงจะสูง เกษตรกรส่วนใหญ่จะทำการเตรียมแปลงแล้วก็ลอย ๆ ลดลง เกษตรกรรายย่อยจะแล้วเสร็จก่อน ที่เหลือในระยะหลังจะเป็นเกษตรกรรายใหญ่ และรายย่อยที่ไม่สามารถดำเนินการในช่วงฤดูส่งน้ำได้ แนวความคิดอัตราการส่งน้ำคงที่อัตรากวาดต้องการน้ำชลประทานจะเท่ากันตลอดช่วงระยะเวลาการเตรียมแปลง ซึ่งแนะนำสูตรของ ส.ฉลอง เกิดพิทักษ์ และชัยวัฒน์ ขันติการนาวี หรือของ R.E.Hagan and J.K.Wang มาคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทานเพื่อใช้ในการวางแผนการส่งน้ำ

สูตรของ R.E.Hagan and J.K.Wang เป็นสูตรการหาปริมาณน้ำที่ต้องการในช่วงการเตรียมแปลงสำหรับการส่งน้ำแบบหมุนเวียน โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าเมื่อที่ที่จะได้รับน้ำจะถูกกำหนดไว้ก่อนว่าแปลงไหนจะได้รับน้ำเมื่อใด และฝนไม่ตกในช่วงนี้ ความสัมพันธ์มีดังสมการ

$$Q = \frac{A \times Dt}{1-(1-\frac{Dt \times S}{Ds})^N} \qquad \text{.....(15)}$$

เมื่อ Q = อัตราการต้องการน้ำชลประทานในช่วงการเตรียมแปลง ($ม^3$/วัน)

A = พื้นที่ที่จะต้องส่งน้ำทั้งหมด ($ม^2$)

Dt = ปริมาณน้ำที่ไร่ทดแทนการระเหยและซึมลงในดิน (ม/วัน)

Ds = ปริมาณน้ำที่ทำให้ดินอิ่มตัว (Dss) รวมกับปริมาณน้ำที่จะขังไว้ในแปลงนาก่อนการปักดำ (Dst) (ม.)

$= Dss + Dst$

$= \frac{(n-Pv)D}{100} + Dst$

S = จำนวนวันในหนึ่งรอบเวร (วัน)

N = จำนวนรอบเวรของการหมุนเวียนในช่วงการเตรียมแปลง

สูตรหาพื้นที่รับน้ำเพื่อทำให้ดินอิ่มตัวในแต่ละรอบเวรมีดังนี้

$$Ai = \frac{Q(Ds-SxDt)^{i-1}}{(Ds)^{i}} \quad \text{.....(16)}$$

เมื่อ Ai = พื้นที่ที่จะรับน้ำเพื่อทำให้ดินเปียกหรืออิ่มตัวต่อวันในการส่งน้ำแบบหมุนเวียนรอบที่ i (ม^2/วัน)

ตัวอย่างที่ 5 พื้นที่รับน้ำจากอาคารควบคุมปากคูส่งน้ำแห่งหนึ่งในโครงการกำแพงแสน มีเนื้อที่ทั้งหมด 300 ไร่ จะทำการปลูกข้าวนาปรังโดยมีชลมูลสำหรับหาความต้องการน้ำชลประทานในช่วงการเตรียมแปลงดังนี้

1. เริ่มส่งน้ำในวันที่ 1 กุมภาพันธ์
2. ปริมาณการใช้น้ำของพืชมาตรฐานสำหรับเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม เท่ากับ 4.4 และ 5.0 มม/วัน ตามลำดับ
3. สัมประสิทธิการใช้น้ำของพืช Kc สำหรับการระเหยจากผิวน้ำ 0.80
4. ช่วงระยะการเตรียมแปลง 42 วัน
5. การส่งน้ำเป็นแบบหมุนเวียนในรอบเวรหนึ่งมี 7 วัน
6. การรั่วซึมน้ำในแปลงนา 2 มม/วัน
7. ปริมาณน้ำที่ขังไว้ในแปลงนาช่วงการเตรียมแปลง 5 เซนติเมตร
8. ดินเป็นดินเหนียวและมีความต้องการที่จะใช้น้ำเพื่อที่จะทำให้ดินอิ่มตัวจนถึงระยะลึก 120 เซนติเมตร และดินมีลักษณะเฉพาะดังนี้

   ความชื้นโดยน้ำหนัก (Pw) ที่ระยะลึก 30 ซม. 17%

   ความชื้นโดยน้ำหนัก (Pw) ที่ระยะลึก 30–120 ซม. 35%

   ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (As) 1.25

   ความพรุนของดิน (n) 52.83%

9. ประสิทธิภาพการให้น้ำในแปลงนา (Ea) 75%

   ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Eb) 80%

จากสิ่งที่กำหนดให้ดังกล่าวจงหา

1. ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานโดยประมาณในช่วงการเตรียมแปลง
2. ความต้องการน้ำชลประทานในช่วงการเตรียมแปลงที่อาคารควบคุมน้ำปากคูส่งน้ำ
3. ขนาดที่จะรับน้ำเพื่อทำให้ถูกต้อง

วิธีทำ

1. ความต้องการน้ำชลประทานโดยประมาณ

$$D_{LP} = Dss + Dst + \frac{E+P}{2}$$

$$Dss = \frac{(n-Pv)D}{100} = \frac{(n-As.Pw)D}{100}$$

$$Dss_{0-30} = \frac{(52.83-17x1.25)}{100} \times 30 = 9.5 \text{ ซม.}$$

$$Dss_{30-120} = \frac{(52.83-35x1.25)}{100} \times 90 = 8.2 \text{ ซม.}$$

$$Dss = 9.5+3.2 = 17.7 \text{ ซม.} = 177 \text{ มม.}$$

$$Dst = 50 \text{ มม.}$$

$$E = 4 \frac{\text{มม.}}{\text{วัน}} \times 42 \text{ วัน} = 168 \text{ มม.}$$

$$P = 2 \frac{\text{มม.}}{\text{วัน}} \times 42 \text{ วัน} = 84 \text{ มม.}$$

$$D_{LP} = 177+50+\frac{168+84}{2} = 353 \text{ มม.}$$

2. ความต้องการน้ำชลประทานของการเตรียมแปลงที่อาคารควบคุมน้ำปากคูส่งน้ำ จากสมการที่ (15)

$$Q = \frac{A \times Dt}{1-(1-\frac{Dt \times S}{Ds})^N}$$

$$A = 300 \text{ ไร่} \times 1600 \frac{\text{ม}^2}{\text{ไร่}} = 4.8 \times 10^5 \text{ ม}^2$$

$$Dt = E+P = 4+2 = 6 \text{ มม./วัน} = 0.006 \text{ ม./วัน}$$

$$S = 7 \text{ วัน}$$

$$N = \frac{42}{7} \frac{\text{วัน}}{\text{วัน}} = 6$$

$$Ds = Dss+Dst = 177+50 = 227 \text{ มม.} = .227 \text{ ม.}$$

$$Q = \frac{4.8x10^5x0.006}{1-(1-\frac{0.006x7}{0.227})^6}$$

$$= 4,074 \text{ ม}^3/\text{วัน} = 0.047 \text{ ม}^3/\text{วินาที}/500 \text{ ไร่}$$

$$= 0.157 \text{ ลิตร}/\text{วินาที}/\text{ไร่}$$

ความต้องการน้ำชลประทานที่ปากนา

$$= \frac{0.047}{\frac{Ea}{100} \times \frac{Eb}{100}} = \frac{0.047}{.75x.80} = \frac{0.047}{0.6} = 0.078 \text{ ม}^3/\text{วินาที}$$

$$= \frac{0.157}{0.6} = 0.26 \text{ ลิตร}/\text{วินาที}/\text{ไร่}$$

3. พื้นที่ระยะรับน้ำเพื่อหาใบผันเปลี่ยก

จากสมการที่ (16)

$$Ai = \frac{Q(Ds-SxDt)^{i-1}}{(Ds)^i}$$

$$Ai = \frac{4,074(0.227-7x0.006)^{i-1}}{(0.227)^i}$$

รอบเวรที่ 1 $i=1, A_1 = \frac{4,074(0.227-7x0.006)^{i-1}}{1,600x(0.227)^i} = \frac{17,947}{1,600} = 11$ ไร่/วัน

รอบเวรที่ 2 $i=2, A_2 = \frac{4,074(0.185)^{2-1}}{1,600x(0.227)^2} = 9$ ไร่/วัน

รอบเวรที่ 3 $i=3, A_3 = \frac{4,074(0.185)^2}{1,600x(0.227)^3} = 7.5$ ไร่/วัน

รอบเวรที่ 4 $i=4, A_4 = \frac{4,074(0.185)^3}{1,600x(0.227)^4} = 6.0$ ไร่/วัน

รอบเวรที่ 5 $i=5, A_5 = \frac{4,074(0.185)^4}{1,600x(0.227)^5} = 5$ ไร่/วัน

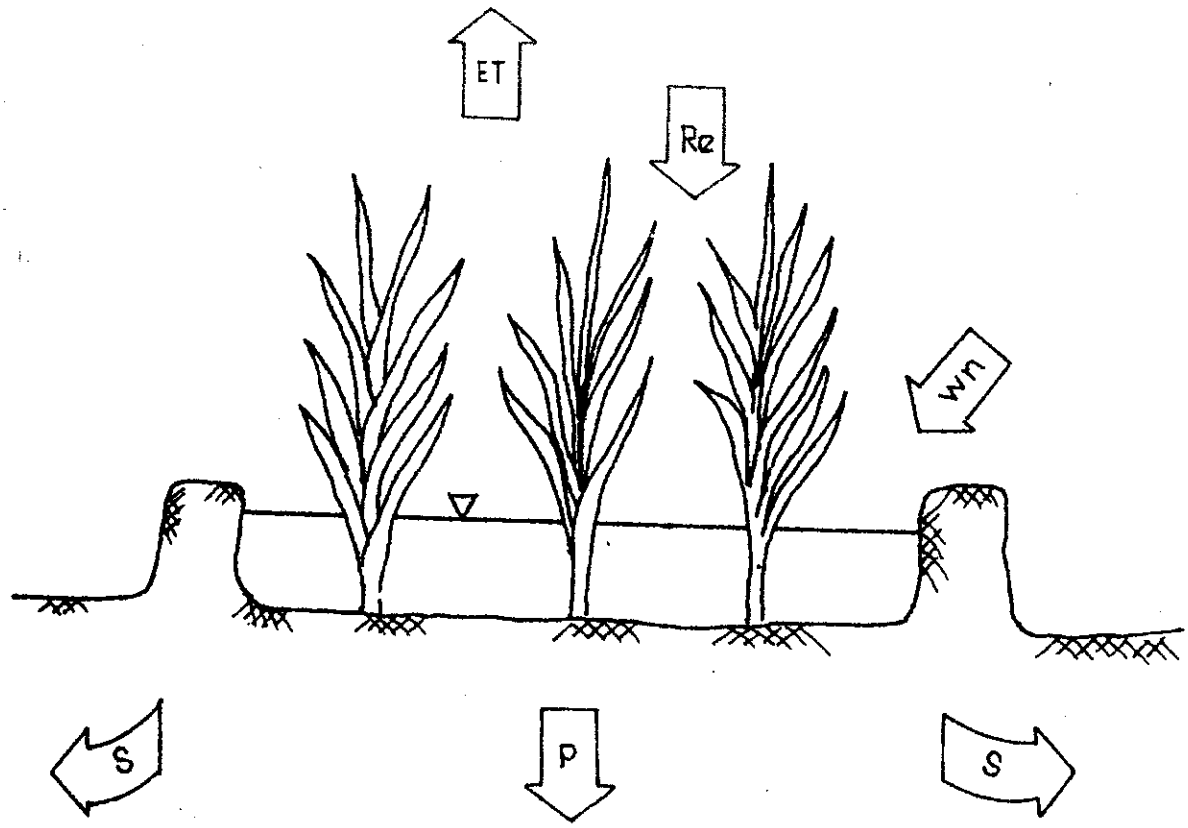
รอบเวรที่ 6 $i=6, A_6 = \frac{4,074(0.185)^5}{1,600x(0.227)^6} = 4$ ไร่/วัน

สรุป ความก้าวหน้าของกิจกรรมในพื้นที่ส่งน้ำ 300 ไร่

รอบเวรที่	พื้นที่รับน้ำเพื่อทำให้ดินเปียก		พื้นที่รับน้ำเพื่อหล่อเลี้ยง		พื้นที่รับน้ำทั้งหมด
	ไร่/วัน	ไร่	ไร่/วัน	ไร่	(ไร่)
1	11	77	-	-	77
2	9	63	11	77	140
3	7.5	52.5	20	140	192.5
4	6	42	27.5	192.5	234.5
5	5	35	33.5	234.5	269.5
6	4	28	38.5	269.5	297.5
					≈ 300.0

3. ความต้องการน้ำชลประทานเพื่อการเจริญเติบโตของพืชข้าวหรือช่วงหล่อเลี้ยง

ความต้องการน้ำชลประทานในช่วงนี้หาได้โดยใช้หลักการสมดุลย์ของน้ำในแปลงนา ซึ่งมีตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ไดอะแกรมแสดงสมดุลย์ของน้ำในแปลงนา

จากรูปที่ 8 จะสามารถเขียนสมการแสดงความสมดุลย์ของน้ำในแปลงนาได้ว่า

$$Wn + Re = ET + P + S \quad \text{.....(17)}$$

เมื่อ S = การรั่วซึมทางด้านข้าง

Wn, Re, ET และ P มีความหมายเหมือนในสมการที่ (9) ซึ่งเป็นสมการสมดุลย์ของความชื้นในเขตรากพืชสำหรับพืชไร่

ในกรณีที่แปลงนาที่อยู่ข้าง ๆ มีน้ำขังเหมือนกันการรั่วซึมทางด้านข้างจะมีค่าไม่มากและโดยทั่ว ๆ ไปจะรวมค่า S และ P เข้าด้วยกันและเรียกว่าการรั่วซึมในแปลงนา (PS) ดังนั้นสมการ (17) สามารถเขียนได้ใหม่เป็น

$$Wn = ET + PS - Re \quad \text{.....(18)}$$

ตัวอย่างที่ 6 จากข้อที่ส่งน้ำในตัวอย่างที่ 5 จงหาปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องส่งให้ที่อาคารควบคุมปากคูส่งน้ำในช่วงการเจริญเติบโตของต้นข้าว ในเมื่อ

1. ปริมาณฝนตกในเดือนนั้น 100 มม.
2. ปริมาณการใช้น้ำของข้าว (ET) 170 มม.
3. การรั่วซึมในแปลงนา (PS) 2 มม./วัน
4. ประสิทธิภาพการให้น้ำในแปลงนา (Ea) 55%
   ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (Eb) 80%

วิธีทำ

จากตารางที่ 7

สมมติให้สภาพการทำงานอยู่ในกรณีที่ 1 ฝนใช้การ (Re) 80 มม.

จากสมการที่ (18)

ปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ $Wn = ET + PS - Re$

$= 170 + 2 \times 30 - 80 = 150$ มม.

หรือ $= 150 \text{ มม.}/30 \text{ วัน} = 5 \text{ มม.}/\text{วัน}$

หรือ $= \frac{5}{54} \times 300 \text{ ไร่} = 27.78$ ลิตร/วินาที

ดังนั้นปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องส่งให้ที่อาคารควบคุมปากคูส่งน้ำ

$$= \frac{27.78}{\frac{Ea}{100} \times \frac{Eb}{100}} = \frac{27.78}{0.55 \quad 0.80} = 63.13 \text{ ลิตร/วินาที}$$

บรรณานุกรม

1. คิเรก ทองอร่าม ปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลจากภูมิอากาศ และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว กองจัดสรรน้ำ กรมชลประทาน 23 กันยายน 2524.

2. คิเรก ทองอร่าม การใช้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวในการออกแบบงานชลประทาน เพื่อการจัดสรรน้ำเพื่อการเพาะปลูก กองจัดสรรน้ำ กรมชลประทาน มกราคม 2525.

3. วราวุธ วุฒิวิทย์. 2525. เอกสารประกอบการสอน วิชา วศ.ชป.425 การออกแบบระบบชลประทานแบบแปลงเพาะปลูก ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

4. วิบูลย์ บุญยโรกุล. 2526. หลักการชลประทาน พระนคร : โรงพิมพ์เอเชีย

5. ฉลอง เกิดพิทักษ์. 2526. การจัดการน้ำในลุ่มน้ำของประเทศไทย พระนคร : ห้างหุ้นส่วน จำกัด ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์.

6. Kaewkulaya, Jesda. 1980, Scheduling Rotation Irrigation for Multiple Crops in a Large Scale Project. Ph.D. Thesis, Department of Agricultural and Irrigation Engineering, Utah State University.

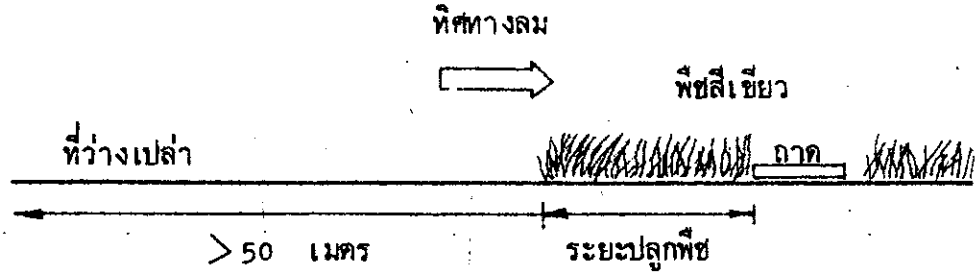
ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของมาตรวัดการระเหย (K_p) สำหรับถาดวัดการระเหยแบบเอ

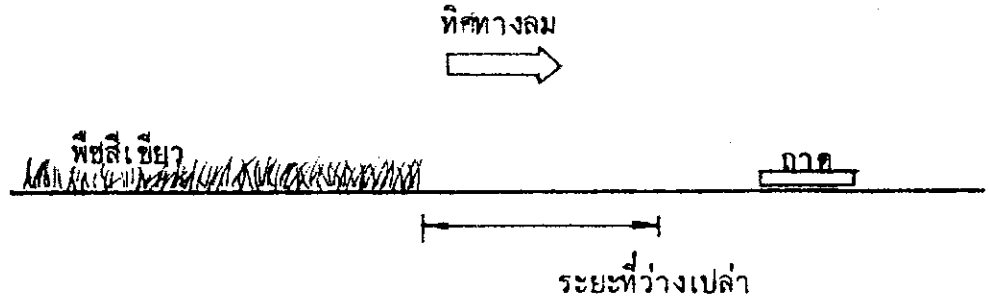
ความเร็วลมเฉลี่ย กม./วัน	กรณีที่ 1 : ถาดล้อมรอบด้วยพืช				กรณีที่ 2 : ถาดล้อมรอบด้วยที่ดินว่างเปล่า			
	ระยะด้านเหนือลมที่ปลูกพืช (ม.)	%ความชื้นสัมพัทธ์			ระยะด้านเหนือลมที่ไม่ได้ปลูกพืช(ม.)	%ความชื้นสัมพัทธ์		
		20-40	40-70	>70		20-40	40-70	> 70
ลมอ่อน	0	0.55	0.65	0.75	0	0.70	0.80	0.85
<170 กม./วัน	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60	0.70
ลมอ่อนปานกลาง	0	0.50	0.60	0.65	0	0.65	0.75	0.80
170-425	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70
กม./วัน	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.70	0.80	0.80	1000	0.45	0.55	0.60
ลมแรง	0	0.45	0.50	0.60	0	0.60	0.65	0.70
425-700	10	0.55	0.60	0.65	10	0.50	0.55	0.65
กม./วัน	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.50	0.60
	1000	0.65	0.70	0.75	1000	0.40	0.45	0.55
ลมแรงมาก	0	0.40	0.45	0.50	0	0.50	0.60	0.65
> 700.	10	0.45	0.55	0.60	10	0.45	0.50	0.55
กม./วัน	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45	0.50
	1000	0.55	0.60	0.65	1000	0.35	0.40	0.45

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

กรณีที่ 1



กรณีที่ 2



ตารางผนวกที่ 2 อัตราการใช้น้ำของพืชชนิดต่าง ๆ ในภาคเหนือ

พืช	พันธุ์	ช่วงเวลาปลูก	อายุ(2)ของพืช (วัน)	ระยะเวลาส่งน้ำ(3) (วัน)	วิธีการส่งน้ำ	ปริมาณน้ำที่ใช้ตลอดฤดู (มม.)	อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย(4) (มม./วัน)	วิธีการทดลอง
ข้าว	สันป่าตอง(1)	สค-พย.15	92	78	ฤดูฝน ส่งน้ำตลอดเวลา	919.0	10.0	โดยถัง
ข้าว	กข.1(1)	สค-พย.15	97	77	"	958.0	10.0	โดยถัง
ข้าว	กข.2(1)	กค-พย.16	103	76	"	1002.0	14.0	โดยถัง
ข้าว	ดอกมะลิ(1)	สค-พย.16	111	75	"	1060.0	14.0	โดยถัง
ข้าว	สันป่าตอง(1)	กค-พย.16	123	89	"	1229.0	15.0	โดยถัง
ข้าว	กข.1(1)	กค-พย.16	107	67	"	925.0	15.0	โดยถัง
ข้าว	ดอกมะลิ(1)	สค-พย.17	97	96	"	830.0	9.0	โดยถัง
ข้าว	สันป่าตอง(1)	สค-พย.17	108	91	"	917.0	9.0	โดยถัง
ข้าว	กข.1(1)	สค-ธค.17	120	89	"	748.0	8.0	โดยถัง
ถั่วเหลือง	สจ.4(1)	สค-พย.21	104	-	-	417.0	4.0	โดยถัง
ข้าว	กข.2(1)	กพ-มิย.16	111	66	ฤดูแล้ง ส่งน้ำตลอดเวลา	462	7.00	โดยถัง
ข้าว	กข.1(1)	กพ-มิย.16	115	66	"	436	7.00	โดยถัง
ข้าว	กข.2(1)	กพ-มิย.17	118	98	"	807	8.00	โดยถัง
ข้าว	กข.1(1)	มค-มิย.17	125	111	"	1066	10.00	โดยถัง
ข้าว	กข.9(1)	มค-เมย22	140	100	"	702	7.3	โดยถัง
ยาสูบ	Coker187 Hicks(1)	พย-เมย22	126	-	-	466	3.7	โดยถัง
ข้าวโพด	เลี้ยงสัตว์ สจ.1(1)	มีค-มิย.22	89	-	-	585	6.5	โดยถัง

ที่มาของข้อมูล :

สายงานสถานีค้นคว้าวิจัยการใช้น้ำของพืช งานเกษตรชลประทาน กองจัดสรรน้ำ และบำรุงรักษา กรมชลประทาน

(1) ข้อมูลของสถานีค้นคว้าวิจัยการใช้น้ำของพืชแม่แตง อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

(2) อายุของพืชหมายถึงระยะเวลาตั้งแต่หว่านถึงเก็บเกี่ยว

(3) ระยะการส่งน้ำหมายถึงระยะเวลาตั้งแต่เริ่มปลูกหรือปักดำถึงระยะเวลาพืชสุกพร้อมที่จะเก็บผลได้หรือพืชไม่ต้องการน้ำอีก

(4) อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยสำหรับข้าว หมายถึง (ET + P)

ตารางผนวกที่ 3 อัตราการใช้น้ำของพืชชนิดต่าง ๆ (ET) ในภาคกลาง

พืช พันธุ์	ช่วงเวลาปลูก	อายุของพืช(วัน) (2)	ระยะเวลาส่งน้ำ(วัน) (4)	วิธีการส่งน้ำ	ปริมาณน้ำที่ใช้ตลอดฤดู (มม.)	อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย (มม./วัน) (3)	วิธีการทดสอบ
				ฤดูฝน			
ข้าว เหลืองประ-ทิว28(1)	มิย-ธค.08	197	153	ส่งตลอดเวลา	1144	7.5	โดยถัง
ข้าว พวงนาค16(1)	" 13	221	166	"	815	5.0	โดยถัง
ข้าว กข.3(2)	กค-ตค.13	119	98	"	723	7.4	โดยถัง
ข้าว กข.1(2)	" 14	134	92	"	586	6.4	โดยถัง
				ฤดูแล้ง			
ข้าว เหลืองขมิ้น(1)	กพ-พค.08	134	91	"	695	7.6	โดยถัง
ข้าว กข.1(1)	" 13	140	101	"	688	6.8	โดยถัง
ข้าว กข.1(1)	กพ-มิย.14	137	90	"	649	7.2	โดยถัง
ข้าว กข.9(2)	มค-พค.22	129	84	"	704	9.3	โดยถัง
ข้าว กข.11(2)	"	144	101	"	997	10.0	โดยถัง
ข้าว กข.3(2)	" 13	118	80	"	679	8.5	โดยถัง
ข้าว กข.1(2)	" 14	137	96	"	774	8.0	โดยถัง

ที่มาของข้อมูล

สายงานสถานีค้นคว้าวิจัยการใช้น้ำของพืช งานเกษตรชลประทาน กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา กรมชลประทาน (1) ข้อมูลของสถานีค้นคว้าวิจัยการใช้น้ำของพืชบ้านยาง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา (2) ข้อมูลของโครงการไร่นาตัวอย่างห้วยสีธน อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ (3) อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยสำหรับข้าว หมายถึง (ET + P)

ตารางผนวกที่ 4 อัตราการใช้น้ำของพืชชนิดต่าง ๆ (ET) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

พืช พันธุ์	ช่วงเวลาปลูก	อายุของพืช (2)(วัน)	ระยะเวลาส่งน้ำ(4) (วัน)	วิธีการส่งน้ำ	ปริมาณน้ำที่ใช้ตลอดฤดู (มม.)	อัตราการใช้น้ำเฉลี่ย (3) (มม./วัน)	วิธีการทดลอง
			ฤดูฝน				
ข้าว กข.1(1)	สค-ธค.13	125	107	ส่งน้ำตลอดเวลา	626	6	โดยถัง
ข้าว กข.1(1)	กค-ตค.14	116	107	"	637	6	โดยถัง
ถั่วเขียว ม-7-A	มิย-สค.16	75	-	-	241	3	โดยถัง
ข้าวโพดหวาน -	เมย-กค.17	75	-	-	337	4.5	โดยถัง
			ฤดูแล้ง				
ข้าว กข.1(1)	มค-มิย.14	130	122	ส่งน้ำตลอดเวลา	933	8	โดยถัง
ถั่วลิสง สข.38(1)	กพ-มิย.14	116	-	-	424	3-4	โดยร่องคู
ถั่วเหลืองพระพุทธบาท(1)	มค-เมย14	84-90	-	-	139	1-2	โดยร่องคู
ข้าวฟ่าง Hegari 13(1)	มค-มิย.14	105-143	-	-	482	3-4	โดยร่องคู
ฝ้าย Reba B50(1)	กพ-มิย.14	119-122	-	-	400	3	โดยร่องคู
ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์PBV(1)	มค-เมย14	100	-	-	218	2	โดยร่องคู
ถั่วเหลือง -	ธค-เมย17	118	-	-	628	5	โดยถัง

ที่มาของข้อมูล

สายงานสถานีค้นคว้าวิจัยการใช้น้ำของพืช งานเกษตรชลประทาน กองจัดสรรน้ำและบำรุงรักษา กรมชลประทาน (1) ข้อมูลของสถานีค้นคว้าวิจัยการใช้น้ำของพืชบ้านยาง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา (2) ข้อมูลของโครงการไร่นาตัวอย่างห้วยสีธน อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ (3) อัตราการใช้น้ำเฉลี่ยสำหรับข้าว หมายถึง (ET + P)

การวัดน้ำชลประทาน

โดย นายสันติ ทองพำนัก

ในการจัดสรรน้ำในระบบชลประทานให้มีประสิทธิภาพนั้น ต้องทำการส่งน้ำให้มีปริมาณเพียงพอกับความต้องการของพืช ถ้าทำการจัดส่งน้ำให้แก่พืชน้อยเกินไป อาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลผลิตของพืชหรือทำให้ผลผลิตน้อยลง ถ้าจัดส่งน้ำให้มากเกินความต้องการของพืช ปริมาณน้ำส่วนเกินก็จะสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ ฉะนั้น เพื่อให้ทราบถึงปริมาณน้ำที่จัดส่งให้แก่พืชว่า มาก, น้อย หรือเหมาะสมเพียงใด จึงจำเป็นต้องมีการวัดปริมาณการไหลของน้ำเป็นระยะ ๆ วัตถุประสงค์ต่าง ๆ ของการวัดปริมาณการไหลของน้ำพอสรุปได้ดังนี้

1. เพื่อให้ทราบถึงปริมาณน้ำต้นทุน ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น การเกษตร, การอุตสาหกรรม, การประปา เป็นต้น
2. เพื่อจัดส่งน้ำให้เพียงพอกับความต้องการของพืช
3. เพื่อเป็นการจัดสรรน้ำให้แก่เกษตรอย่างยุติธรรม
4. เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำไปหาประสิทธิภาพของคลอง, คูส่งน้ำ และประสิทธิภาพของทั้งโครงการ
5. ในกรณีที่มีการเก็บค่าน้ำ การวัดปริมาณน้ำจะเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นมากที่สุด เพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณน้ำที่เกษตรกรใช้ไป

โดยหลักการแล้ว ควรจะมีการเริ่มวัดปริมาณน้ำตั้งแต่ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ ซึ่งเป็นจุดที่รับน้ำโดยตรงจากเขื่อนหรือฝาย ต่อจากนี้จะมีการวัดปริมาณน้ำตามระบบย่อยที่แยกออกไป เช่น คลองซอย, คลองแยกซอย และทุก ๆ จุดหลังท่อส่งน้ำเข้ามา

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณน้ำมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีทั้งข้อดีและข้อเสีย การติดตั้งและการใช้ต้องให้เป็นไปตามข้อกำหนดมากที่สุด การพิจารณาว่าจะใช้แบบใดนั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำและลักษณะของทางน้ำเป็นส่วนใหญ่ บางชนิดทำหน้าที่เป็นทั้งอาคารควบคุม และวัดปริมาณน้ำด้วย เช่น ซีเอสโอ (Constant Head Orifice) ฝายแบบโรเมน (Romijn) เครื่องมือวัดน้ำที่รู้จักกันดีและนิยมใช้กันมี ฝายวัดน้ำ รางวัดน้ำ เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำ การวัดแบบถังตวง การประมาณปริมาณน้ำแบบทุ่นลอย แต่สำหรับการอบรมครั้งนี้จะขอกล่าวเฉพาะบางวิธีเท่านั้น

การวัดความเร็วของกระแสน้ำโดยวิธีทุ่นลอย

วิธีนี้เป็นการวัดน้ำโดยประมาณเท่านั้น และไม่นิยมใช้วัดน้ำในแปลงนา เนื่องจากร่องน้ำมีขนาดเล็กและความลาดเทของท้องน้ำไม่มากนัก ทำให้มีโอกาสผิดพลาดได้ง่าย และยังมีอิทธิพลของกระแสลมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย วัตถุที่ใช้ทำทุ่นลอยอาจจะเป็น เศษไม้, มัดฟาง, ขวด, จุกไม้ก๊อก,

---

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ม. เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ฝักก้ามปู, โฟม และวัสดุลอยน้ำอื่น ๆ อัตราการไหลสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q = A \times V$$

อัตราการไหล (ลบ.เมตร/วินาที) = พท.หน้าตัด (ตร.เมตร) x ความเร็วเฉลี่ย(ม./วินาที)

ขั้นตอนในการวัดมีดังนี้

1) เลือกความยาวของลำน้ำในช่วงที่มีแนวตรง อย่างน้อย 20 – 30 เมตร พื้นที่หน้าตัดสม่ำเสมอ ความลึกของลำน้ำและความลาดเทของพื้นน้ำไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

2) ช่วงของลำน้ำที่จะวัดไม่ควรมีวัชพืช

3) ทำการขึงเชือกขวางและตั้งฉากกับลำน้ำ 2 แนว ให้อยู่ห่างกัน 20 – 30 เมตร หรือมากกว่า นอกจากการขึงเชือก อาจจะนำหลักไม้ไปตอกไว้บนตลิ่งข้างใดข้างหนึ่งก็เป็นการเพียงพอแล้ว

4) นำทุ่นไปปล่อยให้ห่างจากจุดเริ่มต้น คือ หลักที่หนึ่ง ขึ้นไปทางด้านเหนือน้ำ 2 – 3 เมตร เพื่อให้ทุ่นปรับตัวเข้ากับกระแสน้ำ ควรปล่อยทุ่นให้ลงตรงกลางทางน้ำมากที่สุด

5) เมื่อทุ่นลอยมาถึงหมุดหรือหลักที่หนึ่งเริ่มทำการจับเวลา

6) เมื่อทุ่นลอยมาถึงหมุดหรือหลักที่สองหยุดทำการจับเวลา

7) คำนวณหาความเร็วที่ผิวของน้ำโดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\text{ความเร็วที่ผิวน้ำ} = \frac{\text{ระยะทางระหว่างหลักที่หนึ่งและหลักที่สอง (เมตร)}}{\text{ระยะเวลาที่ทุ่นใช้เดินทางจากหลักที่หนึ่งถึงหลักที่สอง (วินาที)}}$$

8) คูณความเร็วที่ผิวน้ำด้วย 0.8 จะเป็นความเร็วเฉลี่ยตลอดหน้าตัดทั้งหมด

9) ควรวัดความเร็วของทุ่นอย่างน้อย 3 ครั้ง แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยของทุ่นลอย

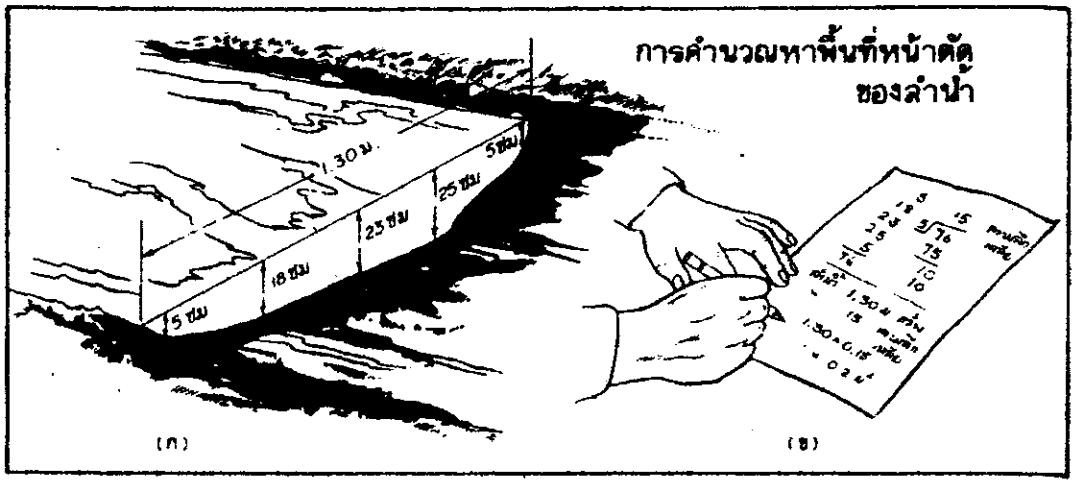
10) หาพื้นที่หน้าตัดที่หลักที่ 1 หลักที่ 2 และจุดที่อยู่ตรงกลาง ระหว่างหลักที่ 1 และที่ 2 ในกรณีของหน้าตัดทางน้ำเหมือนในรูปที่ 1 สามารถทำการหาพื้นที่หน้าตัดได้โดยใช้ความลึกเฉลี่ยคูณด้วยความกว้างของผิวน้ำ

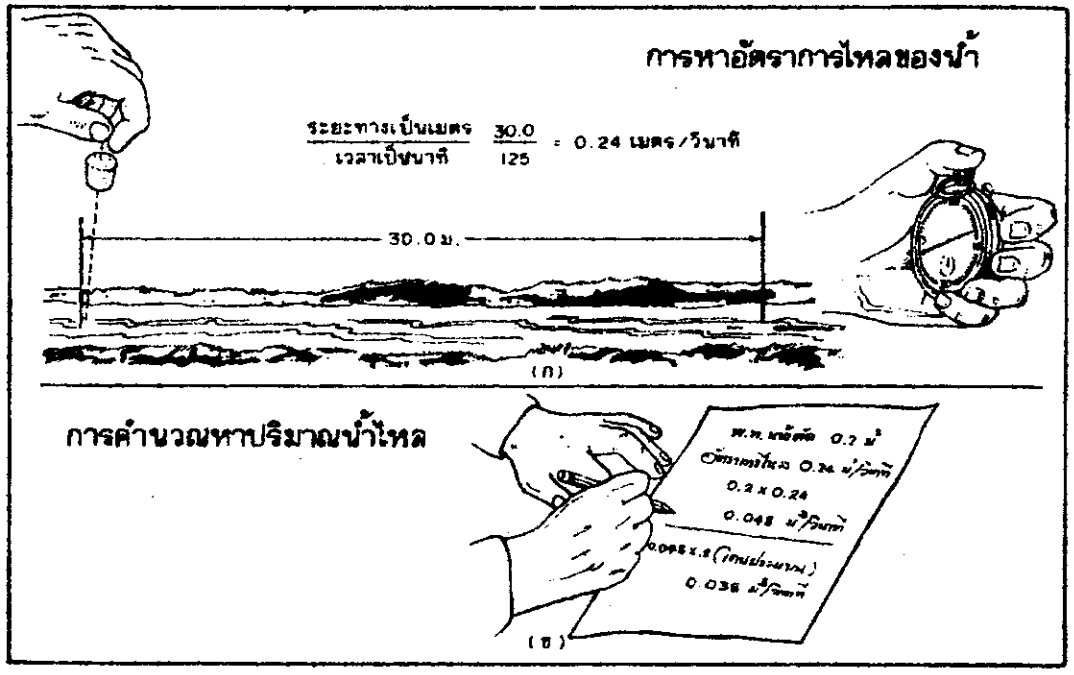
11) ทำการเฉลี่ยหาพื้นที่หน้าตัดของทางน้ำ

12) ทำการหาอัตราการไหลโดยใช้ความเร็วเฉลี่ยคูณด้วยพื้นที่หน้าตัด

<u>การวัดปริมาณน้ำโดยวิธีถังตวง</u> วิธีนี้เป็นวิธีวัดปริมาณน้ำได้ถูกต้องที่สุดวิธีหนึ่ง กระทำได้โดยการจับเวลาที่ปริมาณน้ำจำนวนหนึ่งไหลเต็มถัง หรือภาชนะที่เรารู้ปริมาตรอยู่ก่อนแล้ว และสามารถหาอัตราการไหลได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)} = \frac{\text{ปริมาตรของน้ำที่วัดได้ (ลิตร)}}{\text{เวลาที่ใช้วัดปริมาตรน้ำจำนวนนั้น (วินาที)}}$$





รูปที่ 1 แสดงความเร็วของกระแสน้ำด้วยทุ่นลอย และการพื้นที่เฉลี่ยโดยประมาณ

วิธีถังตวงเป็นวิธีที่ง่ายและใช้เครื่องมือน้อย ถ้าดำเนินการวัดอย่างระมัดระวังแล้ว จะได้ความถูกต้องในการวัดอยู่ในเกณฑ์ที่สูง สามารถวัดอัตราการไหลได้ถึง 1.5 ลิตรต่อวินาที แต่เราอาจจะใช้วัดอัตราการไหลที่มากกว่า 1.5 ลิตรต่อวินาทีได้ ถ้าใช้ถังที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและสภาพพื้นที่อำนวยให้ การเพิ่มระยะเวลาที่จับ จะทำให้ความแน่นอนของอัตราการไหลที่วัดได้มีค่ามากขึ้นเพราะนาฬิกาจับเวลาที่มีคุณภาพดีจะมีความคลาดเคลื่อน $\pm$ 0.2 วินาทีเท่านั้น ดังนั้นถ้าจะให้อัตราการไหลคลาดเคลื่อนภายใน $\pm$ 1% เวลาที่น้ำไหลเต็มถังอย่างน้อยควรเป็น 20 วินาที ในทำนองเดียวกันถ้าต้องการความคลาดเคลื่อน 2% เวลาที่น้ำไหลเต็มถังควรเป็น 10 วินาที และสำหรับ 5% เวลาที่ใช้ควรเป็น 4 วินาที

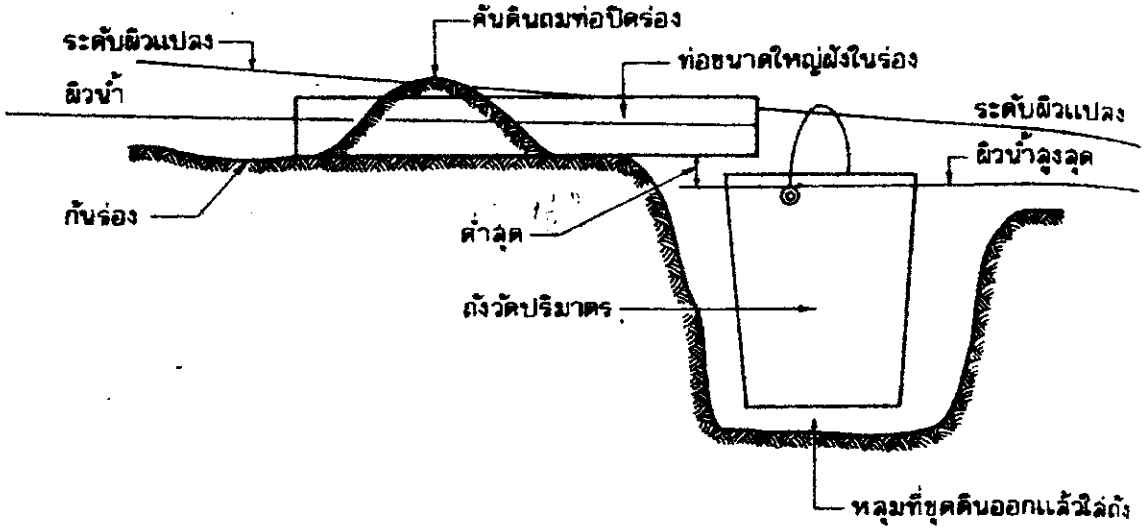
ในทางปฏิบัติ วิธีนี้จะใช้วัดปริมาณน้ำในร่องดู (Furrow) แต่ก็สามารถนำไปใช้วัดอัตราการไหลจากหัวฉีดแต่ละหัวของระบบฉีดฝอย(Sprinkler)หรือที่หัวปล่อยน้ำแต่ละหัวของระบบน้ำหยดได้

สำหรับการวัดน้ำในร่องดู จะให้น้ำไหลผ่านท่อหรือรางเล็ก ๆ ก่อนที่จะไหลลงถัง ทำการวางท่อหรือรางให้ปลายยื่นอยู่ในปากถังเพื่อให้ปริมาณน้ำไหลลงถังได้อย่างอิสระ โดยให้ส่วนล่างของท่อหรือรางอยู่สูงจากระดับน้ำสูงสุดในร่องดูอย่างน้อย $1\frac{1}{2}$ นิ้ว

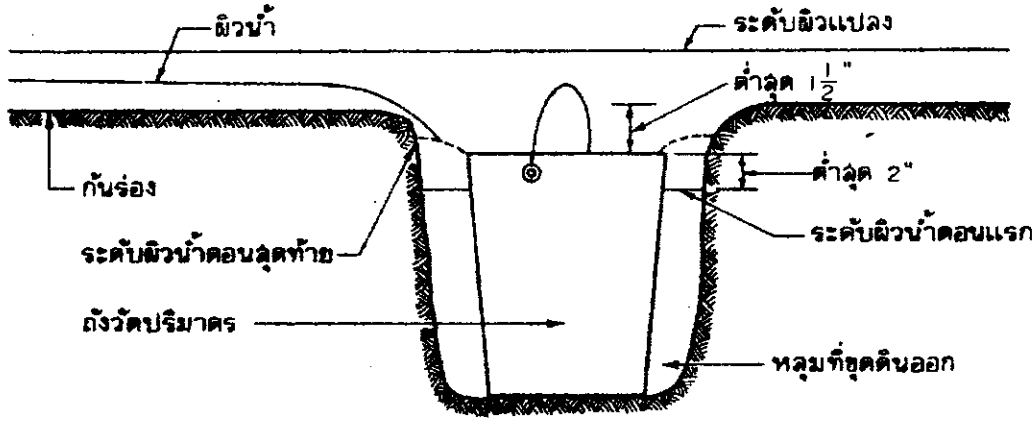
ตำแหน่งวางท่อต้องอยู่สูงพอที่จะใช้วัดปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่ร่องดูได้ น้ำที่ขังอยู่ด้านหน้าจุดที่ทำการวัดน้ำจะไม่มีผลต่อการคำนวณน้ำที่ไหลเข้าร่องดู ไม่ควรจะใช้วิธีนี้วัดปริมาณน้ำที่ไหลออกจากร่องดูซึ่งมีความลาดเทน้อย เพราะปริมาณน้ำที่ขังอยู่ด้านหน้าของท่อ จะมีผลต่อปริมาณน้ำที่ไหลออก แต่ถ้าใช้ท่อหรือรางเปิดที่มีขนาดใหญ่จะช่วยลดปริมาณน้ำที่ขังอยู่หน้าท่อหรือรางเปิดได้

ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องวัดปริมาณน้ำไหลออกจากร่องที่มีความลาดเทค่อนข้างแบนราบมาก เราอาจจะปรับปรุงวิธีการวัดโดยให้น้ำไหลลงบ่อก่อน แล้วระดับน้ำจะค่อย ๆ สูงขึ้นจนล้นเข้ามาในถัง ทำการจับเวลาตั้งแต่น้ำเริ่มล้นเข้าถังจนน้ำเต็มถัง วิธีดังกล่าวได้แสดงไว้ในรูป 3

เนื่องด้วยระดับน้ำในบ่อจะค่อย ๆ สูงขึ้น จนเกินขอบถังเล็กน้อยแล้วจึงไหลลงไปในถัง เป็นเหตุให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัด ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของบ่อพักรอบปากถัง และความสูงของระดับน้ำเหนือปากถัง ดังนั้น ควรจะสร้างบ่อพักให้มีพื้นที่ใหญ่กว่าปากถังเพียงเล็กน้อย และเวลาที่น้ำไหลเต็มถังอย่างน้อยที่สุดเท่ากับ 10 วินาที สำหรับการไหลที่ปริมาณน้ำไม่มาก (ใช้เวลาไหลเต็มถังประมาณ 20 วินาทีหรือมากกว่า) และพื้นที่ของบ่อพักน้อยกว่า 3 เท่าของพื้นที่ปากถัง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นถือว่าเล็กน้อยมาก



รูปที่ 2 การวางถังสำหรับวัดปริมาตรการไหลของน้ำใน Furrow



รูปที่ 3 การวางถังสำหรับวัดการไหลของน้ำใน Furrow โดยวิธีขจัด Ponding

โดยทั่วไปอุปกรณ์ที่ใช้วัดปริมาณน้ำที่ไหลเข้าร่องคูมีดังต่อไปนี้

1) ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ยาว 75 เซนติเมตร จำนวน 2 ท่อน สำหรับแต่ละร่องคู

2) ถังน้ำที่รู้ปริมาตรแน่นอน 2 ใบ ความจุ 10 – 20 ลิตร สำหรับวัดปริมาณน้ำที่หัวร่องและท้ายร่อง

3) นาฬิกาจับเวลาหรือนาฬิกาข้อมือ 2 เรือน สำหรับจับเวลาที่น้ำเต็มถัง

4) แบบฟอร์มหรือกระดาษสำหรับจดบันทึกข้อมูล

ฝายวัดน้ำ (Weir) ฝายวัดน้ำเป็นอาคารที่สร้างขึ้นขวางทางน้ำโดยให้น้ำไหลผ่านช่องที่มีความกว้างเท่ากับหรือน้อยกว่าความกว้างของทางน้ำ ความกว้างของช่องที่ให้น้ำไหลผ่านนี้เรียกว่าความยาวของสันฝาย และความลึกของน้ำเหนือสันฝาย H ดังแสดงในรูปที่ 4 เรียกว่า Head ฝายอาจจะทำด้วยไม้, เหล็ก, คอนกรีต หรือไฟเบอร์กลาส ก็ได้

ถ้าพิจารณาฝายตามลักษณะของสัน จะแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1) ฝายสันคม (Sharp-crested weir)

2) ฝายสันไม่คม (Board crested weir)

ฝายสันคมเป็นที่นิยมใช้ในการวัดน้ำชลประทานเพราะว่าให้ค่าอัตราการไหลที่ถูกต้องแน่นอนกว่าฝายสันไม่คม สันฝายอาจจะทำด้วยเหล็กหรือโลหะหนา 2 มิลลิเมตร หรือทำการลบมุมคอนกรีตหรือไม้ให้มีสันคมโดยให้สันหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร (แสดงในรูปที่ 8)

การไหลของน้ำผ่านสันฝายแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การไหลแบบอิสระ (Free Flow) เป็นการไหลที่มีระดับน้ำทางด้านท้ายฝาย (รูปที่ 4) ต่ำกว่าระดับของสันฝาย

อีกลักษณะคือการไหลแบบใต้ผิวน้ำ (Submerged Flow) เป็นการไหลที่มีระดับน้ำทางด้านท้ายฝายสูงกว่าระดับของสันฝาย ฝายวัดน้ำจะให้ค่าอัตราการไหลที่ถูกต้องแม่นยำเมื่อการไหลเป็นแบบอิสระ ฉะนั้น ในหัวข้อนี้เราจะกล่าวถึงสูตรในการคำนวณหาปริมาณการไหลของน้ำผ่านฝายเมื่อการไหลเป็นแบบอิสระเท่านั้น ฝายสันคมที่ใช้วัดน้ำชลประทานเท่าที่รู้จักกันดีมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ

1) ฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular weir) มีช่องเปิดที่น้ำไหลผ่านเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความยาวของสันฝายน้อยกว่าความกว้างของทางน้ำเปิดซึ่งเราเรียกว่าเป็นฝายวัดน้ำแบบบีบข้าง (Contracted weir) อัตราการไหลผ่านฝายชนิดนี้สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Q = 0.0184\ (L - 0.2\ H)H^{1.5} \quad \text{.....} \quad 1$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลเป็นลิตรต่อวินาที

L = ความยาวของสันฝายเป็นเซนติเมตร

H = ความสูงของระดับน้ำเหนือสันฝายซึ่งวัดที่ตำแหน่งที่อยู่ทางด้านเหนือน้ำของฝายเป็นระยะอย่างน้อย 3 หรือ 4 เท่าของ H ดูรูปที่ 4

ตารางที่ 1 แสดงอัตราการไหลของน้ำผ่านฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่คำนวณได้จากสมการที่ 1

2) ฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal weir) เป็นฝายสันคมแบบบีบข้างมีช่องเปิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ดังแสดงในรูปที่ 6 มีความลาดเทด้านข้าง 1 : 4 (ระยะราบ : ระยะตั้ง) ถ้าระยะราบยาว 1 เซนติเมตร ระยะตั้งจะยาว 4 เซนติเมตร อัตราการไหลผ่านของน้ำสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Q = 0.0186\ LH^{1.5} \quad \text{.....} \quad 2$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลเป็นลิตรต่อวินาที

L = ความยาวของสันฝายเป็นเซนติเมตร

H = ความสูงของระดับน้ำเหนือสันฝายเป็นเซนติเมตร

ตารางที่ 2 แสดงอัตราการไหลของน้ำผ่านฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่คำนวณได้จากสมการที่ 2

3) ฝายสันคมรูปสามเหลี่ยม (Triangular weir) เป็นฝายสันคมแบบบีบข้างที่มีช่องเปิดเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ดังแสดงในรูปที่ 7 ฝายชนิดนี้วัดอัตราการไหลได้ละเอียดถูกต้องดีมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับทางน้ำเปิดที่มีอัตราการไหลน้อย เนื่องจากไม่มีความยาวของสันฝายและถ้าพิจารณาอัตราการไหลที่เท่ากัน ความสูงของน้ำเหนือสันฝายรูปสามเหลี่ยมจะสูงกว่าความสูงของน้ำเหนือสันฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมคางหมู อัตราการไหลผ่านของน้ำสามารถคำนวณได้จากสูตร

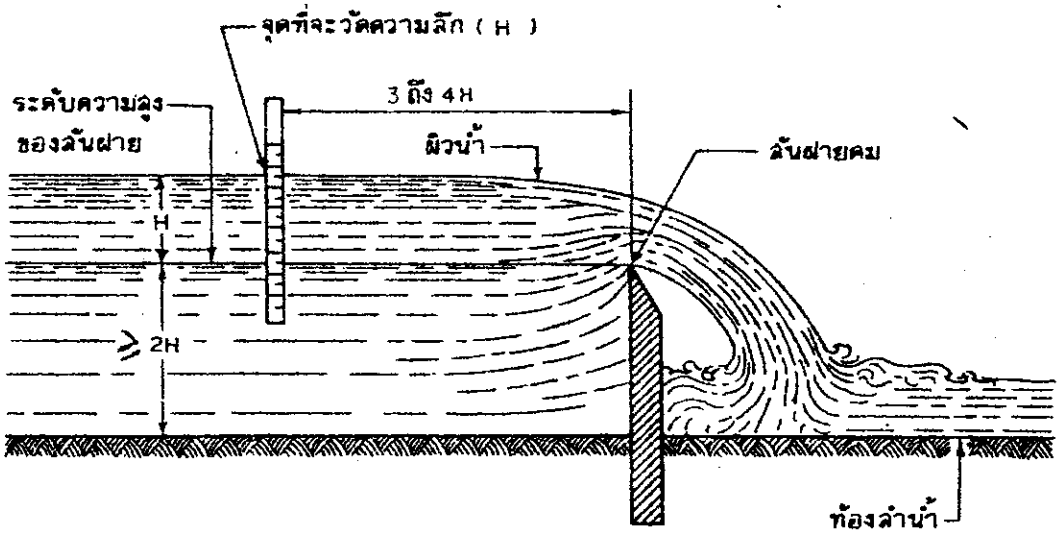
$$Q = 0.0138H^{2.5} \quad \text{.....} \quad 3$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลเป็นลิตรต่อวินาที

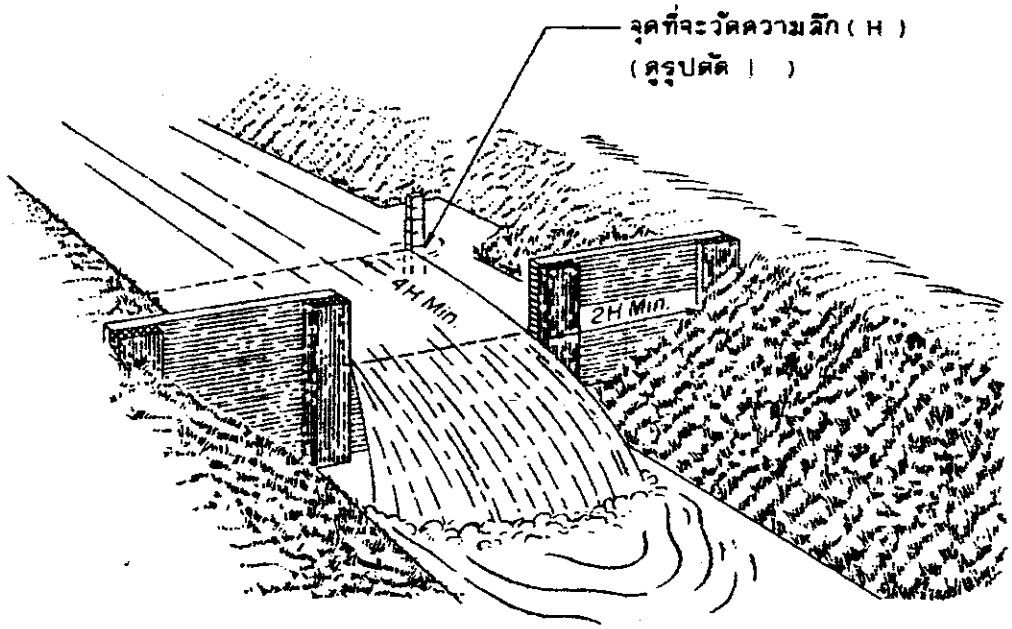
H = ความสูงของระดับน้ำเหนือจุดต่ำสุดของสันฝายเป็นเซนติเมตร

ตารางที่ 3 แสดงอัตราการไหลของน้ำผ่านฝายรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่คำนวณได้จากสมการที่ 3

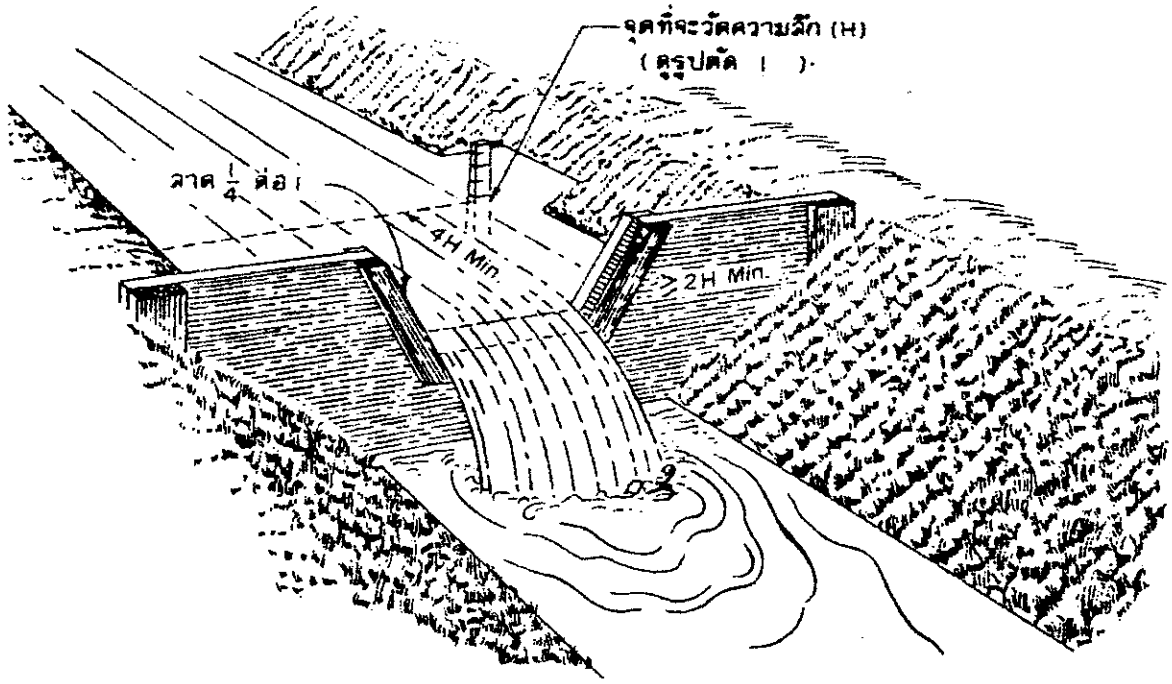
การติดตั้งฝายวัดน้ำ เนื่องจากสมการที่ใช้หาอัตราการไหลมีข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ในการติดตั้งฝายโดยเฉพาะ ถ้าจะให้ฝายที่ติดตั้งในสนามวัดค่าได้ถูกต้องแม่นยำ ก็จะต้องติดตั้งฝาย



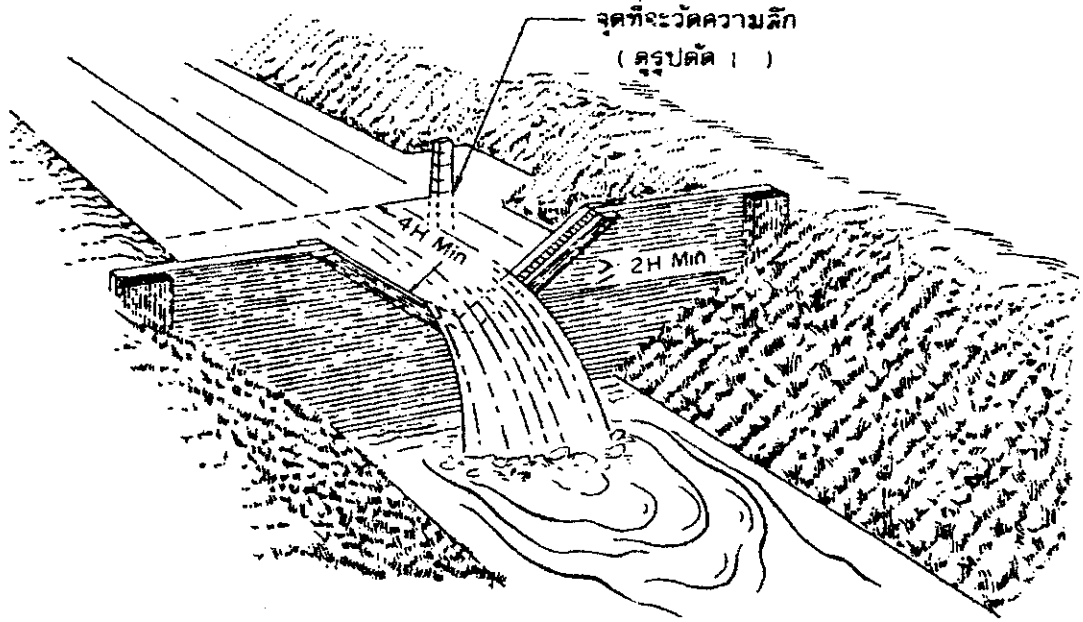
รูปที่ 4 รูปด้านข้างของฝายที่มีสันฝายคม



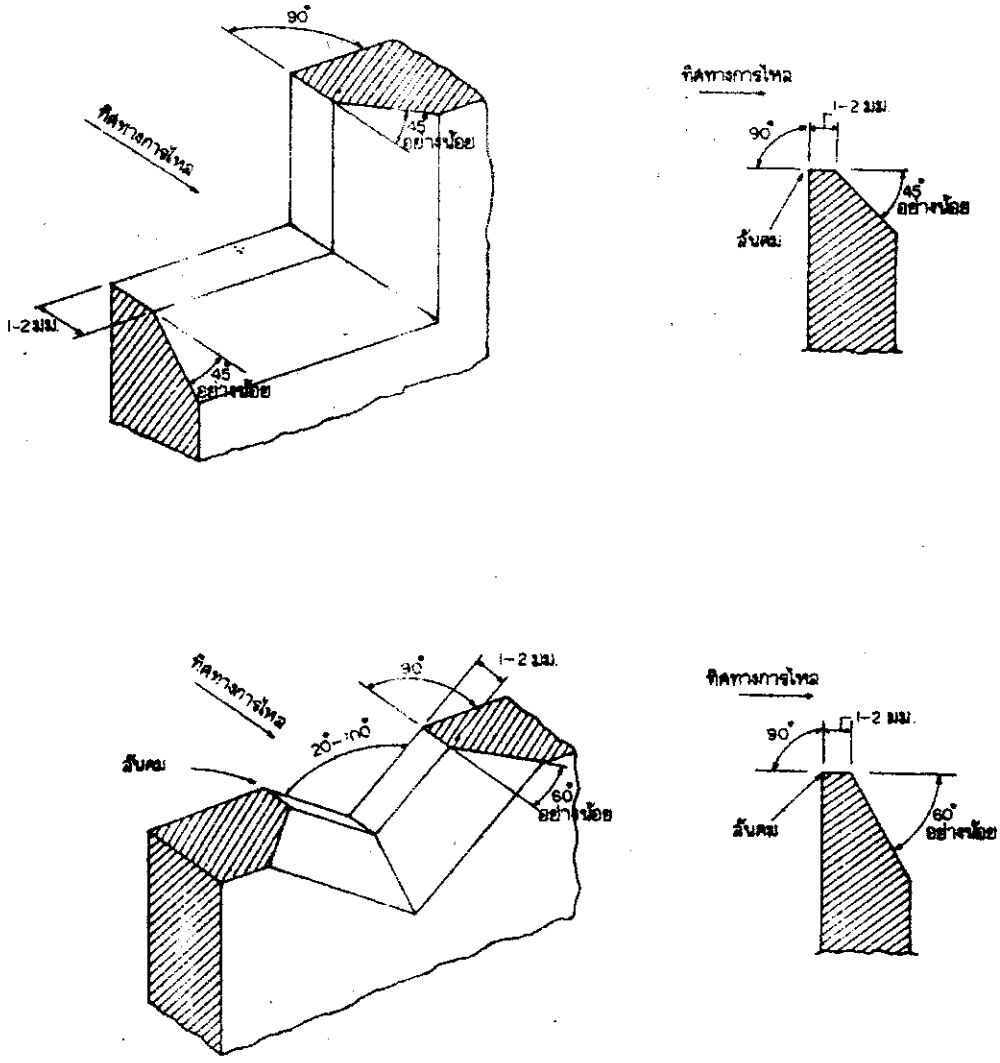
รูปที่ 5 ฝายวัดน้ำชนิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 6 ฝายรูปสี่เหลี่ยมคางหมู



รูปที่ 7 ฝายรูปตัววี 90°


90°
ทิศทางการไหล
45°
อย่างน้อย
1-2 มม.
45°
อย่างน้อย
ทิศทางการไหล
1-2 มม.
90°
45°
อย่างน้อย
ลับคม
ทิศทางการไหล
90°
1-2 มม.
20°-40°
ลับคม
60°
อย่างน้อย
ทิศทางการไหล
1-2 มม.
90°
ลับคม
60°
อย่างน้อย

รูปที่ ๔ [illegible]

ให้ได้ตามข้อกำหนดและหลักเกณฑ์มากที่สุด ข้อกำหนดและหลักเกณฑ์ทั่ว ๆ ไป มีดังนี้

1) ผนังด้านหน้าของตัวฝายจะต้องเรียบ ตัวฝายอยู่ในแนวดิ่ง และตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางของทางน้ำ

2) แผ่นโลหะที่ใช้ทำฝายควรจะต้องตรงและเรียบ

3) สันฝายต้องอยู่ในแนวระดับ ถ้าเป็นฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสันคม ด้านข้างต้องให้ได้แนวดิ่ง ความหนาของสันฝายควรจะอยู่ระหว่าง 1 ถึง 2 มิลลิเมตร

4) ไม่ควรใช้สันฝายคมมากเพราะดูแลรักษาได้ยาก

5) ความสูงจากท้องทางน้ำหรือท้องคลองถึงส่วนต่ำสุดของสันฝายไม่ควรจะน้อยกว่า 2 เท่าของความสูงที่มากที่สุดของผิวน้ำเหนือสันฝาย (Hmax) และต้องไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร ยกเว้นฝายสันคมรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่ยอมให้น้อยกว่า 30 เซนติเมตร แต่ต้องไม่น้อยกว่า 2 เท่าของ H

6) สันฝายด้านข้างจะต้องอยู่ห่างจากคลิ่งไม่น้อยกว่า 2 เท่าของ H ในกรณีฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมคางหมู จะให้ความละเอียดถูกต้องในการวัดดีเมื่อ H ไม่น้อยกว่า 6 เซนติเมตร และไม่เกินครึ่งหนึ่งของความยาวของสันฝาย

7) ต้องพยายามติดตั้งฝายวัดน้ำให้มีการไหลผ่านของน้ำเป็นแบบอิสระเสมอ และระดับน้ำสูงสุดทางด้านท้ายฝายต้องอยู่ต่ำกว่าสันฝาย 6 เซนติเมตรเป็นอย่างน้อย

8) การวัด Head หรือความสูงของน้ำที่อยู่เหนือสันฝาย จะต้องติดตั้งสเกลหรือมาตรวัดระดับน้ำทางด้านหน้าฝาย และต้องอยู่ห่างจากตัวฝายไม่น้อยกว่า 3 – 4 เท่าของ Head สูงสุดบนสันฝาย

9) พื้นที่หน้าตัดของทางน้ำหน้าฝายไม่ควรจะน้อยกว่า 8 เท่า ของพื้นที่หน้าตัดของน้ำในช่องเปิดเหนือสันฝายนั้น และขนาดของพื้นที่หน้าตัดของทางน้ำดังกล่าวจะต้องเป็นระยะทางยาวขึ้นไปทางด้านเหนือน้ำไม่น้อยกว่า 15 ถึง 20 เท่าของ Head

10) ถ้าหากไม่สามารถเพิ่มขนาดของทางน้ำได้ตามข้อ 8 ความเร็วของน้ำหน้าสันฝายจะมีอิทธิพลต่ออัตราการไหล

ข้อดีและข้อเสียของฝายวัดน้ำ

ข้อดี

1) ฝายวัดน้ำสามารถวัดอัตราการไหลได้ละเอียดถูกต้องดี

2) ออกแบบ สร้าง ติดตั้งและใช้งานง่าย อาจจะสร้างให้เป็นอาคารวัดน้ำแบบถาวรหรือเคลื่อนย้ายได้

3) ถ้าสร้างและติดตั้งให้ถูกต้องจะมีความคงทนแข็งแรงพอสมควร และไม่มีชิ้นส่วนใดที่จะต้องดูแลรักษาเป็นพิเศษ

ข้อเสีย

1) วัดน้ำได้ละเอียดถูกต้องดีในกรณีของการไหลเป็นแบบวิสระ ส่วนการไหลแบบใต้ผิวน้ำการคำนวณหาอัตราการไหลจะมีความยุ่งยากมากขึ้น

2) เนื่องจากฝายสร้างกีดขวางทางน้ำ ฉะนั้น จะมีตะกอน กรวด ทราย ตกจมอยู่ด้านหน้าฝาย ถ้าไม่มีการดูแลและขุดลอก ตะกอนเหล่านี้จะทำให้อัตราการไหลที่วัดได้ (จากการคำนวณ) น้อยกว่าอัตราการไหลจริง

3) ถ้าทำการติดตั้งไม่ดี อาจมีน้ำไหลลอดใต้และข้างฝายได้

ตัวอย่าง 1 จงคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำผ่านฝายวัดน้ำแบบสันคม ถ้าระดับน้ำอยู่สูงกว่าสันฝาย 40 เซนติเมตร

ก ในกรณีของฝายสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความยาวของสันฝาย 1.50 เมตร

ข ในกรณีฝายสี่เหลี่ยมคางหมู ความยาวของสันฝาย 1.50 เมตร

ค ในกรณีฝายสามเหลี่ยมมุมฉาก

วิธีทำ ก. สูตรหาอัตราการไหลของฝายรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบบบีบข้าง

$$Q = 0.0184\,(L - 0.2H)\,H^{1.5}$$

จากโจทย์กำหนด $L = 150$ เซนติเมตร

$H = 40$ เซนติเมตร

แทนค่าลงในสูตรจะได้ว่า

$$Q = 0.0184(150 - 0.2 \times 40)\,40^{1.5}$$

$$= 0.0184 \times 142 \times 252.98$$

$$= 660.99 \text{ ลิตรต่อวินาที}$$

(ประมาณ) $= 661$ ลิตรต่อวินาที

ข. สูตรหาอัตราการไหลของฝายสี่เหลี่ยมคางหมู

$$Q = 0.0186\ LH^{1.5}$$

จากโจทย์กำหนด $L = 150$ เซนติเมตร

$H = 40$ เซนติเมตร

แทนค่าลงในสูตรจะได้ว่า

$$Q = 0.0186 \times 150 \times 40^{1.5}$$

$$= 0.0186 \times 150 \times 252.98$$

$$= 705.81 \text{ ลิตรต่อวินาที}$$

ค. สูตรหาอัตราการไหลของฝายรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก

$$Q = 0.0138\ H^{2.5}$$

จากโจทย์กำหนด $H = 40$ เซนติเมตร

แทนค่าลงในสูตรจะได้ว่า

$$Q = 0.0138 \times 40^{2.5}$$

$$= 0.0138 \times 10119.29$$

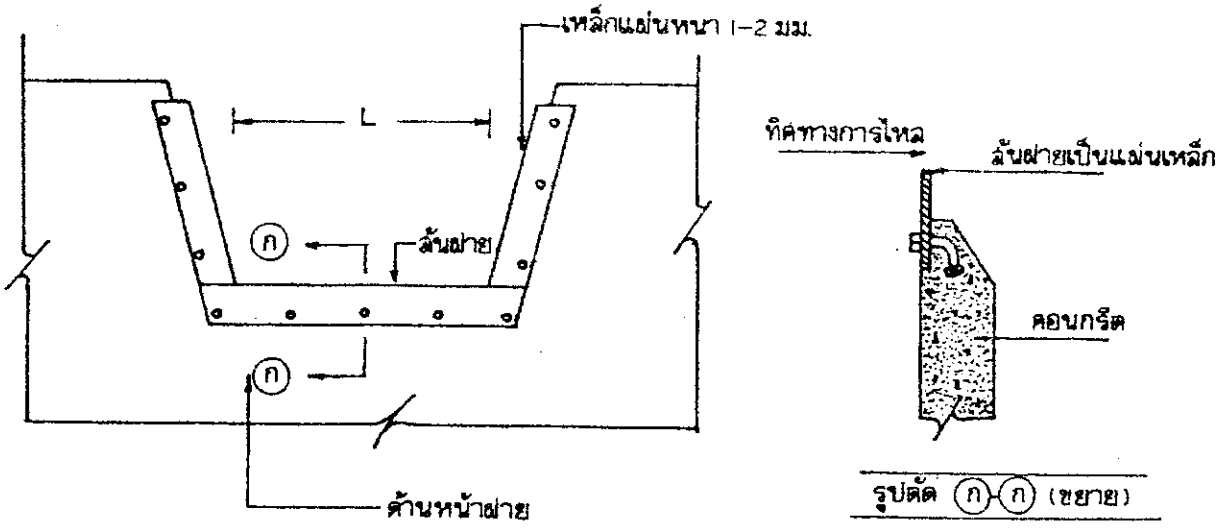
$$= 139.65 \text{ ลิตรต่อวินาที}$$

ตารางที่ 1 อัตราการไหลของน้ำผ่านฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นลิตรต่อวินาที

Head (H) ซม	ความกว้างของสันฝาย (L)			
	30 ซม	40 ซม	50 ซม	60 ซม
5.0	5.97	8.0	10.1	12.2
5.5	6.9	9.3	11.6	14.0
6.0	7.8	10.5	13.1	15.9
6.5	8.4	11.8	14.9	17.9
7.0	9.7	13.2	16.6	20.0
7.5	10.7	14.5	18.3	22.1
8.0	11.8	16.0	20.1	24.3
8.5	12.9	17.6	22.1	26.7
9.0	14.0	19.0	24.0	28.9
9.5	15.2	20.7	26.0	31.2
10.0	16.3	22.2	28.0	33.8
10.5	17.5	23.7	30.0	36.2
11.0	18.7	25.3	32.0	37.7
11.5	19.9	27.1	34.3	41.4
12.0	21.3	29.0	36.7	44.4
12.5	22.5	30.7	39.0	47.1
13.0	23.7	32.3	40.9	49.5
13.5	24.8	34.0	43.0	52.2
14.0	26.2	35.8	45.4	55.2
14.5	27.7	37.9	48.2	58.5
15.0	28.8	39.5	50.3	60.9
16.0	31.6	43.3	55.2	67.0
17.0	34.3	47.2	60.1	73.0
18.0	37.0	51.0	65.3	79.0
19.0	39.8	55.0	70.2	85.3

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Head (H) ซม	ความกว้างของสันฝาย (L)			
	30 ซม	40 ซม	50 ซม	60 ซม
20.0	42.8	59.3	75.8	88.8
21.0	45.7	63.3	81.0	99.0
22.0	48.7	67.5	86.7	105.7
23.0	51.3	71.7	92.2	112.3
24.0	54.7	76.5	94.8	120.0
25.0	57.0	79.8	102.7	125.8
26.0	60.3	84.6	109.2	133.3
27.0	63.5	89.2	115.0	140.8
28.0	66.5	93.7	122.2	148.3
29.0	69.5	98.3	127.0	155.7
30.0	72.5	102.7	133.0	163.3



รูปที่ 9 ลักษณะและรายละเอียดของสันฝายที่ทำด้วยโลหะ

ตารางที่ 2 อัตราการไหลของน้ำผ่านฝายสันคมรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เป็นลิตรต่อวินาที

Head (H) ซม	ความกว้างของสันฝาย (ซม)				
	25 ซม	50 ซม	75 ซม	100 ซม	150 ซม
1	0.5	0.9	1.4	1.8	2.7
1.5	0.9	1.7	2.6	3.4	5.1
2	1.3	2.6	3.9	5.2	7.8
3	2.4	4.8	7.2	9.6	14
4	3.7	7.4	11	15	22
5	5.2	10	16	21	31
6	6.8	14	21	27	41
8	10.5	21	32	42	63
10	15	29	44	59	88
12	19	39	58	77	116
14	24	49	73	97	146
16	—	60	89	119	178
18	—	71	106	142	212
20	—	83	125	166	249
25	—	—	174	232	349
30	—	—	229	305	458
35	—	—	—	391	577
40	—	—	—	477	705
45	—	—	—	571	842
50	—	—	—	—	986

ตารางที่ 3 อัตราการไหลของน้ำผ่านฝายสันคมรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก เป็นลิตรต่อวินาที

Head (H) ซม	ปริมาณน้ำ ลิตร/วินาที	H ซม	Q ลิตร/วินาที	H ซม	Q ลิตร/วินาที
4.0	0.45	13.0	8.6	22.0	31.0
4.5	0.60	13.5	9.5	22.5	34.0
5.0	0.80	14.0	10.5	23.0	35.7
5.5	1.0	14.5	11.3	23.5	38.2
6.0	1.2	15.0	12.3	24.0	40.0
6.5	1.5	15.5	13.3	24.5	42.7
7.0	1.8	16.0	14.5	25.0	44.5
7.5	2.2	16.5	15.6	25.5	46.7
8.0	2.5	17.0	16.7	26.0	48.8
8.5	2.8	17.5	18.3	26.5	51.0
9.0	3.4	18.0	19.4	27.0	53.8
9.5	3.9	18.5	21.7	27.5	56.3
10.0	4.5	19.0	22.3	28.0	58.7
10.5	5.1	19.5	23.5	28.5	61.5
11.0	5.7	20.0	25.5	29.0	64.5
11.5	6.3	20.5	27.0	29.5	66.8
12.0	7.1	21.0	28.3	30.0	69.4
12.5	7.8	21.5	30.3		

<u>รางวัดน้ำแบบไม่มีคอ</u> (Cut - throat flume)

รางวัดน้ำแบบไม่มีคอเป็นรางวัดน้ำที่มีลักษณะคล้ายกับรางวัดน้ำแบบฟาร์แชล แต่ได้ดัดแปลงเพื่อให้สร้างได้ง่าย และติดตั้งสะดวกขึ้น โดยได้ทำการตัดส่วนของคอออก พื้นรางน้ำทั้งหมดเรียบโดยตลอดไม่มีส่วนเอียงขึ้นหรือลง กำแพงทั้งสองข้างอยู่ในแนวดิ่ง ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ดังนี้

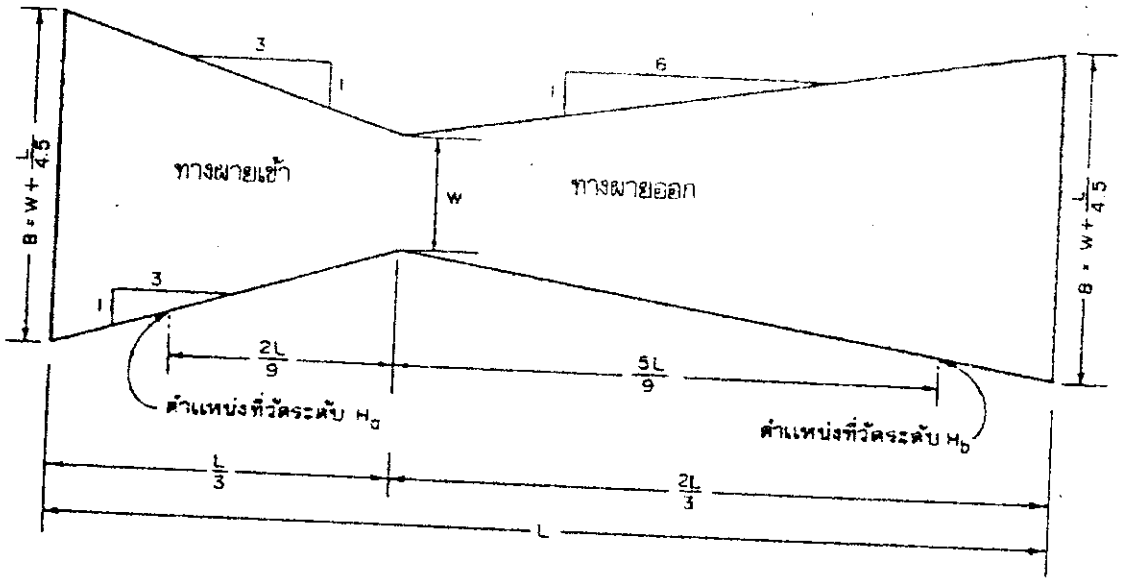
1. ทางผายเข้า (Converging section) ผนังของรางในส่วนนี้จะบีบตัวเข้าด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 3 มีความยาวเป็น $\frac{1}{3}$ เท่าของความยาวของรางทั้งหมด ในส่วนนี้จะติดตั้งสเกลหรือบ่อน้ำนิ่งเพื่อวัดความสูงของระดับน้ำเหนือพื้นราง (Ha)

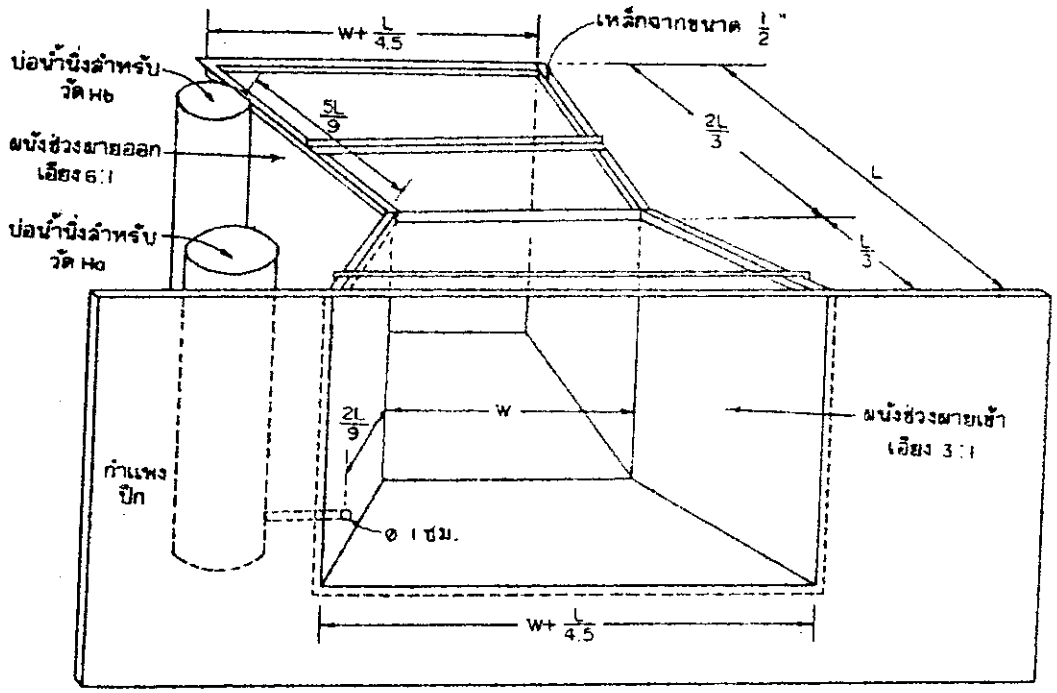
2. ทางผายออก (Diverging section) เมื่อสิ้นสุดทางผายเข้า รางจะผายออกทันทีด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 6 ส่วนนี้มีความยาวเป็น $\frac{2}{3}$ เท่าของความยาวของรางทั้งหมด ในส่วนนี้ก็จะติดตั้งสเกลหรือบ่อน้ำนิ่งเพื่อวัดความสูงของระดับน้ำเหนือพื้นราง (Hb) ไว้อีกเช่นกัน

สัดส่วนทั่วไปของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอตามมาตรฐานได้แสดงไว้ในรูปที่ 10 ลักษณะของการไหลของน้ำผ่านรางสามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ การไหลแบบอิสระ (Free flow) และการไหลแบบใต้ผิวน้ำ (Submerged flow) ดังได้แสดงไว้ในรูป 11 จะมีอยู่ช่วงการไหลหนึ่งที่น้ำจะเปลี่ยนจากการไหลแบบอิสระเข้าสู่การไหลแบบใต้ผิวน้ำ ช่วงของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเรียกว่า Transition การที่จะทราบได้ว่าการไหลของน้ำเป็นแบบใดนั้นจะกำหนดด้วยอัตราส่วนของ Hb ต่อ Ha อัตราส่วนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความยาวของรางเพียงอย่างเดียว เราสามารถจะหาอัตราส่วนดังกล่าวได้จากรูปที่ 12

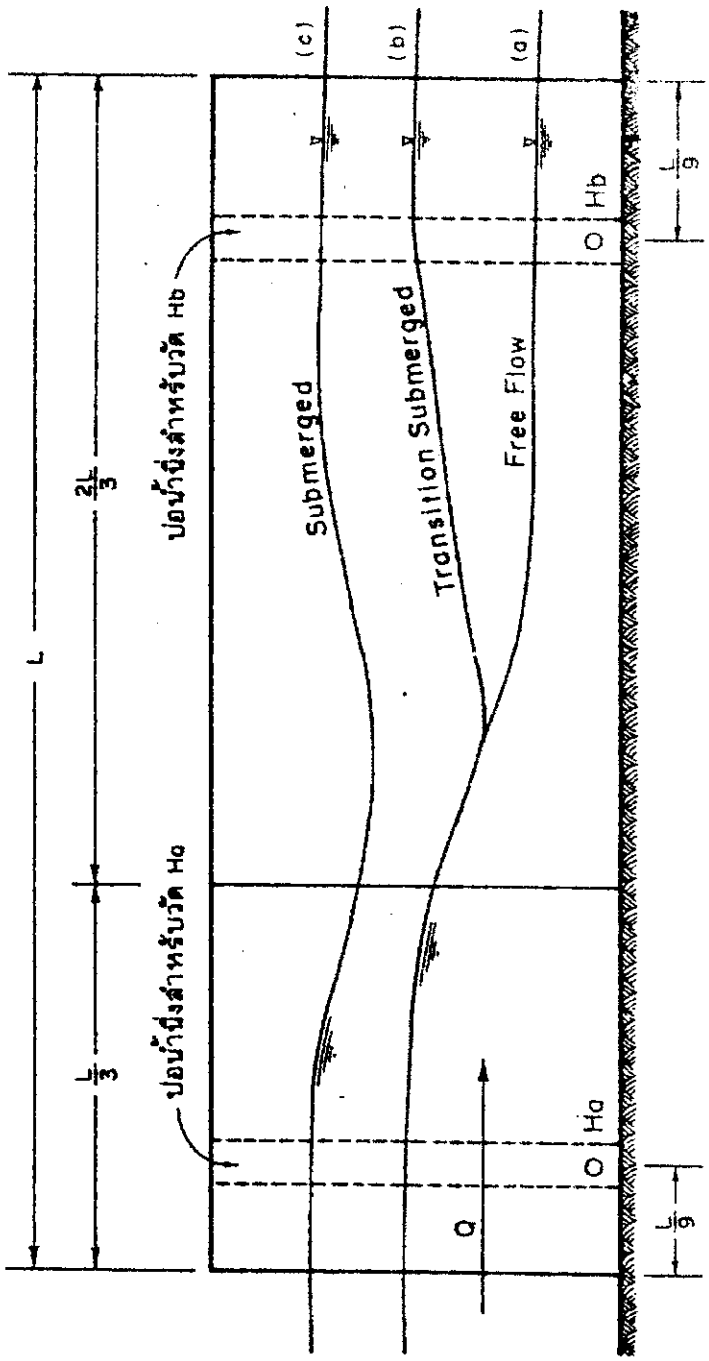
เราเรียกขนาดของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอตามความกว้างของส่วนที่แคบที่สุด (W) และความยาว (L) เช่น รางขนาด 30 x 90 เซนติเมตร หมายถึงรางมีความกว้างของส่วนที่แคบที่สุดเท่ากับ 30 เซนติเมตร และความยาวทั้งหมดเท่ากับ 90 เซนติเมตร

<u>การไหลแบบอิสระ</u> (Free flow) เมื่ออัตราส่วนของ Hb ต่อ Ha ที่วัดได้จริงน้อยกว่าค่าของ S_t ที่กำหนดให้ (อ่านจากกราฟรูปที่ 12 หรือตารางที่ 4) ถือได้ว่าการไหลในขณะนั้นเป็นการไหลแบบอิสระ อัตราการไหลของน้ำจะขึ้นอยู่กับ Ha เพียงอย่างเดียว และสามารถหาได้จากสมการ ต่อไปนี้

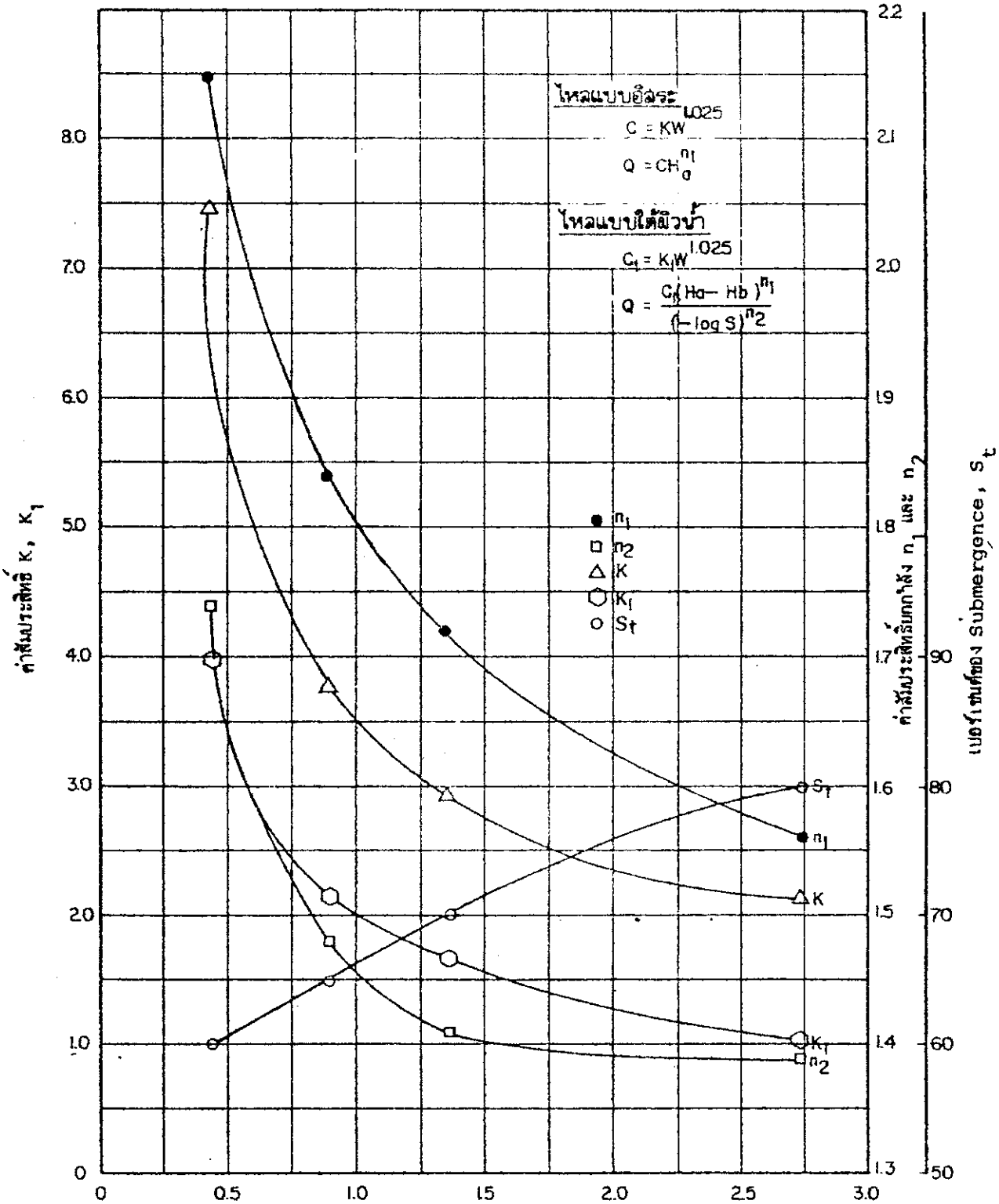




รูปที่ 10 ลัดส่วนต่าง ๆ ของ Cut - throat Flume



รูปที่ 11 รูปแบบการไหลของน้ำในกรณีคาวา ล่าหรับ
Cut – throat Flume



รูปที่ 12 กราฟสำหรับหาค่า K, K_1, n_1, n_2 และ S_t ในสูตรสำหรับคำนวณอัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ ทั้งที่การไหลเป็นแบบอิสระและแบบใต้ผิวน้ำ

$Q = CHa^{n_1}$, $S < S_t$ และ $\frac{Ha}{L} \leq 0.4$ .....(4)

เมื่อ S = อัตราส่วนของ Hb/Ha ที่ได้จากการวัดมีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์หรือทศนิยม

S_t = เปอร์เซนต์ของการจม (Submergence) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของ $\frac{Hb}{Ha}$ ที่อ่านได้จากกราฟรูปที่ 12 หรือตารางที่ 4 มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์หรือทศนิยม

Q = อัตราการไหลมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

Ha = ความลึกของน้ำในทางผายเข้ามีหน่วยเป็นเมตร

n_1 = ค่าสัมประสิทธิ์ยกกำลังอ่านได้จากกราฟรูปที่ 12 หรือตารางที่ 4

$C = KW^{1.025}$ ..... (5)

เมื่อ W = ความกว้างของส่วนที่แคบที่สุดมีหน่วยเป็นเมตร

K = ค่าสัมประสิทธิ์ของความยาวของรางอ่านได้จากกราฟรูปที่ 12 หรือตารางที่ 4

การวัดอัตราการไหลจะให้ความละเอียดถูกต้องดี เมื่ออัตราส่วนของ Ha ต่อ L น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.4 ถ้าอัตราส่วนดังกล่าวเกิน 0.4 มากเท่าไร ความละเอียดถูกต้องในการวัดจะลดลงมากขึ้นเท่านั้น อัตราการไหลเมื่อการไหลเป็นแบบวิสระอาจจะดูได้จากตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ค่าของ K, K_1, n_1, n_2 และ S_t

ค่าสัมประสิทธิ์	ความยาว, เมตร							
	0.5	0.9	1.00	1.20	1.50	1.80	2.00	2.40
K	5.75	3.75	3.55	3.15	2.75	2.45	2.35	2.20
K_1	3.50	2.15	2.00	1.80	1.55	1.35	1.26	1.10
n_1	2.75	1.84	1.805	1.755	1.69	1.65	1.626	1.585
n_2	1.65	1.477	1.455	1.425	1.405	1.395	1.390	1.385
S_t %	61	65	66	68	71	74	76	78

ตัวอย่างที่ 2 จงคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำผ่านรางวัดน้ำแบบไม่มีคอขนาด 30 x 90 เซนติเมตร สมมติว่าเฮดที่ทางผายเข้าเท่ากับ 0.35 เมตร (Ha) และการไหลเป็นแบบอิสระ

วิธีทำ โจทย์กำหนด

$W = 30$ ซม. $= 0.30$ เมตร

$L = 90$ ซม. $= 0.90$ เมตร

$Ha = 0.35$ เมตร

สูตรหาอัตราการไหล $Q = CHa^{n_1}$ (4)

$C = KW^{1.025}$ (5)

ตรวจสอบค่า $\frac{Ha}{L} = \frac{0.35}{0.90} = 0.39$ น้อยกว่า 0.40

หาค่าของ K และ n_1 จากตารางที่ 4 เมื่อ $L = 0.90$ เมตร

จะได้ $n_1 = 1.84$ และ $K = 3.75$

แทนค่าลงในสมการที่ 5

$C = 3.75W^{1.025}$

$= 3.75\ (0.30)^{1.025} = 1.092$

แทนค่าลงในสมการที่ 4

$Q = 1.092\ Ha^{1.84}$

$= 1.092\ (0.35)^{1.84}$

$= 0.159$ ลบ. เมตร/วินาที

$= 159$ ลิตร/วินาที ตอบ

การไหลแบบใต้ผิวน้ำ (Submerged Flow) เมื่อระดับน้ำท้ายรางยกตัวสูงขึ้น อัตราการไหลจะลดลงเนื่องจากมีความต้านทานต่อการไหลมากขึ้น จนถึงระดับหนึ่ง การไหลผ่านรางจะเป็นการไหลแบบใต้ผิวน้ำ เราสามารถทำการตรวจสอบการไหลได้จากค่าอัตราส่วนของ Hb/Ha หรือ S ได้ดังนี้

ถ้า S หรือ Hb/Ha น้อยกว่า S_t แสดงว่าการไหลเป็นแบบอิสระ

ถ้า S หรือ Hb/Ha มากกว่า S_t แสดงว่าการไหลเป็นแบบใต้ผิวน้ำ

ถ้า S หรือ Hb/Ha เท่ากับ S_t แสดงว่าการไหลอยู่ในช่วงการเปลี่ยนจากแบบหนึ่งไปอีกแบบหนึ่ง

(S_t = เปอร์เซนต์ของการจม ซึ่งอ่านได้จากกราฟรูปที่ 12 หรือตารางที่ 4)

อัตราการไหลเมื่อการไหลเป็นแบบใต้ผิวน้ำสามารถคำนวณได้จากสูตร ต่อไปนี้

$$Q = \frac{C_1(Ha - Hb)^{n1}}{(-\log S)^{n_2}} \quad \text{เมื่อ} \quad S > S_t \quad \text{และ} \quad \frac{Ha}{L} \leqslant 0.4 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

$$G = K_1 W^{1.025} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

เมื่อ $S = \frac{Hb}{Ha}$ ที่ได้จากการวัด

ส่วนค่า K_1, n_1 และ n_2 เป็นค่าของสัมประสิทธิ์ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของความยาวของรางเพียงอย่างเดียว ค่าเหล่านี้หาได้จากกราฟรูปที่ 12 หรือจากตารางที่ 4

ตัวอย่างที่ 3 จงคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำผ่านรางวัดน้ำแบบไม่มีคอขนาด 0.30 x 1.5 เมตร สมมติว่าเฮดที่ทางผายเข้า Ha เท่ากับ 0.40 เมตร และเฮดที่ทางผายออก Hb เท่ากับ 0.30 เมตร พร้อมทั้งหาสูตรของการไหลแบบอิสระและการไหลแบบใต้ผิวน้ำด้วย

วิธีทำ โจทย์กำหนด

W	=	0.30	เมตร
L	=	1.50	"
Ha	=	0.40	"
Hb	=	0.30	"

จากตารางที่ 4 เมื่อ L = 1.50 เมตร จะได้ว่า

K = 2.75, K_1 = 1.55, n_1 = 1.69, n_2 = 1.405 และ S_t = 71%

จากสมการ (4) และสมการ (5)

สูตรหาอัตราการไหลแบบอิสระ $Q = CHa^{n_1}$ ..... (4)

$C = KW^{1.025}$ ..... (5)

แทนค่า K และ W ลงในสมการที่ (5)

$$C = 2.75\ (0.3)^{1.025}$$

$$= 0.801$$

แทนค่า C และ n_1 ลงในสมการที่ (4)

$$Q = 0.801\ Ha^{1.69}$$

สูตรสำหรับหาอัตราการไหลแบบใต้ผิวน้ำ

$$Q = \frac{C_1 (Ha - Hb)^{n_1}}{(-\log S)^{n_2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

$$C_1 = K_1 W 1.025 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

แทนค่า K_1 และ W ลงในสมการ (7)

$$C_1 = 1.55 (0.3)^{1.025}$$

$$= 0.451$$

แทนค่า C_1 n_1 และ n_2 ลงในสมการที่ (6)

$$Q = \frac{0.451 (Ha - Hb)^{1.69}}{(-\log S)^{1.405}} \quad \ldots\ldots\ldots (8)$$

ทำการตรวจสอบค่า S จากค่า Ha และ Hb ที่วัดได้

$$S = \frac{Hb}{Ha} = \frac{0.30}{0.04}$$

$$= 0.75$$

$$= 75\% \text{ มากกว่า } 71\%$$

S มีค่ามากกว่า S_t ฉะนั้นการไหลเป็นแบบใต้ผิวน้ำ

แทนค่า Ha, Hb และ S (ทศนิยม) ลงไปในสมการ (8)

$$Q = \frac{0.451 (0.40 - 0.30)^{1.69}}{(-\log 0.75)^{1.405}}$$

$$= \frac{0.451 (0.40 - 0.30)^{1.69}}{(0.125)^{1.405}}$$

$$= \frac{0.451 (0.40 - 0.30)^{1.69}}{0.054}$$

$$= 0.171 \text{ ลบ. เมตร/วินาที} \quad \underline{\text{ตอบ}}$$

ตารางที่ 5 อัตราการไหลของน้ำผ่านรางวัดน้ำแบบไม่มีคอขนาดต่าง ๆ เป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เมื่อการไหลเป็นแบบอิสระ

เฮดเมตร Ha	ขนาดของรางวัดน้ำ – ซม. × ซม.								
	10 x 90	20 x 90	30 x 90	20 x 180	40 x 180	60 x 180	30 x 270	60 x 270	100 x 270
.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.001
.010	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.002
.015	.000	.000	.000	.000	.001	.001	.001	.002	.003
.020	.000	.001	.001	.001	.002	.002	.001	.003	.005
.025	.000	.001	.001	.001	.002	.003	.002	.004	.007
.030	.001	.001	.002	.001	.003	.005	.003	.005	.009
.035	.001	.002	.002	.002	.004	.006	.003	.007	.011
.040	.001	.002	.003	.002	.005	.007	.004	.008	.014
.045	.001	.003	.004	.003	.006	.009	.005	.010	.017
.050	.001	.003	.004	.003	.007	.011	.006	.012	.020
.055	.002	.004	.005	.004	.008	.002	.007	.014	.023
.060	.002	.004	.006	.005	.009	.014	.008	.016	.026
.060	.002	.004	.006	.005	.009	.014	.008	.016	.026
.065	.002	.005	.007	.005	.011	.016	.009	.018	.030
.070	.003	.006	.008	.006	.012	.018	.010	.020	.034
.075	.003	.006	.009	.007	.014	.021	.011	.022	.038
.080	.003	.007	.011	.007	.015	.023	.012	.025	.042
.085	.004	.008	.012	.008	.017	.025	.013	.027	.046
.090	.004	.009	.013	.009	.018	.028	.015	.030	.050
.095	.005	.010	.014	.010	.020	.030	.016	.032	.054
.100	.005	.011	.016	.011	.022	.033	.014	.035	.059
.105	.006	.012	.017	.012	.024	.036	.018	.038	.063
.110	.006	.013	.019	.013	.026	.039	.020	.040	.068
.115	.007	.014	.021	.013	.027	.042	.021	.043	.073
.120	.007	.015	.022	.014	.029	.045	.023	.046	.078
.125	.008	.016	.024	.015	.032	.048	.024	.049	.083
.130	.008	.018	.026	.016	.034	.051	.026	.052	.089
.135	.009	.019	.028	.018	.036	.054	.027	.056	.094
.140	.010	.020	.030	.019	.038	.057	.029	.059	.099
.145	.010	.022	.031	.020	.040	.061	.031	.062	.105
.150	.011	.023	.034	.021	.043	.064	.032	.066	.111

ตารางที่ 5 (ต่อ)

เฮค Ha / เมตร	ขนาดของรางวัดน้ำ – ซม. × ซม.								
	10 x 90	20 x 90	30 x 90	20 x 180	40 x 180	60 x 180	30 x 270	60 x 270	100 x 270
.155	.012	.024	.036	.022	.045	.068	.034	.069	.117
.160	.012	.026	.038	.023	.047	.072	.036	.073	.122
.165	.013	.027	.040	.024	.050	.075	.037	.076	.129
.170	.014	.029	.042	.026	.052	.079	.039	.080	.135
.175	.014	.031	.045	.027	.055	.083	.041	.083	.141
.180	.015	.032	.047	.028	.058	.087	.043	.087	.147
.185	.016	.034	.049	.030	.060	.091	.045	.091	.154
.190	.017	.036	.052	.031	.063	.095	.047	.095	.160
.195	.018	.037	.054	.032	.066	.099	.049	.099	.167
.200	.018	.039	.057	.034	.068	.104	.051	.103	.174
.205	.019	.041	.060	.035	.071	.108	.052	.107	.180
.210	.020	.043	.062	.036	.074	.112	.055	.111	.187
.215	.021	.045	.065	.038	.077	.117	.057	.115	.194
.220	.022	.047	.068	.039	.080	.121	.059	.119	.201
.225	.023	.049	.071	.041	.083	.126	.061	.123	.209
.230	.024	.051	.074	.042	.086	.130	.063	.128	.216
.235	.025	.053	.077	.044	.089	.135	.065	.132	.223
.240	.026	.055	.080	.045	.092	.140	.067	.137	.231
.245	.027	.057	.083	.047	.096	.145	.069	.141	.238
.250	.028	.059	.086	.049	.099	.150	.072	.146	.246
.255	.029	.061	.089	.050	.102	.155	.074	.150	.254
.260	.030	.063	.092	.052	.106	.160	.076	.155	.261
.265	.031	.066	.096	.053	.109	.165	.078	.159	.269
.270	.032	.068	.099	.055	.112	.170	.081	.164	.277
.275	.033	.070	.102	.057	.116	.175	.083	.169	.285
.280	.034	.073	.106	.059	.119	.180	.085	.174	.293
.285	.035	.075	.109	.060	.123	.186	.088	.179	.302
.290	.037	.078	.113	.062	.126	.191	.090	.183	.310
.295	.038	.080	.116	.064	.130	.197	.093	.188	.318
.300	.039	.082	.120	.066	.134	.202	.095	.193	.327

ตารางที่ 5 (ต่อ)

เสค Ha / เมตร	ขนาดของรางวัดน้ำ - ซม. × ซม.								
	10 x 90	20 x 90	30 x 90	20 x 180	40 x 180	60 x 180	30 x 270	60 x 270	100 x 270
.305	.040	.085	.124	.067	.137	.208	.098	.199	.335
.310	.041	.088	.127	.069	.141	.213	.100	.204	.344
.315	.043	.090	.131	.071	.145	.219	.103	.209	.353
.320	.044	.093	.135	.073	.149	.225	.105	.214	.361
.325	.045	.096	.139	.075	.152	.231	.108	.219	.370
.330	.046	.098	.143	.077	.156	.237	.110	.224	.379
.335	.048	.101	.147	.079	.160	.243	.113	.230	.388
.340	.049	.104	.151	.081	.164	.249	.116	.235	.397
.345	.050	.107	.155	.083	.168	.255	.118	.241	.406
.350	.052	.110	.159	.085	.172	.261	.121	.246	.416
.355	.053	.112	.164	.087	.176	.267	.124	.252	.425
.360	.054	.115	.168	.089	.180	.273	.126	.257	.434
.365	.056	.118	.172	.091	.185	.279	.129	.263	.444
.370	.057	.121	.177	.093	.189	.286	.132	.268	.453
.375	.059	.124	.181	.095	.193	.292	.135	.274	.463
.380	.060	.127	.185	.097	.197	.299	.138	.280	.473
.385	.062	.131	.190	.099	.202	.305	.140	.286	.482
.390	.063	.134	.195	.101	.206	.312	.143	.291	.492
.395	.065	.137	.199	.103	.210	.318	.146	.297	.502
.400	.066	.140	.204	.105	.215	.325	.149	.303	.512
.405	.068	.143	.209	.108	.219	.332	.152	.309	.522
.410	.069	.147	.213	.110	.224	.339	.155	.315	.532
.415	.071	.150	.218	.112	.228	.345	.158	.321	.542
.420	.072	.153	.223	.114	.233	.352	.161	.327	.552
.425	.074	.157	.228	.116	.237	.359	.164	.333	.563
.430	.076	.160	.233	.119	.242	.366	.167	.339	.573
.435	.077	.163	.238	.121	.247	.373	.170	.346	.584
.440	.079	.167	.243	.123	.251	.380	.173	.352	.594
.445	.080	.170	.248	.126	.256	.388	.176	.358	.605
.450	.082	.174	.253	.128	.261	.395	.179	.364	.615

ตารางที่ 5 (ต่อ)

เฮค Ha / เมตร	ขนาดของรางวัดน้ำ – ซม. × ซม.							
	10 x 90	20 x 90	30 x 90	20 x 180	40 x 180	60 x 180	30 x 270	60 x 270	100 x 270
.455				.130	.266	.402	.182	.371	.626
.460				.133	.270	.409	.185	.377	.637
.465				.135	.275	.417	.189	.383	.648
.470				.138	.280	.424	.192	.390	.659
.475				.140	.285	.432	.195	.396	.669
.480				.142	.290	.439	.198	.403	.681
.485				.145	.295	.447	.201	.409	.692
.490				.147	.300	.454	.205	.416	.703
.495				.150	.305	.462	.208	.423	.714
.500				.152	.310	.470	.211	.429	.725
.505				.155	.315	.477	.214	.436	.737
.510				.157	.321	.485	.218	.443	.748
.515				.160	.326	.493	.221	.450	.760
.520				.162	.331	.501	.224	.457	.771
.525				.165	.336	.509	.228	.463	.783
.530				.168	.342	.517	.231	.470	.794
.535				.170	.347	.525	.235	.477	.806
.540				.173	.352	.533	.238	.484	.818
.545				.176	.358	.541	.242	.491	.830
.550				.178	.363	.550	.245	.498	.842
.555				.181	.369	.558	.249	.505	.854
.560				.184	.374	.566	.252	.513	.866
.565				.186	.380	.575	.256	.520	.878
.570				.189	.385	.583	.259	.527	.890
.575				.192	.391	.591	.263	.534	.902
.580				.195	.396	.600	.266	.541	.914
.585				.197	.402	.609	.270	.549	.927
.590				.200	.408	.617	.273	.556	.939
.595				.203	.414	.626	.277	.563	.952
.600				.206	.419	.635	.281	.571	.964

ตารางที่ 5 (ต่อ)

เฮค Ha / เมตร	ขนาดของรางวัดน้ำ – ซม. × ซม.								
	10 x 90	20 x 90	30 x 90	20 x 180	40 x 180	60 x 180	30 x 270	60 x 270	100 x 270
.605							.284	.578	.977
.610							.288	.586	.989
.615							.292	.593	1.002
.620							.295	.601	1.015
.625							.299	.608	1.028
.630							.303	.616	1.040
.635							.307	.624	1.053
.640							.310	.631	1.066
.645							.314	.639	1.079
.650							.318	.647	1.092
.655							.322	.655	1.106
.660							.326	.662	1.119
.665							.330	.670	1.132
.670							.333	.678	1.145
.675							.337	.686	1.159
.680							.345	.694	1.172
.685							.345	.702	1.186
.690							.349	.710	1.199
.695							.353	.718	1.213
.700							.357	.726	1.226
.705							.361	.734	1.240
.710							.365	.742	1.254
.715							.369	.750	1.268
.720							.373	.759	1.281
.725							.377	.767	1.295
.730							.381	.775	1.309
.735							.385	.784	1.323
.740							.389	.792	1.337
.745							.393	.800	1.352
.750							.398	.809	1.366

การติดตั้งรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ

1. รางวัดน้ำควรจะติดตั้งในส่วนของทางน้ำที่มีแนวตรง

2. จะต้องติดตั้งให้ศูนย์กลางตามแนวยาวของทางน้ำและของรางวัดน้ำทับกัน

3. รางวัดน้ำจะต้องติดตั้งให้ลิ่มรางได้ระดับตั้งตามแนวยาวและตามแนวขวาง และต้องมีการตรวจสอบให้อยู่ในลักษณะเช่นที่กล่าวนี้อยู่ตลอดไป

4. ไม่ควรติดตั้งใกล้ประตูน้ำเกินไปเพราะรางวัดน้ำจะได้รับการกระทบกระเทือนจากการปิดเปิดประตูน้ำ ทำให้ค่า Ha และ Hb ที่อ่านได้ไม่ตรงกับความเป็นจริง

5. ไม่ควรจะติดตั้งรางใกล้ทางด้านท้ายของท่อลอดหรือส่วนที่คลองมีการบีบตัว ควรต้องเว้นระยะห่างพอสมควร

6. ความสูงของน้ำที่เพิ่มขึ้นทางด้านเหนือน้ำของรางจะถูกจำกัดด้วยระดับของคันคลอง อาจจะต้องเพิ่มขนาดของรางวัดน้ำ หรือยอมให้การไหลแบบใต้ผิวน้ำเกิดขึ้นได้

7. ในกรณีต้องการความละเอียดถูกต้องมาก การวัด Ha และ Hb ควรจะวัดโดยใช้บ่อน้ำนิ่ง (Stilling Basin) ซึ่งติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่กำหนด และถ้าไม่ต้องการความละเอียดถูกต้องก็สามารถใช้แผ่นเทปหรือแผ่นสเกลที่ติดตั้งในแนวดิ่งได้

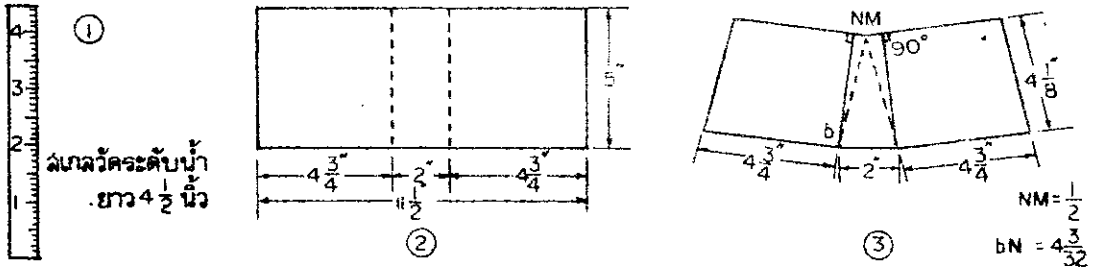
รางวัดน้ำแบบ WSC

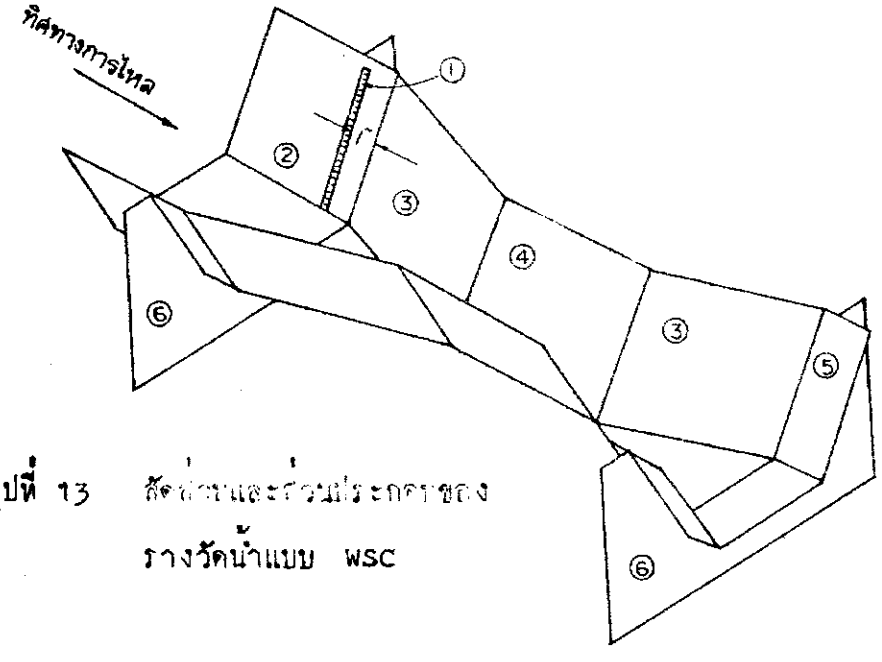
รางวัดน้ำแบบ WSC มีอยู่ด้วยกัน 3 ขนาด สามารถวัดได้ตั้งแต่ 0.06 ถึง 75 ลิตรต่อวินาที แต่ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นขนาดที่เล็กที่สุด วัดน้ำได้ตั้งแต่ 0.06 ถึง 1.6 ลิตรต่อวินาที

มีการสร้างขึ้นเป็นครั้งแรกที่วิทยาลัยรัฐอริโซนา ประกอบไปด้วยส่วนหลัก 4 ส่วน คือ ทางเข้า, ส่วนที่คับเข้า, ส่วนที่แคบสุด และส่วนที่ขยายออก พื้นรางจะต้องติดตั้งให้อยู่ในแนวระดับทั้งตามยาวและตามขวาง และจะต้องอยู่เสมอหรือสูงกว่าพื้นร่องน้ำเล็กน้อย ตำแหน่งการอ่านสเกลที่ทางเข้าเพียงตำแหน่งเดียว และเปลี่ยนเป็นอัตราการไหลโดยใช้ตารางที่ให้มา รูปที่ 13 แสดงขนาดของรางวัดน้ำแบบ WSC

รางวัดน้ำแบบ WSC มีข้อได้เปรียบอยู่หลายประการคือ สร้างง่าย, ราคาถูก, ติดตั้งง่าย และสูญเสียระดับน้ำน้อยมาก โดยปกติทำด้วยเหล็กแผ่นหนาประมาณ 1 – 2 มม. เชื่อมติดกันและทาสีเพื่อกันสนิม นอกจากนี้ยังสร้างด้วยไม้, คอนกรีต, ไฟเบอร์กลาสหรือวัสดุอื่น ๆ

เมื่อติดตั้งแล้วระดับน้ำท้ายน้ำจะต้องมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่า Dop ดังแสดงในรูปที่ 14 ถ้าระดับน้ำที่ไหลผ่านเท่ากันตลอดความยาวของราง จะต้องทำการติดตั้งรางใหม่โดยยกพื้นรางขึ้นเล็กน้อย จนกว่าจะได้ลักษณะการไหลดังแสดงในรูป 14





รูปที่ ๑๓ ลักษณะรางวัดน้ำของรางวัดน้ำแบบ WSC

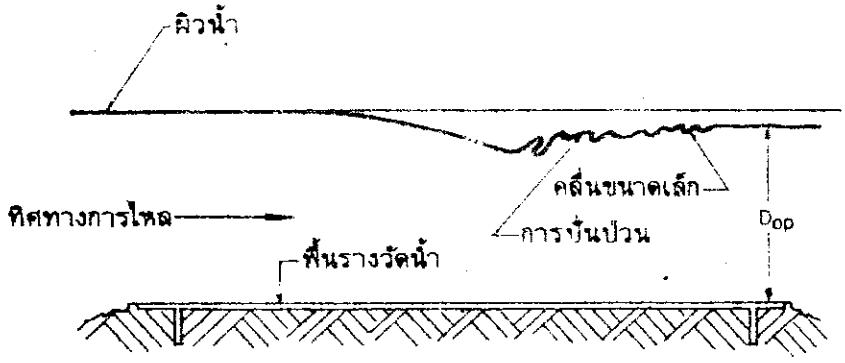
ตารางที่ 6 อัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำแบบ WSC ขนาดเล็ก

สเกลที่อ่านได้ นิ้ว	อัตราการไหล ลิตร/วินาที	สเกลที่อ่านได้ นิ้ว	อัตราการไหล ลิตร/วินาที
1.2	0.095	2.6	0.656
1.3	0.114	2.7	0.725
1.4	0.139	2.8	0.801
1.5	0.164	2.9	0.871
1.6	0.189	3.0	0.946
1.7	0.221	3.1	1.034
1.8	0.259	3.2	1.123
1.9	0.296	3.3	1.217
2.0	0.334	3.4	1.312
2.1	0.385	3.5	1.413
2.2	0.435	3.6	1.514
2.3	0.486	3.7	1.627
2.4	0.542		
2.5	0.600		

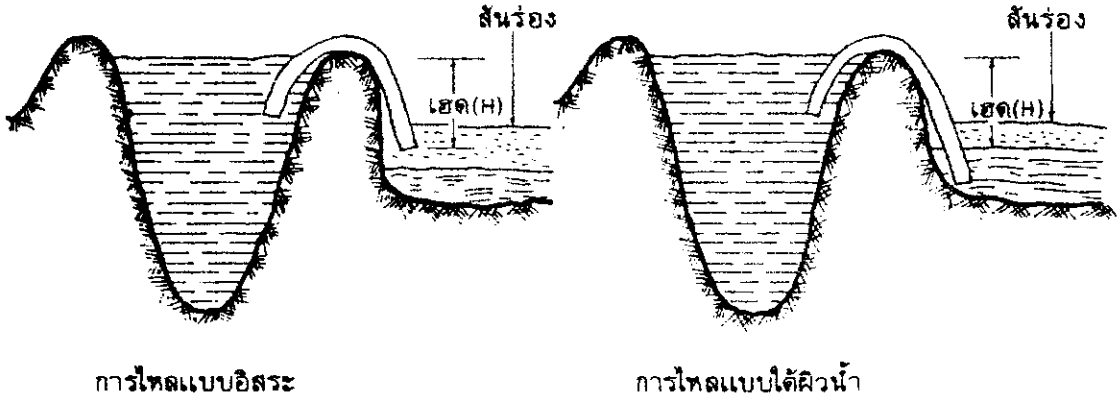
<u>ท่อกาลักน้ำ</u> (Siphon Tubes)

ท่อกาลักน้ำใช้ในการดูดน้ำจากคูหัวแปลงและกระจายน้ำสู่แปลงเพาะปลูกโดยผ่านทางระบบให้น้ำแบบร่องคู (Furrow) หรือแบบท่วมเป็นผืน และยังใช้เป็นเครื่องมือวัดน้ำได้อีกด้วย

ท่อกาลักน้ำอาจจะทำด้วยอลูมิเนียม, พลาสติกหรือยาง โดยปกติขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางที่ใช้กันมีตั้งแต่ 1 นิ้ว ถึง 6 นิ้ว ท่อขนาดเล็กใช้กับระบบให้น้ำแบบร่องคู และท่อขนาดใหญ่ใช้กับระบบให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border) เครื่องมือประเภทนี้มีน้ำหนักเบา ราคาถูก เคลื่อนย้ายได้สะดวก และสามารถควบคุมการไหลเข้าแปลงเพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการใช้ท่อทำการแบ่งน้ำจากคูหัวแปลงเข้าสู่ทางน้ำแต่ละสายตามขนาดที่ต้องการได้



รูปที่ ๑๔ ลักษณะการไหลของน้ำผ่านรางวัดน้ำแบบ WSC



รูปที่ ๑๕ ลักษณะการไหลผ่านท่อกาลักน้ำ

ข้อเสียเปรียบของท่อกาลักน้ำคือ ต้องทำการล่อน้ำตอนเริ่มต้น สำหรับการชลประทานบนผิวดิน การล่อน้ำต้องการแรงงานสูง

ปริมาณน้ำผ่านท่อขึ้นอยู่กับ

1) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

2) ความยาวของท่อ

3) ความขรุขระของผิวท่อภายใน

4) เฮดของน้ำที่ท่อชะที่กำลังใช้งาน

ในกรณีที่ปลายน้ำไหลออกของท่ออยู่ใต้ผิวน้ำ (Submergence) ในรูปที่ 15 เฮด คือ ความแตกต่างของระดับน้ำที่ปลายน้ำไหลเข้าและปลายน้ำไหลออกของท่อ เมื่อปลายน้ำไหลออกของท่ออยู่เหนือผิวน้ำหรือน้ำมีการไหลออกจากท่อได้อย่างอิสระ (Free Flow) เฮดคือ ความแตกต่างของระดับระหว่างผิวน้ำที่ปลายน้ำไหลเข้ากับจุดปลายน้ำไหลออก

อัตราการไหลผ่านท่อกาลักน้ำ สามารถคำนวณได้จากสูตร ต่อไปนี้

$$Q = CA\sqrt{2gH} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลผ่านท่อกาลักน้ำเป็น ลบ.ซม./วินาที

C = สัมประสิทธิ์ของอัตราการไหลผ่านท่อ (Discharge coefficient) ไม่มีหน่วย

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อเป็นตารางเซนติเมตร

g = แรงโน้มถ่วงของโลกมีค่า 981 เซนติเมตร/วินาที^{2}

H = ค่าของเฮดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

สำหรับค่าของ C สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$C = Co\sqrt{\frac{d^{4/3}}{578n^2Co^2L + d^{4/3}}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

เมื่อ Co = สัมประสิทธิ์ของปลายท่อที่น้ำไหลเข้า, ไม่มีหน่วย ($\simeq 0.83$)

d = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อเป็นเซนติเมตร

n = สัมประสิทธิ์ของความขรุขระของผิวท่อภายใน

L = ความยาวของท่อเป็นเซนติเมตร

สำหรับท่อกาลักน้ำที่ทำด้วยอลูมิเนียม ถ้าท่อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับหรือน้อยกว่า 3 นิ้ว ค่า n = 0.008 และถ้าท่อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับหรือมากกว่า 4 นิ้ว ค่า n = 0.012 ส่วนท่อกาลักน้ำที่ทำด้วยพลาสติก ใช้ค่า n = 0.010

ตัวอย่างที่ 4 จงหาอัตราการไหลของน้ำผ่านท่อกาลักน้ำที่ทำด้วยอลูมิเนียม ขนาด 3 นิ้ว ยาว 228.6 เซนติเมตร โดยมีเสตของน้ำเท่ากับ 15.24 เซนติเมตร

วิธีทำ Co = 0.83

เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (d) ของท่ออลูมิเนียมขนาด $3''$ = $2.9''$

= 2.9 x 2.54 = 7.37 เซนติเมตร

n = 0.008

L = 228.6 เซนติเมตร

H = 15.24 เซนติเมตร

จากสมการที่ 10

$$C = Co \sqrt{\frac{d^{4/3}}{578\, n^2 Co^2 L + d^{4/3}}}$$

$$= 0.83 \sqrt{\frac{(7.37)^{4/3}}{578\,(0.008)^2(0.83)^2(228.6) + (7.37)^{4/3}}}$$

$$= 0.83 \sqrt{\frac{14.34}{5.626 + 14.34}}$$

$$= 0.70$$

จากสมการที่ 9

$$Q = CA\sqrt{2gH}$$

$$= 0.70 \times \frac{\pi}{4} \times 7.37^2 \sqrt{2 \times 981 \times 15.24}$$

$$= 29.86 \sqrt{29900.88}$$

= 5163.75 ลบ.ซม./วินาที

= 5.16 ลิตร/วินาที ตอบ

อัตราการไหลแบบอิสระของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ เป็นลิตรต่อวินาที

Ha cm.	W cm.X L cm.				
	10X90	15X90	20X90	25X90	30X90
2.0	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8
2.5	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
3.0	0.6	0.9	1.1	1.4	1.7
3.5	0.7	1.1	1.5	1.9	2.3
4.0	1.0	1.4	1.9	2.4	2.9
4.5	1.2	1.8	2.4	3.0	3.7
5.0	1.4	2.2	2.9	3.7	4.4
5.5	1.7	2.6	3.5	4.4	5.3
6.0	2.0	3.1	4.1	5.1	6.2
6.5	2.3	3.5	4.7	6.0	7.2
7.0	2.7	4.1	5.4	6.8	8.2
7.5	3.0	4.6	6.2	7.8	9.4
8.0	3.4	5.2	7.0	8.7	10.5
8.5	3.8	5.8	7.8	9.8	11.8
9.0	4.2	6.4	8.6	10.9	13.1
9.5	4.7	7.1	9.5	12.0	14.5
10.0	5.2	7.8	10.5	13.2	15.9
10.5	5.6	8.5	11.5	14.4	17.4
11.0	6.1	9.3	12.5	15.7	18.9
11.5	6.7	10.1	13.6	17.0	20.5
12.0	7.2	10.9	14.7	18.4	22.2
12.5	7.8	11.8	15.8	19.9	24.0
13.0	8.4	12.7	17.0	21.4	25.7
13.5	9.0	13.6	18.2	22.9	27.6
14.0	9.6	14.5	19.5	24.5	29.5
14.5	10.2	15.5	20.8	26.1	31.5
15.0	10.9	16.5	22.1	27.8	33.5
15.5	11.5	17.5	23.5	29.5	35.6
16.0	12.2	18.5	24.9	31.3	37.7
16.5	12.9	19.6	26.3	33.1	39.9
17.0	13.7	20.7	27.8	35.0	42.2
17.5	14.4	21.9	29.4	36.9	44.5
18.0	15.2	23.0	30.9	38.9	46.9
18.5	16.0	24.2	32.5	40.9	49.3
19.0	16.8	25.4	34.2	42.9	51.8
19.5	17.6	26.7	35.8	45.0	54.3
20.0	18.4	28.0	37.5	47.2	56.9
20.5	19.3	29.3	39.3	49.4	59.5
21.0	20.2	30.6	41.1	51.6	62.2
21.5	21.1	31.9	42.9	53.9	65.0
22.0	22.0	33.3	44.7	56.2	67.8
22.5	22.9	34.7	46.6	58.6	70.6
23.0	23.9	36.1	48.5	61.0	73.6
23.5	24.8	37.6	50.5	63.5	76.5
24.0	25.8	39.1	52.5	66.0	79.6
24.5	26.8	40.6	54.5	68.5	82.6
25.0	27.8	42.1	56.6	71.1	85.8
25.5	28.8	43.7	58.7	73.8	88.9
26.0	29.9	45.3	60.8	76.5	92.2

อัตราการไหลแบบอิสระของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ เป็นลิตรต่อวินาที

Ha cm.	W cm.x L cm. 10x90	15x90	20x90	25x90	30x90
26.5	31.0	46.9	63.0	79.2	95.5
27.0	32.0	48.6	65.2	82.0	98.8
27.5	33.1	50.2	67.4	84.8	102.2
28.0	34.3	51.9	69.7	87.6	105.6
28.5	35.4	53.6	72.0	90.5	109.1
29.0	36.5	55.4	74.4	93.5	112.7
29.5	37.7	57.1	76.7	96.5	116.3
30.0	38.9	58.9	79.2	99.5	119.9
30.5	40.1	60.8	81.6	102.6	123.6
31.0	41.3	62.6	84.1	105.7	127.4
31.5	42.6	64.5	86.6	108.8	131.2
32.0	43.8	66.4	89.1	112.0	135.1
32.5	45.1	68.3	91.7	115.3	139.0
33.0	46.4	70.2	94.3	118.6	142.9
33.5	47.7	72.2	97.0	121.9	146.9
34.0	49.0	74.2	99.7	125.3	151.0
34.5	50.3	76.2	102.4	128.7	155.1
35.0	51.7	78.3	105.1	132.1	159.3
35.5	53.0	80.3	107.9	135.6	163.5
36.0	54.4	82.4	110.7	139.2	167.8
36.5	55.8	84.6	113.6	142.7	172.1
37.0	57.2	86.7	116.4	146.4	176.4
37.5	58.6	88.9	119.3	150.0	180.8
38.0	60.1	91.1	122.3	153.7	185.3
38.5	61.6	93.3	125.3	157.5	189.8
39.0	63.0	95.5	128.3	161.2	194.4
39.5	64.5	97.8	131.3	165.1	199.0
40.0	66.0	100.1	134.4	168.9	203.6

อัตราการไหลแบบใต้ผิวน้ำของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ ขนาด 10 x 90 ซม., ลิตรต่อวินาที

Ha cm.	Ha-Hb in centimeters											
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
2.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
2.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
3.0	0.6	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
3.5	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
4.0	0.9	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
4.5	1.1	1.2	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
5.0	1.3	1.4	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
5.5	1.6	1.7	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
6.0	1.8	1.9	2.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....
6.5	2.1	2.2	2.3	....	....	....	....	....	....	....	....	....
7.0	2.3	2.5	2.6	....	....	....	....	....	....	....	....	....
7.5	2.6	2.8	2.9	3.0	....	....	....	....	....	....	....	....
8.0	2.9	3.1	3.3	3.4	....	....	....	....	....	....	....	....
8.5	3.2	3.5	3.7	3.7	....	....	....	....	....	....	....	....
9.0	3.4	3.8	4.0	4.1	4.2	....	....	....	....	....	....	....
9.5	3.8	4.2	4.4	4.5	4.6	....	....	....	....	....	....	....
10.0	4.1	4.5	4.8	5.0	5.0	5.1	....	....	....	....	....	....
10.5	4.4	4.9	5.2	5.4	5.5	5.5	....	....	....	....	....	....
11.0	4.7	5.3	5.6	5.8	6.0	6.0	....	....	....	....	....	....
11.5	5.1	5.6	6.0	6.3	6.5	6.5	6.6	....	....	....	....	....
12.0	5.4	6.0	6.5	6.8	6.9	7.0	7.1	....	....	....	....	....
12.5	5.7	6.4	6.9	7.2	7.4	7.6	7.6	....	....	....	....	....
13.0	6.1	6.9	7.4	7.7	8.0	8.1	8.2	8.2	....	....	....	....
13.5	6.5	7.3	7.8	8.2	8.5	8.7	8.8	8.8	....	....	....	....
14.0	6.8	7.7	8.3	8.7	9.0	9.2	9.3	9.4	....	....	....	....
14.5	7.2	8.1	8.8	9.2	9.6	9.8	9.9	10.0	10.0	....	....	....
15.0	7.6	8.6	9.3	9.7	10.1	10.4	10.5	10.6	10.7	....	....	....
15.5	8.0	9.0	9.7	10.3	10.7	11.0	11.2	11.3	11.3	....	....	....
16.0	8.4	9.5	10.3	10.9	11.2	11.6	11.8	11.9	12.0	12.0	....	....
16.5	8.8	9.9	10.8	11.4	11.8	12.2	12.4	12.6	12.7	12.7	....	....
17.0	9.2	10.4	11.3	11.9	12.4	12.8	13.1	13.3	13.4	13.5	....	....
17.5	9.6	10.9	11.8	12.5	13.0	13.4	13.7	13.9	14.1	14.2	14.2	....
18.0	10.1	11.4	12.3	13.1	13.6	14.1	14.4	14.6	14.8	14.9	15.0	....
18.5	10.5	11.9	12.9	13.7	14.3	14.7	15.1	15.3	15.5	15.7	15.7	....
19.0	10.9	12.4	13.4	14.2	14.9	15.4	15.8	16.1	16.3	16.4	16.5	16.5
19.5	11.4	12.9	14.0	14.8	15.5	16.0	16.5	16.8	17.0	17.2	17.3	17.3
20.0	11.8	13.4	14.6	15.5	16.2	16.7	17.2	17.5	17.8	18.0	18.1	18.1
20.5	12.2	13.9	15.1	16.1	16.8	17.4	17.9	18.3	18.5	18.7	18.9	19.0
21.0	12.7	14.4	15.7	16.7	17.5	18.1	18.6	19.0	19.3	19.5	19.7	19.8
21.5	13.2	15.0	16.3	17.3	18.1	18.8	19.3	19.8	20.1	20.4	20.5	20.7
22.0	13.6	15.5	16.9	18.0	18.8	19.5	20.1	20.5	20.9	21.2	21.4	21.5
22.5	14.1	16.0	17.5	18.6	19.5	20.2	20.8	21.3	21.7	22.0	22.2	22.4
23.0	14.6	16.6	18.1	19.3	20.2	21.0	21.6	22.1	22.5	22.8	23.1	23.3
23.5	15.1	17.1	18.7	19.9	20.9	21.7	22.4	22.9	23.3	23.7	24.0	24.2
24.0	15.6	17.7	19.3	20.6	21.6	22.5	23.1	23.7	24.2	24.6	24.8	25.1
24.5	16.0	18.3	19.9	21.3	22.3	23.2	23.9	24.5	25.0	25.4	25.7	26.0
25.0	16.5	18.8	20.6	21.9	23.1	24.0	24.7	25.4	25.9	26.3	26.6	26.9
25.5	17.0	19.4	21.2	22.6	23.8	24.7	25.5	26.2	26.7	27.2	27.6	27.8

อัตราการไหลแบบใต้ผิวน้ำของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ ขนาด 10 × 90 ซม., ลิตร ต่อวินาที

Ha cm.	Ha-Hb in centimeters											
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
26.0	17.6	20.0	21.9	23.3	24.5	25.5	26.3	27.0	27.6	28.1	28.5	28.8
26.5	18.1	20.6	22.5	24.0	25.3	26.3	27.2	27.9	28.5	29.0	29.4	29.7
27.0	18.6	21.2	23.2	24.7	26.0	27.1	28.0	28.7	29.4	29.9	30.4	30.7
27.5	19.1	21.8	23.8	25.5	26.8	27.9	28.8	29.6	30.3	30.8	31.3	31.7
28.0	19.6	22.4	24.5	26.2	27.6	28.7	29.7	30.5	31.2	31.8	32.3	32.7
28.5	20.2	23.0	25.2	26.9	28.3	29.5	30.5	31.4	32.1	32.7	33.2	33.7
29.0	20.7	23.6	25.9	27.6	29.1	30.3	31.4	32.3	33.0	33.7	34.2	34.7
29.5	21.2	24.3	26.5	28.4	29.9	31.2	32.3	33.2	34.0	34.6	35.2	35.7
30.0	21.8	24.9	27.2	29.1	30.7	32.0	33.1	34.1	34.9	35.6	36.2	36.7
30.5	22.3	25.5	27.9	29.9	31.5	32.9	34.0	35.0	35.8	36.6	37.2	37.7
31.0	22.9	26.1	28.6	30.6	32.3	33.7	34.9	35.9	36.8	37.6	38.2	38.8
31.5	23.4	26.8	29.4	31.4	33.1	34.6	35.8	36.9	37.8	38.6	39.2	39.8
32.0	24.0	27.4	30.1	32.2	33.9	35.4	36.7	37.8	38.7	39.6	40.3	40.9
32.5	24.6	28.1	30.8	33.0	34.8	36.3	37.6	38.7	39.7	40.6	41.3	41.9
33.0	25.1	28.7	31.5	33.7	35.6	37.2	38.5	39.7	40.7	41.6	42.3	43.0
33.5	25.7	29.4	32.2	34.5	36.4	38.1	39.5	40.7	41.7	42.6	43.4	44.1
34.0	26.3	30.1	33.0	35.3	37.3	39.0	40.4	41.6	42.7	43.6	44.5	45.2
34.5	26.9	30.8	33.7	36.1	38.1	39.9	41.3	42.6	43.7	44.7	45.5	46.3
35.0	27.5	31.4	34.5	36.9	39.0	40.8	42.3	43.6	44.7	45.7	46.6	47.4
35.5	28.0	32.1	35.2	37.8	39.9	41.7	43.2	44.6	45.8	46.8	47.7	48.5
36.0	28.6	32.8	36.0	38.6	40.7	42.6	44.2	45.6	46.8	47.9	48.8	49.6

อัตราการไหลแบบใต้ผิวน้ำของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ ขนาด 10 x 90 ซม., ลิตร ต่อวินาที

Ha cm.	Ha-Hb in centimeters											
	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5
2.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
2.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
3.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
3.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
4.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
4.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
5.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
5.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
6.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
6.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
7.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
7.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
8.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
8.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
9.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
9.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
10.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
10.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
11.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
11.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
12.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
12.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
13.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
13.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
14.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
14.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
15.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
15.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
16.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
16.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
17.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
17.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
18.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
18.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
19.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
19.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
20.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
20.5	19.0	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
21.0	19.9	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
21.5	20.7	20.7	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
22.0	21.6	21.6	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
22.5	22.5	22.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
23.0	23.4	23.5	23.5	....	....	....	....	....	....	....	....	....
23.5	24.3	24.4	24.4	....	....	....	....	....	....	....	....	....
24.0	25.2	25.3	25.4	....	....	....	....	....	....	....	....	....
24.5	26.2	26.3	26.4	26.4	....	....	....	....	....	....	....	....
25.0	27.1	27.3	27.3	27.4	....	....	....	....	....	....	....	....
25.5	28.1	28.2	28.3	28.4	....	....	....	....	....	....	....	....

อัตราการไหลแบบใต้ผิวน้ำของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ ขนาด 10 x 90 ซม., ลิตรต่อวินาที

Ha cm.	Ha-Hb in centimeters											
	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5
26.0	29.0	29.2	29.3	29.4	29.4	....	....	....	....	....	....	....
26.5	30.0	30.2	30.4	30.4	30.5	....	....	....	....	....	....	....
27.0	31.0	31.2	31.4	31.5	31.5	....	....	....	....	....	....	....
27.5	32.0	32.2	32.4	32.5	32.6	32.6	....	....	....	....	....	....
28.0	33.0	33.3	33.5	33.6	33.7	33.7	....	....	....	....	....	....
28.5	34.0	34.3	34.5	34.7	34.8	34.8	....	....	....	....	....	....
29.0	35.0	35.3	35.6	35.8	35.9	36.0	36.0	....	....	....	....	....
29.5	36.1	36.4	36.7	36.9	37.0	37.1	37.1	....	....	....	....	....
30.0	37.1	37.5	37.7	38.0	38.1	38.2	38.3	....	....	....	....	....
30.5	38.2	38.5	38.8	39.1	39.3	39.4	39.4	39.5	....	....	....	....
31.0	39.2	39.6	39.9	40.2	40.4	40.5	40.6	40.7	....	....	....	....
31.5	40.3	40.7	41.1	41.3	41.6	41.7	41.8	41.9	41.9	....	....	....
32.0	41.4	41.8	42.2	42.5	42.7	42.9	43.0	43.1	43.1	....	....	....
32.5	42.5	42.9	43.3	43.6	43.9	44.1	44.2	44.3	44.4	....	....	....
33.0	43.6	44.1	44.5	44.8	45.1	45.3	45.5	45.6	45.6	45.6	....	....
33.5	44.7	45.2	45.6	46.0	46.3	46.5	46.7	46.8	46.9	46.9	....	....
34.0	45.8	46.3	46.8	47.2	47.5	47.7	47.9	48.1	48.2	48.2	....	....
34.5	46.9	47.5	48.0	48.4	48.7	49.0	49.2	49.3	49.4	49.5	49.5	....
35.0	48.1	48.6	49.1	49.6	49.9	50.2	50.4	50.6	50.7	50.8	50.8	....
35.5	49.2	49.8	50.3	50.8	51.2	51.5	51.7	51.9	52.1	52.1	52.2	....
36.0	50.4	51.0	51.5	52.0	52.4	52.7	53.0	53.2	53.4	53.5	53.5	....

การปรับระดับพื้นที่เพื่อการชลประทาน

ผศ. มนตรี ค้ำชู

ในการวางแผนการให้น้ำทางผิวดิน งานที่ควรทำเป็นอันดับแรกก็คือ การเตรียมพื้นที่ดิน เพื่อให้การแผ่กระจายของน้ำเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และสามารถระบายน้ำที่เหลืออยู่บนผิวดินได้ดี การให้น้ำบนพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ เป็นแอ่ง หรือพื้นที่ที่ขรุขระ จะทำให้ประสิทธิภาพในการให้น้ำต่ำ ต้องการแรงงานมาก และผลผลิตก็จะต่ำด้วย การปล่อยให้น้ำไหลไปตามบริเวณที่ต่ำด้วยความลึกมาก ๆ เพื่อให้น้ำแก่จุดที่สูงนั้น มักจะเป็นการทำให้การแผ่กระจายของน้ำและการเจริญเติบโตของพืชไม่ดี ซึ่งส่งผลไปถึงผลผลิตที่ไม่สม่ำเสมอและมีคุณภาพต่ำ นอกจากนั้นการปล่อยให้น้ำไหลไปบนผิวดินที่มีความลาดเทไม่สม่ำเสมอจะทำให้เกิดการกัดเซาะหรือพังทะลายของหน้าดิน ในช่วงที่ความลาดเทค่อนข้างชันและจะมีการตกตะกอนในช่วงที่ความลาดเทค่อนข้างราบ น้ำฝนหรือน้ำชลประทานที่ขังอยู่ในบริเวณที่ต่ำ ๆ ของพื้นที่จะเป็นอุปสรรคต่อการใช้เครื่องจักรเครื่องมือในการไถพรวนและทำให้โครงสร้างของดินเลวลง

ดังนั้นในการให้น้ำหรือการชลประทานทางผิวดินจึงต้องมีการเตรียมพื้นที่ด้วยการย้ายดินจากจุดที่สูงไปยังจุดที่ต่ำเพื่อให้ผิวดินมีระดับค่อนข้างราบสม่ำเสมอ อาจต้องมีการขนย้ายดินเป็นจำนวนมาก ในระยะทางหลายสิบเมตร หรือหลายร้อยเมตร เพื่อให้ได้ระดับของพื้นที่ตามต้องการในแปลงหนึ่ง ๆ ซึ่งการกระทำอย่างนี้เรียกว่าการปรับระดับพื้นที่ (Land leveling หรือ Land grading) ซึ่งจะต้องทำให้เหมาะสมกับวิธีการให้น้ำด้วย เช่น การให้น้ำแบบการปล่อยให้น้ำท่วมโดยไม่ควบคุม (Wild flooding) การให้น้ำแบบร่องตื้นเล็ก (Conrugation) และการให้น้ำขังเป็นอ่าง (Basin) อาจจะทำการเตรียมพื้นที่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่วิธีการให้น้ำอย่างอื่น เช่น การให้น้ำแบบร่องตื้น (Furrow) และการให้น้ำไหลท่วมเป็นผืน (Border) จะต้องมีการเตรียมพื้นที่ดินอย่างดี

อย่างไรก็ตาม ก่อนที่จะตกลงใจทำการปรับระดับพื้นที่จะต้องพิจารณาดูเสียก่อนว่าพื้นที่นั้นเหมาะสมกับการชลประทานทางผิวดินหรือไม่ และถ้าเหมาะจะเลือกวิธีการให้น้ำทางผิวดินแบบใด

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

1. ความเหมาะสมของพื้นที่ต่อการให้น้ำทางผิวดิน

โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว พื้นที่เพื่อการเกษตรส่วนใหญ่จะเหมาะสมแก่การให้น้ำทางผิวดิน ยกเว้นพื้นที่ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

1.1 ดินมีอัตราการซึมมากเกินไป ดินบางชนิด เช่นดินทราย หรือดินที่มีอินทรีย์วัตถุมากมักจะมีอัตราการซึมมากเกินไป โดยปกติแล้วดินจะมีอัตราการซึมสูงเมื่อเริ่มต้นให้น้ำ แต่เมื่อให้น้ำต่อไปค่านี้จะลดลงจนกระทั่งถึงค่าหนึ่งแล้วจะไม่ลดลงอีก อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินที่มีค่าคงที่นี้เรียกว่า "Infiltration Capacity" ถ้า Infiltration Capacity ของดินมากกว่า 3 นิ้วต่อชั่วโมงแล้ว การให้น้ำทางผิวดินจะไม่ได้ผลเนื่องจากจะมีการสูญเสียน้ำโดยการซึมเลยเขตราก (Deep Percolation) มาก ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการระบายน้ำ และเรื่องดินเค็มขึ้นได้ในภายหลัง

1.2 พื้นที่ที่มีหน้าดินตื้น ในกรณีที่ชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นตื้นมาก ความลึกของดินที่ขุดออกเพื่อปรับระดับพื้นที่ให้เรียบและมีความลาดสม่ำเสมอกันอาจจะมากกว่าในกรณีดังกล่าวนี้จะเป็นผลให้ต้องปลูกพืชในดินที่ไม่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำลง หรืออาจจะต้องใช้ปุ๋ยมากขึ้น

1.3 พื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ ในพื้นที่ที่ไม่ค่อยเรียบอยู่ก่อนแล้วจะพบว่าค่าลงทุนในการปรับระดับพื้นที่จะสูงมาก โดยเฉพาะพื้นที่ที่จะต้องมีการขนย้ายดินมากกว่า 300 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่แล้ว นับว่าค่าลงทุนในการปรับระดับพื้นที่จะสูงมากเกินไป นอกจากนี้การย้ายดินชั้นบนออกมากเกินไปจะทำให้ดินเค็ม ดินแน่นทึบ ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หรือดินชั้นกรวดขึ้นมาแทนที่ ซึ่งไม่เหมาะสำหรับการเพาะปลูก

1.4 ความลาดเทของพื้นที่สูงมาก การให้น้ำบนผิวดินที่มีความลาดเทชันมากอาจจะทำให้เกิดการกัดเซาะ (Erosion) อย่างรุนแรงขึ้นได้ นอกจากนั้นถ้าจะให้น้ำแก่พืชอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงกันแล้วจะต้องสูญเสียน้ำเนื่องจากไหลเลยพื้นที่ออกไป (Runoff) มาก การให้น้ำทางผิวดินด้วยวิธีต่าง ๆ จะได้ผลดีก็ต่อเมื่อความลาดเทของพื้นที่อยู่ในขีดจำกัดที่กำหนดไว้ ดังนั้นถ้าความลาดเทของพื้นที่มากเกินกว่าที่จะให้น้ำทางผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ก็ควรจะเลือกการชลประทานแบบอื่นซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่า หรือแบบที่ไม่ต้องการปรับระดับพื้นที่จะเหมาะกว่า

1.5 <u>พื้นที่ไม่มีทางระบายน้ำ</u> ปัญหาเรื่องการระบายน้ำนั้นเป็นปัญหาใหญ่ ถ้าหากไม่มีการป้องกันไว้ก่อนแล้วเมื่อเกิดปัญหาขึ้นมาจะต้องใช้ทั้งเงินทุนและเวลามากกว่าจะปรับปรุงพื้นที่นั้นให้ดีเหมือนเดิมได้ ถ้าหากพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในทุ่งราบกว้างใหญ่ ดินโปร่งและมีระดับน้ำใต้ดินสูง การให้น้ำแก่พืชที่ปลูกในพื้นที่ลักษณะดังกล่าวจะต้องทำด้วยความระมัดระวัง กล่าวคือ จะต้องให้น้ำครั้งละน้อย ๆ เพื่อป้องกันมิให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยการซึมลึกเลยเขตราก (Deep Percolation) ซึ่งจะทำให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นในบางครั้งการป้องกันการสูญเสียน้ำดังกล่าวทำได้ยากมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อให้น้ำทางผิวดิน ดังนั้นการปรับระดับพื้นที่ที่มีลักษณะดังกล่าวจึงอาจไม่คุ้มค่า เนื่องจากว่าอายุการใช้งานของพื้นที่อาจจะสั้นมากเมื่อให้น้ำทางผิวดิน

1.6 <u>ผิวดินไม่มั่นคงแข็งแรง</u> ในดินบางชนิดเมื่อให้น้ำท่วมผิวดินแล้วจะเกิดเป็นโพรงขึ้นใต้ผิวดิน ซึ่งจะทำให้มีการสูญเสียน้ำมาก และที่ร้ายแรงคือ ถ้าโพรงดังกล่าวเป็นทางหัดพาน้ำและดินไปสู่ที่อื่นแล้วก็จะทำให้เกิดการเสียน้ำและดินเป็นจำนวนมาก ในบางครั้งผิวดินจะทรุดเป็นหลุมใหญ่ หรืออาจเกิดดินถล่ม (Land Slide) ขึ้นได้ ดังนั้นถ้าดินมีลักษณะดังกล่าวจึงควรจะใช้การชลประทานแบบอื่น เช่นการชลประทานแบบฉีดฝอยซึ่งจะไม่เกิดปัญหาเรื่องความแข็งแรงของดิน และนอกจากนั้นยังไม่ต้องการการปรับระดับพื้นที่อีกด้วย

2. <u>ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกฎเกณฑ์ของการปรับระดับพื้นที่</u>

ปัจจัยหลายประการที่จะต้องนำมาพิจารณาเป็นข้อมูลเบื้องต้นก่อนทำการออกแบบการปรับระดับพื้นที่คือ

2.1 <u>ดิน</u> (Soils) การปรับระดับพื้นที่ไม่ควรกระทำถ้าไม่ทราบรูปลักษณะด้านข้างของดิน (Soil Profile) และความลึกสูงสุดที่ยอมให้ตัดดิน (Cut) ได้โดยไม่มีผลกระทบกระเทือนอย่างร้ายแรงต่อผลผลิต ตัวอย่างเช่น ในชั้นดินตื้น (Shallow Soils) จะยินยอมให้ตัดดินได้ที่ความลึกจำกัด ข้อจำกัดนี้จะทำให้เกิดความยุ่งยากแก่ผู้ออกแบบเพิ่มขึ้นอีก ถ้าสภาพภูมิประเทศเป็นคลื่น หรือมีความลาดชัน

2.2 <u>ภูมิอากาศ</u> (Climates) ภูมิอากาศในพื้นที่บางแห่งอาจจำกัดความลาดชันในการออกแบบเพื่อปรับพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการกัดเซาะเนื่องจากฝนหรือเพื่อทำให้การระบายน้ำได้สะดวกขึ้น

2.3 พืช (Crops) พืชที่จะปลูกควรทราบก่อนที่จะทำการออกแบบปรับพื้นที่ ทั้งนี้เพราะว่าพืชจะมีผลโดยตรงต่อการเลือกวิธีการให้น้ำที่เหมาะสม นอกจากนั้นการทราบชนิดของพืชที่จะปลูกยังช่วยให้เกิดความคิดว่าควรจะปรับพื้นที่อย่างไร

2.4 วิธีการให้น้ำ (Irrigation methods) วิธีการให้น้ำแต่ละชนิดย่อมมีข้อจำกัดหรือกฎเกณฑ์โดยเฉพาะ ดังนั้นเมื่อวิธีการให้น้ำหลาย ๆ วิธีถูกนำมาใช้ในพื้นที่เดียวกัน จึงจำเป็นจะต้องออกแบบให้อยู่ในกฎเกณฑ์ของแต่ละชนิดด้วย วิธีการให้น้ำแบบต่าง ๆ นี้ วิธีการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border) จะมีข้อจำกัดมากกว่าชนิดอื่น ๆ ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปแล้วการให้น้ำโดยการปล่อยท่วมพื้นที่ (Flooding) จะมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความลาดเทตามขวางของพื้นที่ ดูตัวอย่างแนวทางการเลือกวิธีให้น้ำแบบผิวดิน ตารางที่ 1

2.5 เจ้าของที่ดิน ความต้องการของเจ้าของที่ดินเป็นปัจจัยอันหนึ่งที่ควรจะทราบก่อนทำการออกแบบปรับพื้นที่ทั้งนี้เพราะเจ้าของที่ดินเป็นผู้ใช้และออกค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ความต้องการดังกล่าวหมายถึง มาตรฐานของการปรับระดับว่าควรจะอยู่ในระดับใด เพราะมาตรฐานดังกล่าวนี้ย่อมหมายถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยทั่ว ๆ ไป การออกแบบที่ดีควรจะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 10-15 เปอร์เซนต์ ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ซึ่งจะทำให้ได้รับผลตอบแทนอย่างมากมาย ทั้งทางด้านการลดค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้ายดิน และได้ความลาดเทที่สม่ำเสมอดีกว่าผลที่ได้จากการปรับระดับพื้นที่โดยการกะหรือเดาเอาว่าควรจะขุดหรือถมดินที่ใดบ้าง

3. ขั้นตอนเตรียมการปรับระดับพื้นที่

เมื่อได้พิจารณาดูแล้วว่าพื้นที่นั้นมีความเหมาะสมต่อการให้น้ำทางผิวดิน และค่าลงทุนในการปรับพื้นที่นั้นไม่สูงจนเกินไปนัก ก็มาถึงขั้นเตรียมการปรับระดับพื้นที่ ตามปกติการปรับระดับพื้นที่จะกระทำสำเร็จได้ในสนามโดยข้อมูลจากสนาม ดังนั้นจึงเป็นความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษา และพิจารณาตลอดทั่วพื้นที่ก่อนที่จะขยายมาทำการปรับระดับในพื้นที่ใด ๆ ซึ่งจะต้องทำตามลำดับขั้นดังต่อไปนี้

3.1 เลือกเวลาทำงาน การปรับระดับพื้นที่ควรจะทำในฤดูแล้งหรือในช่วงเวลาที่ไม่มีฝนตก ทั้งนี้นอกจากเพื่อความสะดวกในการทำงานแล้วยังเป็นการป้องกันมิให้ดินแน่นเกินไปเนื่องจากการบดทับของเครื่องจักรกลในขณะที่ดินเปียกด้วย

ตารางที่ 1 แนวทางการเลือกวิธีการให้น้ำแบบผิวดินให้เหมาะสมกับพื้นที่

วิธีการให้น้ำ	ลักษณะภูมิประเทศ	พืช
ร่องคูธรรมดา	ที่ราบและค่อนข้างราบสามารถปรับให้มีความลาดเท 0.15 % หรือน้อยกว่า	พืชผักทั่วไป
	สามารถปรับให้มีความลาดเท 1 % หรือน้อยกว่า	พืชไร่ ไม้ผล
ร่องคูซิกแซก	สามารถปรับให้มีความลาดเท 0.2 % หรือน้อยกว่า	ไม้ผล
ร่องคูเล็ก	สามารถปรับให้มีความลาดเทระหว่าง 0.5 % และ 12 %	พืชอะไรก็ได้ที่สามารถจะปลูกได้ในความลาดชันขนาดนี้
ท่วมเป็นผืนหน้ากว้าง	สามารถปรับให้มีความลาดเทน้อยกว่า 1 % (ดีกว่าถ้าน้อยกว่า 0.2 %)	อัลฟัลฟา พืชรากลึก พืชปลูกชิดกัน และสวนผลไม้
ท่วมเป็นผืนหน้าแคบ	สามารถปรับให้มีความลาดเท 4 % หรือน้อยกว่า (ดีกว่าถ้าน้อยกว่า 1 %)	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์

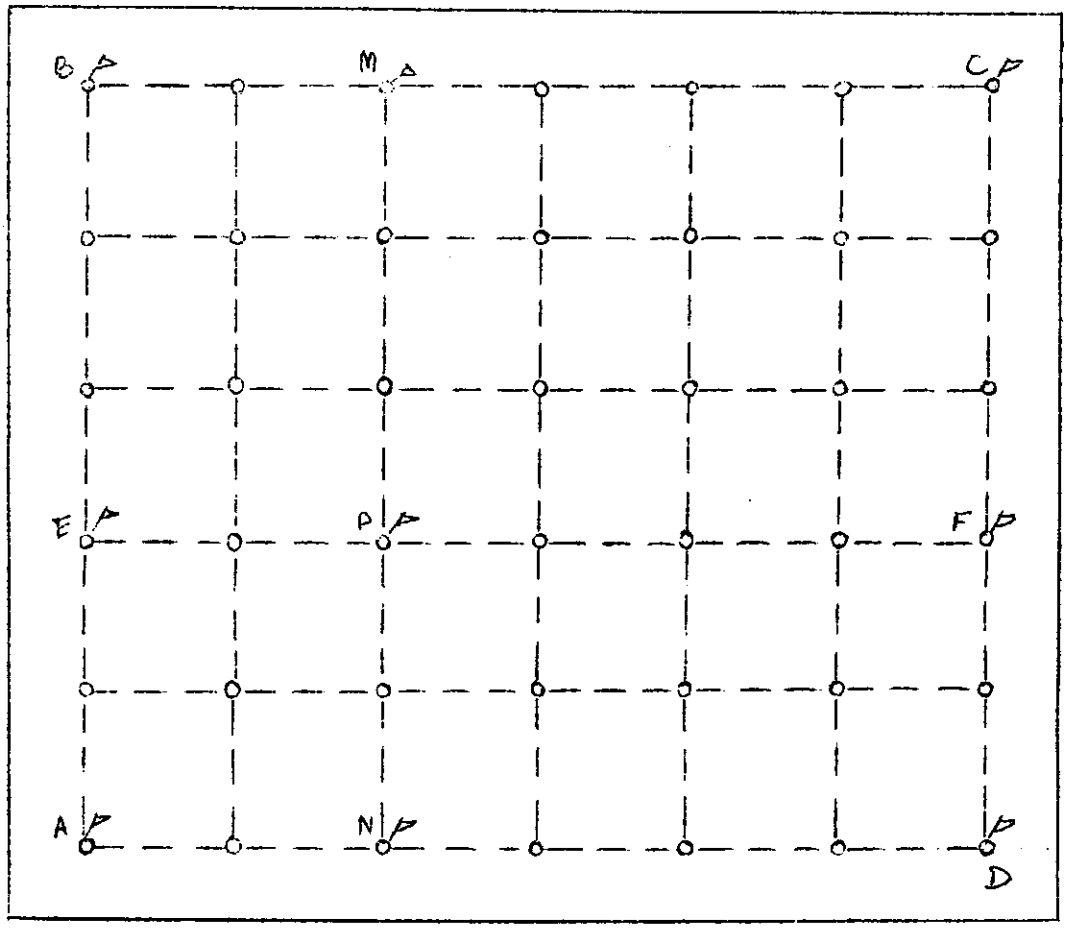
3.2 <u>ถางพื้นที่</u> ถ้าหากว่าพื้นที่นั้นยังมิได้เป็นพื้นที่เพาะปลูกมาก่อน กล่าวคือยังมีต้นไม้ใหญ่และตอไม้อยู่ก็จะต้องทำการถางพื้นที่เสียก่อน ถ้ามีต้นไม้ใหญ่ และตอไม้อยู่มากก็อาจจะต้องใช้รถแทรกเตอร์มาดันออก แต่ถ้ามีแต่หญ้า ต้นไม้เล็ก ๆ รากไม้ และสิ่งกีดขวาง ควรกำจัดออกให้หมด เช่น การเผา หรือขนย้ายไปที่อื่น หรือร่องที่ยกไว้สำหรับปลูกพืช ควรไถทิ้งให้หมด เศษพืชและหญ้าไม่ควรจะไถรวมไปในดินทับที่ก่อนการปรับพื้นที่เพราะจะทำให้สภาพหน้าดินหลวม เป็นผลให้การปรับพื้นที่ให้ได้ระดับที่ต้องการเป็นไปได้ยาก

3.3 <u>ปักหมุด</u> เมื่อได้ถอนต้นไม้หรือถางพื้นที่เรียบร้อยแล้วก็ทำการปักหมุด (Stakes) เพื่อให้เป็นจุดหมาย (Spots) ในการหาค่าระดับและความสัมพันธ์ของสภาพความสูงต่ำของพื้นที่ ในขณะเดียวกันใช้สำหรับเขียนเครื่องหมายในการแสดงการตัด (Cut) และถม (Fill) โดยเขียนเป็นแผนที่ต่อไป โดยปกติแล้วจะปักหมุดเป็นรูปตะแกรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส และมีระยะระหว่างหมุดยาว 20 ถึง 50 เมตร ระยะระหว่างหมุดนี้ขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของพื้นที่ ถ้าพื้นที่เป็นเนินสูง ๆ ต่ำ ๆ ก็จะต้องปักหมุดให้ถี่เข้าเพื่อที่ว่าจะได้สามารถเก็บรายละเอียดได้เพียงพอในการคำนวณปริมาตรดินได้ถูกต้องยิ่งขึ้น หมุดที่ใช้เป็นไม้ขนาด 1 ซม. x 4.5 ซม. และยาวประมาณ 1.00 ถึง 1.20 เมตร ถากปลายให้แหลมเพื่อที่จะได้ปักลงไปในดินได้สะดวกและควรตอกให้แน่นพอสมควรที่จะไม่ให้ล้มในกรณีที่ลมแรง

การปักหมุดนั้นเริ่มจากด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งมีแนวตรงตลอดและควรจะเป็นด้านที่ยาวที่สุดด้วย เพื่อความเข้าใจได้ง่ายในการอธิบายขอให้ดูจากรูปพื้นที่ตัวอย่างดังรูปที่ 1

สมมติว่าเริ่มจากหมุด A ซึ่งปักห่างจากขอบแปลงเท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะหางระหว่างหมุดข้างในแปลง (ระยะระหว่างหมุดประมาณ 20 เมตร) จากจุด A เล็งแนวไปหาหมุด B โดยมี AB ขนานกับแนวเขตของพื้นที่ จากนั้นก็วัดระยะและตอกหมุดในแนว AB จากจุด A และ B วางแนวตั้งฉากกับ AB มายังจุด C และ D ซึ่งอยู่อีกทางด้านหนึ่งของพื้นที่ การวางแนวตั้งฉากกับ AB นี้ วิธีที่ง่ายคือใช้คุณสมบัติของรูปสามเหลี่ยมมุมฉากซึ่งมีด้านยาวเป็นอัตราส่วน 3:4:5 จากนั้นก็วัดระยะและปักหมุดในแนว AB และ BC การปักหมุดอื่น ๆ ก็ทำได้โดยการออกแนวตั้งฉากกับ AB อีกแนวหนึ่ง ที่หมุดซึ่งอยู่ประมาณกึ่งกลางของระยะ AB

สมมติว่าเป็นแนว EF วัดระยะและปักหมุดในแนว EF เช่นเดียวกับแนวอื่น ๆ การหาตำแหน่งของหมุดอื่น ๆ ทำได้โดยการใช้เล็งด้วยหลักขาวแดง เช่น ตำแหน่งของหมุดในแนว MN ก็หาได้โดยการปักหลักขาวแดงที่จุด M,P และ N แล้งแนว MN วัดระยะทางด้วยโซ่หรือเทปและปักหมุดให้อยู่ในแนวนี้ก็จะได้หมุดครบตามต้องการ สำหรับหมุดในแนวอื่น ๆ ก็ทำได้เช่นเดียวกัน

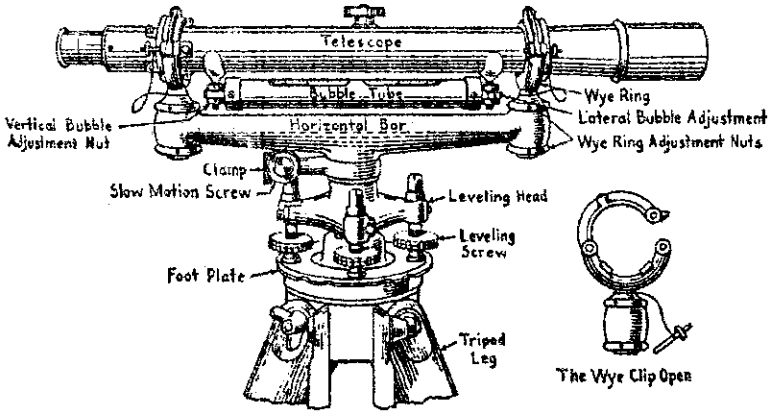


รูปที่ 1 การปักหมุดเพื่อทำแผนที่

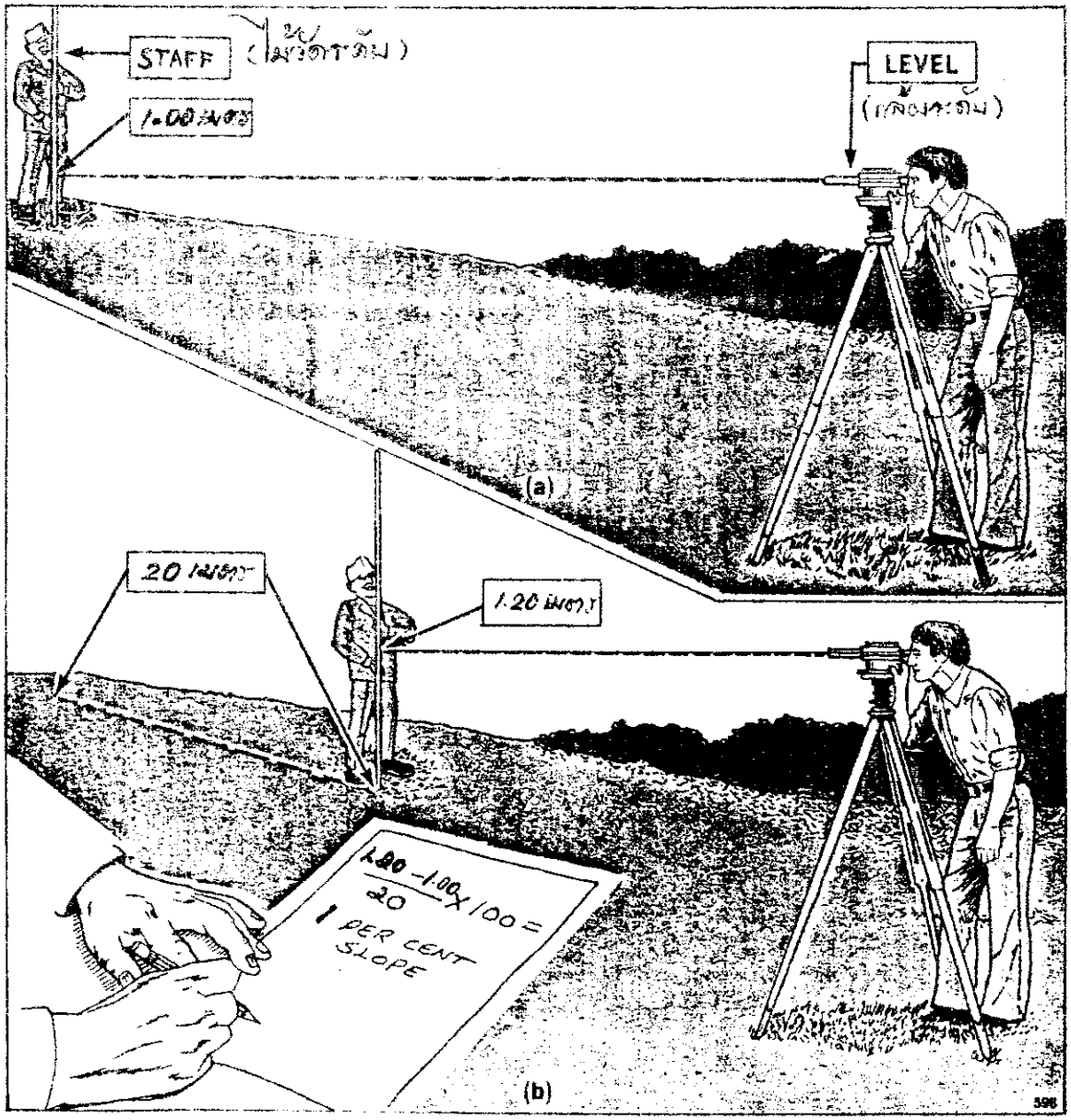
3.3 <u>ทำระดับ</u> เมื่อปักหมุดครบทุกจุดแล้วขั้นตอนต่อไปก็คือการหาระดับดินของผิวดินตรงจุดที่ทำการปักหมุดต่าง ๆ ไว้ ซึ่งการทำระดับก็เป็นการหาความสัมพันธ์ของความสูงต่ำของจุดบนพื้นผิวดินระหว่าง 2 จุด หรือมากกว่านั้น การหาค่าระดับของจุดต่าง ๆ บนผิวโลก อาจหาได้หลายวิธี แต่ที่นิยมกันมากที่สุดเห็นจะได้แก่การใช้กล้องระดับ (Level) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด ตั้งแต่ชนิดที่หยาบจนถึงชนิดที่ละเอียด โดยใช้ประกอบกับไม้วัดระดับ (Staff) นอกจากนั้นก็มีมือระดับ (Hand Level) และหลอดน้ำวัดระดับ (U-Tube Level)

<u>กล้องระดับเคือ</u> กล้องสำรวจที่เมื่อทำการติดตั้งให้ได้ระดับแล้ว เมื่อมองผ่านกล้องจะเห็นสายใยเป็นรูปกากบาท จุดจุดที่สองเห็นอยู่บนกากบาทของสายใยนี้จะอยู่ที่ระดับเดียวกันหมดดังในรูปที่ 2

<u>ไม้วัดระดับคือ</u> เป็นแผ่นระดับที่ใช้คู่กับกล้องระดับ เพื่อใช้อ่านค่าความสูงต่ำของจุดที่เราต้องการหาระดับ ถึงระดับเส้นใยกากบาทในกล้องระดับดังในรูปที่ 3

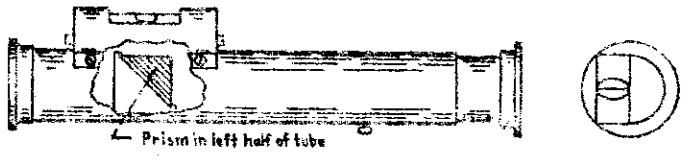


<u>รูปที่ 2</u> กล้องระดับรุ่นเก่า



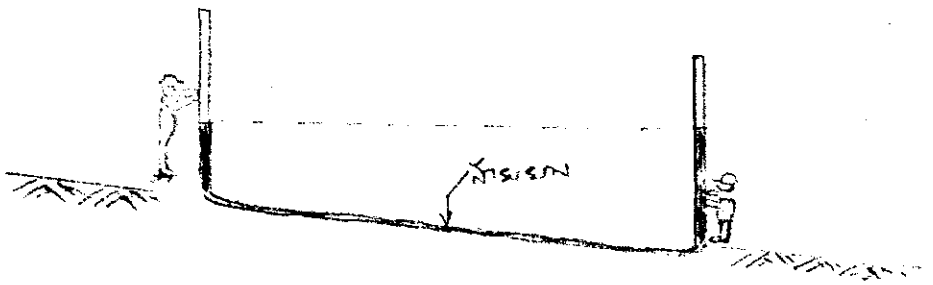
รูปที่ 4 แสดงการวัดระดับโดยใช้กล้องระนาบ และไม้บอกระดับ

มือระดับ คือ เครื่องมือที่ใช้ส่องระดับโดยการให้มือจับตัวกล้องซึ่งมีระดับลูกน้ำให้อยู่ในระดับและแล่งไปยังจุดที่หมายซึ่งเป็นหลัก เพื่อให้ทราบตำแหน่งที่เท่ากัน หรือระดับเดียวกัน รูปที่ 5 แสดงมือระดับ



รูปที่ 5 มือระดับ

หลอดน้ำวัดระดับ เป็นเครื่องมือวัดระดับที่สามารถทำขึ้นใช้เองได้ และเป็นเครื่องมือวัดระดับที่จะแนะนำให้ใช้ในการบรรยายฝึกอบรมครั้งนี้ เครื่องมือนี้เรียกอีกอย่างได้ว่า " หลอดน้ำวัดระดับชาวบ้าน " **(Home Made Levelling Instrvment)** โดยอาศัยหลักการที่ว่า น้ำที่อยู่ในหลอดเดียวกันอย่างต่อเนื่องไม่มีฟองอากาศและหลอดโค้งเป็นรูปตัวยู จะรักษาระดับน้ำให้อยู่ที่ระดับเดียวกันเสมอ ไม่ว่าจะเคลื่อนย้ายไปอยู่ตำแหน่งไหน ๆ ก็ยังรักษาระดับเดียวกันตลอด ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้ทำให้ทราบความแตกต่างของสองจุดที่เราใช้ระดับน้ำในหลอดเป็นตัวเทียบ ดังในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ระดับน้ำในหลอดรูปตัวยู

อุปกรณ์ใช้สร้างหลอดน้ำวัดระดับ

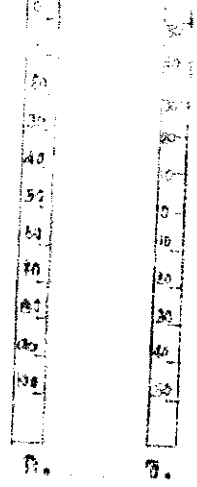
1. หลอดพลาสติกใสขนาด ϕ 15 มม. ยาว 1.00 เมตร จำนวน 2 ท่อน
2. แผ่นไม้ฉำฉาขนาด $2\frac{1}{2}$" x $\frac{1}{2}$" ยาวประมาณ 1.50 - 1.70 เมตร จำนวน 2 อัน
3. สายท่อพลาสติกใสชนิดมองเห็นน้ำได้ขนาด 3/8" ยาว 15 - 22 เมตร 1 เส้น
4. เกลียวทองเหลืองต่อท่อพลาสติกกับหลอดพลาสติกกับหลอดพลาสติก ขนาด $\frac{1}{4}$" จำนวน 2 อัน
5. จุกยางปิดหลอดพลาสติก 2 อัน
6. ไม้บรรทัดไม้หรือพลาสติก ยาว 100 ซม. จำนวน 2 อัน
7. ที่รัดท่อ พีวีซี กับไม้ ขนาด $\frac{1}{4}$" จำนวน 4 อัน
8. ที่หนีบกระดาษขนาด $1\frac{1}{2}$" จำนวน 4 อัน

การประกอบสร้างเครื่องมือวัดระดับ

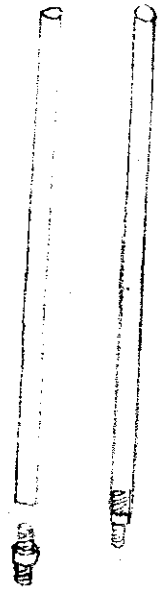
1) นำไม้บรรทัดมาแก้ตัวเลขที่ตำแหน่ง 50 ซม. แก้เป็นจุด 0 (ศูนย์) ซม. และจากจุด 0 นี้แก้เป็นนับจาก 0 ขึ้นไปและลงมาข้างละ 50 ซม. ดังในรูปที่ 7 ตัวเลขด้านข้างบนศูนย์เขียนเป็นสีแดง ข้างล่างศูนย์เขียนเป็นสีดำเพื่อแสดงให้ทราบว่าถ้าระดับน้ำอยู่ที่ตัวเลขสีแดงด้านนั้นจะอยู่ต่ำกว่าอีกด้านหนึ่งที่ทำการวัด

2) นำที่ต่อเกลียวทองเหลืองมาต่อกับหลอดพลาสติกใสทั้งสองอัน ดังในรูปที่ 8

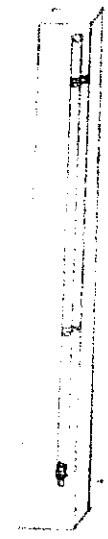
3) นำหลอดพลาสติกไปติดบนแผงไม้โดยให้ปลายหลอดพลาสติกเสมอกับปลายแท่งไม้ และติดยึดบนแผงไม้ด้วยที่รัดท่อ พีวีซี ทั้ง 2 อัน ห่างกันพอสมควร ดังในรูปที่ 9



รูปที่ 7 แสดงตัวอย่าง
ไม้บรรทัด ก. ยังไม่แก้
ข. แก้แล้ว

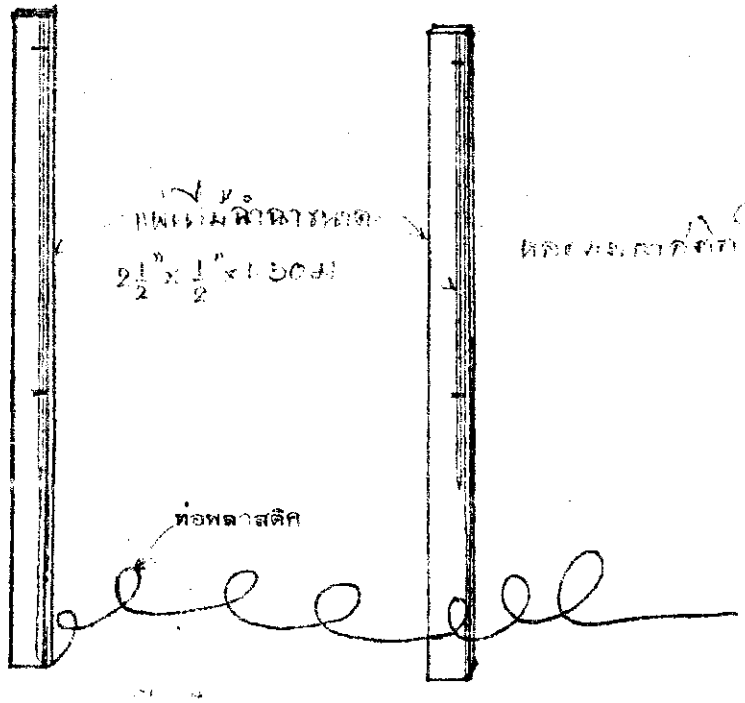


รูปที่ 8 หลอดพลาสติก
ใส่ต่อกับเกลียว



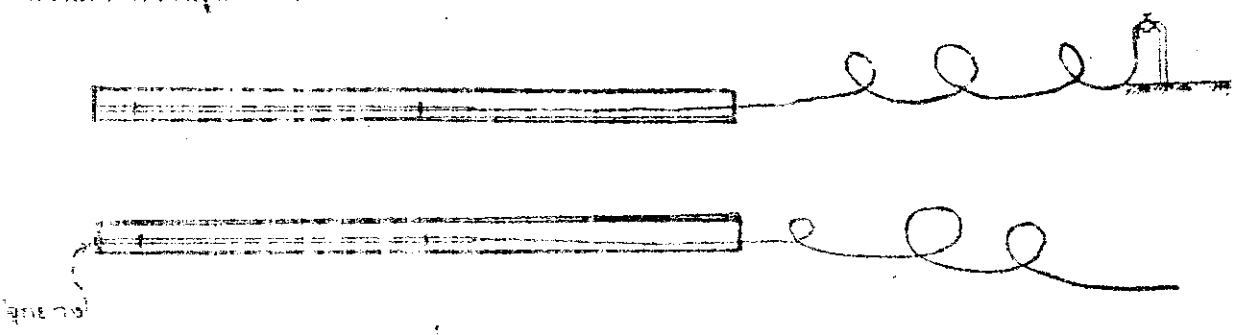
รูปที่ 9 หลอดพลาสติกใส
ที่ติดตั้งบนแผ่นไม้

4) นำท่อพลาสติกมาต่อกับหลอดพลาสติก อันใดอันหนึ่ง ดังในรูปที่ 10



รูปที่ 10

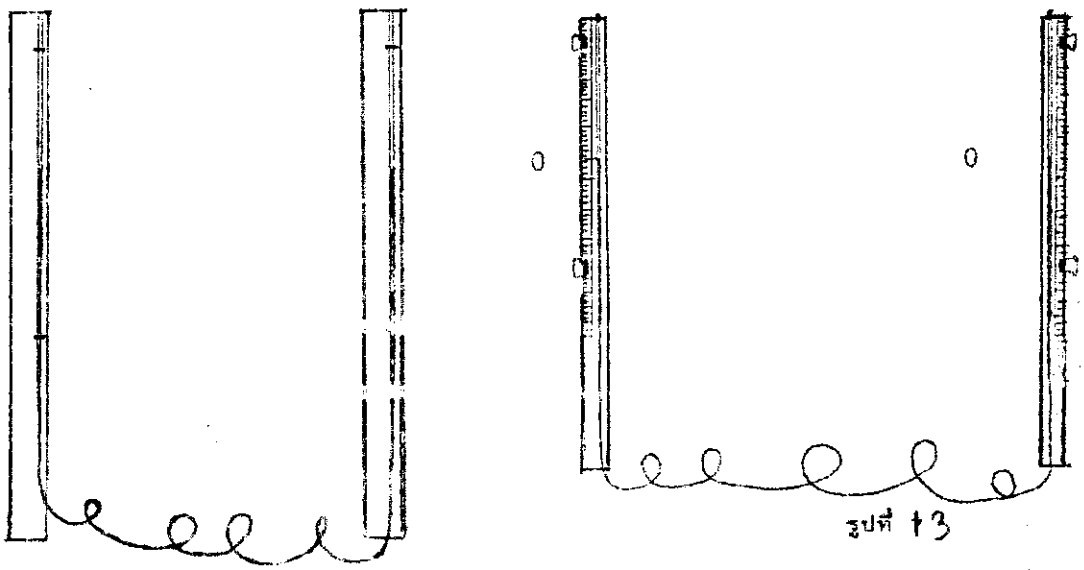
5) [illegible] เปิดน้ำในก๊อกเติมให้เต็มทั้งในท่อและหลอดพลาสติก ไล่ฟอง อากาศออก [illegible] จุกยางมาปิดที่ปลายหลอดพลาสติก น้ำจากท่อพลาสติกจะไม่ไหลออกมา ดังในรูปที่ 11



รูปที่ 11

6) นำปลายท่อพลาสติกด้านที่ยังไม่ได้ต่อ ไปต่อเข้ากับแผงไม้ที่ติดหลอดอีกอันที่เหลืออยู่ เมื่อต่อแล้วเปิดจุกออกน้ำจะไหลเข้าไปในหลอดพลาสติกทั้งสองด้าน ๆ ละประมาณครึ่งหลอด ดังรูปที่ 12

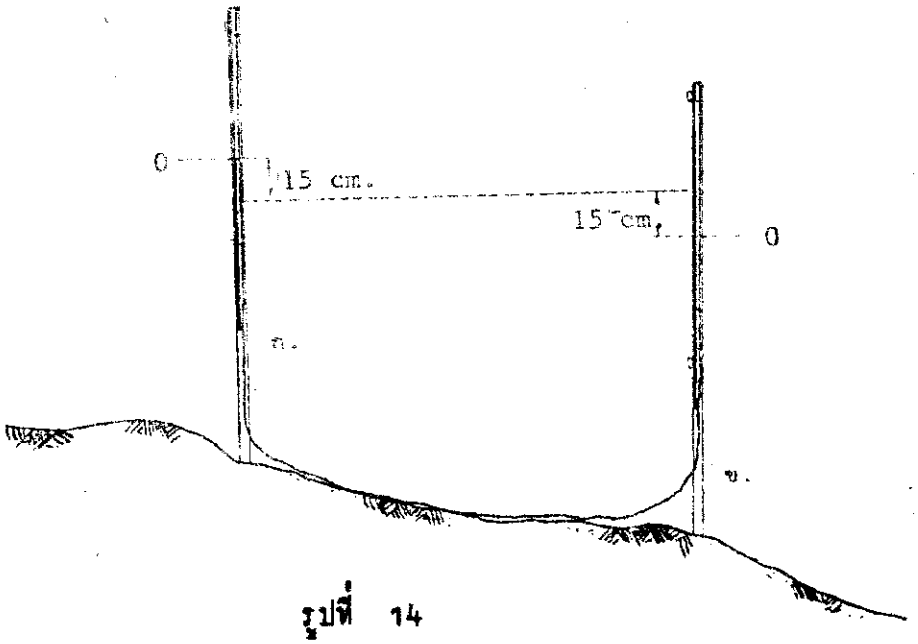
7) นำแผงไม้ทั้งสองมาอยู่ในระดับเดียวกันระดับน้ำก็จะอยู่ที่ตำแหน่งเท่ากัน หลังจากนั้นนำไม้บรรทัดมาติดบนแผงทั้งสองอัน โดยให้จุดศูนย์อยู่ตรงระดับน้ำพอดีทั้งสองอัน แล้วจึงใช้ที่หนีบกระดาษหนีบไม้บรรทัดให้ยึดติดกับแผงไม้ในตำแหน่งดังกล่าว ดังรูปที่ 13 เมื่อยังไม่ใช้งานก็นำจุกยางมาปิดปลายหลอดทั้งสองไว้ก่อนป้องกันไม่ให้น้ำไหลออกไปได้



รูปที่ 13

หลักการอ่านค่าของหลอดน้ำวัดระดับ

น้ำที่อยู่ในหลอดเดียวกันอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีฟองอากาศก็จะรักษาระดับให้อยู่ที่ระดับเดียวกันเสมอ ไม่ว่าจะเคลื่อนย้ายไปอยู่ตำแหน่งไหน ๆ ก็ยังรักษาระดับเดียวกันตลอด ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้ทำให้เราทราบความแตกต่างของสองจุดที่เราใช้ระดับน้ำเป็นตัวเทียบ ดังในรูปที่ 14



รูปที่ 14

เนื่องจากหลอดพลาสติกมีขนาดเท่ากันและเริ่มที่ระดับน้ำอยู่ที่จุดศูนย์เดียวกัน เมื่ออัน ก. อ่านได้ใต้ศูนย์ 15 ซม. อัน ข. ก็จะต้องอ่านได้เหนือศูนย์ 15 ซม. ด้วยเช่นกัน ซึ่งแสดงว่ามีระดับพื้นที่ต่างกัน 15 x 2 = 30 ซม. เป็นต้น

การใช้งานของหลอดน้ำวัดระดับ

ก่อนจะนำไปใช้งานจะต้องตรวจเสมอ

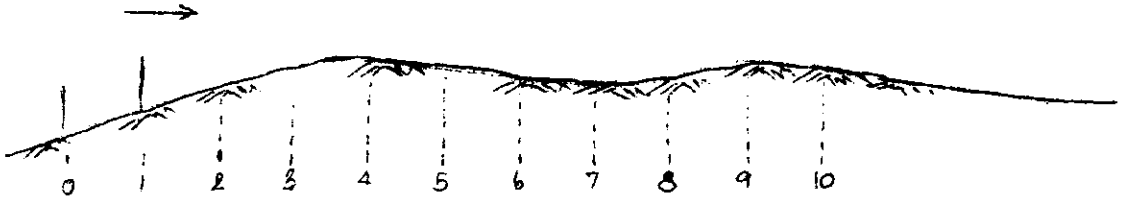
1. ไล่ฟองอากาศออกให้หมดไม่ให้มีในท่อและหลอดเป็นอันขาด

2. ตรวจสอบดูระดับน้ำในหลอดให้อยู่ประมาณครึ่งหลอด ถ้าน้อยเกินไปก็ให้เติมจนพอ การเติมน้ำครั้งละน้อย ๆ อาจใช้หลอดฉีดยาดูดน้ำจะสะดวกดีมาก

3. ตั้งสเกลไม้บรรทัดให้จุดศูนย์อยู่ที่ระดับน้ำทั้งสองฝั่งโดยเทียบที่พื้นระดับเดียวกัน

4. เมื่อต้องการวัดระดับในพื้นที่ ควรจะวัดระยะและกำหนดจุดไว้ก่อนเพื่อการบันทึกตัวเลขจะได้สวยและไม่ผิดพลาด

5. ตัวอย่างเช่น ต้องการวัดระดับที่ระยะห่างกันทุก ๆ 15 เมตร ดังในตาราง



หมุดเลขที่	ระยะหาง ระหว่างหมุด	ระยะหาง สะสม	ระดับเทียบกับจุดหลัง สูงกว่า (ซม.)	ระดับเทียบกับจุดหลัง ต่ำกว่า (ซม.)	ระดับ รสม. (เมตร)	หมายเหตุ
0	0	0	0	-	+ 1.00	
1	15	15	+2	-	+ 1.02	
2	15	30	+5	-	+ 1.07	
3	15	45	+3	-	+ 1.10	
4	15	60	+4	-	+ 1.14	
5	15	75	-	-2	+ 1.12	
6	15	90	-	-3	+ 1.09	
7	15	105	+4	-1	+ 1.08	
8	15	120	-	-	+ 1.12	
9	15	135	-	-1	+ 1.11	
10	15	150	-	-3	+ 1.08	
รวม	150		+18	-10	ตรวจสอบ	

5. นอกจากนี้ยังจะเป็นการช่วยบรรเทาปัญหาการอนุรักษ์ดินและน้ำได้ด้วย

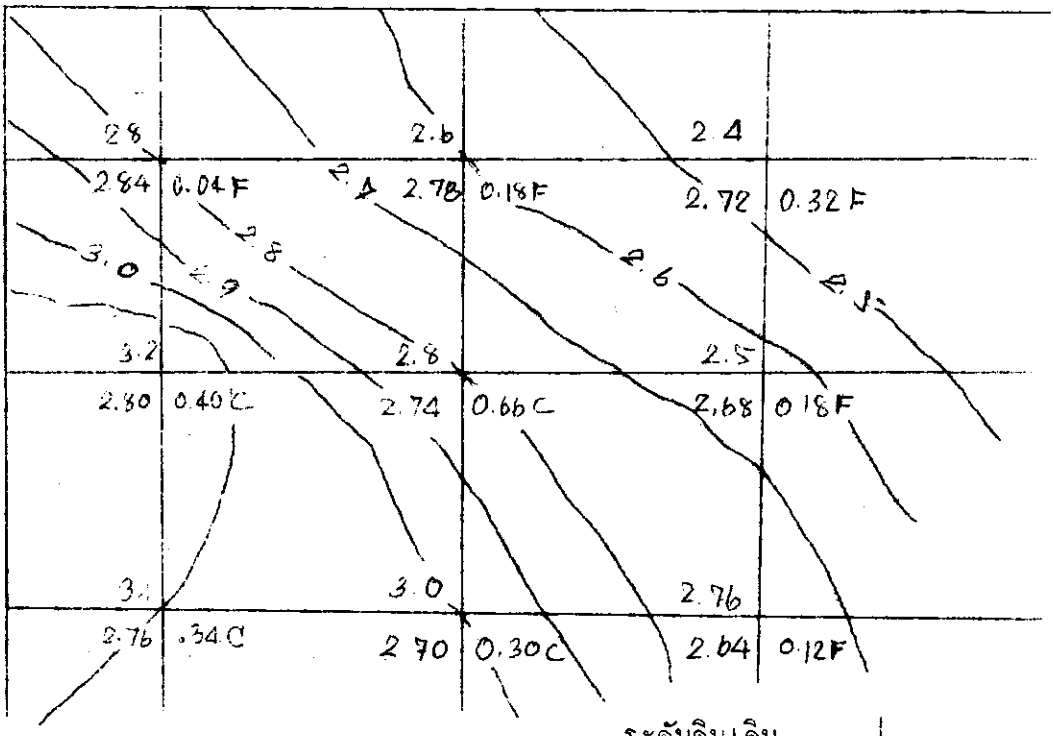
3.4 ทำแผนที่ แผนที่ที่เขียนนี้เรียกว่าแผนที่หลัก (Base Map) โดยเอาค่าความสูงต่ำของผิวดินที่วัดได้ ตรงจุดที่ทำการปักหมุด แล้วนำค่าที่อ่านได้นั้นมาคำนวณหาระดับ ซึ่งจะเป็นค่าระดับสมมุติก็ได้ แล้วนำมาเขียนเป็นแผนที่แสดงชั้นความสูงของผิวดิน (Contour Map) โดยมีชั้นความสูง (Contour Interval) ตามขนาดที่กำหนดให้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ขนาดชั้นความสูง สำหรับการปรับระดับพื้นที่

ความลาดเทของพื้นที่ % (ม/100 ม.)	ขนาดชั้นความสูง ซม.
0 - 1	10
1 - 2	20
2 - 5	30
5 - 10	50

สำหรับค่าต่าง ๆ ที่ได้หลังจากการคำนวณว่า จะต้องตัดหรือถมมีค่าเท่าไร จะนำมาใส่ในแผนที่หลัก โดยทำเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสแล้วเขียนข้อมูลสำรวจลงในแผนที่นั้น ดังในรูปที่ 15

การลากเส้น Contour คือการลากเส้นเชื่อมกันระหว่างจุดที่มีระดับเท่ากัน ซึ่งจะทำให้เรามองดูสภาพพื้นที่ออกว่าส่วนใดเป็นเนินส่วนใดต่ำและความลาดเอียงของพื้นที่ไปทางใด และในการแบ่งพื้นที่เพื่อทำการปรับระดับเป็นแปลงย่อย ๆ ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่



รูปที่ 15. แผนที่หลักและการเขียนข้อมูลลงในแผนที่

ลักษณะสำคัญของเส้นชั้นความสูง มีดังนี้

1. จุดทุกจุดซึ่งอยู่บนเส้นชั้นความสูงเดียวกันย่อมมีกำหนดความสูงเท่ากัน

2. เส้นชั้นความสูงแต่ละเส้นย่อมวางบรรจบตัวเองเสมอ ทั้งนี้อาจจะวางบรรจบตัวเองในระหว่างแผนที่แผ่นนั้น หรือมิฉะนั้นก็อาจวางไปบรรจบตัวเอง ณ ที่ใดที่หนึ่ง หรือในระหว่างใดระหว่างหนึ่งเสมอ

3. เส้นชั้นความสูงจะไม่แตกแยกแขนงออกไปจากเส้นใดเส้นหนึ่ง หรือตัดซึ่งกันและกันเลย

4. ระยะตามแนวนอนระหว่าง Contour line จะเป็นปฏิภาคผกผันกับความลาด เช่น ถ้าความลาดชันมากเส้น Contour จะแคบเข้า ถ้าห่างกันแสดงว่าเป็นพื้นที่ราบ

5. ปริมาณลาดสม่ำเสมอระยะระหว่างเส้น Contour จะเท่า ๆ กัน

6. เส้น Contour ที่ใช้แทนเส้นระดับจะตั้งฉากกับเส้นที่ลาดชันที่สุด

3.5 แบ่งแปลงเพื่อการปรับระดับพื้นที่ เมื่อได้ทำแผนที่แสดงความสูงของผิวดินที่จุดต่าง ๆ แล้ว อาจจะพบว่า ถ้าปรับระดับพื้นที่ให้มีความลาดเทสม่ำเสมอทั่วกันตลอดทั้งผืนแล้วจะเป็นการไม่ประหยัด เพราะที่บางส่วนมีความลาดเทมากเกินไป แต่บางส่วนค่อนข้างราบ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแบ่งแยกพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย ๆ เพื่อให้สะดวก และลดค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้ายดินโดยมีการขุดหรือถมภายในแปลงน้อยที่สุด ตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย ๆ นี้อาจจะดูได้จากรูปที่ 16

4. วิธีการปรับระดับพื้นที่แบบต่าง ๆ

วิธีพื้นฐานในการออกแบบปรับระดับพื้นที่มีอยู่ด้วยกัน 4 วิธีคือ

1. Contour adjustment method
2. Plan inspection method
3. Profile method
4. Plane method

ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อเหมาะสมแตกต่างกันและวิธี Plane method เป็นวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการปรับระดับดินโดยทั่ว ๆ ไป และในการบรรยายในครั้งนี้ก็จะยกตัวอย่างวิธีนี้มาทำการคำนวณปรับระดับ ส่วนวิธีอื่นกล่าวพอสังเขป

4.1 Contour adjustment method เหมาะสำหรับการวางแผนทั่ว ๆ ไป และพื้นที่ที่มีทิศทางของความลาดเทที่ชัดเจน วิธีการออกแบบการปรับพื้นที่โดยการปรับแต่งตามแนว Contour โดยในแนว Contour ใหม่ ซึ่งทำให้ความลาดเทของพื้นที่สม่ำเสมอตามความต้องการ โดยหลักการแล้ว การออกแบบปรับพื้นที่โดยวิธีนี้ประกอบด้วยการปรับแต่งเส้นแนว Contour

บนแผนที่โดยการทดลองหาความผิดและแก้ไข (Trial-error) สำหรับดินตัดและดินถม จะคำนวณได้โดยการเปรียบเทียบระหว่างเส้น Contour เดิมกับเส้น Contour ใหม่ที่ได้รับการปรับแต่งแล้ว

4.2 Plan inspection method คือวิธีการออกแบบปรับระดับพื้นที่โดยการตรวจสอบระดับต่าง ๆ จากแผนที่วิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ลาดชันปานกลางไปจนถึงพื้นที่ราบเมื่อเกณฑ์การส่งน้ำยินยอมให้มีความแตกต่างกันบ้างตามความลาดเทด้านข้าง และตามยาวของแปลง นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับดัดแปลงให้กับพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นคลื่น หรือผิวหน้าโค้งได้ วิธีนี้ต้องการผู้ปฏิบัติที่มีประสบการณ์พอสมควรจึงจะได้ผลดี

4.3 Profile Method คือ การออกแบบเพื่อปรับระดับพื้นที่ โดยพิจารณาจาก Profile ของเส้นกริด (grid) แต่ละเส้นเป็นหลักแล้วจึงกำหนดความลาดเทของพื้นที่ที่ต้องการจะปรับระดับลงใน Profile ของเส้นกริด ดังกล่าวโดยกะประมาณ ให้มีอัตราส่วนระหว่างดินตัดและดินถมอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

วิธีการนี้เหมาะสมสำหรับพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ ซึ่งมีความลาดเทระหว่าง เส้น Contour แตกต่างกันมาก วิธีนี้ประกอบด้วยการ Plot Profile ของเส้นกริดแล้วจึงลากแนวเกรดที่ต้องการบน Profile จากนั้นจึงคำนวณหาค่า ดินตัดและดินถมที่จุดต่าง ๆ ของกริด

4.4 Plane Method เป็นการออกแบบปรับระดับพื้นที่ให้ผิวหน้าดินของพื้นที่เรียบเป็นแผ่นหรือผืนเดียวกัน เรียกว่า " Plane " ที่เรียกชื่อนี้เพราะเมื่อทำการปรับระดับพื้นที่แล้วจะเป็นผลให้ได้ความลาดเทสม่ำเสมอ ตลอดทั้งความยาวและตามขวางของแปลงเป็นแผ่นเดียวกันตลอด วิธีนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทเดิมสม่ำเสมอ

วิธีการคำนวณออกแบบเริ่มจากการหา Centroid ของพื้นที่ ซึ่งจุดนี้จะเป็นจุดซึ่ง plane จะผ่านและจุดนี้จะมีค่าระดับเท่ากับค่าเฉลี่ยของระดับทั่วทั้งแปลงโดยวิธีการนี้ปริมาตรดินตัดและดินถมจะเท่ากัน แต่ในทางปฏิบัติจริง ๆ นั้น ต้องการให้ดินตัดมีค่ามากกว่าดินถม ดังนั้นเมื่อคำนวณแล้วจำเป็นจะต้องลดระดับที่จุด Centroid ลงอีก เพื่อให้อัตราส่วนระหว่างดินตัดและดินถมมีค่าตามที่ต้องการ สำหรับรายละเอียดของการคำนวณนั้นจะได้อธิบายโดยใช้ตัวอย่างดังรูปที่ 17

วิธีทำ

สมมุติว่ารูปที่ 17 นี้เป็นแผนที่แสดงระดับดินตรงจุดที่ปักหมุด ซึ่งจะต้องทำการปรับระดับพื้นที่ให้มีความลาดเทเท่ากันตลอด หมุดปักเป็นรูปตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสซึ่งมีความยาวเท่ากับ 20 เมตร หมุดทางด้านนอกของพื้นที่อยู่ห่างจากแนวเขต 10 เมตร

เพื่อความสะดวกในการคำนวณ สมมุติให้ "a" เป็นจุดกำเนิด (Origin) ซึ่งอยู่ห่างจากมุมของพื้นที่ออกไปทางด้านเหนือ 10 เมตร และออกไปทางตะวันตก 10 เมตร (ดูรูปที่ 17) ดังนั้นถ้าให้ระยะทางระหว่างหมุดสองหมุดเป็นหนึ่งหน่วยความยาว เราจะสามารถบอกตำแหน่งของจุดต่าง ๆ ได้เป็นจำนวนหมุดที่อยู่ห่างจากจุดกำเนิด หรือเป็นทิกัดเช่นจุดที่มีทิกัดทิศตะวันออก 2 ทิศใต้ C (C 2) จะมีค่าระดับเท่ากับ 3.00 เมตร เป็นต้น

ขั้นที่หนึ่ง ในการคำนวณทำได้โดยการรวมเลขค่าระดับที่อยู่ในแนวนอน (Row) และแนวตั้ง (Column) เดียวกันดังแสดงในรูป จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของแต่ละค่าที่รวมได้ ค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวของ Line Average จะเป็นค่าระดับเฉลี่ยของพื้นที่ในแนวทิศเหนือ-ใต้ และค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวของ Column Average จะเป็นค่าระดับเฉลี่ยของพื้นที่ในแนวทิศตะวันตก-ตะวันออกตามลำดับ

ขั้นที่สอง เป็นการหาจุดศูนย์กลางของพื้นที่และระดับของจุดดังกล่าว การหาจุดศูนย์กลางของพื้นที่นั้นใช้หลักการเดียวกับการหาจุดศูนย์ถ่วงของแผ่นวัตถุเรียบในวิชากลศาสตร์ สำหรับการหาระดับของจุดศูนย์กลางนั้น ถ้าจำนวนพื้นที่ที่ล้อมรอบหมุดมีค่าเท่ากันตลอด ระดับของจุดศูนย์กลางจะมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของระดับทุกจุดในพื้นที่นั้น แต่ถ้าพื้นที่รอบหมุดไม่เท่ากัน เช่นระยะทางระหว่างหมุดทางด้านนอกกับเขตของพื้นที่ไม่เท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะทางระหว่างหมุด 2 หมุดที่อยู่ในแถวเดียวกันแล้ว การหาค่าระดับของจุดศูนย์กลางก็จะต้องใช้วิธีเฉลี่ยโดยให้น้ำหนัก (Weighted Average) โดยนำเอาจำนวนพื้นที่ที่หมุดนั้นปักอยู่มาคิดด้วย

สำหรับการหาตำแหน่งและระดับของจุดศูนย์กลางของพื้นที่สี่เหลี่ยมเช่นในตัวอย่างนั้นง่ายมากกล่าวคือ ระดับของจุดศูนย์กลางของพื้นที่ (H_m) จะมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของระดับของทุกจุดในพื้นที่ ซึ่งในกรณีนี้จะได้ว่า

H_m = 2.560 เมตร

ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของพื้นที่นับจากจุดกำเนิด "a" บนแกน x และ y ในตัวอย่างคือ

$$X_m = \frac{1 + 2 + 4 + 5 + 6}{6} = 3\frac{1}{2}$$

และ $$Y_m = \frac{1 + 2 + 3 + 4 + 5}{5} = 3$$

ขั้นที่สามเป็นการหาความลาดเทของเส้นที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าระดับเฉลี่ยของพื้นที่มากที่สุด เมื่อนำเอาค่าระดับเฉลี่ยในแนวทิศตะวันตก-ตะวันออก และในแนวทิศเหนือ-ทิศใต้ มาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 18 และ 19

ตามวิธีการหาเส้นตรงที่มีค่าใกล้เคียงกับระดับเฉลี่ยของพื้นที่มากที่สุดโดย Least Square method เราจะได้ว่า slope ของพื้นที่ที่จะทำการปรับทั้ง 2 ทิศ ทางโดยใช้สูตร

$$Gx = \frac{\Sigma(SxHy) - \frac{(\Sigma Sx)(\Sigma Hy)}{Nx}}{\Sigma(Sx)^2 - \frac{(\Sigma Sx)^2}{Nx}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$Gy = \frac{\Sigma(SyHy) - \frac{(\Sigma Sy)(\Sigma Hy)}{Ny}}{\Sigma(Sy)^2 - \frac{(\Sigma Sy)^2}{Ny}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

โดย Gx = slope ในแนวแกน x (แนวทิศตะวันตก-ตะวันออก)

Gy = slope ในแนวแกน y (แนวทิศเหนือ-ทิศใต้)

Hy = ค่าระดับเฉลี่ยของพื้นที่ที่หมุดต่าง ๆ ในทิศทางแนวแกน y (Column average)

Hx = ค่าระดับเฉลี่ยของพื้นที่ที่หมุดต่าง ๆ ในทิศทางแนวแกน x (Line average)

Sx = ระยะทางนับเป็นจำนวนหมุด (Station distance) จากจุดกำเนิด ในแนวแกน x

Sy = ระยะทางนับเป็นจำนวนหมุดจากจุดกำเนิดในแนวแกน y

Nx = จำนวนหมุดของระดับเฉลี่ยในแนวแกน x

Ny = จำนวนหมุดของระดับเฉลี่ยในแนวแกน y

จากตัวอย่างที่กำหนดให้นี้จะสามารถคำนวณหาความลาดเทของเส้นตรงซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับระดับเฉลี่ยได้ดังนี้

<u>คำนวณความลาดเทตามแนวแกน</u> x (ตะวันตก-ตะวันออก)

$(Sx.Hy) = (1x2.776) + (2x2.746) + (3x2.584) + (4x2.328) + (5x2.514) + (6x2.414)$

$= 52.386$

$Sx = 1+2+3+4+5+6$

$= 21$

$Hy = 2.776+2.746+2.584+2.328+2.514+2.414$

$= 15.362$

$(Sx)^2 = 1+4+9+16+25+36$

$= 91$

$Nx = 6$

จากสมการ 1

$$Gx = \frac{(Sx.Hy) - \frac{(\Sigma Sx)(\Sigma Hy)}{Nx}}{(Sx)^2 - \frac{(\Sigma Sy)^2}{Ny}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

แทนค่า

$$Gx = \frac{52.386 - \frac{21 \times 15.362}{6}}{91 - \frac{(21)^2}{6}}$$

$= -0.0789$ เมตรต่อ 20 เมตร

ค่าที่คำนวณได้นี้จะเป็นความลาดเทต่อหนึ่งหน่วยระยะทางระหว่างหมุดซึ่งในที่นี้

จะได้ว่า ความลาดเทของพื้นที่ทางด้านตะวันตก-ตะวันออก เมื่อปรับพื้นที่แล้วจะทำให้เกิดการตัดหรือถมน้อยที่สุดนั้นเท่ากับ 0.0789 เมตร ต่อระยะทางระหว่างหมุด ซึ่งเท่ากับ 20 เมตร หรือ 0.3945 เมตร ต่อ 100 เมตร (ประมาณ 0.4 %) และลาดไปทางทิศตะวันออก (สังเกตุจากเครื่องหมาย ลบ)

<u>คำนวณความลาดเทตามแนวแกน Y</u> (เหนือ - ใต้)

$$(Sy.Hx) = (1x2.532) + (2x2.667) + (3x2.645) + (4x2.582) + (5x2.377)$$

$$= 38.014$$

$$Sy = 1 + 2 + 3 + 4 + 5$$

$$= 15$$

$$Hx = 2.537 + 2.667 + 2.645 + 2.582 + 2.377$$

$$= 15.803$$

$$(Sy)^2 = 1 + 4 + 9 + 16 + 25$$

$$= 55$$

$$Ny = 5$$

จากสมการ

$$Gy = \frac{(Sy.Hx) - \frac{(\Sigma Sy)(\Sigma Hx)}{Ny}}{(Sy)^2 - \frac{(\Sigma Sy)^2}{Ny}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

แทนค่า

$$Gy = \frac{38.014 - \frac{15 \times 12.803}{5}}{55 - \frac{(15)^2}{5}}$$

$$= - 0.0395 \text{ เมตรต่อ } 20 \text{ เมตร}$$

$$= - 0.197 \text{ เมตรต่อ } 100 \text{ เมตร (ประมาณ } 0.2 \%)$$

ดังนั้นถ้าปรับพื้นที่โดยให้มีระดับที่จุดศูนย์กลางเท่ากับ 2.560 เมตร มีความลาดเทในแนวทิศเหนือ - ทิศใต้ 0.2 % ลาดไปทางทิศใต้ และมีความลาดเทในแนวทิศตะวันตก-ตะวันออก

0.4 ซ. จากไปทางทิศตะวันออกแล้วจะมีการขุดหรือถมดินน้อยที่สุด และจำนวนดินขุดจะเท่ากับจำนวนดินที่จะต้องถมโดยประมาณ

การคำนวณค่าของ Gx หรือ Gy นั้นอาจจะทำได้ง่ายและรวดเร็วขึ้นอีกถ้าใช้ตารางที่คำนวณค่า $\frac{\Sigma S}{N}$ และ $(S)^2-\frac{(\Sigma S)^2}{N}$ ไว้แล้วดังเช่นตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าของ $\frac{\Sigma S}{N}$ และ $\Sigma(S)^2 - \frac{(\Sigma S)^2}{N}$

N	$\frac{\Sigma S}{N}$	$\Sigma(S)^2 - \frac{(\Sigma S)^2}{N}$	N	$\frac{\Sigma S}{N}$	$\Sigma(S)^2-\frac{(\Sigma S)^2}{N}$
2	1.5	0.5	11	6.0	110.0
3	2.0	2.0	12	6.5	143.0
4	2.5	5.0	13	7.0	182.0
5	3.0	10.0	14	7.5	227.5
6	3.5	17.5	15	8.0	280.0
7	4.0	28.0	16	8.5	340.0
8	4.5	47.0	17	9.0	408.0
9	5.0	60.0	18	9.5	484.5
10	5.5	82.5	19	10.0	570.0

<u>ขั้นที่ 4</u> เป็นการเอาค่าระดับเฉลี่ยที่จุดศูนย์กลาง (H_m) และความลาดเท Gx และ Gy ที่คำนวณได้ มาคำนวณหาระดับ เมื่อปรับพื้นที่แล้วของดินที่จุดต่าง ๆ ถ้าหากหาค่าของระดับที่จุดกำเนิด ก่อนการคำนวณหาระดับที่จุดอื่น ๆ ก็จะง่ายขึ้น สมการที่ใช้คำนวณหาระดับของจุดต่าง ๆ ก็คือ

$$H = a + (Gx)(X) + (Gy)(Y) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

โดย H = ค่าระดับหลังจากปรับพื้นที่แล้วที่จุดใดจุดหนึ่ง

a = ระดับหลังจากปรับพื้นที่แล้วที่จุดกำเนิด

x,y = ระยะทางในแนวแกน x และ y จากจุดกำเนิด นับเป็นจำนวนหมุด

จากตัวอย่างที่กำหนดให้จะได้ว่า

Hm = 2.560 เมตร

Xm = 3.5

Ym = 3.0

Gx = - 0.0789

Gy = - 0.0395

จาก Hm = a + (Gx)(Xm) + (Gy)(Ym)

a = 2.56-(-0.789)(35)-(-0.0395)(3)

= 2.955 เมตร

หาค่าระดับที่จุดยึงมีพิกัด (Coordivate) (A1) ซึ่งมีระดับ 2.82 เมตร เมื่อปรับระดับพื้นที่แล้วจะมีระดับเท่ากับ

$H_{(A1)}$ = 2.955+(-0.0789)(1)+(-0.0395)(1) = 2.837

เมื่อได้ค่าที่ (A1) แล้ว การหาระดับที่หมุดต่อ ๆ ไป ก็ใช้วิธีลดค่าระดับลงไปเรื่อย ๆ โดยถือระยะและความลาดเทเป็นหลัก

ตัวอย่างเช่น ที่จุด (B1) ห่างจากจุด (A1) มาทาง y = 20 เมตร

ระดับจะต่ำกว่าจุด (A1) = .0395 เมตร

ระดับที่ (B1) = 2.837-0.0395 = 2.797

สำหรับระดับที่จุดอื่น ๆ จะคำนวณได้โดยวิธีเดียวกัน เมื่อปรับพื้นที่ให้มีระดับตามที่คำนวณได้เหล่านี้แล้ว จะได้ปริมาณของดินที่ขุดและถมมีค่าเท่ากันโดยประมาณ และจะมีการขุดหรือถมน้อยที่สุดด้วย

ในบางครั้งอาจจะพบว่าความลาดเทของพื้นที่ที่คำนวณได้โดยวิธีนี้จะราบหรือชันเกินไปสำหรับวิธีให้น้ำที่ต้องการ ในกรณีดังกล่าวนี้อาจจะดัดแปลงได้โดยเปลี่ยนความลาดเทของพื้นที่ให้มีขนาดเท่าที่ต้องการ แต่ยังคงใช้ค่าระดับที่จุดศูนย์กลางเท่าเดิมก็จะได้ปริมาตรของดินที่ขุดเท่ากับปริมาตรของดินที่ถมเช่นเดียวกัน

5. ดินตัดและดินถม (Cut and Fill)

ในการปรับระดับพื้นที่โดยใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ เช่น รถแทรกเตอร์แบบชุดและขนไปทิ้งอีกที่หนึ่งได้ (Motor Scrapper) และเครื่องจักรขนาดใหญ่อื่น ๆ เช่นรถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ (Crawler tractor) รถแทรกเตอร์ล้อยาง (Rubber-tired wheel tractors) สแครปเปอร์ชนิดสายพานเคลื่อน (Elevating scraper) รถเกลี่ยดิน (Grader) และสแครปเปอร์ชนิดก้นเปิด (Bottomless Scrapers) เป็นต้น พบว่าจะต้องเพิ่มปริมาตรของดินชุดขึ้นอีก กล่าวคือจะต้องลดระดับของทุกหมุดที่คำนวณได้อีกเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะเครื่องจักรขนาดใหญ่เหล่านี้มีน้ำหนักมาก ขณะที่ทำงานมันจะบดทับดินให้แน่นเข้า นอกจากนั้นดินที่ถมด้วยเครื่องจักรขนาดใหญ่มักจะแน่นมาก ความลึกของดินที่จะต้องลดลงจากระดับที่คำนวณได้นี้ขึ้นอยู่กับปริมาตรของดินที่ต้องตัดและถม ความหนาแน่นของดินเดิมตลอดจนความชื้นของดินในขณะที่ทำงาน ฉะนั้นการเคลื่อนย้ายดินควรจะเลือกเวลาให้เหมาะกับฤดูกาลที่ดินค่อนข้างจะแห้ง การใช้เครื่องจักรกลหนักในดินที่เปียกเป็นสาเหตุที่ทำให้ดินถูกอัดแน่นหรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดิน โดยทั่ว ๆ ไปแล้วพบว่าปริมาตรของดินที่ต้องตัดทั้งหมดควรจะมากกว่าปริมาตรของดินที่ต้องถมทั้งหมดประมาณ 20 ถึง 50 เปอร์เซนต์

5.1 ดินตัด (Cut) คือ ส่วนของดินที่สูงกว่าระดับที่ต้องการ ภายหลังการออกแบบการปรับระดับพื้นที่แล้ว ส่วนของดินดังกล่าวนี้จะต้องถูกตัดออก หรือขุดออกและเคลื่อนย้ายไปถมยังส่วนที่ต่ำ

5.2 ดินถม (Fill) คือส่วนของดินที่จะต้องถมในที่ต่ำกว่าระดับที่ต้องการ ส่วนของดินที่จะนำมาถมนี้มาจากดินตัด

5.3 อัตราส่วนระหว่างดินตัดและดินถม Σ Cut/ Σ Fill หมายถึงผลหารของดินตัดทั้งหมดต่อดินถมทั้งหมดในพื้นที่แปลงใดแปลงหนึ่งที่ทำการออกแบบการปรับระดับพื้นที่ โดยทั่วไปแล้ว Σ Cut /Σ Fill จะยอมให้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.20-1.50

5.4 การคำนวณหาดินตัดดินถม (

การคำนวณหาได้โดยการรวมความสูงของดินที่จะต้องขุดตรงจุดปักหมุดทั้งหมด เข้าด้วยกันแล้วหารด้วยผลรวมของความสูงของดินที่จะต้องถมตรงจุดปักหมุดทั้งหมดในแผนที่

สำหรับการหาความลึกของดินที่จะต้องลดระดับลงจากระดับที่คำนวณได้นี้จะต้องใช้วิธีกะประมาณเอาแล้วคำนวณตรวจสอบดูว่าอยู่ในขนาดที่ต้องการหรือไม่ ถ้ายังใช้ไม่ได้ก็เปลี่ยนค่าและคำนวณดูใหม่จนกว่าจะใช้ได้ โดยปกติแล้วความลึกของดินที่จะต้องลดระดับลงนั้นจะมีค่าไม่เกินประมาณ 3 เซนติเมตร

เพื่อความสะดวกในการอธิบายขอให้ดูรูปที่ 20 ซึ่งเป็นแผนที่แสดงระดับดินเดิม ระดับดินหลังปรับระดับพื้นที่แล้วที่คำนวณได้ครั้งแรกและความลึกของดินที่จะต้องตัดหรือถมที่หมุดต่าง ๆ สำหรับความลึกของดินที่จะต้องตัดหรือถมที่คำนวณได้ในบรรทัดแรก เป็นความแตกต่างระหว่างระดับดินเดิมกับระดับดินหลังจากปรับระดับพื้นที่ที่คำนวณได้ ถ้ารวมความลึกของดินที่ต้องขุดหรือถมที่ทุก ๆ หมุดในพื้นที่ในบรรทัดแรกนี้จะได้ว่า

$$\Sigma \text{ Cut} = 2.418 \text{ เมตร}$$

$$\Sigma \text{ Fill} = 2.418 \text{ เมตร}$$

และ $$\frac{\Sigma \text{ Cut}}{\Sigma \text{ Fill}} = 1$$

แต่ถ้าต้องการให้ปริมาตรของดินตัดมากกว่าปริมาตรของดินถม 30 เปอร์เซนต์ ดังนั้นจะต้องลดระดับดินที่คำนวณได้นี้อีก สมมุติว่าลดระดับของทุก ๆ หมุด 1.0 ซม. ความลึกของดินที่จะต้องขุดหรือถม เมื่อลดระดับลงแล้วอยู่ในบรรทัดที่สอง และจะได้ว่า

$$\Sigma \text{ Cut} = 2.574 \text{ เมตร}$$

$$\Sigma \text{ Fill} = 2.274 \text{ เมตร}$$

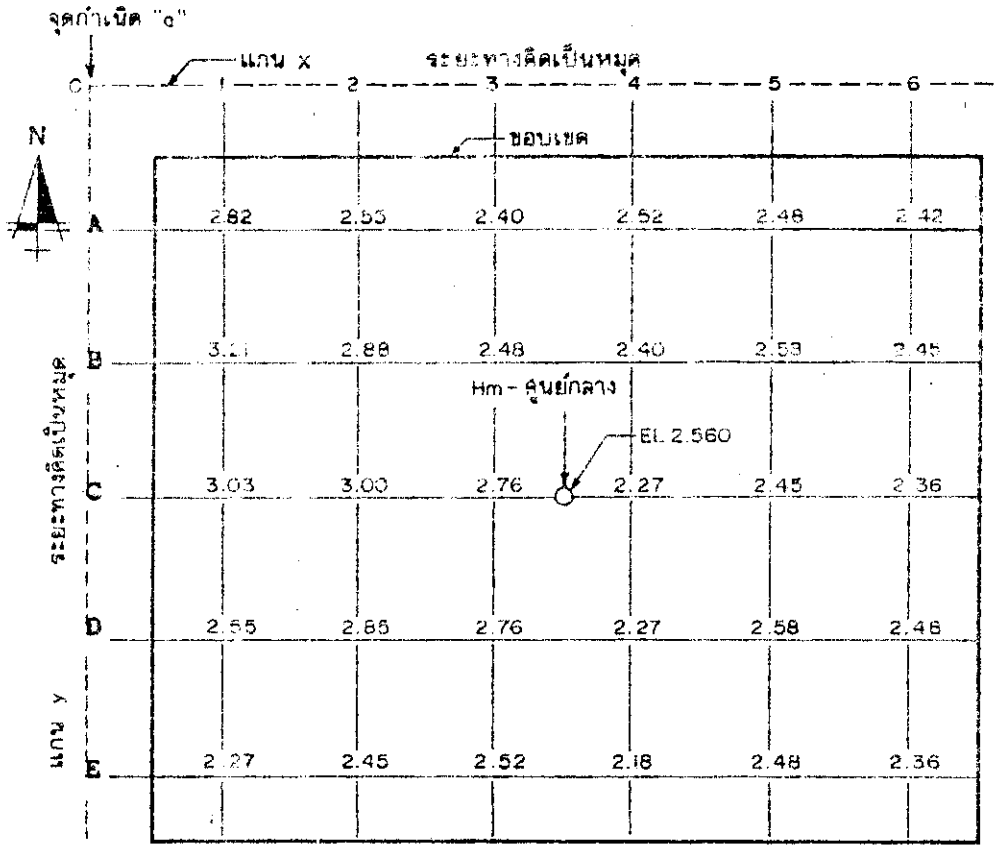
และ $$\frac{\Sigma \text{ Cut}}{\Sigma \text{ Fill}} \times 100 = 113\%$$

ซึ่งยังได้ไม่เท่ากับจำนวนที่ต้องการคือ 130 เปอร์เซนต์ ดังนั้นจะต้องลดระดับลงอีก สมมุติว่าลดลงจากระดับเดิม 2 เซนติเมตร จากบรรทัดที่ 3 ในรูปที่ 20 จะได้ว่า

$$\Sigma \text{ Cut} = 2.738 \text{ เมตร}$$

$$\Sigma \text{ Fill} = 2.138 \text{ เมตร}$$

และ $$\frac{\Sigma \text{ Cut}}{\Sigma \text{ Fill}} \times 100 = 128\ \%$$



ผลรวมแนวนอน	ค่าเฉลี่ยแนวนอน(H)	Sx	SyHx
15.14	2.523	1	2.523
16.00	2.667	2	5.334
15.87	2.645	3	7.935
15.49	2.582	4	10.328
14.26	2.377	5	11.885
	(S_yH_x)		= 38.014

$$Hm = \frac{76.81}{30} = 2.560$$

รูปที่ 17 แผนที่แสดงระดับที่จุดปักหมุด ตำแหน่งและระดับของศูนย์กลางของพื้นที่

	1	2	3	4	5	6
A	2.82	2.55	2.40	2.52	2.48	2.42
	2.837	.017F2.758	.2085 2.679	.279F 2.600	.080F2.521	.041F 2.442 .022F
		.007F	.198F	.269F	.070F	.031F .012F
		.003C	.188F	257F	.060F	.021F .002F
B	3.21	2.88	2.48	2.40	2.58	2.45
	2.797	.413C2.718	.162C 2.639	.159F 2.560	.160F2.482	.098C 2.403 .047C
		.423C	.172C	.149F	.150F	.108C .057C
		.433C	.182C	.139F	.140F	.118C .067C
C	3.03	3.00	2.76	2.27	2.45	2.36
	2.758	.272C2.679	.321C 2.600	.160C 2.521	.251F2.442	.008C 2.363 .003F
		.282C	.331C	.170C	.241F	.018C .007C
		.292C	.341C	.180C	.231F	.028C .017C
D	2.55	2.85	2.76	2.58	2.48	
	2.718	.168F2.639	.211C 2.560	.200C 2.403	.177C2.324	.156C
		.158F	.221C	.210C	.201F	.187C .166C
		.148F	.231C	.220C	.191F	.197C .176C
E	2.27	2.45	2.52	2.18	2.48	2.36
	2.679	.409F2.600	1.50F 2.521	.001F 2.442	.262F2.363	.117C 2.284 .076C
		.399F	.140F	.009C	.252F	.127C .086C
		.389F	.130F	.019C	.242F	.137C .096C

ระดับดินเดิม

ระดับที่คำนวณได้ ความลึกที่ต้องตัด หรือถม

รูปที่ 20 แสดงระดับของดินเดิม ระดับที่คำนวณได้ และความลึกที่ต้องขุด หรือถม ที่หมุดต่าง ๆ ความลึกของดินที่ต้องตัดหรือถมบรรทัดแรกเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณครั้งแรก บรรทัดที่สองและสามเป็นความลึกเมื่อลดระดับของทุกจุดลงอีก 1 และ 2 เซนติเมตรตามลำดับ

ครั้งนี้ปริมาตรของดินขุดมากกว่าดินถม 28 เปอร์เซนต์ ใกล้เคียงกับที่ต้องการซึ่งถือว่าใช้ได้ถ้าปรากฏว่าเมื่อทำการปรับพื้นที่จริง ๆ ในสนามแล้ว ปริมาตรของดินขุดออกทั้งหมดยังไม่พอถม ก็อาจจะเพิ่มปริมาตรของดินขุดได้โดยการทำให้พื้นที่ทางตอนบนประมาณ 10 ถึง 15 เมตรลาดกว่าที่คำนวณได้เล็กน้อย หรือทำให้พื้นที่บางตอนล่างประมาณ 10 เมตรชันกว่าเดิม หรือจะทำทั้งสองอย่างก็ได้ การแก้ไขดังกล่าวนี้จะเป็นผลดีถ้าใช้กับการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation) เพราะจะทำให้น้ำได้มีโอกาสแผ่กระจายไปได้ทั่วตั้งแต่ตอนหัวแปลงและทำให้การระบายน้ำทางท้ายแปลงดีขึ้นด้วย

หรือถ้าทำการส่งน้ำโดยใช้คลองเปิด ดินที่จะขุดคลองขึ้นมาก็จะช่วยเพิ่มปริมาตรของดินขุดที่จะเอาไปถมได้ นอกจากนี้ถ้าจะทำการระบายน้ำโดยใช้คลองเปิด ก็ควรจะทำการขุดคลองระบายน้ำก่อนที่จะทำการปรับระดับดิน แล้วนำดินที่ขุดขึ้นมาเกลี่ยไปทั่ว ๆ พื้นที่ ซึ่งนอกจากจะทำให้ลดปริมาตรดินที่จะต้องทำการตัดในพื้นที่ลงแล้ว ยังเป็นการทำลายคันดินที่จะเกิดขึ้นระหว่างพื้นที่รับน้ำกับคลองระบายน้ำ

6. <u>การก่อสร้างการปรับระดับพื้นที่</u>

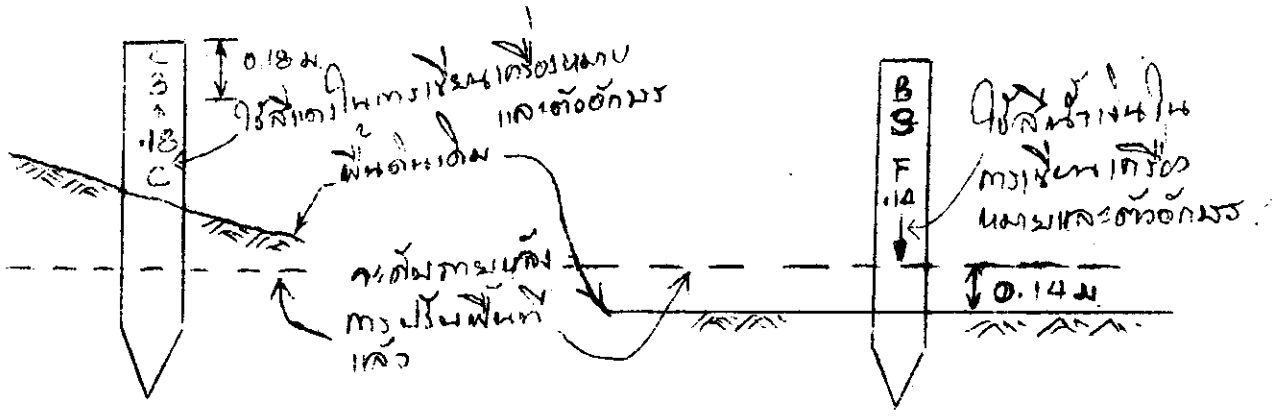
เมื่อทำการคำนวณออกแบบการปรับระดับพื้นที่เรียบร้อยแล้ว จึงนำผลจากการออกแบบมาดำเนินการก่อสร้างต่อไป ซึ่งเริ่มต้นจากการแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย (ถ้าจำเป็นต้องแบ่งหลายแปลง) แล้วปักหลักขอบเขตที่จะทำการแบ่งแยกเพื่อให้เครื่องจักรเครื่องมือทำงานได้ตามที่ต้องการ สำหรับเครื่องจักรเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการก่อสร้างจะไม่กล่าวในที่นี้

สำหรับในแปลงที่จะทำการปรับระดับพื้นที่นั้นขั้นตอนการก่อสร้างอาจเริ่มได้ดังนี้คือ

6.1 เขียนเครื่องหมายบอกดิน-ตัดดินถมลงบนหมุด (Stake) ที่ได้ปักไว้เพื่อการสำรวจเก็บข้อมูล

การเขียนเครื่องหมายนิยมเขียนดังรูปที่ 21

6.2 เครื่องจักรกลชนิดต่าง ๆ เริ่มเข้าทำการปรับระดับพื้นที่ เช่นการตัดดินและเคลื่อนย้ายดินไปถมยังจุดที่ต่ำกว่า



รูปที่ 21 แสดงการเรียนเครื่องหมายบนหมุด

ก. แสดงดินตัด 0.18 ม. ที่หมุด (C 3)

ข. แสดงดินถม 0.14 ม. ที่หมุด (B 3)

6.3 การตรวจสอบระดับตามจุดต่าง ๆ ที่ปักหลักไว้ว่าได้ระดับตามที่ต้องการหรือยัง โดยปกติแล้วถ้าเป็นงานปรับระดับชนิดหยาบ ระดับที่ปรับแล้วยอมให้ผิดพลาด (Error) ได้ในเกณฑ์ ± 3 ซม.

6.4 เมื่อได้ระดับตามที่ต้องการแล้วถอนหลักออกและทำการเกลี่ยดินให้เรียบร้อยตลอดทั่วทั้งแปลง

7. <u>การบำรุงรักษา แปลงภายหลังการปรับระดับพื้นที่</u>

เมื่องานปรับระดับเสร็จสิ้นลงแล้ว ไม่แปลกอะไรที่การทรงตัวและการยุบตัวจะไม่เท่ากัน ซึ่งจำเป็นจะต้องตกแต่งเป็นงานขั้นต่อมา ในเนื้อที่ทั่ว ๆ ไปส่วนใหญ่สามารถที่จะขจัดบริเวณสูง ๆ ต่ำ ๆ เล็ก ๆ น้อย ๆ เหล่านี้ภายในหนึ่งหรือสองปีต่อมาได้ไม่ยากนัก

พื้นที่บางแห่งเป็นดินเปิดใหม่หลังจากการไขน้ำชลประทานแล้วพบว่าการยุบตัวจะมีมาก อย่างไรก็ตามการปรับระดับพื้นที่ในขั้นต้นนี้ปรับให้พอดีไว้ก่อนเป็นดีที่สุด หลังจากนั้นอีกปีหรือสองปีเมื่อมีการให้น้ำแล้วจึงทำการปรับระดับซ้ำอีกให้ดี

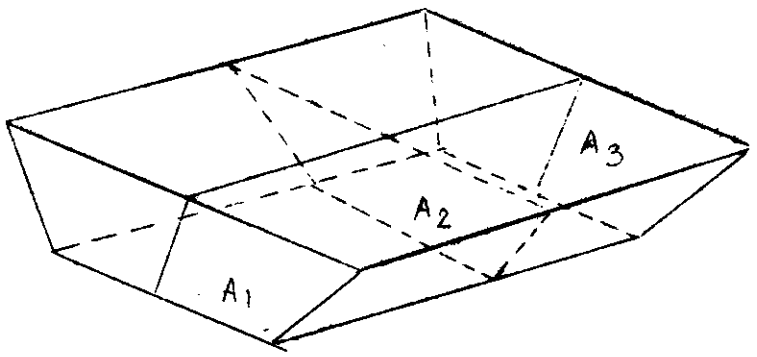
8. <u>การคำนวณหาปริมาตรดินขุดและดินถม</u>

ในการประมาณราคาค่าปรับระดับพื้นที่นั้น จะคิดจากปริมาตรของดินที่ต้องขุดหรือถมทั้งหมดเป็นหลักนอกจากนั้นบางครั้งจำเป็นต้องทราบปริมาตรของดินเหล่านี้เพื่อที่จะได้เลือกใช้

เครื่องจักรที่จะมาทำงานให้เหมาะสม

การคำนวณปริมาตรของดินก็มีอยู่หลายวิธี ขึ้นอยู่กับวิธีการคำนวณความละเอียดในการวัดลักษณะรูปร่างของพื้นที่ประกอบกันขึ้นเป็นรูปต่าง ๆ ทางเรขาคณิต การหาลักษณะของผิวดินตามยาวและตามขวางก็เพื่อต้องการหาปริมาตรของดินที่จะถมหรือขุดออก ซึ่งจะได้กล่าวถึงการหาโดยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

8.1 Prismoidal Formula Prismoid เป็นรูปทรงตัน (Solid) ซึ่งมีฐานทั้งสองขนานกัน และล้อมรอบด้วยด้านต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นระนาบ หรือเป็นผิวโค้งไปมา ภายในมีรูปทางเรขาคณิตปนกันอยู่ เช่น รูป Prism ทรงกระบอก กรวย ฯลฯ



รูปที่ 22 การหาปริมาตรโดยวิธี

จากรูปที่ 22 สูตรซึ่งใช้คำนวณหาปริมาตรของดินที่ดีที่สุดก็คือ Prismoidal Formula

$$V = \frac{L}{6}\left(A_1 + 4A_m + A_2\right) \qquad \text{.....(4)}$$

โดย V = ปริมาตรของดิน

A_1 = พื้นที่หน้าตัดของแท่งดินทางด้านแรก

A_2 = พื้นที่หน้าตัดของแท่งดินทางด้านที่สอง

A_m = พื้นที่หน้าตัดของแท่งดินที่อยู่ตรงกลางและขนานกับด้านทั้งสอง

L = ระยะทางระหว่างด้านแรกกับด้านที่สอง

โดยปกติถ้ามิใช่เป็นงานที่ต้องการความถูกต้องจริง ๆ แล้ว มักจะไม่นิยมใช้สูตรนี้

เพราะจะเสียเวลามาก ถ้าต้องการค่าโดยประมาณแล้ว เราอาจหาปริมาตรของดินได้โดยวิธีที่เรียกว่า Four-point Method ซึ่งมีสูตรว่า

8.2 Four-point Method ซึ่งมีสูตรว่า

$$V_c = \frac{L^2}{4}\left(\frac{H_c^2}{(H_c + H_f)}\right)$$

$$V_f = \frac{L^2}{4}\left(\frac{(H_f^2}{(H_c + H_f)}\right)$$

โดย V_c = ปริมาตรของดินตัด

Vf = ปริมาตรของดินถม

H_c = ผลรวมของความลึกของดินที่ต้องตัดที่หมุดทั้งสี่

H_f = ผลรวมของความลึกของดินที่ต้องถมที่หมุดทั้งสี่

L = ระยะห่างระหว่างหมุด

สูตรข้างบนนี้สามารถคำนวณปริมาตรของทั้งดินตัดและดินถมบนพื้นที่ระหว่างสี่หมุดได้ ตัวอย่างเช่นในรูปข้างล่างนี้จะได้ว่า

H_c = 0.4 เมตร

H_f = 0.3 เมตร

L = 20 เมตร

ดังนั้น $V_c = \frac{(20^2)}{4}\left(\frac{(0.4)^2}{(0.4 + 0.3)}\right)$

= 22.86 ลูกบาศก์เมตร

$V_f = \frac{(20^2)}{4}\left(\frac{(0.3^2)}{(0.4 + 0.3)}\right)$

= 12.86 ลูกบาศก์เมตร

เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ค่าปริมาตรดินขุดหรือดินถมซึ่งคำนวณโดยสูตรนี้สำหรับระยะห่างระหว่างหมุดเท่ากับ 20 และ 40 เมตรได้ให้ไว้ในตารางที่ 4 ท้ายบทนี้

8.3 Summation Method เป็นวิธีคำนวณปริมาตรดินที่ง่ายที่สุด แต่ให้ค่าถูกต้องพอประมาณ โดยการสมมุติว่าความลึกของดินตัดหรือถมที่หมุดใดหมุดหนึ่งจะเป็นค่าเฉลี่ยของความสูงที่จะต้องขุดหรือถมบนพื้นที่ซึ่งหมุดนั้นปักอยู่ ดังนั้นปริมาตรของดินตัดหรือดินถมทั้งหมดจะหาได้จากสูตร

$$V_c = (\Sigma Cut)\ A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

$$V_f = (\Sigma Fill)\ A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

โดย V_c = ปริมาตรดินขุดของทั้งแปลง

V_f = ปริมาตรดินถมของทั้งแปลง

Cut = ผลรวมของความลึกของดินตัดที่หมุดต่าง ๆ ตลอดแปลง

Fill = ผลรวมของความลึกของดินถมที่หมุดต่าง ๆ ตลอดแปลง

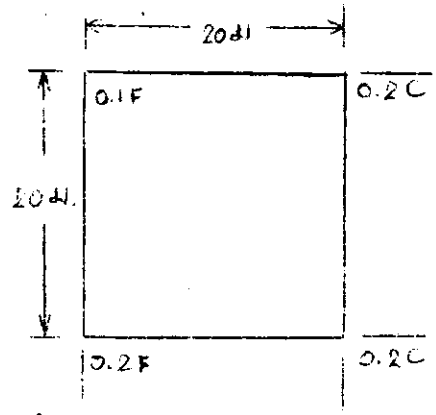
A = พื้นที่ระหว่างหมุดสี่หมุด

เมื่อเปรียบเทียบสูตรต่าง ๆ ทั้งสามแล้ว สูตรแรกคือ Prismoidal Formula จะให้ค่าละเอียดถูกต้องที่สุด แต่เนื่องจากการคำนวณยุ่งยากมากจึงไม่เป็นที่นิยมใช้กัน สูตรที่ให้ความถูกต้องรองลงมาก็คือ Four-point Method ส่วน Summation Method ให้ค่าถูกต้องน้อยที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความลึกของดินจากขุดมาเป็นถม ดังนั้นวิธีหลังนี้จึงไม่แนะนำให้ใช้นอกจากว่าต้องการจะประมาณคู่อย่างหยาบ ๆ เท่านั้น

9. การใช้ตารางสำเร็จช่วยหาปริมาตรดินตัดดินถม

เพื่อความสะดวกในการหาปริมาตรดินตัดดินถม ได้จัดทำตารางแสดงค่าต่าง ๆ ของดินตัดดินถมไว้ในตารางที่ 3 โดยค่าที่แสดงไว้นั้นเป็นค่าที่คำนวณมาจากสูตรของ Four-point Method และใช้สำหรับระยะระหว่างหมุด 20 เมตร และ 40 เมตร

9.1 การหาปริมาตรในพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังตัวอย่างเช่น



ผลรวมของตัดทั้งสี่ มุม = 0.4 เมตร

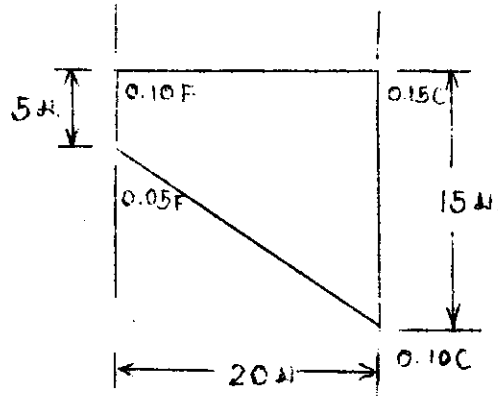
ผลรวมของดินถมทั้งสี่ มุม = 0.3 เมตร

จากตารางที่ 3 สำหรับระยะระหว่างหมุด 20 เมตรจะได้

ปริมาตรดินตัด = 23 ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรดินถม = 13 ลูกบาศก์เมตร

9.2 <u>การหาปริมาตรในพื้นที่สี่เหลี่ยมคางหมู</u> ดังตัวอย่างเช่น



พื้นที่ของสี่เหลี่ยมนี้ $\frac{1}{2} \times 20 \times (5+15) = 200$ ตารางเมตร

พื้นที่ของสี่เหลี่ยมจัตุรัส $20 \times 20 = 400$ ตารางเมตร

จากตารางที่ 24 สำหรับระยะระหว่างหมุด 20 เมตร เมื่อผลรวมของดินตัดดินถมเท่ากับ 0.25 เมตร และ 0.15 เมตร จะได้ปริมาตรดินตัดและดินถมเท่ากับ 16 ลูกบาศก์เมตร

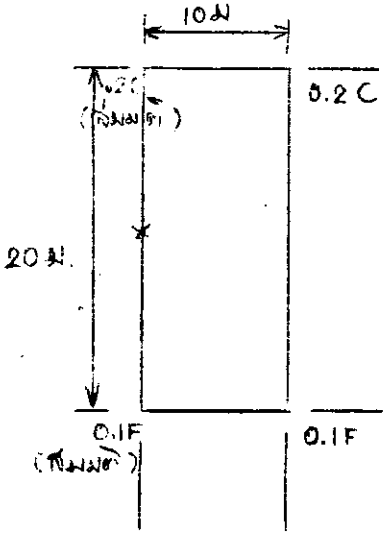
ตามลำดับ ดังนั้น ในพื้นที่สี่เหลี่ยมดางหมูนี้

ปริมาตรดินตัด $\frac{(200)}{450} \times 16 = 7.11$ ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรดินถม $\frac{(200)}{450} \times 6 = 2.67$ ลูกบาศก์เมตร

9.3 <u>การหาปริมาตรในพื้นที่นอกหมุดสำรวจ</u>

เนื่องจากการรังวัดระดับสำหรับงานปรับระดับพื้นที่นั้น ค่าระดับของพื้นที่ในบริเวณที่ติดกับแนวขอบเขตจะไม่มีการหาไว้ อย่างไรก็ตามในการคำนวณปริมาตรดินตัดดินถมจึงให้ถือว่าจุดที่อยู่ติดแนวขอบเขตนั้นมีการตัดหรือถมเท่ากับหมุดแรกที่อยู่ใกล้ ยกเว้นในกรณีที่ระดับพื้นที่แตกต่างกันมากก็ควรจะได้มีการปักหมุดและหาระดับไว้ การคำนวณทำดังนี้ คือ



พื้นที่ของรูปนี้ $20 \times 10 = 200$ ตารางเมตร

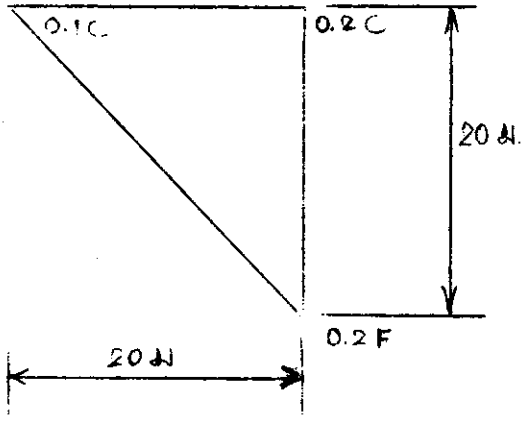
จากตารางที่ 4 สำหรับระยะระหว่างหมุด 20 เมตร เมื่อผลรวมของดินตัดและดินถมเท่ากับ 0.4 เมตร และ 0.2 เมตร แล้วปริมาตรดินตัดและดินถมจะมีค่าเท่ากับ 42 และ 10 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังนั้นในพื้นที่ดังกล่าวนี้จะได้

ปริมาตรดินตัด $\frac{200}{400} \times 27 = 13.5$ ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรดินถม $\frac{200}{400}$ x 7 = 3.5 ลูกบาศก์เมตร

9.4 <u>การหาปริมาตรในพื้นที่รูปสามเหลี่ยม</u>

ในพื้นที่รูปสามเหลี่ยมนั้นการหาปริมาตรอาจทำได้โดยรวมความลึกของดินขุดดินถมทั้งสามมุมเข้าด้วยกัน แล้วใช้ค่า $\frac{2}{3}$ ของปริมาตรที่หาได้จากตารางที่ 4 ดังตัวอย่าง



ผลรวมของดินขุด = 0.3 เมตร

ผลรวมของดินถม = 0.2 เมตร

จากตารางที่ 4 ปริมาตรดินขุด = 18 ลูกบาศก์เมตร

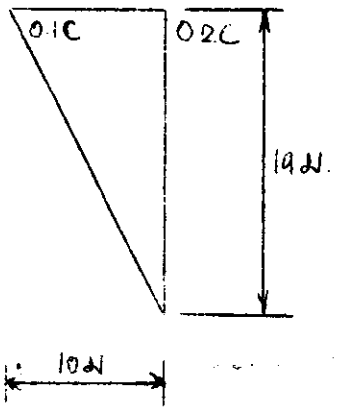
ปริมาตรดินถม = 8 ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้นในรูปสามเหลี่ยมนี้

ปริมาตรดินขุด = $(\frac{2}{3})$ x 18 = 12 ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรดินถม $(\frac{2}{3})$ x 8 = 5.33 ลูกบาศก์เมตร

ในกรณีที่ด้านของสามเหลี่ยมไม่เท่ากับ 20 เมตร การคำนวณปริมาตรของดินขุดดินถมทำได้โดยลดค่าของปริมาตรลงไปอีกตามอัตราส่วนของพื้นที่ ดังตัวอย่าง เช่น



ผลรวมของดินตัด = 0.3 เมตร

ผลรวมของดินถม = 0.2 เมตร

ดังนั้น

ปริมาตรดินตัด = $\frac{(10 \times 19)}{20 \times 20} \times (\frac{2}{3}) \times 18$

= 5.7 ลูกบาศก์เมตร

ปริมาตรดินถม = $\frac{(10 \times 19)}{20 \times 20} \times (\frac{2}{3}) \times 8$

= 2.5 ลูกบาศก์เมตร

หนังสืออ้างอิง

SCS. National Engineering Handbook USDA Section is, Chapter 12,
Land Leveling

คู่มือการชลประทาน ระดับไร่นา สถาบันเทคโนโลยี่แห่งเอเชีย 2524

ตารางแสดง ปริมาตรดินขุด-ดินถมโดยวิธี FOUR POINT METHOD

จากพื้นที่ขนาดกว้างเมตรสำหรับตาราง 10 เมตร x 10 เมตร

ปริมาตรของดินขุดทั้งสิ้นหมด (เมตร)

		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.00	CUT	0	1	3	4	5	6	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	20	21	23	24	25
	Fill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	CUT	0	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	13	14	15	16	18	19	20	21	23	24
	Fill	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.10	CUT	0	0	1	2	3	4	6	7	8	9	10	12	13	14	15	17	18	19	20	21	23
	Fill	3	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.15	CUT	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	19	21	22
	Fill	4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0.20	CUT	0	0	1	2	3	3	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	20	21
	Fill	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.25	CUT	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	18	19	20
	Fill	6	5	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
0.30	CUT	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19
	Fill	8	6	6	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
0.35	CUT	0	0	1	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17	19
	Fill	9	8	7	6	6	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
0.40	CUT	0	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18
	Fill	10	9	8	7	7	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3
0.45	CUT	0	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Fill	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	3
0.50	CUT	0	0	0	1	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17
	Fill	12	11	10	10	9	8	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4
0.55	CUT	0	0	0	1	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Fill	14	13	12	11	10	9	9	8	8	8	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5	5
0.60	CUT	0	0	0	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	14	15	16
	Fill	15	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6
0.65	CUT	0	0	0	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Fill	16	15	14	13	12	12	11	11	10	10	9	9	8	8	8	8	7	7	7	7	6
0.70	CUT	0	0	0	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Fill	18	16	15	14	14	13	12	12	11	11	10	10	9	9	9	8	8	8	8	7	7
0.75	CUT	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14
	Fill	19	18	17	16	15	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	9	9	9	9	8	8
0.80	CUT	0	0	0	1	1	1	2	3	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Fill	20	19	18	17	16	15	15	14	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10	9	9	9
0.85	CUT	0	0	0	1	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Fill	21	20	19	18	17	16	16	15	14	14	13	13	12	12	12	11	11	11	10	10	10
0.90	CUT	0	0	0	1	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13
	Fill	23	21	20	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	13	13	12	12	12	11	11	11
0.95	CUT	0	0	0	1	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13
	Fill	24	23	21	21	20	19	18	17	17	16	16	15	15	14	14	13	13	13	12	12	12
1.00	CUT	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	12
	Fill	25	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	16	16	15	15	14	14	14	13	13	12

การคำนวณ ปริมาตรดินขุด-ดินถมโดยวิธี FOUR POINT METHOD

งานถนนเป็นลูกรังกว้าง 10 เมตร x 10 เมตร

ผลรวมของดินขุดทั้งสิ้นหมด (เมตร)

		1.80	1.85	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
0.00	CUT	25	26	28	29	30	31	33	34	35	36	38	39	40	41	43	44	45	46	48	49	50
	Fill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	CUT	24	25	26	28	29	30	31	33	34	35	36	38	39	40	41	43	44	45	46	48	49
	Fill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.10	CUT	23	24	25	26	28	29	30	31	33	34	35	36	38	39	40	41	43	44	45	46	48
	Fill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.15	CUT	22	23	24	25	27	28	29	30	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47
	Fill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.20	CUT	21	22	23	24	26	27	28	29	31	32	33	34	36	37	38	39	41	42	43	44	45
	Fill	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
0.25	CUT	20	21	22	24	25	26	27	28	30	31	32	33	35	36	37	38	40	41	42	43	44
	Fill	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.30	CUT	19	20	22	23	24	25	26	28	29	30	31	32	34	35	36	37	39	40	41	42	43
	Fill	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.35	CUT	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	32	33	34	35	36	38	39	40	41	43
	Fill	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
0.40	CUT	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	30	31	32	33	34	36	37	38	39	40	42
	Fill	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0.45	CUT	17	18	20	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31	32	34	35	36	37	38	40	41
	Fill	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0.50	CUT	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	32	33	34	35	36	38	39	40
	Fill	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.55	CUT	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34	36	37	38	39
	Fill	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
0.60	CUT	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31	33	34	35	36	37	38
	Fill	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
0.65	CUT	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	27	28	30	31	32	33	34	35	37	38
	Fill	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4
0.70	CUT	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	34	35	36	37
	Fill	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.75	CUT	14	15	16	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34	35	36
	Fill	8	8	8	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5
0.80	CUT	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33	35	36
	Fill	9	9	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6
0.85	CUT	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34	35
	Fill	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	6	6
0.90	CUT	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
	Fill	11	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7
0.95	CUT	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	32	33	34
	Fill	12	11	11	11	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8
1.00	CUT	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	Fill	12	12	12	12	11	11	11	11	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8

ตารางแสดง ปริมาตรคันดิน-คันขุดโดยวิธี FOUR POINT METHOD

ขนาดหน่วยของตารางเมตรสำหรับตาราง 10 เมตร x 10 เมตร

ผลรวมของความสูงทั้งหมด (เมตร)

		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
1.00	CUT	8	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	12
	Fill	25	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	16	16	15	15	14	14	14	13	13	12
1.05	CUT	24	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	7	8	9	10	10	11	12
	Fill	26	25	24	23	22	21	20	20	19	18	18	17	17	16	16	15	15	15	14	14	13
1.10	CUT	23	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	11	12
	Fill	26	26	25	24	23	22	22	21	20	20	19	19	18	17	17	16	16	16	15	15	14
1.15	CUT	22	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12
	Fill	29	28	26	25	24	24	23	22	21	21	20	19	19	18	18	17	17	17	16	16	15
1.20	CUT	21	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	10	10	11
	Fill	30	29	28	27	26	25	24	23	23	22	21	21	20	19	19	18	18	18	17	17	16
1.25	CUT	20	0	0	0	1	1	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	8	9	9	10	11
	Fill	31	30	29	28	27	26	25	24	24	23	22	22	21	21	20	20	19	19	18	18	17
1.30	CUT	19	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	11
	Fill	33	31	30	29	28	27	26	26	25	24	23	23	22	22	21	21	20	20	19	19	18
1.35	CUT	19	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	10	11
	Fill	34	33	31	30	29	28	28	27	26	25	25	24	23	23	22	22	21	21	20	20	19
1.40	CUT	18	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	10	10
	Fill	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	26	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20
1.45	CUT	17	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	9	10
	Fill	36	35	34	33	32	31	30	29	28	28	27	26	26	25	24	24	23	23	22	22	21
1.50	CUT	17	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10
	Fill	38	36	35	34	33	32	31	30	30	29	28	27	27	26	26	25	24	24	23	23	22
1.55	CUT	16	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	8	8	9	10
	Fill	39	38	36	35	34	33	32	32	31	30	29	29	28	27	27	26	26	25	25	24	24
1.60	CUT	16	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	4	4	5	5	6	7	7	8	9	10
	Fill	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	30	29	28	28	27	27	26	26	25	25
1.65	CUT	15	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	9
	Fill	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	32	31	30	30	29	28	28	27	27	26	26
1.70	CUT	15	0	0	0	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	9
	Fill	43	41	40	39	38	37	36	35	34	34	33	32	31	31	30	29	29	28	28	27	27
1.75	CUT	14	0	0	0	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9
	Fill	44	43	41	40	39	38	37	36	36	35	34	33	33	32	31	31	30	29	29	28	28
1.80	CUT	14	9	0	0	1	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9
	Fill	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	34	33	32	32	31	31	30	29	29
1.85	CUT	14	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	7	8	9
	Fill	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	36	35	34	34	33	32	32	31	31	30
1.90	CUT	13	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	7	8	9
	Fill	48	46	45	44	43	42	41	40	39	38	38	37	36	35	35	34	33	33	32	32	31
1.95	CUT	13	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	8	8
	Fill	49	48	46	45	44	43	42	41	40	40	39	38	37	37	36	35	35	34	33	33	32
2.00	CUT	12	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	3	4	5	5	6	6	7	8	8
	Fill	50	49	48	47	45	44	43	43	42	41	40	39	38	38	37	36	36	35	34	34	33

ตารางแสดง ปริมาตรดินขุด-ดินถมโดยวิธี FOUR POINT METHOD

งานคันเขื่อนลาดยางกว้างเมตรสำหรับตารางละ 10 เมตร x 10 เมตร

ผลรวมของคันทางสิ้นสุด (เมตร)

		1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
1.00	CUT	13	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
	Fill	13	12	12	12	11	11	11	11	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9	8	8
1.05	CUT	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	30	31	32	33
	Fill	13	13	13	13	12	12	12	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	9	9	9
1.10	CUT	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
	Fill	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	12	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10
1.15	CUT	12	13	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32
	Fill	15	15	15	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	10
1.20	CUT	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Fill	16	16	16	15	15	15	14	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	12	12	11	11
1.25	CUT	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	31
	Fill	17	17	17	16	16	16	15	15	15	14	14	14	14	13	13	13	13	13	12	12	12
1.30	CUT	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Fill	18	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	15	14	14	14	14	13	13	13	13
1.35	CUT	11	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Fill	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	15	14	14	14	14	14
1.40	CUT	10	11	12	13	14	15	16	17	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	Fill	20	20	20	19	19	18	18	18	17	17	17	17	16	16	16	16	15	15	15	15	14
1.45	CUT	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	Fill	21	21	21	20	20	19	19	19	18	18	18	18	17	17	17	16	16	16	16	15	15
1.50	CUT	10	11	12	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	Fill	22	22	22	21	21	20	20	20	19	19	19	18	18	18	18	17	17	17	17	16	16
1.55	CUT	10	11	11	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	Fill	24	23	23	22	22	21	21	21	20	20	20	19	19	19	18	18	18	18	17	17	17
1.60	CUT	10	10	11	12	13	14	15	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	Fill	25	24	24	23	23	22	22	22	21	21	21	20	20	20	19	19	19	19	18	18	18
1.65	CUT	9	10	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	26	27
	Fill	26	25	25	24	24	23	23	23	22	22	22	21	21	21	20	20	20	19	19	19	19
1.70	CUT	9	10	11	12	12	13	14	15	16	17	18	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Fill	27	26	26	25	25	24	24	24	23	23	23	22	22	22	21	21	21	20	20	20	20
1.75	CUT	9	10	11	11	12	13	14	15	16	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Fill	28	27	27	26	26	26	25	25	24	24	24	23	23	23	22	22	22	21	21	21	20
1.80	CUT	9	10	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	26
	Fill	29	28	28	27	27	27	26	26	25	25	25	24	24	23	23	23	23	22	22	22	21
1.85	CUT	9	10	10	11	12	13	13	14	15	16	17	18	19	19	20	21	22	23	24	25	26
	Fill	30	30	29	29	28	28	27	27	26	26	26	25	25	24	24	24	23	23	23	23	22
1.90	CUT	9	9	10	11	12	12	13	14	15	16	17	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	Fill	31	31	30	30	29	29	28	28	27	27	27	26	26	25	25	25	24	24	24	23	23
1.95	CUT	8	9	10	11	11	12	13	14	15	15	16	17	18	19	20	21	22	23	23	24	25
	Fill	32	32	31	31	30	30	29	29	28	28	28	27	27	26	26	26	25	25	25	24	24
2.00	CUT	8	9	10	10	11	12	13	14	14	15	16	17	18	19	20	20	21	22	23	24	25
	Fill	33	33	32	32	31	31	30	30	29	29	29	28	28	27	27	27	26	26	26	25	25

ตารางแสดง ปริมาตรดินขุด-ดินถมโดยวาร FOUR POINT METHOD

งานดินเป็นลูกบาศก์เมตรสำหรับตาราง 20 เมตร x 20 เมตร

ผลรวมของดินขุดถมสุทธิ (เมตร)

		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.00	CUT	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	Fill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	CUT	0	3	7	11	16	21	26	31	36	41	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
	Fill	5	3	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.10	CUT	0	2	5	9	13	18	23	27	32	37	42	47	51	56	61	66	71	76	81	86	91
	Fill	10	7	5	4	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.15	CUT	0	1	4	8	11	16	20	25	29	34	38	43	48	53	58	63	67	72	77	82	87
	Fill	15	11	9	8	6	6	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
0.20	CUT	0	1	3	6	10	14	18	22	27	31	36	40	45	50	54	59	64	69	74	78	83
	Fill	20	16	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3
0.25	CUT	0	1	3	6	9	13	16	20	25	29	33	38	42	47	52	56	61	66	70	75	80
	Fill	25	21	18	16	14	13	11	10	10	9	8	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5
0.30	CUT	0	1	3	5	8	11	15	19	23	27	31	36	40	44	49	54	58	63	68	72	77
	Fill	30	26	23	20	18	16	15	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	8	7	7
0.35	CUT	0	1	2	5	7	10	14	18	21	25	29	34	38	42	47	51	56	60	65	69	74
	Fill	35	31	27	25	22	20	19	18	16	15	14	14	13	12	12	11	11	10	10	9	9
0.40	CUT	0	1	2	4	7	10	13	16	20	24	28	32	36	40	45	49	53	58	62	67	71
	Fill	40	36	32	29	27	25	23	21	20	19	18	17	16	15	15	14	13	13	12	12	11
0.45	CUT	0	1	2	4	6	9	12	15	19	23	26	30	34	38	43	47	51	56	60	64	69
	Fill	45	41	37	34	31	29	27	25	24	23	21	20	19	18	18	17	16	16	15	14	14
0.50	CUT	0	0	2	3	6	8	11	14	18	21	25	29	33	37	41	45	49	54	58	62	67
	Fill	50	45	42	38	36	33	31	29	28	26	25	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17
0.55	CUT	0	0	2	3	5	8	11	14	17	20	24	28	31	35	39	43	47	52	56	60	65
	Fill	55	50	47	43	40	38	36	34	32	30	29	28	26	25	24	23	22	22	21	20	20
0.60	CUT	0	0	1	3	5	7	10	13	16	19	23	26	30	34	38	42	46	50	54	58	63
	Fill	60	55	51	48	45	42	40	38	36	34	33	31	30	29	28	27	26	25	24	23	23
0.65	CUT	0	0	1	3	5	7	9	12	15	18	22	25	29	33	36	40	44	48	52	56	61
	Fill	65	60	56	53	50	47	44	42	40	38	37	35	34	33	31	30	29	28	27	26	26
0.70	CUT	0	0	1	3	4	7	9	12	15	18	21	24	28	31	35	39	43	47	51	55	59
	Fill	70	65	61	58	54	52	49	47	45	43	41	39	38	36	35	34	33	32	31	30	29
0.75	CUT	0	0	1	3	4	6	9	11	14	17	20	23	27	30	34	38	41	45	49	53	57
	Fill	75	70	66	63	59	56	54	51	49	47	45	43	42	40	39	38	36	35	34	33	32
0.80	CUT	0	0	1	2	4	6	8	11	13	16	19	22	26	29	33	36	40	44	48	52	56
	Fill	80	75	71	67	64	61	58	56	53	51	49	47	46	44	43	41	40	39	38	37	36
0.85	CUT	0	0	1	2	4	6	8	10	13	16	19	22	25	28	32	35	39	43	46	50	54
	Fill	85	80	76	72	69	66	63	60	58	56	54	52	50	48	47	45	44	43	41	40	39
0.90	CUT	0	0	1	2	4	5	8	10	12	15	18	21	24	27	31	34	38	41	45	49	53
	Fill	90	85	81	77	74	70	68	65	62	60	58	56	54	52	51	49	48	46	45	44	43
0.95	CUT	0	0	1	2	3	5	7	9	12	14	17	20	23	26	30	33	37	40	44	48	51
	Fill	95	90	86	82	78	75	72	69	67	64	62	60	58	56	55	53	52	50	49	48	46
1.00	CUT	0	0	1	2	3	5	7	9	11	14	17	20	23	26	29	32	36	39	43	46	50
	Fill	100	95	91	87	83	80	77	74	71	69	67	65	63	61	59	57	56	54	53	51	50

ตารางแสดง ปริมาตรดินขุด-ดินถมโดยวิธี *FOUR POINT METHOD*

จำนวนแปนลูกบาศก์เมตรสำหรับตาราง 20 เมตร x 20 เมตร

ผลรวมของดินขุดทางสัมผัส (เมตร)

		1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
0.00	CUT	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200
	Fill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	CUT	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
	Fill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.10	CUT	91	96	101	106	111	116	121	126	131	136	141	146	151	156	161	166	171	176	181	185	190
	Fill	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0.15	CUT	87	92	97	102	107	112	117	122	126	131	136	141	146	151	156	161	166	171	176	181	186
	Fill	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.20	CUT	83	88	93	98	103	108	113	118	123	127	132	137	142	147	152	157	162	167	172	177	182
	Fill	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0.25	CUT	80	85	90	94	99	104	109	114	119	124	129	133	138	143	148	153	158	163	168	173	178
	Fill	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0.30	CUT	77	82	86	91	96	101	106	110	115	120	125	130	135	140	145	149	154	159	164	169	174
	Fill	7	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
0.35	CUT	74	79	83	88	93	98	102	107	112	117	122	126	131	136	141	146	151	156	160	165	170
	Fill	9	9	8	8	8	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5
0.40	CUT	71	76	81	85	90	95	99	104	109	114	118	123	128	133	138	142	147	152	157	162	167
	Fill	11	11	11	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7
0.45	CUT	69	74	78	83	87	92	97	101	106	111	115	120	125	130	134	139	144	149	154	158	163
	Fill	14	14	13	13	12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8
0.50	CUT	67	71	76	80	85	89	94	99	103	108	113	117	122	127	131	136	141	146	150	155	160
	Fill	17	16	16	15	15	14	14	14	13	13	13	12	12	12	11	11	11	11	10	10	10
0.55	CUT	65	69	73	78	82	87	91	96	101	105	110	114	119	124	128	133	138	143	147	152	157
	Fill	20	19	18	18	17	17	16	16	16	15	15	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12
0.60	CUT	63	67	71	76	80	84	89	93	98	103	107	112	116	121	126	130	135	140	144	149	154
	Fill	23	22	21	21	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16	15	15	15	14	14	14
0.65	CUT	61	65	69	73	78	82	87	91	96	100	105	109	114	118	123	128	132	137	142	146	151
	Fill	26	25	24	23	23	22	22	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16
0.70	CUT	59	63	67	71	76	80	85	89	93	98	102	107	111	116	120	125	130	134	139	143	148
	Fill	29	28	27	26	26	25	25	24	23	23	22	22	21	21	20	20	20	19	19	18	18
0.75	CUT	57	61	65	70	74	78	82	87	91	96	100	104	109	113	118	123	127	132	136	141	145
	Fill	32	31	30	30	29	28	27	27	26	26	25	24	24	23	23	23	22	22	21	21	20
0.80	CUT	56	60	64	68	72	76	80	85	89	93	98	102	107	111	116	120	125	129	134	138	143
	Fill	36	35	34	33	32	31	30	30	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23
0.85	CUT	54	58	62	66	70	74	79	83	87	91	96	100	104	109	113	118	122	127	131	136	140
	Fill	39	38	37	36	35	34	34	33	32	31	31	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25
0.90	CUT	53	57	61	65	69	73	77	81	85	89	94	98	102	107	111	116	120	124	129	133	138
	Fill	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	34	33	32	32	31	31	30	29	29	28	28
0.95	CUT	51	55	59	63	67	71	75	79	83	88	92	96	100	105	109	113	118	122	127	131	136
	Fill	46	45	44	43	42	41	40	39	38	38	37	36	35	35	34	33	33	32	32	31	31
1.00	CUT	50	54	58	62	65	69	73	78	82	86	90	94	98	103	107	111	116	120	124	129	133
	Fill	50	49	48	47	45	44	43	43	42	41	40	39	38	38	37	36	36	35	34	34	33

การวางผังงาน ปริมาตรดินขุด-ดินถมโดยวิธี FOUR POINT METHOD

งานถนนเปนลูกรังกว้างเมตรสำหรับการวาง 20 เมตร x 20 เมตร

ผลรวมของดินขุดทั้งสิ้นหมด (เมตร)

		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
1.00	CUT	6	0	1	2	3	5	7	9	11	14	17	20	23	26	29	32	36	39	43	46	50
	Fill	100	95	91	87	83	80	77	74	71	69	67	65	63	61	59	57	56	54	53	51	50
1.05	CUT	95	0	1	2	3	5	7	9	11	14	16	19	22	25	28	31	35	38	42	45	49
	Fill	105	100	96	92	88	85	82	79	76	74	71	69	67	65	63	61	60	58	57	55	54
1.10	CUT	91	0	1	2	3	5	6	8	11	13	16	18	21	24	27	30	34	37	41	44	48
	Fill	110	105	101	97	93	90	86	83	81	78	76	73	71	69	67	65	64	62	61	59	58
1.15	CUT	87	0	1	2	3	4	6	8	10	13	15	18	21	23	26	30	33	36	40	43	47
	Fill	115	110	106	102	98	94	91	88	85	83	80	78	76	73	71	70	68	66	65	63	62
1.20	CUT	83	0	1	2	3	4	6	8	10	12	15	17	20	23	26	29	32	35	39	42	45
	Fill	120	115	111	107	103	99	96	93	90	87	85	82	80	78	76	74	72	70	69	67	65
1.25	CUT	80	0	1	2	3	4	6	8	10	12	14	17	19	22	25	28	31	34	38	41	44
	Fill	125	120	116	112	108	104	101	98	95	92	89	87	84	82	80	78	76	74	73	71	69
1.30	CUT	77	0	1	2	3	4	6	7	9	12	14	16	19	22	25	27	30	34	37	40	43
	Fill	130	125	121	117	113	109	106	102	99	97	94	91	89	87	85	82	80	79	77	75	73
1.35	CUT	74	0	1	2	3	4	5	7	9	11	14	16	18	21	24	27	30	33	36	39	43
	Fill	135	130	126	122	118	114	110	107	104	101	99	96	93	91	89	87	85	83	81	79	78
1.40	CUT	71	0	1	1	3	4	5	7	9	11	13	16	18	21	23	26	29	32	35	38	42
	Fill	140	135	131	126	123	119	115	112	109	106	103	101	98	96	93	91	89	87	85	83	82
1.45	CUT	69	0	1	1	2	4	5	7	9	11	13	15	18	20	23	26	28	31	34	38	41
	Fill	145	140	136	131	127	124	120	117	114	111	108	105	103	100	98	96	93	91	89	88	86
1.50	CUT	67	0	1	1	2	4	5	7	8	10	13	15	17	20	22	25	28	31	34	37	40
	Fill	150	145	141	136	132	129	125	122	118	115	113	110	107	105	102	100	98	96	94	92	90
1.55	CUT	65	0	1	1	2	3	5	6	8	10	12	14	17	19	22	24	27	30	33	36	39
	Fill	155	150	146	141	137	133	130	126	123	120	117	114	112	109	107	104	102	100	98	96	94
1.60	CUT	63	0	1	1	2	3	5	6	8	10	12	14	16	19	21	24	27	29	32	35	38
	Fill	160	155	151	146	142	138	135	131	128	125	122	119	116	114	111	109	107	104	102	100	98
1.65	CUT	61	0	1	1	2	3	5	6	8	10	12	14	16	18	21	23	26	29	32	35	38
	Fill	165	160	156	151	147	143	140	136	133	130	127	124	121	118	116	113	111	109	107	105	103
1.70	CUT	59	0	1	1	2	3	5	6	8	9	11	13	16	18	20	23	26	28	31	34	37
	Fill	170	165	161	156	152	148	145	141	138	134	131	128	126	123	120	118	116	113	111	109	107
1.75	CUT	57	0	1	1	2	3	4	6	7	9	11	13	15	18	20	23	25	28	31	33	36
	Fill	175	170	166	161	157	153	149	146	142	139	136	133	130	128	125	123	120	118	116	113	111
1.80	CUT	56	0	1	1	2	3	4	6	7	9	11	13	15	17	20	22	25	27	30	33	36
	Fill	180	175	171	166	162	158	154	151	147	144	141	138	135	132	130	127	125	122	120	118	116
1.85	CUT	54	0	1	1	2	3	4	6	7	9	11	13	15	17	19	22	24	27	29	32	35
	Fill	185	180	176	171	167	163	159	156	152	149	146	143	140	137	134	132	129	127	124	122	120
1.90	CUT	53	0	1	1	2	3	4	5	7	9	10	12	14	17	19	21	24	26	29	32	34
	Fill	190	185	181	176	172	168	164	160	157	154	150	147	144	142	139	136	134	131	129	127	124
1.95	CUT	51	0	0	1	2	3	4	5	7	8	10	12	14	16	18	21	23	26	28	31	34
	Fill	195	190	185	181	177	173	169	165	162	158	155	152	149	146	143	141	138	136	133	131	129
2.00	CUT	50	0	0	1	2	3	4	5	7	8	10	12	14	16	18	20	23	25	28	31	33
	Fill	200	195	190	186	182	178	174	170	167	163	160	157	154	151	148	145	143	140	138	136	133

ตารางแสดง ปริมาตรดินขุด-ดินถมโดยวาง FOUR POINT METHOD

งานคันเป็นลูกบาศก์เมตรสำหรับตาราง 20 เมตร x 20 เมตร

ระยะของคันขุดลงลึกหมด (เมตร)

		1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
1.00	CUT	50	54	58	62	65	69	73	78	82	86	90	94	99	103	107	111	116	120	124	129	133
	Fill	50	49	48	47	45	44	43	43	42	41	40	39	38	38	37	36	36	35	34	34	33
1.05	CUT	49	53	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	97	101	105	109	114	118	122	127	131
	Fill	54	53	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	42	41	40	39	39	38	37	37	36
1.10	CUT	48	51	55	59	63	66	70	74	78	82	87	91	95	99	103	107	112	116	120	125	129
	Fill	58	56	55	54	53	51	50	49	48	47	47	46	45	44	43	42	42	41	40	40	39
1.15	CUT	47	50	54	58	61	65	69	73	77	81	85	89	93	97	101	106	110	114	118	123	127
	Fill	62	60	59	58	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	46	45	44	43	43	42
1.20	CUT	45	49	53	56	60	64	68	71	75	79	83	87	91	96	100	104	108	112	116	121	125
	Fill	65	64	63	61	60	59	58	56	55	54	53	52	51	51	50	49	48	47	46	46	45
1.25	CUT	44	48	51	55	59	63	66	70	74	78	82	86	90	94	98	102	106	110	115	119	123
	Fill	69	68	66	65	64	63	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	50	49	48
1.30	CUT	43	47	50	54	58	61	65	69	73	76	80	84	88	92	96	100	105	109	113	117	121
	Fill	73	72	70	69	68	66	65	64	63	61	60	59	58	57	56	55	55	54	53	52	51
1.35	CUT	43	46	49	53	56	60	64	68	71	75	79	83	87	91	95	99	103	107	111	115	119
	Fill	78	76	74	73	71	70	69	68	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54
1.40	CUT	42	45	48	52	55	59	63	66	70	74	78	81	85	89	93	97	101	105	109	114	118
	Fill	82	80	78	77	75	74	73	71	70	69	68	66	65	64	63	62	61	60	59	59	58
1.45	CUT	41	44	47	51	54	58	61	65	69	73	76	80	84	88	92	96	100	104	108	112	116
	Fill	86	84	82	81	79	78	76	75	74	73	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61
1.50	CUT	40	43	47	50	53	57	60	64	68	71	75	79	83	86	90	94	98	102	106	110	114
	Fill	90	88	87	85	83	82	80	79	78	76	75	74	73	71	70	69	68	67	66	65	64
1.55	CUT	39	42	46	49	52	56	59	63	66	70	74	78	81	85	89	93	97	101	105	109	113
	Fill	94	92	91	89	87	86	84	83	81	80	79	78	76	75	74	73	72	71	70	69	68
1.60	CUT	38	42	45	48	51	55	58	62	65	69	73	76	80	84	88	91	95	99	103	107	111
	Fill	98	97	95	93	91	90	88	87	85	84	83	81	80	79	78	76	75	74	73	72	71
1.65	CUT	38	41	44	47	51	54	57	61	64	68	71	75	79	83	86	90	94	98	102	106	110
	Fill	103	101	99	97	96	94	92	91	89	88	86	85	84	83	81	80	79	78	77	76	75
1.70	CUT	37	40	43	46	50	53	56	60	63	67	70	74	78	81	85	89	93	96	100	104	108
	Fill	107	105	103	101	100	98	96	95	93	92	90	89	88	86	85	84	83	81	80	79	78
1.75	CUT	36	39	42	46	49	52	55	59	62	66	69	73	76	80	84	88	91	95	99	103	107
	Fill	111	109	107	106	104	102	100	99	97	96	94	93	91	90	89	88	86	85	84	83	82
1.80	CUT	36	39	42	45	48	51	55	58	61	65	68	72	75	79	83	86	90	94	98	101	105
	Fill	116	114	112	110	108	106	105	103	101	100	98	97	95	94	93	91	90	89	88	86	85
1.85	CUT	35	38	41	44	47	50	54	57	60	64	67	71	74	78	81	85	89	93	96	100	104
	Fill	120	118	116	114	112	110	109	107	105	104	102	101	99	98	96	95	94	93	91	90	89
1.90	CUT	34	37	40	43	46	50	53	56	59	63	66	70	73	77	80	84	88	91	95	99	103
	Fill	124	122	120	118	116	115	113	111	109	108	106	105	103	102	100	99	98	96	95	94	93
1.95	CUT	34	37	40	43	46	49	52	55	59	62	65	69	72	76	79	83	86	90	94	98	101
	Fill	129	127	125	123	121	119	117	115	114	112	110	109	107	106	104	103	101	100	99	98	96
2.00	CUT	33	36	39	42	45	48	51	54	58	61	64	68	71	75	78	82	85	89	93	96	100
	Fill	133	131	129	127	125	123	121	119	118	116	114	113	111	110	108	107	105	104	103	101	100

การวางแผน ปริมาตรดินขุด-ดินถมโดยวิธี FOUR POINT METHOD

งานคันเปนลูกบาศก์เมตรสำหรับการวาง 15 เมตร x 15 เมตร

ขนาดของตารางสี่เหลี่ยม (เมตร)

		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.00	CUT	0	3	6	8	11	14	17	20	23	25	28	31	34	37	39	42	45	48	51	53	56
	Fill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	CUT	0	1	4	6	9	12	14	17	20	23	26	28	31	34	37	40	42	45	48	51	54
	Fill	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.10	CUT	0	1	3	5	8	10	13	15	18	21	23	26	29	32	34	37	40	43	46	48	51
	Fill	6	4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.15	CUT	0	1	2	4	6	9	11	14	16	19	22	24	27	30	32	35	38	41	43	46	49
	Fill	8	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
0.20	CUT	0	1	2	4	6	8	10	13	15	18	20	23	25	28	31	33	36	39	41	44	47
	Fill	11	9	8	6	6	5	5	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
0.25	CUT	0	0	2	3	5	7	9	11	14	16	19	21	24	26	29	32	34	37	40	42	45
	Fill	14	12	10	9	8	7	6	6	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
0.30	CUT	0	0	1	3	5	6	8	11	13	15	18	20	23	25	28	30	33	35	38	41	43
	Fill	17	14	13	11	10	9	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4	4
0.35	CUT	0	0	1	3	4	6	8	10	12	14	17	19	21	24	26	29	31	34	36	39	42
	Fill	20	17	15	14	13	11	11	10	9	9	8	8	7	7	7	6	6	6	6	5	5
0.40	CUT	0	0	1	2	4	5	7	9	11	13	16	18	20	23	25	28	30	33	35	38	40
	Fill	23	20	18	16	15	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	8	7	7	7	6
0.45	CUT	0	0	1	2	3	5	7	9	11	13	15	17	19	22	24	26	29	31	34	36	39
	Fill	25	23	21	19	18	16	15	14	13	13	12	11	11	10	10	9	9	9	8	8	8
0.50	CUT	0	0	1	2	3	5	6	8	10	12	14	16	18	21	23	25	28	30	33	35	38
	Fill	28	26	23	22	20	19	18	17	16	15	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	9
0.55	CUT	0	0	1	2	3	4	6	8	9	11	13	15	18	20	22	24	27	29	31	34	36
	Fill	31	28	26	24	23	21	20	19	18	17	16	15	15	14	14	13	13	12	12	11	11
0.60	CUT	0	0	1	2	3	4	6	7	9	11	13	15	17	19	21	23	26	28	30	33	35
	Fill	34	31	29	27	25	24	23	21	20	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	13	13
0.65	CUT	0	0	1	2	3	4	5	7	9	10	12	14	16	18	20	23	25	27	29	32	34
	Fill	37	34	32	30	28	26	25	24	23	22	21	20	19	18	18	17	16	16	15	15	14
0.70	CUT	0	0	1	1	3	4	5	7	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	31	33
	Fill	39	37	34	32	31	29	28	26	25	24	23	22	21	20	20	19	18	18	17	17	16
0.75	CUT	0	0	1	1	2	4	5	6	8	9	11	13	15	17	19	21	23	25	28	30	32
	Fill	42	40	37	35	33	32	30	29	28	26	25	24	23	23	22	21	20	20	19	19	18
0.80	CUT	0	0	1	1	2	3	5	6	8	9	11	13	14	16	18	20	23	25	27	29	31
	Fill	45	42	40	38	36	34	33	31	30	29	28	27	26	25	24	23	23	22	21	21	20
0.85	CUT	0	0	1	1	2	3	4	6	7	9	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
	Fill	48	45	43	41	39	37	35	34	33	31	30	29	28	27	26	25	25	24	23	23	22
0.90	CUT	0	0	1	1	2	3	4	6	7	8	10	12	14	15	17	19	21	23	25	27	30
	Fill	51	48	46	43	41	40	38	36	35	34	33	31	30	29	28	28	27	26	25	25	24
0.95	CUT	0	0	1	1	2	3	4	5	7	8	10	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
	Fill	53	51	48	46	44	42	41	39	38	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	27	26
1.00	CUT	0	0	1	1	2	3	4	5	6	8	9	11	13	14	16	18	20	22	24	26	28
	Fill	56	54	51	49	47	45	43	42	40	39	38	36	35	34	33	32	31	30	30	29	28

ตารางแสดง ปริมาตรงานขุด-ถมแบบโดยวิธี FOUR POINT METHOD

งานแบ่งขนาดรูปตัดเป็นตารางขนาด 15 เมตร x 15 เมตร

ปริมาตรของดินขุดทางสมมุติ (เมตร)

		1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
0.00	CUT	56	59	62	65	68	70	73	76	79	82	84	87	90	93	96	98	101	104	107	110	113
	Fill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.05	CUT	54	56	59	62	65	68	70	73	76	79	82	84	87	90	93	96	99	101	104	107	110
	Fill	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.10	CUT	51	54	57	60	62	65	68	71	74	76	79	82	85	88	90	93	96	99	102	104	107
	Fill	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.15	CUT	49	52	54	57	60	63	66	68	71	74	77	79	82	85	88	91	93	96	99	102	105
	Fill	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.20	CUT	47	50	52	55	58	61	63	66	69	72	74	77	80	83	86	88	91	94	97	99	102
	Fill	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.25	CUT	45	48	50	53	56	59	61	64	67	70	72	75	78	81	83	86	89	92	94	97	100
	Fill	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0.30	CUT	43	46	49	51	54	57	59	62	65	68	70	73	76	79	81	84	87	90	92	95	98
	Fill	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
0.35	CUT	42	44	47	50	52	55	58	60	63	66	68	71	74	77	79	82	85	88	90	93	96
	Fill	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
0.40	CUT	40	43	45	48	51	53	56	59	61	64	67	69	72	75	77	80	83	86	88	91	94
	Fill	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
0.45	CUT	39	41	44	46	49	52	54	57	60	62	65	68	70	73	76	78	81	84	86	89	92
	Fill	8	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5
0.50	CUT	38	40	43	45	48	50	53	55	58	61	63	66	69	71	74	77	79	82	85	87	90
	Fill	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6
0.55	CUT	36	39	41	44	46	49	51	54	57	59	62	64	67	70	72	75	78	80	83	86	88
	Fill	11	11	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7
0.60	CUT	35	38	40	43	45	48	50	53	55	58	60	63	65	68	71	73	76	79	81	84	87
	Fill	13	12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8
0.65	CUT	34	36	39	41	44	46	49	51	54	56	59	61	64	67	69	72	74	77	80	82	85
	Fill	14	14	14	13	13	13	12	12	12	11	11	11	11	10	10	10	10	10	9	9	9
0.70	CUT	33	35	38	40	43	45	48	50	53	55	58	60	63	65	68	70	73	75	78	81	83
	Fill	16	16	15	15	15	14	14	13	13	13	13	12	12	12	11	11	11	11	11	10	10
0.75	CUT	32	34	37	39	42	44	46	49	51	54	56	59	61	64	66	69	71	74	77	79	82
	Fill	18	18	17	17	16	16	15	15	15	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	12	12
0.80	CUT	31	34	36	38	41	43	45	48	50	53	55	58	60	63	65	68	70	73	75	78	80
	Fill	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16	15	15	15	14	14	14	14	13	13	13
0.85	CUT	30	33	35	37	40	42	44	47	49	51	54	56	59	61	64	66	69	71	74	76	79
	Fill	22	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	15	15	14
0.90	CUT	30	32	34	36	39	41	43	46	48	50	53	55	58	60	63	65	68	70	73	75	78
	Fill	24	23	23	22	22	21	21	20	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	16
0.95	CUT	29	31	33	35	38	40	42	45	47	49	52	54	56	59	61	64	66	69	71	74	76
	Fill	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20	20	20	19	19	18	18	18	18	17
1.00	CUT	28	30	32	35	37	39	41	44	46	48	51	53	55	58	60	63	65	68	70	73	75
	Fill	28	27	27	26	26	25	24	24	23	23	23	22	22	21	21	20	20	20	19	19	19

ตารางแสดง ปริมาตรดินขุด-ดินถมโดยวาง FOUR POINT METHOD

งานถมปรับพื้นที่ขนาดเมตรสามารถวางตาราง 15 เมตร x 15 เมตร

ผลรวมของดินขุดทั้งสิ้น (เมตร)

		0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
1.00	CUT	0	0	1	1	2	3	4	5	6	8	9	11	13	14	16	18	20	22	24	26	28
	Fill	56	54	51	49	47	45	43	42	40	39	38	36	35	34	33	32	31	30	30	29	28
1.05	CUT	54	0	0	1	2	3	4	5	6	8	9	11	12	14	16	18	19	21	23	25	27
	Fill	59	56	54	52	50	48	46	44	43	41	40	39	38	36	35	34	34	33	32	31	30
1.10	CUT	51	0	0	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	19	21	23	25	27
	Fill	62	59	57	54	52	50	49	47	45	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32
1.15	CUT	49	0	0	1	2	3	3	5	6	7	9	10	12	13	15	17	18	20	22	24	26
	Fill	65	62	60	57	55	53	51	50	48	46	45	44	43	41	40	39	38	37	36	35	35
1.20	CUT	47	0	0	1	2	2	3	4	6	7	8	10	11	13	15	16	18	20	22	24	26
	Fill	68	65	62	60	58	56	54	52	51	49	48	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37
1.25	CUT	45	0	0	1	2	2	3	4	5	7	8	9	11	13	14	16	18	19	21	23	25
	Fill	70	68	65	63	61	59	57	55	53	52	50	49	48	46	45	44	43	42	41	40	39
1.30	CUT	43	0	0	1	2	2	3	4	5	7	8	9	11	12	14	15	17	19	21	23	24
	Fill	73	70	68	66	63	61	59	58	56	54	53	51	50	49	48	46	45	44	43	42	41
1.35	CUT	42	0	0	1	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	13	15	17	18	20	22	24
	Fill	76	73	71	68	66	64	62	60	59	57	55	54	53	51	50	49	48	47	46	45	44
1.40	CUT	40	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	16	18	20	22	23
	Fill	79	76	74	71	69	67	65	63	61	60	58	57	55	54	53	51	50	49	48	47	46
1.45	CUT	39	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	16	18	19	21	23
	Fill	82	79	76	74	72	70	68	66	64	62	61	59	58	56	55	54	53	51	50	49	48
1.50	CUT	38	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	13	14	16	17	19	21	23
	Fill	84	82	79	77	74	72	70	68	67	65	63	62	60	59	58	56	55	54	53	52	51
1.55	CUT	36	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	14	15	17	19	20	22
	Fill	87	84	82	79	77	75	73	71	69	68	66	64	63	61	60	59	58	56	55	54	53
1.60	CUT	35	0	0	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	15	17	18	20	22
	Fill	90	87	85	82	80	78	76	74	72	70	69	67	65	64	63	61	60	59	58	56	55
1.65	CUT	34	0	0	1	1	2	3	3	4	5	7	8	9	10	12	13	15	16	18	20	21
	Fill	93	90	88	85	83	81	79	77	75	73	71	70	68	67	65	64	63	61	60	59	58
1.70	CUT	33	0	0	1	1	2	3	3	4	5	6	8	9	10	11	13	14	16	18	19	21
	Fill	96	93	90	89	86	83	81	79	77	76	74	72	71	69	68	66	65	64	63	61	60
1.75	CUT	32	0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	16	17	19	20
	Fill	98	96	93	91	88	86	84	82	80	78	77	75	73	72	70	69	68	66	65	64	63
1.80	CUT	31	0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	14	15	17	18	20
	Fill	101	99	96	93	91	89	87	85	83	81	79	78	76	74	73	71	70	69	68	66	65
1.85	CUT	30	0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	14	15	17	18	20
	Fill	104	101	99	96	94	92	90	88	86	84	82	80	79	77	75	74	73	71	70	69	68
1.90	CUT	30	0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	15	16	18	19
	Fill	107	104	102	99	97	94	92	90	88	86	85	83	81	80	78	77	75	74	73	71	70
1.95	CUT	29	0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	15	16	18	19
	Fill	110	107	104	102	99	97	95	93	91	89	87	86	84	82	81	79	78	76	75	74	73
2.00	CUT	28	0	0	1	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	16	17	19
	Fill	113	110	107	105	102	100	98	96	94	92	90	88	87	85	83	82	80	79	78	76	75

ตารางแสดง ปริมาตรดินขุด-ดินถมโดยวิธี FOUR POINT METHOD

จากตัวอย่างแปลงที่ดินขนาดกว้างเมตรสำหรับตาราง 15 เมตร x 15 เมตร

ปริมาตรของดินขุดและถมรวม (เมตร)

		1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95	2.00
1.00	CUT	28	30	32	35	37	39	41	44	46	48	51	53	55	58	60	63	65	68	70	73	75
	Fill	28	27	27	26	26	25	24	24	23	23	23	22	22	21	21	20	20	20	19	19	19
1.05	CUT	27	30	32	34	36	38	40	43	45	47	50	52	54	57	59	62	64	66	69	71	74
	Fill	30	30	29	28	28	27	26	26	25	25	24	24	23	23	23	22	22	21	21	21	20
1.10	CUT	27	29	31	33	35	37	40	42	44	46	49	51	53	56	58	60	63	65	68	70	73
	Fill	32	32	31	30	30	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	23	22	22
1.15	CUT	26	28	30	32	34	37	39	41	43	45	48	50	52	55	57	59	62	64	67	69	71
	Fill	35	34	33	32	32	31	30	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	24
1.20	CUT	26	28	30	32	34	36	38	40	42	45	47	49	51	54	56	58	61	63	66	68	70
	Fill	37	36	35	34	34	33	32	32	31	31	30	29	29	28	28	27	27	27	26	26	25
1.25	CUT	25	27	29	31	33	35	37	39	42	44	46	48	51	53	55	57	60	62	64	67	69
	Fill	39	38	37	37	36	35	34	34	33	33	32	31	31	30	30	29	29	28	28	27	27
1.30	CUT	24	26	28	30	32	34	37	39	41	43	45	47	50	52	54	56	59	61	63	66	68
	Fill	41	40	40	39	38	37	37	36	35	35	34	33	33	32	32	31	31	30	30	29	29
1.35	CUT	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	47	49	51	53	56	58	60	62	65	67
	Fill	44	43	42	41	40	39	39	38	37	37	36	35	35	34	34	33	33	32	32	31	31
1.40	CUT	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	44	46	48	50	52	55	57	59	62	64	66
	Fill	46	45	44	43	42	42	41	40	39	39	38	37	37	36	36	35	34	34	33	33	32
1.45	CUT	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	52	54	56	58	61	63	65
	Fill	48	47	46	45	45	44	43	42	41	41	40	39	39	38	38	37	36	36	35	35	34
1.50	CUT	23	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	49	51	53	55	57	60	62	64
	Fill	51	50	49	48	47	46	45	44	44	43	42	41	41	40	40	39	38	38	37	37	36
1.55	CUT	22	24	26	28	29	31	33	35	37	39	41	44	46	48	50	52	54	57	59	61	63
	Fill	53	52	51	50	49	48	47	47	46	45	44	44	43	42	42	41	40	40	39	39	38
1.60	CUT	22	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	54	56	58	60	63
	Fill	55	54	53	52	51	51	50	49	48	47	46	46	45	44	44	43	42	42	41	41	40
1.65	CUT	21	23	25	27	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	49	51	53	55	57	59	62
	Fill	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	49	48	47	46	46	45	44	44	43	43	42
1.70	CUT	21	23	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	59	61
	Fill	60	59	58	57	56	55	54	53	52	52	51	50	49	49	48	47	46	46	45	45	44
1.75	CUT	20	22	24	26	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	56	58	60
	Fill	63	62	60	59	58	57	56	56	55	54	53	52	51	51	50	49	49	48	47	47	46
1.80	CUT	20	22	23	25	27	29	31	33	34	36	38	40	42	44	46	49	51	53	55	57	59
	Fill	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	54	53	52	51	51	50	49	49	48
1.85	CUT	20	21	23	25	27	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
	Fill	68	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	57	56	55	54	53	53	52	51	51	50
1.90	CUT	19	21	23	24	26	28	30	32	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	56	58
	Fill	70	69	68	67	66	64	63	62	62	61	60	59	58	57	56	56	55	54	53	53	52
1.95	CUT	19	21	22	24	26	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57
	Fill	73	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	59	58	57	56	56	55	54
2.00	CUT	19	20	22	24	25	27	29	31	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56
	Fill	75	74	73	71	70	69	68	67	66	65	64	63	63	62	61	60	59	58	58	57	56

การให้น้ำทางผิวดิน

คำนำ

ข้อดี ข้อเสีย

ลักษณะการไหลของน้ำบนผิวดิน

ประสิทธิภาพและความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

ส่วนประกอบของระบบชลประทาน

สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ

การให้น้ำทางร่องดู

การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน

การให้น้ำแบบท่วมเป็นอ่าง

ตัวอย่าง

การให้น้ำทางผิวดิน

ดร.เจษฎา แก้วกัลยา*

คำนำ

การให้น้ำทางผิวดิน เป็นการส่งน้ำผ่านเข้าไปในร่องเปิด หรือให้ไหลไปบนผิวดิน แล้วกระจายน้ำไปให้ทั่วแปลง น้ำจะไหลไปโดยแรงดึงดูดของโลก หลังจากกระจายไปทั่วแปลงแล้วจึงพิจารณาน้ำที่ไหลซึมลงไปในดินเก็บกักไว้ในเขตรากพืช อาจแบ่งระบบการให้น้ำทางผิวดินโดยพิจารณาจากลักษณะของทางน้ำและวิธีที่จะให้น้ำกระจายไปทั่วทั้งแปลงออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ แบบร่องคู ท่วมเป็นล่าง และท่วมเป็นผืน ซึ่งประเภทแรกนิยมเรียกกันทั่วไปว่า การให้น้ำแบบ Furrow ส่วน 2 ประเภทหลังเรียกว่า การให้น้ำแบบ Flooding การให้น้ำแบบนี้ควรพิจารณาเลือกใช้ในดินชนิดที่มีอัตราการดูดซึมน้ำของดินไม่สูงมากนัก ความลาดเทของพื้นที่ไม่ควรเกิน 1.0 เปอร์เซนต์ และชนิดของพืชที่ปลูกจะต้องไม่เกิดความเสียหาย เมื่อมีน้ำท่วมรากในบางขณะ ระบบการให้น้ำแบบผิวดินนี้จะมีค่าลงทุนถูกกว่าระบบอื่น อย่างไรก็ตามจะต้องพิจารณาถึงการปรับระดับดินก่อนว่ามีความจำเป็นขนาดไหน ซึ่งระบบนี้จะมีราคาสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับงานปรับระดับดิน ในบางแห่งจำเป็นต้องใช้ระบบอื่น เนื่องจากจะต้องลงทุนในการปรับระดับดินมากเกินไป

ในที่นี้จะขอกล่าวถึง ข้อดี ข้อเสีย ลักษณะการไหลของน้ำบนผิวดิน ประสิทธิภาพและความสม่ำเสมอในการให้น้ำ ส่วนประกอบของระบบชลประทาน ที่จะต้องนำมาพิจารณาในการออกแบบ และกล่าวถึงลักษณะเฉพาะของการให้น้ำแบบร่องคู ท่วมเป็นผืน และแบบท่วมเป็นล่าง

ข้อดีข้อเสีย

การให้น้ำทางผิวดินนี้รู้จักใช้กันมานานแล้ว และปัจจุบันก็ยังนิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไป ทั้งนี้เพราะมีข้อดีหลายประการดังพอสรุปได้ดังนี้

1. สามารถที่จะใช้ได้กับดินและพืชเกือบทุกชนิด และยังสามารถดัดแปลงให้เหมาะสมกับขนาดและวิธีการส่งน้ำทุกประเภท

2. มีความคล่องตัวสูง สามารถให้น้ำแก่พืชได้ในระยะเวลาอันสั้น เมื่อเทียบกับ

---

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลาที่ไม่ได้ให้น้ำ เช่นให้น้ำแก่พืช 10 วันครั้ง แต่ใช้เวลาให้น้ำเพียง 1 ถึง 2 วัน ขึ้นอยู่กับความลึกของน้ำที่ให้ ปริมาณน้ำต้นทุน และจำนวนไร่ของพื้นที่ที่จะให้น้ำ

3. ค่าลงทุนน้อยมากกว่าการให้น้ำแบบอื่น ๆ เนื่องจากว่าการให้น้ำแบบนี้ ปล่อยให้น้ำไหลไปบนผิวดินด้วยแรงดึงดูดของโลก ในกรณีที่ต้องการเครื่องสูบน้ำก็มักจะไม่ต้องการแรงม้าสูง นอกจากนั้นยังไม่ค่อยมีอาคารชลประทานหรือเครื่องมือที่ต้องการ บำรุงรักษาอยู่เสมอด้วย

4. ไว้ใจได้ ถ้ามีน้ำอยู่แล้ว จะให้น้ำแก่พืชเมื่อไรก็ได้ โดยไม่ต้องพึ่งพาอาศัยเครื่องมืออื่น ๆ ความเสียหายของพืชอันเนื่องจากจัดหาน้ำให้ไม่ทันเวลาจึงเกิดขึ้นได้ยาก

5. เมื่อมีการออกแบบที่เหมาะสมและรู้จักวิธีใช้ การให้น้ำแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพสูงเท่า ๆ กันหรือมากกว่าแบบอื่น ๆ

<u>สำหรับข้อเสียมีดังนี้</u>

1. ต้องทำการปรับพื้นที่ให้มีความลาดเทสม่ำเสมอ ซึ่งอาจจะทำให้ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ที่ไม่ราบเรียบ เนื่องจากจะต้องเสียค่าปรับพื้นที่สูง หรือเนื่องจากชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นตื้นเกินไป

2. อาจเกิดการกัดเซาะขึ้นได้ถ้าพื้นที่มีความลาดเทมากเกินไป

3. คันดินและคูส่งน้ำมักจะเป็นสิ่งกีดขวาง การทำงานของเครื่องจักรเครื่องมือในฟาร์ม

4. อาจก่อให้เกิดปัญหาการระบายน้ำขึ้นได้ง่าย ถ้าหากใช้น้ำอย่างไม่มีประสิทธิภาพ

5. ใช้แรงงานมาก

6. ผู้ใช้ต้องมีความรู้ขอสมควร จึงจะสามารถให้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพได้

<u>ลักษณะการไหลของน้ำบนผิวดิน</u>

ในการให้น้ำทางผิวดินนั้นเป็นการให้น้ำแก่พืชโดยปล่อยให้น้ำไหลไปบนผิวดินแล้วให้ซึมลงไปเก็บไว้ในเขตรากให้พืชใช้ โดยหลักการแล้วถือว่าผิวดินทำหน้าที่เป็นทางน้ำ แต่ทางน้ำดังกล่าวนี้แตกต่างจากทางน้ำอื่นที่เข้าใจกันโดยทั่วๆ ไป ตรงที่ว่าโดยปกติแล้วมันจะแห้ง และพื้น

ท้องน้ำมีการรั่วซึมได้มาก เมื่อเริ่มต้นให้น้ำโดยเปิดให้น้ำไหลเข้าทางหัวแปลง น้ำจะเคลื่อนตัวไปตามความลาดเทของพื้นที่บางส่วน จะซึมเข้าไปในดินที่เหลือจะเคลื่อนตัวไปข้างหน้า ดังแสดงลักษณะการไหลในรูปที่ 1 ถ้าหากอัตราการให้น้ำสูงกว่าผลรวมของอัตราที่น้ำซึมเข้าไปในดิน น้ำก็จะเคลื่อนตัวไปทางหน้าต่อไปเรื่อย ๆ ช่วงระยะเวลาตั้งแต่เริ่มให้น้ำจนกระทั่งน้ำเคลื่อนตัวไปถึงท้ายแปลง เรียกว่า ช่วงน้ำหลาก กราฟซึ่งเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลานับจากเริ่มต้นให้น้ำ แกน y กับระยะทางที่น้ำไหลไปถึงจุดต่าง ๆ นับจากหัวแปลง แกน x เรียกว่า กราฟน้ำหลาก

หลังจากที่น้ำไหลไปถึงท้ายแปลงแล้วถ้ายังไม่หยุดให้น้ำ ตลอดความยาวของแปลงก็จะมีน้ำขังอยู่ น้ำดังกล่าวจะไหลซึมลงไปเก็บกักไว้ในดิน บางส่วนก็จะไหลเลยท้ายแปลงออกไป ช่วงระยะเวลาหลังจากน้ำไหลไปถึงท้ายแปลงแล้วจนถึงเวลาที่หยุดให้น้ำเรียกว่า ช่วงเก็บกัก

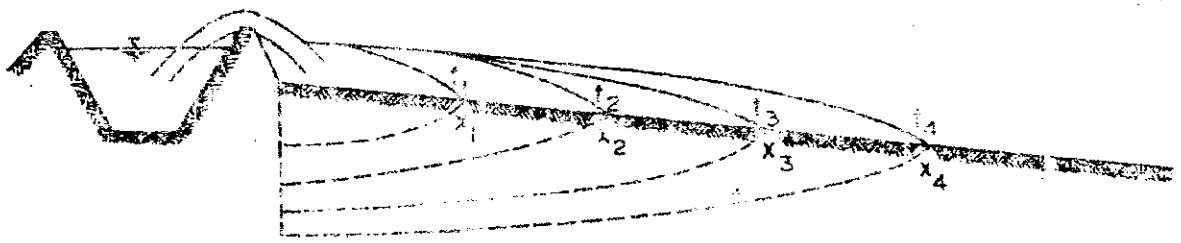
หลังจากหยุดให้น้ำที่หัวแปลงแล้วในแปลงอาจจะมีน้ำขังอยู่ แต่เนื่องจากว่ามีบางส่วนไหลซึมลงในดิน และบางส่วนไหลไปทางท้ายแปลงตามความลาดเทของพื้นที่ ระดับน้ำที่หัวแปลงก็จะค่อย ๆ ลดหายไป ส่วนอื่น ๆ ถัดมาก็จะแห้งตาม ช่วงระยะเวลานับจากหยุดให้น้ำจนกระทั่งน้ำที่หัวแปลงแห้งเรียกว่า ช่วงน้ำลด

หลังจากที่น้ำที่หัวแปลงแห้งแล้วส่วนอื่น ๆ ที่อยู่ต่ำกว่าก็จะแห้งตามมา ลักษณะดังกล่าวจะเกิดขึ้นในการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน ที่มีความลาดเท อย่างเห็นได้ชัดกว่าในการให้น้ำทางร่องคู ช่วงระยะเวลานับจากน้ำที่หัวแปลงแห้งถัดต่อ ๆ มาจนแห้งถึงท้ายแปลงเรียกว่า ช่วงน้ำแห้ง กราฟซึ่งเขียนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลานับจากเริ่มต้นให้น้ำกับระยะทาง จากหัวแปลงถึงจุดต่าง ๆ ที่น้ำเริ่มแห้งเรียกว่า กราฟน้ำแห้ง

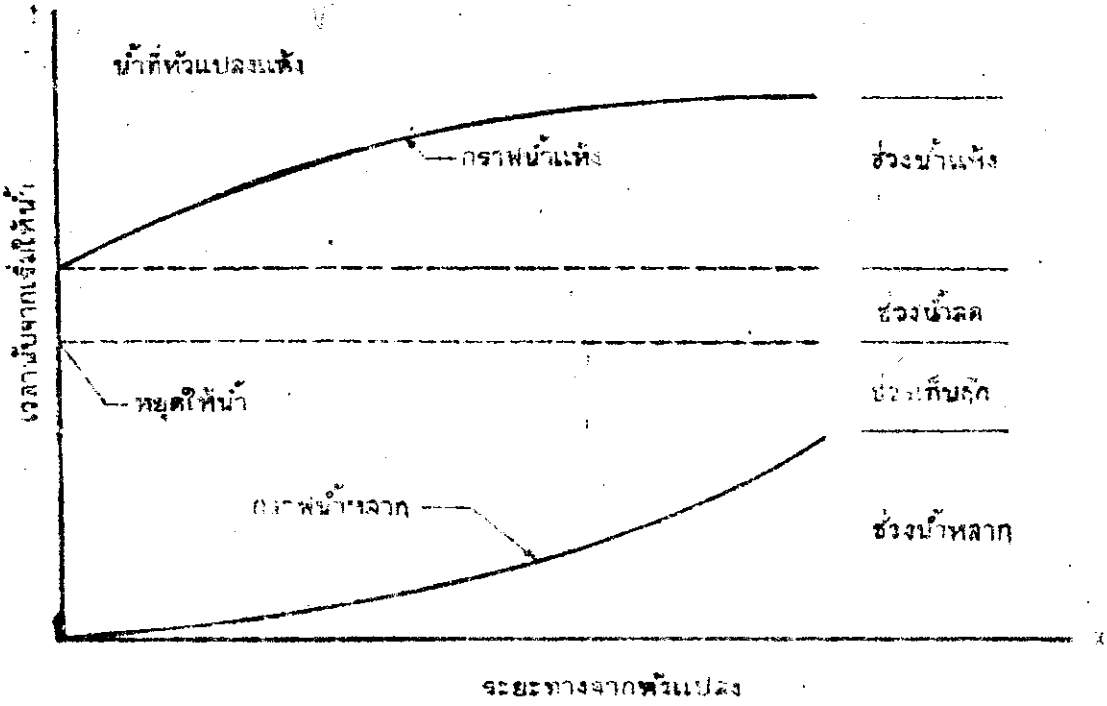
ลักษณะการไหลหลากของน้ำในช่วงน้ำหลาก กราฟน้ำหลากและกราฟน้ำแห้งแสดงไว้ในรูปที่ 1 และ 2 ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์ต่าง ๆ เหล่านี้มีประโยชน์ในการประเมินการให้น้ำทางผิวดิน

ประสิทธิภาพและความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

ประสิทธิภาพโดยทั่วไปเป็นสิ่งที่ใช้วัดความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพของการชลประทานจะใช้เป็นเกณฑ์ความปลอดภัยที่เผื่อไว้ในการออกแบบขนาดของระบบชลประทาน และ

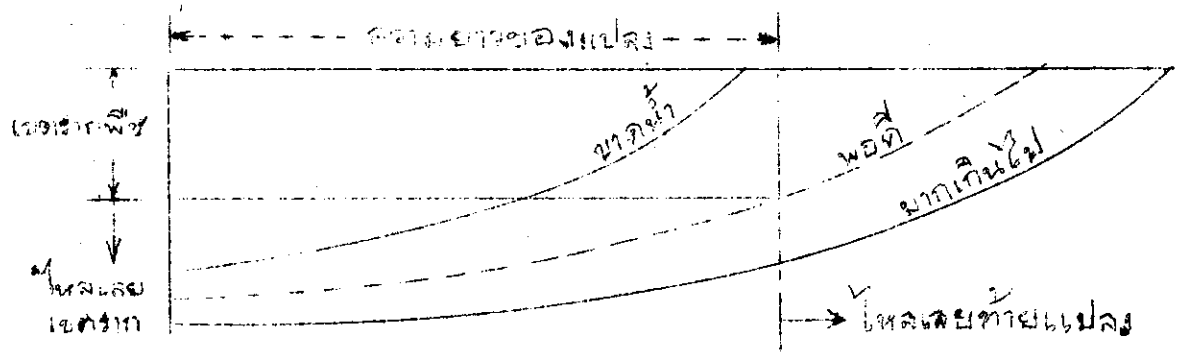


รูปที่ 1 แสดงลักษณะของการซึมประทานแบบผิวดินในช่วงน้ำหลาก



รูปที่ 2 ช่วงระยะเวลาต่างๆ ในการซึมประทานแบบผิวดิน

เป็นตัวชี้ให้เห็นว่าควรจะมีการปรับปรุงแก้ไขระบบชลประทานและวิธีการให้น้ำที่มีอยู่ให้ดีขึ้นอย่างไร นอกจากนี้ประสิทธิภาพของการชลประทานยังมีไว้สำหรับใช้คำนวณหาปริมาณน้ำชลประทาน ที่จะต้องจัดส่งให้ด้วย สำหรับประสิทธิภาพของการชลประทานในการให้น้ำของผิวดินจะพิจารณาจากปริมาณน้ำที่ส่งเข้าไปในแปลงเพาะปลูกกับปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงไปในดิน และไหลเลยท้ายแปลงเพาะปลูกไป ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3 และในที่นี้จะขอกล่าวถึงประสิทธิภาพ



รูปที่ 3 ลักษณะการไหลของน้ำซึมลงไปในดิน

การชลประทานที่จะเป็นไปได้ และที่เกิดขึ้นจริงในสนามดังนี้

1. ประสิทธิภาพการแผ่กระจายน้ำ (Ed) เป็นตัวบ่งชี้ว่าการให้น้ำมีความสม่ำเสมอดีเพียงไร มีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการแผ่กระจายน้ำ} = \frac{\text{ความลึกของน้ำที่ซึมลงในดินน้อยที่สุดในแปลง}}{\text{ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมลงในดินในแปลง}} \quad \ldots\ldots$$

2. ประสิทธิภาพการชลประทาน (Ei) เป็นตัวบ่งชี้ว่าระบบชลประทานที่มีอยู่ได้ออกแบบและก่อสร้างไว้ดีเพียงไร โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการชลประทาน} = \frac{\text{ความลึกของน้ำที่ต้องการให้ไปเก็บกักอยู่ในเขตราก}}{\text{ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่เปิดเข้าแปลง}} \quad \ldots\ldots$$

3. ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) เป็นตัวบ่งชี้ว่าผู้ให้น้ำใช้ระบบได้ดีเพียงไร กล่าวคือ ให้น้ำด้วยอัตราที่พอเหมาะกับขนาดและความยาวแปลงหรือไม่ ให้น้ำตรงตามความต้องการหรือไม่ โดยมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการให้น้ำ} = \frac{\text{ความลึกเฉลี่ยของน้ำในดินส่วนที่อยู่ในเขตรากพืช}}{\text{ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่เปิดเข้าหัวแปลง}} \quad \ldots\ldots\ldots($$

✓ ตัวอย่าง

จากการทดลองประเมินผลการให้น้ำในร่องดู ซึ่งยาว 350 เมตร บนดินร่วนปนทราย พื้นที่มีความลาดเท 0.2 เปอร์เซนต์ ข้อมูลอื่น ๆ มีดังต่อไปนี้

ระยะเวลาให้น้ำ 4 ชั่วโมง

ระยะระหว่างร่อง 0.90 เมตร

ความยาวของร่องที่ต้องการประเมิน 200 เมตร

ความชื้นในดินที่ขาดหายไป 50 มิลลิเมตร

อัตราการให้น้ำ 1.00 ลิตร/วินาที

กราฟน้ำหลาก และกราฟการดูดซึมน้ำของร่องดู แสดงไว้ในรูปที่ 4 และ 5

จงคำนวณหา ประสิทธิภาพการกระจายน้ำ (Ed) ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) และประสิทธิภาพการชลประทาน (Ei)

วิธีทำ

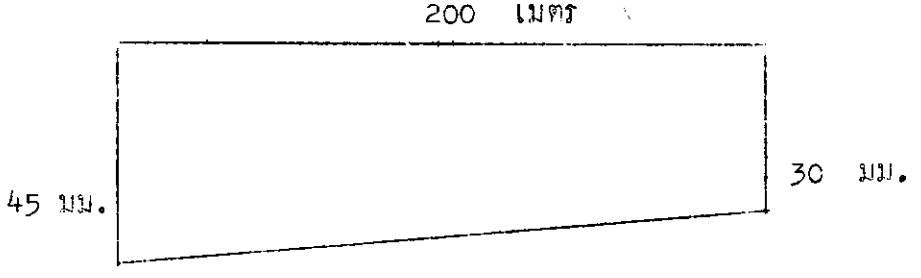
1) ประสิทธิภาพการกระจายน้ำ (Ed) = $\frac{\text{ความลึกของน้ำที่ซึมลงในดินน้อยที่สุดในเขตแปลง}}{\text{ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมลงในดินในเขตแปลง}}$

ในตัวอย่างมีระยะเวลาการให้น้ำนาน 4 ชั่วโมง หรือ 240 นาที ดังนั้นดินที่หัวร่องจึงมีระยะเวลาดูดซึมเท่ากับเวลาที่ให้น้ำ คือ 240 นาที จากกราฟในรูปที่ 5 จะได้ความลึกของน้ำที่ซึมเข้าได้ที่หัวร่องเท่ากับ 45 มม. ความยาวของร่องที่ทำการประเมินผลการให้น้ำเท่ากับ 200 ม. ซึ่งจากกราฟในรูปที่ 4 จะได้ว่าเวลาที่น้ำไหลจากหัวร่องถึงท้ายร่อง เท่ากับ 90 นาที

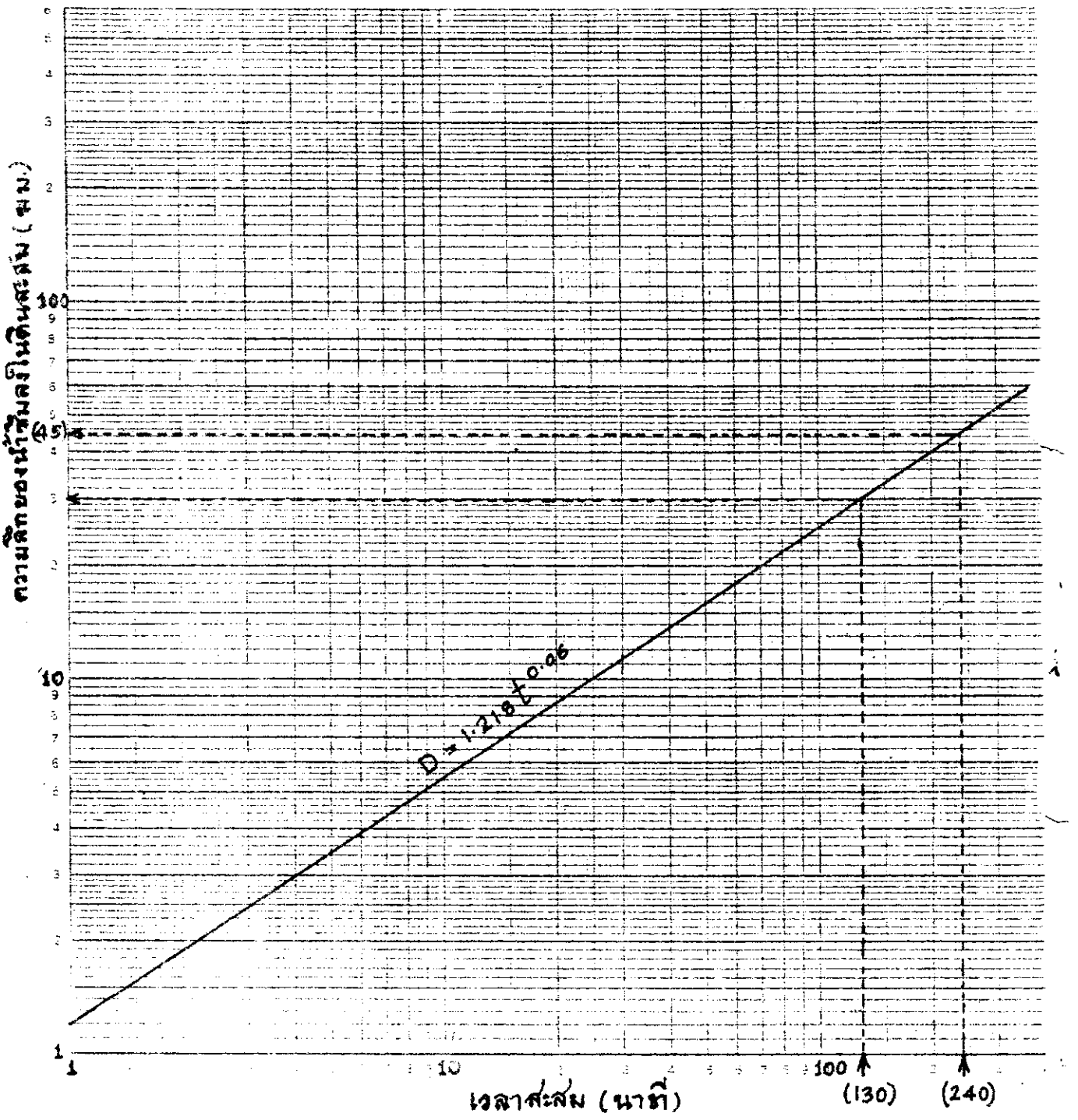
ดังนั้นเวลาที่น้ำซึมลงในดินที่ท้ายร่อง = ระยะเวลาให้น้ำ - เวลาที่น้ำไหลจากหัวถึงท้ายร่อง

= 240 - 90 = 130 นาที

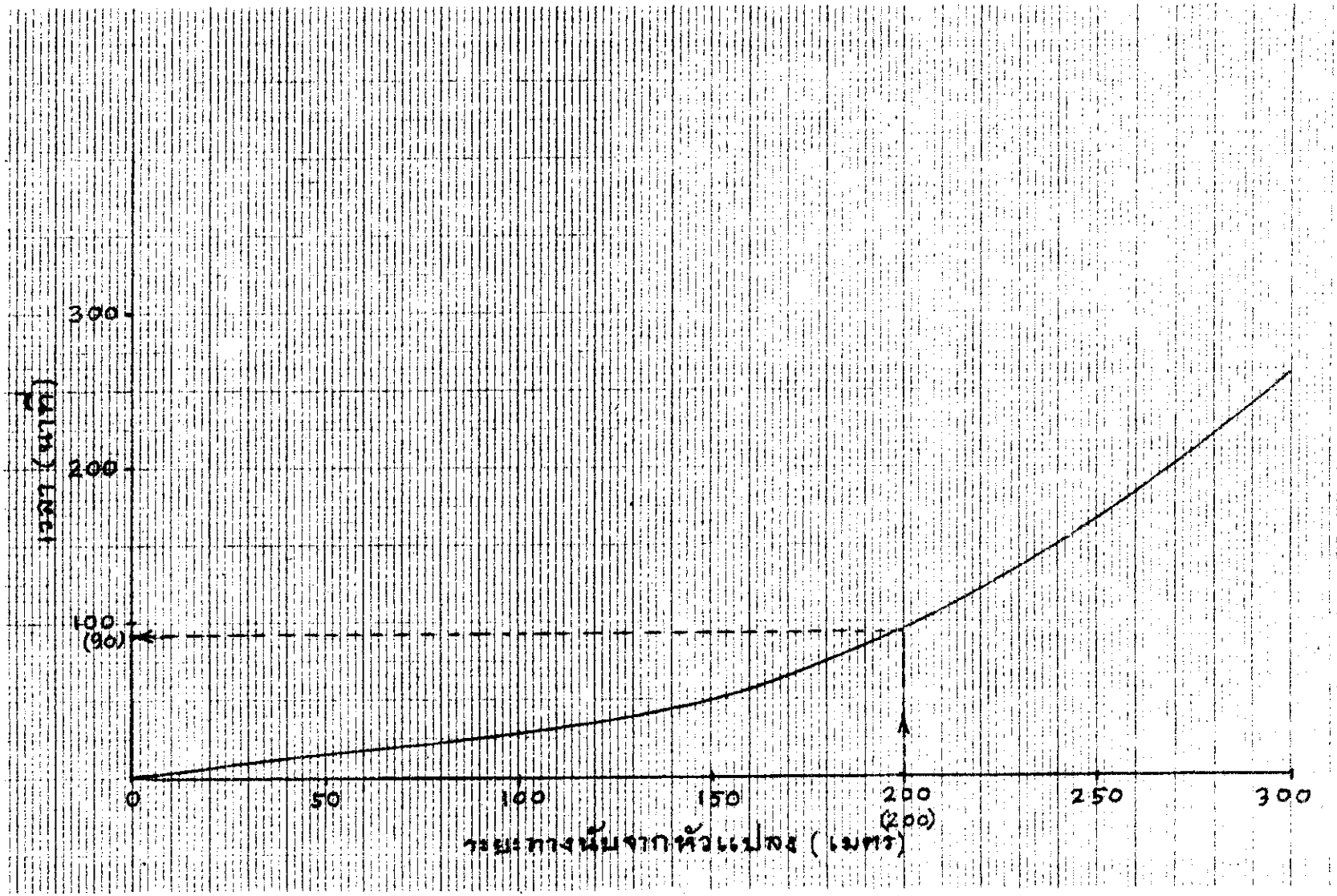
จากกราฟในรูปที่ 5 จะได้ว่าความลึกของน้ำที่ซึมที่ท้ายร่องเท่ากับ 30 มม.



ดังนั้น $Ed = \frac{30}{(30 + 45)/2} \times 100 = 80\ \%$



รูปที่ 5 กราฟการดูดซึมน้ำของร่องดู



รูปที่ 4 กราฟน้ำหลากของการให้น้ำทางร่องดู

2) ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) = $\frac{\text{ความลึกเฉลี่ยของน้ำในดินส่วนที่อยู่ในเขตรากพืช}}{\text{ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่เปิดเข้าหัวแปลง}}$

เนื่องจากความชื้นในดินที่ขาดหายไปในเขตรากพืช เป็น 50 มม. ตามโจทย์ และน้ำที่ซึมในเขตรากที่หัวแปลงซึ่งมีมากที่สุดแค่ 45 มม. และที่ท้ายแปลง 30 มม. ดังนั้น ความลึกเฉลี่ยของน้ำในดินส่วนที่อยู่ในเขตรากพืช = $\frac{45 + 30}{2}$ = 37.5 มม.

ปริมาณที่น้ำเปิดเข้าในร่องทั้งหมด = 1 ลิตร/วินาที x 4 ชั่วโมง

= 1,000 ซม^3 x 4 x 60 x 60

= 14.4×10^6 ซม^3

ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่เปิดเข้าหัวร่อง = $\frac{\text{ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าทั้งหมด}}{\text{เนื้อที่ของร่องดู}}$

= $\frac{14.4 \times 10^6 \text{ ซม}^3}{200 \text{ ม.} \times 0.9 \text{ ม.}}$

= $\frac{14.4 \times 10^6}{1.8 \times 10^6}$ = 8 ซม. = 80 มม.

∴ ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) = $\frac{37.5}{80} \times 100$ = 46.87 %

3) ประสิทธิภาพการชลประทาน (Ei) = $\frac{\text{ความลึกของน้ำที่ต้องการให้ไปเก็บกักไว้ในเขตราก}}{\text{ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่เปิดเข้าหัวแปลง}}$

ความลึกของน้ำที่ต้องการให้ไปเก็บไว้ในเขตราก = ความชื้นในดินที่ขาดหายไป ซึ่งเท่ากับ 50 มม. จากที่โจทย์กำหนดให้ และจะต้องเท่ากับความลึกที่น้ำซึมลงในดินที่ท้ายร่อง แต่จากการวิเคราะห์ในข้างต้นจะเห็นว่า เมื่อให้น้ำ 4 ชั่วโมง ท้ายแปลงมีน้ำซึมลงไปในดินเพียง 30 มม.

ถ้าต้องการให้น้ำซึมลงในดินที่ท้ายร่อง 50 มม. จากกราฟรูปที่ 5 จะต้องใช้เวลาในการซึม 280 นาที รวมกับเวลาที่น้ำไหลจากหัวร่องถึงท้ายร่อง ซึ่งยาว 200 ม. อีก 90 นาที จะได้เวลาที่จะต้องเปิดน้ำเข้าหัวร่องทั้งหมด 280 + 90 = 370 นาที

ดังนั้นจะได้ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่เปิดเข้าร่อง = $\frac{1 \text{ ลิตร/วินาที} \times 370 \text{ นาที}}{200 \text{ ม.} \times 0.90 \text{ ม.}}$

$$\frac{1 \text{ ลิตร/วินาที} \times 370 \text{ นาที} \times 60 \frac{\text{วินาที}}{\text{นาที}} \times 1000 \text{ ซม.}^3}{200 \text{ ม.} \times 100 \frac{\text{ซม.}}{\text{ม.}} \times 0.9 \text{ ม.} \quad 100 \frac{\text{ซม.}}{\text{ม.}}}$$

$= 12.3$ ซม. $= 123$ มม.

จะได้ประสิทธิภาพการชลประทาน $= \frac{50}{123} \times 100 = 40.65$ %

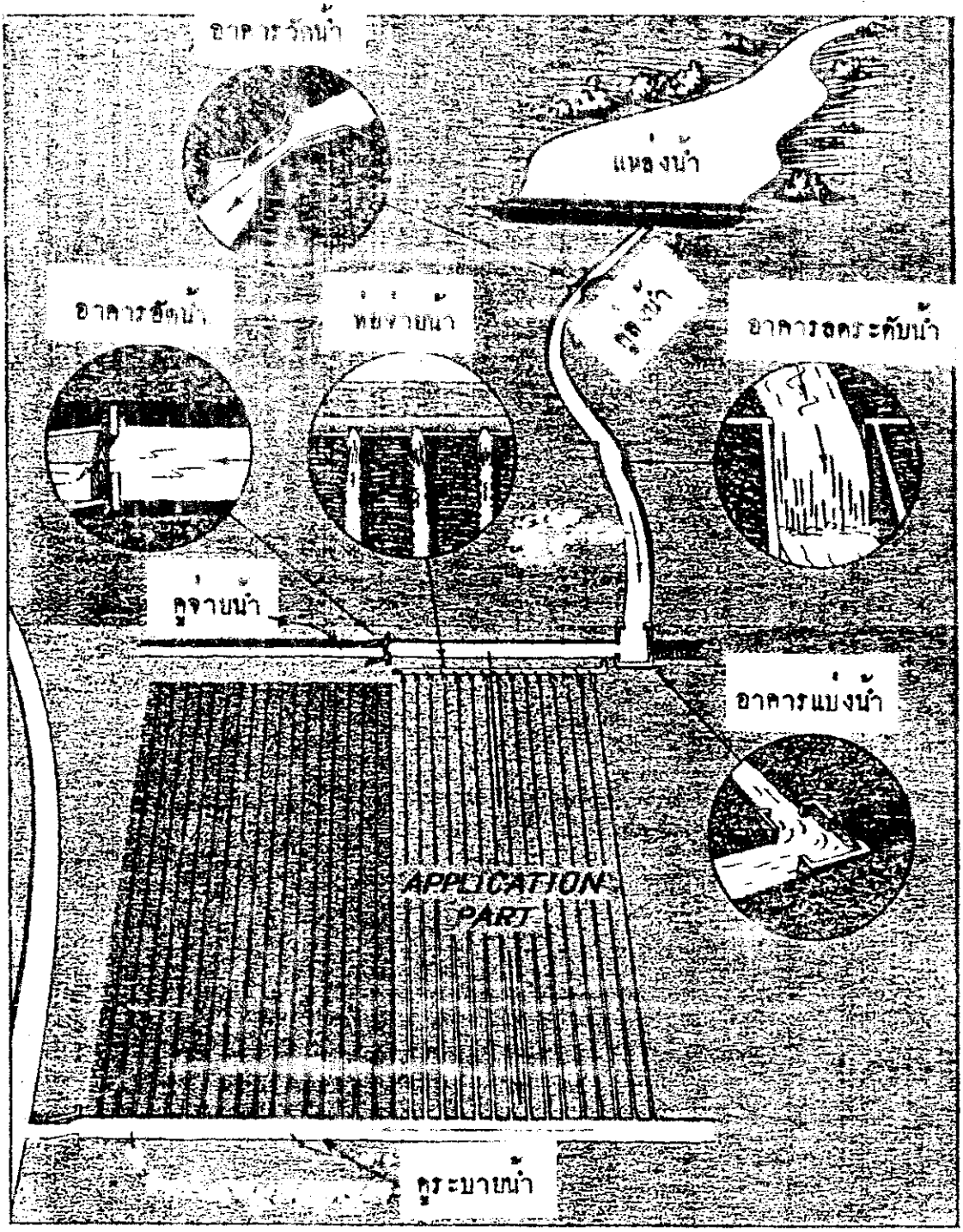
จากการพิจารณาดูสัดส่วนระหว่างเวลาที่น้ำไหลจากหัวร่องถึงท้ายร่องกับระยะเวลาที่ต้องการให้น้ำซึมลงในดินที่ท้ายแปลง 50 มม. เท่ากับ $90/280$ ประมาณ $1/3$ จะเห็นว่าสัดส่วนค่อนข้างพอใช้ได้ ถ้าจะให้ดีควรอยู่ประมาณ $1/5$ ถึง $1/4$ ซึ่งอาจทำได้โดย การลดปริมาณน้ำที่ส่งเข้าหัวแปลงให้น้อยลง หรือให้แปลงเพาะปลูกสั้นเข้า หรือยอมให้ความชื้นในดินลดลงไปอีก จากผลที่ได้จากการคำนวณประสิทธิภาพการกระจายน้ำจะเห็นว่าได้ค่าค่อนข้างสูง คือ 80 % ซึ่งแสดงว่าการกระจายน้ำสม่ำเสมอดี ทั้งนี้เนื่องจากว่าปริมาณน้ำที่ส่งเข้าที่หัวแปลงค่อนข้างสูง

<u>ส่วนประกอบของระบบชลประทาน</u>

โดยทั่วไประบบชลประทานจะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 5 ส่วนด้วยกันคือ แหล่งน้ำ, ทางลำเลียงน้ำ อาคารควบคุมและบังคับน้ำ คูจ่ายน้ำ และคูระบายน้ำ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6 ซึ่งจะแยกกล่าวถึงในรายละเอียดของส่วนต่าง ๆ พอสังเขปดังต่อไปนี้

1. <u>แหล่งน้ำ</u> นับว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในระบบชลประทาน เพราะถ้าไม่มีน้ำแล้วส่วนอื่น ๆ ที่ได้ทำการก่อสร้างไปก็เปล่าประโยชน์ แหล่งน้ำนี้อาจจะมีอยู่ใต้ดินหรือบนผิวดิน เช่น ในอ่างเก็บน้ำ สระ บ่อ แม่น้ำ หนอง คลอง และบึง ถ้าแหล่งน้ำที่จะนำน้ำมาใช้มีระดับอยู่ต่ำกว่าแปลงเพาะปลูก ก็มีความเป็นที่จะต้องมีเครื่องสูบน้ำ เพื่อสูบน้ำขึ้นมาใช้ และในการที่จะเปิดพื้นที่เพื่อวางระบบชลประทาน จะต้องทราบว่ามีปริมาณน้ำมากพอสำหรับเนื้อที่ขนาดนั้นหรือไม่

2. <u>ทางลำเลียงน้ำ</u> ทำหน้าที่ลำเลียงหรือผ่านน้ำจากแหล่งน้ำมายังแปลงเพาะปลูก อาจจะเป็นลักษณะทางน้ำเปิด หรือท่อส่งน้ำก็ได้ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ปริมาณน้ำต้นทุนที่มีอยู่ แรงงาน การดูแลรักษา ประเภทของระบบกระจายน้ำ และจำนวนเงินที่จะมาลงทุนก่อสร้าง ถ้าเป็นท่อส่งน้ำจะทำให้มีการสูญเสียน้อยกว่า ไม่เสียพื้นที่สำหรับวางระบบควบคุมง่าย และไม่ต้องมีการ



รูปที่ 6 ส่วนประกอบของระบบชลประทานในไร่นา

ดูแลกำจัดวัชพืช แต่จะต้องลงทุนมาก ขนาดของทางลำเลียงน้ำไม่ว่าจะเป็นท่อหรือคลองเปิด จะต้องมีขนาดที่พอเหมาะสามารถที่ลำเลียงน้ำได้จำนวนมากพอในช่วงการใช้น้ำสูงสุดได้ และไม่ควรมีขนาดใหญ่เกินไป ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองค่าก่อสร้างโดยใช่เหตุ

3. อาคารควบคุมและบังคับน้ำ เป็นสิ่งก่อสร้างที่มีอยู่ในทางลำเลียงน้ำ ถ้าเป็นคลองหรือคูส่งน้ำก็ได้แก่ประตูน้ำ อาคารลดระดับน้ำ อาคารอัดน้ำ อาคารแบ่งน้ำเป็นต้น ทำหน้าที่สำหรับบังคับน้ำให้ไหลผ่านไปในจำนวนเวลา และในส่วนของพื้นที่ที่ต้องการ อาคารควบคุมและบังคับน้ำนี้ หมายรวมถึงอาคารวัดน้ำเพื่อจะได้ทราบว่ามีปริมาณน้ำเท่าไร ที่ไหลผ่านอยู่ในระบบ

4. คูจ่ายน้ำ ส่วนนี้นับว่าสำคัญยิ่งสำหรับระบบชลประทานในระดับแปลงเพาะปลูก จะอยู่ในส่วนของหัวแปลงเพาะปลูกที่จะให้น้ำ ทำหน้าที่รับน้ำและลำเลียงน้ำจากคลอง หรือคูส่งน้ำเข้าไปและจ่ายน้ำให้แก่พื้นที่เพาะปลูก ซึ่งอาจจะทำได้โดยใช้ท่อทำเป็นกาลักน้ำ ท่อฝังดิน หรือใช้จอบขุดดินเปิดน้ำเข้าในส่วนที่จะให้น้ำ คูจ่ายน้ำจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะลำเลียงน้ำไปสู่แปลงเพาะปลูกได้ตามจำนวนไร่ที่ต้องการ ถ้าเป็นคูดินที่ไม่ได้ดาดด้วยคอนกรีตหรือวัสดุอย่างอื่น จะต้องคอยดูแลรักษาไม่ให้วัชพืชขึ้นสูงมากนัก มิฉะนั้นจะเป็นตัวขวางทางน้ำทำให้น้ำไหลไม่สะดวก และทำให้มีปริมาณน้ำที่ไหลผ่านในคูลดลง ถ้าใช้กาลักน้ำเป็นวิธีนำน้ำจากคูจ่ายน้ำลงไปในแปลงเพาะปลูก จะต้องทำให้มีระดับน้ำในคูสูงกว่าระดับพื้นที่แปลงเพาะปลูกที่บริเวณหัวแปลงอย่างน้อย 20 ซม. และคูกว้างอย่างน้อย 30 ซม. โดยคูมีความลาดเทด้านข้าง 1:1 คูจ่ายน้ำในที่นี้หมายรวมถึงท่อจ่ายน้ำหัวแปลงด้วย

5. คูระบายน้ำ ส่วนนี้ก็นับว่าสำคัญยิ่งเช่นกัน โดยเฉพาะถ้าทำการปลูกพืชไร่พืชผัก หรือไม้ผล ที่ไม่ใช่ข้าว ปกติแล้วจะไม่ค่อยคำนึงถึงถึงเกี่ยวกับการระบายน้ำ จะเห็นว่ามักจะเกิดปัญหาการระบายน้ำขึ้นโดยเฉพาะในช่วงฝนตกชุก คูระบายน้ำจะทำหน้าที่ระบายน้ำส่วนเกินที่ไม่ต้องการสำหรับการเพาะปลูกทั้งปริมาณน้ำส่วนเกินที่เกิดจากฝนตก หรือจากน้ำชลประทานที่ส่งเข้าไปในพื้นที่เพาะปลูก คูระบายน้ำจะอยู่ในส่วนท้ายแปลงด้านที่มีระดับต่ำ รวบรวมน้ำส่วนเกินแล้วนำส่งไปทิ้งในคูระบายน้ำใหญ่อีกทีหนึ่ง

<u>สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการออกแบบ</u>

1. ความลึกของน้ำที่ส่งให้ ความลึกของน้ำที่จะต้องส่งให้ในแต่ละครั้ง เป็นสิ่งที่สำคัญ

ที่สุดในการพิจารณาออกแบบ ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดให้เป็นค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้งแปลง ถึงแม้ว่าความชื้นในดินที่ดดลงจะไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งแปลง และน้ำก็ไม่สามารถกระจายไปได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแปลงก็ตาม ส่วนมากจะออกแบบให้สามารถให้น้ำจนความชื้นในเขตรากพืชซึ่งถึงความชื้นชลประทานเพื่อจะได้ใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด เมื่อมีน้ำมาให้ และจะเริ่มให้น้ำเมื่อความชื้นในดินลดลงไม่เกิน 50 % ของความสามารถในการอุ้มน้ำของดินส่วนจะเป็นเมื่อไร เวลาใดก็ขึ้นอยู่กับอายุของพืช ปริมาณฝนและสภาพภูมิอากาศ การลดจำนวนครั้งของการให้น้ำก็ถือว่าเป็นการลดแรงงานด้วย ในพื้นที่ที่มีปัญหาด้านดินเค็มก็จำเป็นที่จะต้องให้น้ำเกินความชื้นชลประทาน เพื่อเป็นการชะล้างเกลือไปด้วย ความลึกของน้ำที่ส่งให้ จะมีผลกระทบโดยตรงกับระยะเวลาที่จะต้องส่งน้ำเข้าไปในแปลง ซึ่งจะต้องส่งให้จนกว่าจุดที่ได้รับน้ำช้าที่สุดในแปลงเพาะปลูกมีน้ำซึมลงไปในดินจนถึงมีความลึกของน้ำที่ซึมสะสม อย่างน้อยเท่ากับความลึกของน้ำที่ส่งให้ และระยะเวลาที่จะต้องส่งน้ำเข้าไปในแปลงนี้ จะใช้พิจารณาถึงขนาดพื้นที่เพาะปลูกที่จะให้น้ำในเวลาเดียวกัน เมื่อมีน้ำส่งให้มาในจำนวนจำกัด หรือเป็นตัวกำหนดปริมาณน้ำที่จะต้องส่งและขนาดของคูส่งน้ำ เมื่อกำหนดหน่วยพื้นที่ที่จะส่งน้ำ

2. การไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน จะมีการเปลี่ยนแปลงไปกับชนิดของดิน และจะมีผลกระทบกับระยะเวลาที่จะต้องส่งน้ำเข้าไปในแปลง ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่าในการให้น้ำแต่ละครั้งจะต้องให้จุดที่น้ำไหลไปถึงช้าที่สุดในแปลงมีน้ำซึมลงไปในดิน มีความลึกสะสมอย่างน้อยที่สุดเท่ากับความลึกของน้ำที่จะต้องส่งให้ เพื่อให้ทั่วทั้งแปลงมีความชื้นในดินถึงความชื้นชลประทาน

3. สภาพภูมิประเทศและส่วนที่เกี่ยวข้อง สภาพภูมิประเทศจะเป็นตัวกำหนดประเภทของระบบการให้น้ำ ถ้าพื้นที่เป็นลูกคลื่นมีรูป ร่างไม่เป็นเรขาคณิต และชั้นดินตื้น อาจจะไม่เป็นการดีที่จะใช้ระบบการให้น้ำทางผิวดิน ซึ่งถ้าใช้ระบบนี้จะทำให้มีระบบส่งน้ำที่ยุ่งยาก การกระจายน้ำไม่ค่อยดี เป็นผลให้มีประสิทธิภาพต่ำ แต่ถ้าพื้นที่ค่อนข้างเรียบมีรูปทรงเรขาคณิต และชั้นดินลึกจะทำให้มีโอกาสเลือกประเภทของระบบการส่งน้ำได้ดีกว่า การกระจายน้ำทำได้ดีและมีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นแปลงเพาะปลูกที่จะออกแบบระบบให้น้ำทางผิวดินจำเป็นต้องแสดงขอบเขตของแปลงระดับของพื้นดิน และลักษณะและชนิดของชั้นดิน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะบอกถึงความลาดเทของพื้นที่ขนาดและรูปร่างของแปลงโดยตรง และเป็นสิ่งที่จะช่วยบอกว่าจะต้องให้น้ำไปในทิศทางใดด้วยปริมาณเท่าใด

การให้น้ำทางร่องคู (Furrow Irrigation)

การชลประทานแบบนี้ให้น้ำโดยปล่อยให้น้ำไหลไปในคูขนาดเล็ก และให้น้ำซึมเข้าไปในดินทางข้าง ๆ และบนท้องคู การให้น้ำแบบนี้เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถวและพืชที่ไม่ชอบให้น้ำท่วมโคน เช่น พวกผักต่าง ๆ ข้าย ข้าวโพด โดยปกติแล้วพืชเหล่านี้จะปลูกบนหลังคันซึ่งอยู่ระหว่างคูน้ำเล็ก ๆ สองคู คูดังกล่าวนี้ส่วนมากจะเป็นรูปตัววี (V) ในกรณีที่ดินมีอัตราการซึมต่ำมากก็อาจจำเป็นต้องเพิ่มพื้นที่สำหรับให้น้ำซึมเข้ามากขึ้น ซึ่งทำได้โดยการขยายท้องคูให้มีขนาดใหญ่ขึ้นจนเป็นรูปตัวยู (U) พื้นคูรูปตัวยูดังกล่าวนี้อาจจะมีขนาดตั้งแต่ 15 ถึง 25 เซนติเมตร

รูปร่างของคูอาจจะเปลี่ยนไปได้หลังจากการให้น้ำ เช่น คูมักจะตื้นขึ้นถ้าความลาดเทของพื้นที่ชันมาก และคูที่อยู่บนพื้นที่ที่มีความลาดเทน้อยมักจะกว้างออก

ระยะระหว่างร่องคูจะขึ้นอยู่กับพืชที่ปลูก ชนิดของเครื่องมือเตรียมดินที่ใช้ และการไหลของน้ำทางด้านข้างซึ่งขึ้นอยู่กับเนื้อดินและระยะเวลาที่ให้น้ำ ดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีการไหลซึมทางด้านข้างได้มากกว่า ดินที่มีเนื้อหยาบ การเลือกระยะระหว่างร่องคูที่เหมาะสมจะทำให้การให้น้ำมีประสิทธิภาพดีขึ้นดังนั้นหลังจากหยุดให้น้ำแล้วควรตรวจดูลักษณะการเปียกน้ำของดินตลอดหน้าตัดของร่องว่าการให้น้ำนั้นทั่วถึงหรือไม่ ถ้าไม่ทั่วถึงก็จะต้องลดระยะระหว่างร่องคูลงอีกเมื่อปลูกพืชครั้งใหม่ต่อไป

ความลาดเทของคูเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งในการให้น้ำแบบนี้ ถ้าความลาดเทของคูสม่ำเสมอตลอดความยาว การให้น้ำก็มักจะสม่ำเสมอ ในทางตรงกันข้ามถ้าความลาดเทไม่สม่ำเสมอ คูตอนที่ราบกว่าก็จะได้รับน้ำมาก ตอนที่มีความลาดเทมากก็จะได้รับน้ำน้อยกว่า โดยปกติแล้วความลาดเทร่องคูไม่ควรจะชันมากกว่า 2 เปอร์เซนต์ แต่ถ้าพื้นที่นั้นอยู่ในบริเวณที่มีฝนตกหนักเป็นประจำ ความลาดเทไม่ควรจะชันกว่า 0.3 เปอร์เซนต์ ถ้าชันกว่านี้แล้วอาจก่อให้เกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรงขึ้นได้

เพื่อให้การให้น้ำมีประสิทธิภาพ ความยาวของร่องคูจะต้องมีขนาดพอเหมาะ กล่าวคือไม่ยาวหรือสั้นเกินไป ถ้าร่องคูสั้นมากก็จะต้องมีคูส่งน้ำมากขึ้นซึ่งจะทำให้เปลืองพื้นที่และทำให้การทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรไม่สะดวก นอกจากนั้นยังต้องใช้แรงงานในการให้น้ำมากกว่าอีกด้วย ถ้าหากร่องคูนั้นมีขนาดยาวเกินไป การให้น้ำก็จะต้องใช้เวลานานมาก ความลึกของน้ำที่ซึมลงไปในดินทางด้านต้นน้ำก็จะมากเกินความต้องการและเกิดการสูญเสียน้ำโดยการซึมลงเลยเขตราก หรือมิฉะนั้นก็

จะต้องให้น้ำด้วยอัตราที่สูงซึ่งอาจจะทำให้เกิดการกัดเซาะขึ้นได้

ความยาวของร่องคูอาจถูกจำกัดโดยขนาดของพื้นที่เพาะปลูก หรือจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน เช่น การเปลี่ยนแปลงอัตราการซึม ในพื้นที่เดียวกัน ถ้าอัตราการซึมแตกต่างกันมากก็จำเป็น ต้องจำกัดความยาวของร่องโดยให้คุณสมบัติของดินในร่องเดียวกันต่างกันน้อยที่สุด

องค์ประกอบที่จะต้องนำมาพิจารณาในการเลือกความยาวของร่องคูก็คือความลาดเทของพื้นที่ ชนิดของดิน พืชที่ปลูก และอัตราการให้น้ำในแต่ละร่อง

ในพื้นที่ที่ลาดชันราบ เช่น พื้นที่ที่มีความลาดเทน้อยกว่า 0.5 เปอร์เซนต์ ความยาวของร่องคูในพื้นที่ดังกล่าวจะสามารถเพิ่มขึ้นได้อีกถ้าความลาดเทชันขึ้นแต่ถ้าความลาดเทของพื้นที่ชันกว่า 0.5 เปอร์เซนต์ แล้วจะต้องลดความยาวของร่องคูลงเมื่อความลาดเทมีค่ามากขึ้น มิฉะนั้นจะเกิดการกัดเซาะขึ้นได้

เนื่องจากว่าน้ำซึมลงไปในดินทรายได้เร็วกว่าดินเหนียว ดังนั้นความยาวของร่องคูในดินทรายจึงต้องสั้นกว่า เพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยการซึมลงเลยเขตรากที่หัวแปลงมาก ความยาวของร่องคูอาจจะเพิ่มขึ้นได้อีกถ้าความลึกของน้ำที่ต้องการจะให้มีค่าเพิ่มขึ้นและเนื่องจากว่าความลึกของน้ำที่ให้แต่ละครั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถอุ้มน้ำของดิน และความลึกของรากพืช ดังนั้นถ้าปลูกพืชที่มีรากลึกในดินเหนียวก็จะสามารถใช้ร่องคูยาวกว่าที่ปลูกพืชรากตื้นในดินทราย

อัตราการให้น้ำในร่องคูเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอันหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการให้น้ำ การที่จะให้พืชแต่ละจุดตลอดความยาวของร่องได้รับน้ำสม่ำเสมอกันนั้น น้ำที่ให้จะต้องไหลไปถึงจุดเหล่านั้นในเวลาที่สั้นที่สุดเพื่อที่ว่าระยะเวลาที่มีน้ำขังอยู่ที่จุดต่าง ๆ นั้นแตกต่างกันน้อยที่สุด ดังนั้นการให้น้ำในร่องจึงต้องให้ด้วยอัตราที่มากที่สุดเท่าที่ร่องนั้นจะสามารถรับได้ แต่ในขณะเดียวกันก็จะต้องไม่เกิดผลเสียอย่างอื่น เช่น เกิดการกัดเซาะในร่องด้วย จากการทดลองพบว่าพืชจะได้รับน้ำสม่ำเสมอกันดีถ้าน้ำที่ให้นั้นไหลไปสุดร่องโดยใช้เวลาเพียงเศษหนึ่งส่วนสี่ของเวลาที่จะต้องให้น้ำ เช่น สมมุติว่าถ้าต้องการให้น้ำแก่พืช 80 มม. ต้องใช้เวลาให้น้ำ 4 ชั่วโมง ดังนั้นน้ำควรจะไหลไปถึงปลายร่องโดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เป็นต้น

การกัดเซาะในร่องคูเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งที่ทำให้ไม่สามารถให้น้ำด้วยอัตราที่ต้องการ การกัดเซาะนี้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วของน้ำที่ไหลในร่องหรืออัตราการให้น้ำและความลาดเทของพื้นที่ จากการทดลองพบว่าอัตราการให้น้ำที่มากที่สุดที่จะไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะ อาจจะประมาณ

อย่างหยาบ ๆ ได้จากสมการที่ 4

$$Q = \frac{C}{S} \qquad \text{.........................} \quad 4$$

เมื่อ Q = อัตราการให้น้ำสูงสุดที่จะไม่เกิดการกัดเซาะ

S = ความลาดเทของร่องเป็นเปอร์เซ็นต์

C = ค่าคงที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5 เมื่ออัตราการให้น้ำมีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที และมีค่าเท่ากับ 10 เมื่ออัตราการให้น้ำมีหน่วยเป็นแกลลอน (U.S.) ต่อนาที

เมื่อน้ำไหลไปสุดร่องแล้วควรจะได้ลดอัตราการให้น้ำลงเพื่อมิให้เกิดการไหลออกนอกพื้นที่เพาะปลูกมากเกินไป และถ้าหากไม่ต้องลงทุนเพิ่มอีกมากควรจะรวบรวมน้ำเหล่านี้ไว้แล้วนำมาใช้อีก

โดยปกติแล้วเรามักจะพิจารณาเลือกความยาวของร่องคูจากความลาดเทของพื้นที่ ชนิดของดินและพืชที่ปลูก แล้วจึงทำการทดลองหาอัตราการให้น้ำที่เหมาะสมในสนาม การทดลองก็ทำโดยการให้น้ำในร่องคูที่เตรียมไว้ด้วยอัตราขนาดต่าง ๆ กัน แล้วเลือกใช้อัตราการให้น้ำและความยาวของร่องคูที่จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด ความยาวของร่องคูบนพื้นที่มีความลาดเทและดินชนิดต่าง ๆ อาจจะประมาณได้จากตารางที่ 1

<u>ตารางที่</u> 1 ความยาวของร่องคูสูงสุด (เมตร) สำหรับดิน ความลาดเทของพื้นที่ และความลึกของน้ำที่จะให้ขนาดต่าง ๆ

ความลาดเทของร่องคู %	ดินเหนียว (Clays)				ดินร่วน (Loams)				ดินทราย (Sands)				อัตราการให้น้ำสูงสุด ลิตร/วินาที
	ความลึกของน้ำที่จะให้ มม.												
	75	150	225	300	50	100	150	200	50	75	100	125	
.5	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	1.25
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	220	0.4
2.0	220	270	340	400	180	250	300	340	60	90	150	190	0.3

การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation)

การให้น้ำแบบนี้กระทำโดยเปิดน้ำเข้าทางหัวแปลง แล้วปล่อยน้ำให้ไหลท่วมเป็นผืนระหว่างคันดินสองคัน โดยมีทิศทางการไหลตามความลาดเทของพื้นที่ซึ่งอยู่ในแนวเดียวกันคันดินทั้งสองนั้น

ความลาดเทของพื้นที่การส่งน้ำเสมอตลอดความยาวของแปลง ยกเว้นในบริเวณ 10 ถึง 15 เมตร แรกนับจากหัวแปลงซึ่งควรจะราบกว่า เพื่อช่วยให้น้ำแผ่กระจายออกเต็มความกว้างก่อนที่จะไหลต่อไปยังท้ายแปลงซึ่งจะเป็นผลให้การให้น้ำสม่ำเสมอดีขึ้น ความลาดเทของพื้นที่ในการให้น้ำแบบนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการดูดซึมน้ำของดิน ดัชนีการถูกกัดเซาะ และชนิดของพืชที่ปลูก ความลาดเทที่ใช้กันมีขนาดตั้งแต่ 0.15 เปอร์เซนต์ จนกระทั่งถึง 7 เปอร์เซนต์ ในพื้นที่ที่ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์

โดยปกติแล้วไม่ควรมีความลาดเททางด้านกว้างของแปลง เพราะจะทำให้การแผ่กระจายของน้ำไม่สม่ำเสมอกัน แต่ในทางปฏิบัติแล้วเราอาจจะยอมให้มีความลาดเทในทิศทางดังกล่าวได้บ้าง ถ้าความแตกต่างระหว่างจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดในแนวนี้ไม่เกิน 5 เซนติเมตร

สำหรับความกว้างของแปลงหรือระยะห่างระหว่างคันดินนั้น ขึ้นอยู่กับความลาดเทของพื้นที่ กล่าวคือ ถ้าพื้นที่ค่อนข้างเรียบก็อาจจะให้มีความกว้าง 15 ถึง 20 เมตร หรือมากกว่านี้ก็ได้ ถ้าความลาดเทของพื้นที่อยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 0.4 เปอร์เซนต์ ความกว้างดังกล่าวไม่ควรเกิน 12 เมตร ถ้าความลาดเทของพื้นที่มากกว่า 0.5 เปอร์เซนต์ ความกว้างของแปลงไม่ควรเกิน 8 เมตร ความกว้างของแปลงดังกล่าวนี้จะต้องอยู่กับอัตราการส่งน้ำด้วย กล่าวคือ อัตราการส่งน้ำจะต้องมากพอที่จะท่วมท้าแปลงในระยะเวลาสั้นพอสมควร ถ้าอัตราการส่งน้ำนั้นไม่มากพอก็จำเป็นจะต้องลดความกว้างของแปลงลง มิฉะนั้นจะต้องสูญเสียน้ำเนื่องจากซึมลงเลยเขตรากพืช

สำหรับความยาวของแปลงที่จะใช้นั้น ถ้าพื้นที่เพาะปลูกมีขนาดเล็กก็มักจะใช้ความยาวของแปลงเท่ากับความกว้างหรือความยาวของพื้นที่ ถ้าพื้นที่มีขนาดใหญ่มากก็จำเป็นจะต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบ องค์ประกอบอีกอย่างที่จะต้องนำมาพิจารณาก็คืออัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน ถ้าดินมีอัตราการซึมต่ำมากแปลงก็จะยาวได้มาก ในกรณีที่ดินในพื้นที่เพาะปลูกนั้นมีอัตราการซึมที่แตกต่างกัน ก็จำเป็นจะต้องปรับความยาวของแปลงให้ในแต่ละแปลงนั้นมีอัตราการซึมใกล้เคียงกันมากที่สุด มิฉะนั้นแล้วน้ำที่ได้รับแต่ละจุดจะแตกต่างกันมาก

ถ้าอัตราการส่งน้ำมีค่าสูง การให้น้ำโดยวิธีนี้มักจะไม่มีปัญหา เพราะโดยปกติต้องการอัตราการให้น้ำค่อนข้างสูงอยู่แล้ว แต่ถ้าอัตราการส่งน้ำมีค่าต่ำแล้ว เราจะไม่สามารถให้น้ำครั้งละน้อย ๆ ได้ ทั้งนี้เพราะต้องใช้เวลามากกว่าน้ำจะไหลไปถึงท้ายแปลงซึ่งจะทำให้น้ำขังบนผิวดินนานและความลึกของน้ำที่ซึมลงในดินจะมากกว่าที่ต้องการ เพื่อความสะดวกเรามักจะวัดอัตราการให้น้ำเป็นอัตราการไหลของน้ำต่อหนึ่งหน่วยความกว้างของแปลง เช่น ลิตรต่อวินาทีต่อเมตร เมื่อเราคูณค่านี้ด้วยความกว้างของแปลงก็จะได้อัตราการให้น้ำต่อหนึ่งแปลง

จากที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าการที่จะเลือกขนาดของแปลงและอัตราการให้น้ำให้เหมาะสมนั้นทำได้ยากมาก เพราะจะต้องนำเอาคุณสมบัติของดิน ความลาดเท ความกว้าง และความยาวของแปลงตลอดจนอัตราการให้น้ำมาพิจารณาและเลือกอย่างถูกต้อง จึงจะได้การให้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูง ในทางปฏิบัติแล้วเรามักจะทำการทดลองหาเอาในสนามโดยใช้พื้นที่และวิธีการให้น้ำ เช่นเดียวกันกับที่จะใช้จริง ๆ การทดลองนี้จะทำได้โดยการใช้ความกว้างและความยาวของแปลงขนาดต่าง ๆ กัน แล้วตรวจสอบหาประสิทธิภาพของการให้น้ำ เมื่อให้น้ำด้วยอัตราต่าง ๆ ขนาดของแปลง และอัตราการให้น้ำสำหรับดินชนิดต่าง ๆ อาจจะเลือกใช้ได้จากตารางที่ 2 และ 3

ค่าต่าง ๆ ที่ให้ไว้ในตารางนั้นเป็นค่าที่รวบรวมจากการทดลองและจากที่ใช้ได้ผลมาแล้ว อย่างไรก็ตามเนื่องจากสภาพแวดล้อม และความชำนาญในการให้น้ำในแต่ละแห่งไม่เหมือนกัน จึงไม่ควรจะยึดถือเอาตัวเลขเหล่านี้เป็นกฎตายตัว ถ้าทำได้ควรจะทำการทดลองที่หาได้ในสนามจะถูกต้องดีกว่า

<u>การให้น้ำแบบท่วมเป็นอ่าง</u> (Basin Irrigation)

การให้น้ำแบบนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและนิยมใช้กันมากที่สุดวิธีหนึ่ง หลักการให้น้ำแบบนี้ก็คือ แบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลง ๆ โดยให้ผิวดินในแต่ละแปลงนั้นอยู่ในระดับเดียวกัน แล้วทำคันดินล้อมรอบพื้นที่นั้นไว้ เมื่อให้น้ำในแปลง น้ำก็จะแผ่กระจายท่วมผิวดินและซึมเข้าไปในดินสม่ำเสมอกัน ในบางครั้งอาจจะให้น้ำท่วมผิวดินอยู่ตลอดเวลา เช่นในนาข้าว หรือในแปลงที่ขังน้ำไว้เพื่อการชะล้างเกลือออกจากดิน เป็นต้น

การให้น้ำแบบนี้เป็นวิธีง่ายที่เหมาะกับพื้นที่ยอมให้น้ำท่วมโคนต้นได้ หรือสำหรับให้น้ำก่อนเตรียมแปลงหรือใช้สำหรับการชะล้างเกลือออกจากดิน แต่ไม่เหมาะสำหรับให้น้ำในช่วงแรก

ตารางที่ 2 ขนาดมาตรฐานสำหรับออกแบบการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation) สำหรับพืชที่รากลึก

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

ตารางที่ 3 ขนาดมาตรฐานสำหรับออกแบบการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation) สำหรับพืชที่มีรากตื้น

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	โปร่งมาก	1.5 -4.0	2-4	50-100	5-6	90
loam)						
ดินเหนียว	0.6	.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	1.0-4.0	1-4	25 - 75	5-6	90-130
(Loam)	บนชั้นดินตาน					

ของการปลูกพืชไร่ คือในช่วงที่เมล็ดกำลังงอกหรือต้นพืชยังเล็กอยู่ เพราะดินอาจจะเกิดการแตกระแหงและสูญเสียน้ำ ทำให้เป็นอันตรายต่อรากหรือต้นอ่อน นอกจากนั้น เนื่องจากว่าการให้น้ำแบบนี้ต้องใช้อัตราการให้น้ำสูง กระแสน้ำอาจทำลายต้นอ่อนซึ่งรากยังไม่ลึกพอที่จะยึดเหนี่ยวล้ำต้นไว้ได้

การเลือกขนาดของแปลงควรจะได้พิจารณาจากลักษณะของภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน พืชที่ปลูกและอัตราการส่งน้ำที่ได้รับ หรืออัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำที่มีอยู่ เป็นต้น

ในดินที่มีอัตราการซึมสูง เช่น ดินทราย ขนาดของแปลงจะต้องเล็ก ถึงแม้ว่าอัตราการส่งน้ำเข้าแปลงจะมากก็ตาม ทั้งนี้เพราะถ้าใช้แปลงขนาดใหญ่แล้วจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยการซึมเลยเขตรากมาก สำหรับดินเหนียวซึ่งมีอัตราการซึมต่ำ ถ้าอัตราการส่งน้ำมากก็อาจจะใช้แปลงขนาดใหญ่ได้ หลักสำคัญก็คือจะต้องให้พื้นที่มีขนาดพอเหมาะกับอัตราการส่งน้ำ กล่าวคือน้ำจะต้องไหลท่วมทั่วแปลงในระยะเวลาสั้นพอสมควร เพื่อที่ว่าความลึกของน้ำที่ซึมเข้าไปในดินที่จุดต่าง ๆ ในแปลงนั้นไม่ต่างกันมากนัก

ก่อนที่จะกำหนดขนาดของแปลงควรจะได้ศึกษาจากของเดิมที่มีอยู่ก่อนแล้ว ในบริเวณใกล้เคียง หรือทำการทดลองหาอัตราการซึมลงน้ำผ่านผิวดินเสียก่อน ขนาดของแปลงสำหรับดินและอัตราการให้น้ำขนาดต่าง ๆ อาจจะประมาณได้จากตารางที่ 4

<u>ตัวอย่าง</u>

พื้นที่เพาะปลูกในวิทยาเขตกำแพงแสนแปลงหนึ่ง มีขนาดกว้าง 100 ม. ยาว 200 ม. ความลาดเทตามด้านกว้างและด้านยาวของแปลงเท่ากับ 0.1 และ 0.2 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ จะทำการปลูกข้าวโพดในพื้นที่แปลงนี้ จงหาความลึกของน้ำที่จะต้องส่งให้ และปริมาณน้ำที่จะต้องส่งเข้าไปในถูกระจายน้ำตัวแปลงเมื่อจะทำการให้น้ำแบบร่องคู โดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. ระยะระหว่างร่องคู 1.00 ม.
2. ดินมีลักษณะการไหลของน้ำซึมลงในดิน ดังรูปที่ 5
3. ระยะเวลาที่น้ำไหลจากหัวร่องถึงท้ายร่อง 30 นาที เมื่อร่องคูยาว 200 ม.
4. เวลาที่ให้น้ำแต่ละครั้งไม่เกิน 8 ชั่วโมง

<u>วิธีทำ</u>

$$\text{จำนวนร่องคูทั้งหมด} = \frac{100 \text{ ม.}}{1.00 \text{ ม./ร่องคู}} = 100 \text{ ร่อง}$$

ตารางที่ 4 ขนาดของแปลงที่ควรใช้ (ไร่) สำหรับดินและอัตราการให้น้ำขนาดต่าง ๆ กัน สำหรับการให้น้ำแบบท่วมเป็นล่าง (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

กำหนดให้แบ่งพื้นที่การให้น้ำออกเป็น 2 ชุด ๆ ละ $100/2$ = 50 ร่อง
เมื่อให้น้ำครั้งละไม่เกิน 8 ชั่วโมง ดังนั้นแต่ละชุดจะได้รับน้ำ 4 ชั่วโมง
เวลาที่น้ำไหลซึมลงดินที่ท้ายแปลง = เวลาที่ส่งน้ำให้แต่ละชุด - เวลาที่น้ำไหลจากหัวถึงท้ายแปลง

= 4 ชั่วโมง - $\frac{1}{2}$ ชั่วโมง

= $3\frac{1}{2}$ ชั่วโมง หรือ 210 นาที

จากกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 5 จะได้ว่า เวลาสะสม 210 นาที จะมีความลึกของน้ำสะสมลงในดิน 41 ซม.

ดังนั้นความลึกของน้ำที่จะต้องส่งให้แต่ละครั้ง 41 ซม.

จากสมการที่ (4) หรือตารางที่ 1 เมื่อความลาดเทของร่องดู 0.2 เปอร์เซนต์ จะได้อัตราการให้น้ำสูงสุดที่ไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะในดู 3 ลิตร/วินาที/ร่องดู
ในที่นี้ขอใช้อัตราการให้น้ำ 1 ลิตร/วินาที/ร่องดู
ให้น้ำชุดละ 50 ร่อง

ดังนั้นปริมาณน้ำที่จะต้องส่งเข้าไปในดูกระจายน้ำหัวแปลง = 50 x 1 = 50 ลิตร/วินาที

ความหมายของการชลประทานแบบฉีดฝอย

วิธีการใช้น้ำ หมายถึง วิธีการที่จะนำน้ำชลประทานที่ส่งผ่านท่อส่งน้ำเข้านา (Farm turnout) เข้ามาแล้วไปใช้ในรูปแบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสมของพื้นที่ ของพืช และตามความชำนาญของกสิกร ผู้ใช้น้ำ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

การใช้น้ำแบบใต้ผิวดิน (Sub-surface irrigation) คือ วิธีการใช้น้ำโดยการให้น้ำถูกส่งไปทางใต้ผิวดิน จนกระทั่งความชื้นของดินถึง Field capacity ซึ่งมีวิธีการที่นิยมกันอยู่ 3 วิธี คือ ส่งน้ำผ่านคลองเปิด (Open ditch type) ส่งน้ำผ่านช่องทางที่ทำขึ้นใต้ผิวดิน (Mole drain type) และส่งน้ำผ่านท่อที่ฝังไว้ใต้ผิวดิน โดยปล่อยให้น้ำผ่านออกทางรอยต่อของท่อแต่ละท่อน ซึ่งวางห่างกันเล็กน้อย แต่เนื่องจากอุปสรรคในการระบายน้ำออกจากเนื้อดินที่ต้องทำอย่างรวดเร็ว และปัญหาที่รากพืชไปอุดตันช่องทางที่ทำไว้ใต้ดิน และรอยต่อของท่อที่เว้นไว้ ทำให้ ส่งน้ำไม่ได้ในฤดูกาลต่อ ๆ มา การใช้น้ำแบบใต้ผิวดินจึงหมดความนิยมไป

การใช้น้ำแบบบนผิวดิน (Surface irrigation) คือ วิธีการใช้น้ำโดยให้น้ำถูกส่งไปบนผิวดิน ให้เอิบอาบไปทั่วพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งมีวิธีการอยู่หลายวิธีการ เช่น ใช้น้ำโดยให้ขังอยู่ในพื้นที่เล็ก ๆ ที่ทำคันดินเล็กล้อมรอบ (Basin) ใช้น้ำในแบบร่องคูเล็ก ๆ (Furrow or corrugation) ใช้น้ำโดยให้น้ำไหลผ่านพื้นที่กว้างในระหว่างคันดินสองข้าง (Border) เป็นต้น วิธีการใช้น้ำแบบบนผิวดินนี้ยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และได้พัฒนาวิธีการให้สะดวกและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเรื่อย ๆ

การใช้น้ำแบบเหนือผิวดิน (Spray irrigation) คือ วิธีการใช้น้ำที่ให้น้ำโปรยปรายหรือหยดจากระดับสูงกว่าผิวดินลงสู่พื้นผิวดิน ซึ่งมีแบบที่ใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ การชลประทานแบบฉีดฝอย (Sprinkler irrigation) และการชลประทานแบบหยดน้ำ (Drip or Trickler irrigation) ซึ่งแบบหลังนี้ยังต้องศึกษาและพัฒนารูปแบบส่วนประกอบต่าง ๆ เพื่อให้พ้นอุปสรรคที่เกิดจากการอุดตันที่ Nozzle ที่ให้น้ำหยด

ดังนั้นโดยสรุป การชลประทานแบบฉีดฝอย (Sprinkler irrigation) ก็เป็นวิธีการใช้น้ำแบบเหนือผิวดินแบบหนึ่งซึ่งส่งน้ำผ่านท่อภายใต้แรงดันที่เหมาะสม เพื่อให้การแผ่กระจายของน้ำเป็นไปโดยสม่ำเสมอที่สุด และสามารถควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งได้อย่างถูกต้องแน่นอน และมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำ (Farm efficiency) ค่อนข้างสูง

ประวัติของการชลประทานแบบฉีดฝอย

พื้นที่ในภาคตะวันออกของสหรัฐเมื่อหลายร้อยปีมาแล้ว เป็นพื้นที่ที่ใช้ในการเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ และในบางปีฝนอาจจะทิ้งช่วงนานเกินไป บางครั้งระยะเวลาในช่วงฤดูฝนก็สั้นเกินไป ทำให้พืชที่ปลูกไว้เสียหายหรือให้ผลผลิตที่ไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร กสิกรบางรายถึงกับทิ้งถิ่นย้ายไปประกอบอาชีพอย่างอื่นในถิ่นที่ห่างไกล ส่วนผู้ที่ไม่ทราบว่าจะไปประกอบอาชีพอื่นได้อย่างไร ก็พยายามดิ้นรนโดยใช้วิธีบรรทุกเครื่องสูบน้ำชนิดโยกด้วยแรงคนบนเกวียน พร้อมทั้งบรรจุน้ำใส่ถังไม้ไปฉีดให้แก่พืชในระยะที่ฝนทิ้งช่วง และได้ใช้วิธีการดังกล่าวไปอย่างแพร่หลาย วิธีการนี้เองที่เป็นที่มาของคำว่า **Spray irrigation** ต่อมาปรากฏว่าพื้นที่ของใครอยู่ใกล้แหล่งน้ำเช่น หนอง บึง หรือที่ลุ่มที่น้ำขังได้ ก็เลยเอาเครื่องสูบน้ำ (ซึ่งคงจะใช้แรงลมหรือเครื่องยนต์ฉุด) ไปติดตั้งที่แหล่งน้ำแล้วต่อท่อไปฉีดให้แก่พืชโดยไม่ต้องเสียแรงงานในการบรรทุกน้ำ ในตอนนี้เองสันนิษฐานว่า ท่อที่สูบน้ำส่งไปเกิดแตกทำให้น้ำรั่วออกเป็นฝอย ทำให้มีคนคิดว่าถ้าเราเอาท่อไปวางเหนือพื้นที่เพาะปลูกแล้วเจาะรูที่ท่อนี้เป็นระยะ ๆ เมื่อสูบน้ำอัดเข้าไปก็จะสามารถทำให้น้ำที่ออกมาจากรูนั้น ๆ แผ่กระจายไปทั่วพื้นที่ได้โดยสิ้นเปลืองแรงงานน้อยที่สุด และต่อมาท่อชนิดนี้ก็เรียกว่า **Perforated pipe sprinkler** และถือว่าเป็นที่มาของ **Sprinkler irrigation** นั่นเอง

การชลประทานแบบฉีดฝอยนี้เพิ่งมาแพร่หลายทั่วสหรัฐอเมริกาเมื่อปี พ.ศ. 2489 นี่เอง และพัฒนาการของการชลประทานแบบนี้ได้มาเกิดขึ้นในออสเตรเลียและอิสราเอลเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในอิสราเอลซึ่งได้รวบรวมคนเชื้อสายเฮบรู จากหลายประเทศมาตั้งเป็นประเทศอิสราเอลในพื้นที่ที่ชาวปาเลสไตน์ยึดครองอยู่เดิมนั้น พื้นที่ตอนใต้ของประเทศทั้งหมดเป็นทะเลทราย และมีแหล่งน้ำจืดที่ใหญ่อยู่แห่งเดียวคือ ทะเลสาบกาลิลี ประกอบกับรัฐอาหรับโดยรอบก็เป็นศัตรูกับอิสราเอลทั้งสิ้น อิสราเอลจึงต้องพึ่งตัวเองทั้งด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม โดยเฉพาะด้านเกษตรกรรมนั้นมีอุปสรรคทั้งด้านปริมาณพื้นที่เพาะปลูกและปริมาณน้ำชลประทาน ดังนั้นจึงต้องขยายทะเลทรายให้เป็นพื้นที่เพาะปลูกและหาวิธีใช้น้ำอย่างประหยัดที่สุด ประกอบกับน้ำจากทะเลสาบกาลิลีก็มีไม่พอ จึงต้องใช้น้ำจากน้ำใต้ดินสูบเข้าท่อ 108 นิ้ว ซึ่งวางตลอดความยาวของประเทศ เมื่อเป็นเช่นนี้จึงเป็นการเหมาะที่จะใช้น้ำและส่งน้ำจากท่อโดยการเพิ่มแรงดันที่เหมาะสม อิสราเอลจึงพัฒนาการใช้น้ำแบบฉีดฝอยนี้ต่อมาอย่างมากมายจนเป็นที่ขึ้นชื่อว่าถ้าจะศึกษาการใช้น้ำแบบฉีดฝอยละก็ต้องศึกษาจากอิสราเอล

สภาพการที่ควรพิจารณาใช้การชลประทานแบบฉีดฝอย

เนื่องจากค่าลงทุนในการใช้น้ำโดยการชลประทานแบบฉีดฝอยนั้นสูงมาก ดังนั้นจึงมักหลีกเลี่ยงที่จะใช้น้ำแบบนี้ อาจจะโดยปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นผิวดิน หรือเลือกวิธีการใช้น้ำในรูปแบบที่พอเป็นไปได้แม้จะไม่ได้ผลเต็มที่นัก หรืออาจจะเลือกสถานที่เพาะปลูกใหม่ถ้าหากเป็นไปได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งอาจไม่สามารถหลีกเลี่ยงไปใช้วิธีการใช้น้ำแบบอื่นได้ ก็จำเป็นต้องใช้น้ำแบบฉีดฝอยนี้ จึงควรพิจารณาใช้วิธีการใช้น้ำแบบฉีดฝอยในเมื่อสภาพการเป็นดังนี้

1 พื้นผิวดินไม่สม่ำเสมอ มีระดับแตกต่างกันมาก และ Top Soil บางเกินไปจนไม่อาจปรับพื้นผิวดิน (Land levelling) ให้เหมาะสมได้ สภาพการตามข้อนี้จะอธิบายได้จากรูป ซึ่งจะเห็นว่าหลังจากปรับพื้นผิวดินแล้ว พื้นผิวดินในช่วง ก. ข. และ ค. ง. จะไม่มี Top Soil เหลืออยู่เลยและย่อมใช้ในการเพาะปลูกไม่ได้ผล หรือถ้าจะเพาะปลูกให้ได้ผลก็จะต้องบำรุงและใส่ปุ๋ยกันเป็นงานใหญ่ ซึ่งอาจแพงกว่าที่จะยอมลงทุนด้วย Sprinkler ได้

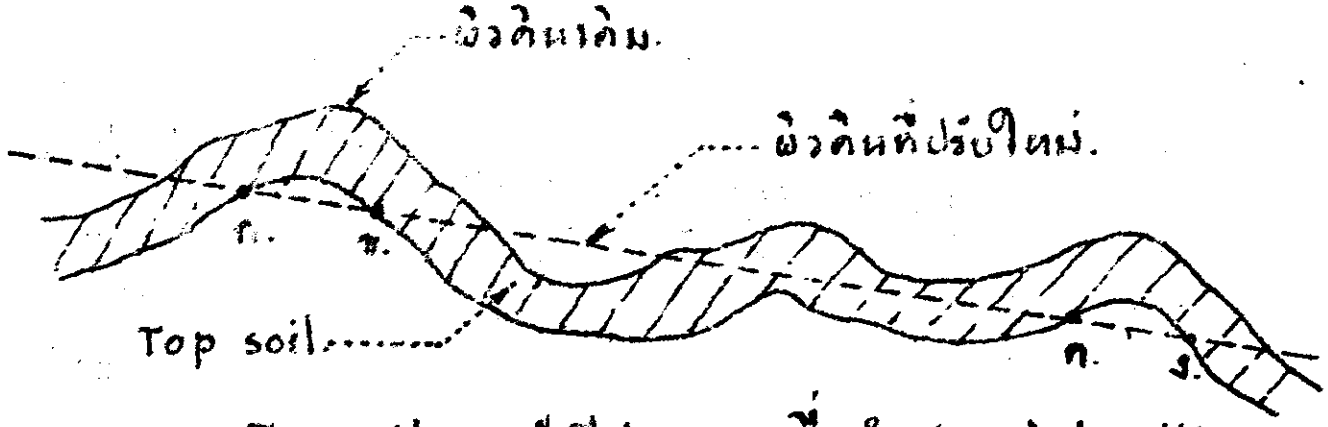
2 โครงสร้างของดิน (Soil structure) โปร่งมากเกินไปจนไม่เหมาะที่จะส่งน้ำโดยวิธีการใช้น้ำแบบบนผิวดิน

3 ปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้มีน้อยเกินไป ดังนั้นถ้าใช้วิธีการส่งน้ำแบบบนผิวดิน จำเป็นต้องกำหนดเวลาในการส่งน้ำนานเกินไป หรือต้องกำหนด Length of run ให้สั้นมากเกินไป

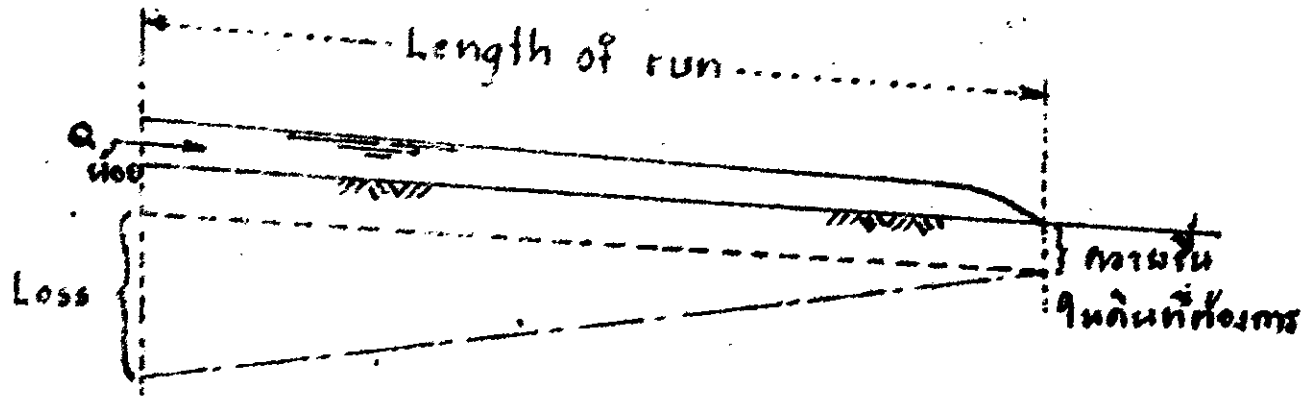
4 ความลาดเท (Slope) ของพื้นผิวดินชันเกินไปจนอาจเกิดการกัดพาผิวดินอย่างรุนแรงในขณะส่งน้ำเข้าในพื้นที่เพาะปลูกได้

สำหรับข้อ 2, 3 และ 4 มีความเกี่ยวเนื่องกัน โดยที่การใช้น้ำแบบบนผิวดินในทุกรูปแบบยกเว้นแบบ Wild flooding และแบบ Basin จะมีความสัมพันธ์ที่เหมาะสมกันคือ ปริมาณน้ำที่ส่งเข้าสู่พื้นที่ (Water stream) ส่วนลาดเทของพื้นผิวดินที่น้ำไหลผ่าน (Length of run) ความยาวของช่วงรับน้ำ (Length of run) และประสิทธิภาพในการใช้น้ำ (Farm efficiency)

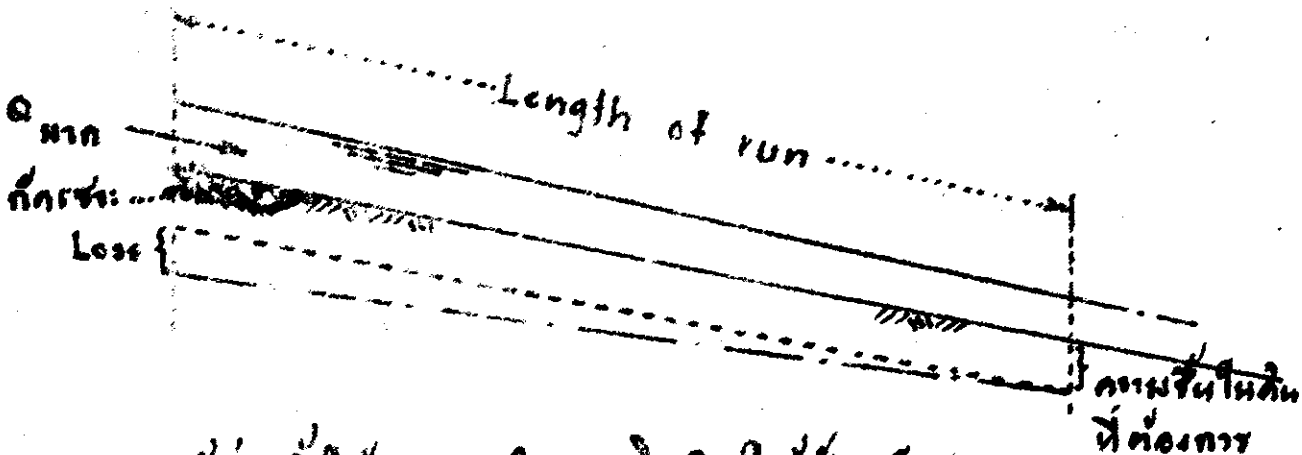
ดังนั้นในกรณีที่โครงสร้างของดินโปร่งเกินไปจึงมักมีค่า Infiltration rate สูง และถูกกัดพาผิวดินได้ง่าย เมื่อเป็นเช่นนี้นอกจากพื้นผิวดินที่เป็น Top soil จะถูกพัดพาไป พื้นที่ปรับแต่งไว้จะเสียรูปแล้ว น้ำจะถูกดูดซับไว้ที่ต้นทางหมด ทำให้ต้องกำหนด Length of run สั้นกว่าที่ควร มีผลนั้นจะทำให้เกิด Seepage loss สูง ทำให้ค่า Farm efficiency ลดลงต่ำมากด้วย



Top soil ถูกตัดไปหมด เพื่อทำ Land levelling.



เมื่อใช้ทำ [illegible] Surface irr. เมื่อดินไปร่วงเกินไป ปริมาณน้ำที่ส่งน้อยเกินไป หรือลาดผิวดินชายเกินไป ย่อมได้ Length of run สั้นเกินไป หรือเกิด Seepage loss มากเกินไป.



ถ้าส่งน้ำให้มาก ทำลาดผิวดินให้ชัน ก็อาจจะได้ Length of run ยาวขึ้น แต่ก็จะเกิดกัดเซาะอย่างแรงได้.

ส่วนในด้านที่ Water stream น้อยก็เช่นกัน น้ำที่ส่งเข้าพื้นที่จะเหลือส่วนที่ไหลต่อเนื่องหลังจากที่ถูกพื้นดินตอนต้นทางดูดซับไว้เป็นส่วนน้อยเต็มที ย่อมทำให้ไม่อาจกำหนด Length of run ยาวเท่าที่ควร หรือมิฉะนั้นก็จะต้องใช้เวลาส่งน้ำยาวนานมากเกินไป ทำให้เกิด Seepage loss มาก

สำหรับส่วนลาดเทของผิวดินที่ชันเกินไปนี้ จาก Manning's formula : $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$ นี้ จะเห็นว่าในขนาดพื้นที่เท่า ๆ กัน ค่า R จะคงที่ ในลักษณะดินและสภาพแวดล้อมบนพื้นผิวดินที่น้ำไหลผ่านเหมือนกัน ค่า n จะคงที่ ดังนั้น ความเร็วของน้ำ V จึงแปรตามส่วนลาดเทของผิวดิน $S^{1/2}$ เมื่อส่วนลาดเทชันมาก ความเร็วของน้ำที่ไหลบนผิวดินก็จะเร็วมาก และถ้าความเร็วของน้ำเกินกว่าเม็ดดินจะทนหรือต้านทานได้ก็จะถูกพัดพาไป ทำให้เกิด Soil erosion และในที่สุด Top soil และปุ๋ยก็จะหมดไปด้วย

5 ในพื้นที่ที่แรงงานหายากหรือมีราคาสูง การใช้ Automatic control ประกอบเข้ากับระบบการส่งน้ำแบบฉีดฝอยจะช่วยลดความจำเป็นในการใช้แรงงานในการจัดการส่งน้ำไปได้

เท่าที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จะเห็นว่าระบบการชลประทานแบบฉีดฝอยไม่มีอุปสรรคในเรื่องสภาพพื้นที่ดิน และสภาพของน้ำ เพราะเราสามารถเลือกใช้และออกแบบระบบการชลประทานแบบฉีดฝอยให้เข้ากับสภาพการต่าง ๆ ดังกล่าวแล้วได้ แต่อุปสรรคอย่างเดียวที่มีต่อระบบการชลประทานแบบฉีดฝอยก็คือกระแสลมที่พัดผ่านพื้นที่เพาะปลูกนั่นเอง แต่ก็มีข้อกำหนดอย่างคร่าว ๆ ว่า ถ้าความเร็วของกระแสลมไม่ถึง 2 ไมล์/ชั่วโมง ถือว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสม่ำเสมอของการให้น้ำ แต่ถ้าความเร็วของกระแสลมระหว่าง 2 – 5 ไมล์/ชั่วโมง เราอาจกำหนดระยะระหว่างหัว Sprinklers ที่เหมาะสมและใช้ได้ผลดีได้ แต่ถ้ากระแสลมมีความเร็วเกิน 5 ไมล์/ชั่วโมง จำเป็นต้องออกแบบด้วยความระมัดระวังยิ่งขึ้น หรืออาจต้องปลูกต้นไม้เป็น Wind brake รอบพื้นที่นั้น ๆ และต้องเลือกต้นไม้ที่มีความสูงมาก มีความแข็งแรงไม่โค่นง่าย และต้องเป็นต้นไม้ที่ใช้น้ำน้อยด้วย เช่น ต้นสน เป็นต้น

เนื่องจากในการออกแบบระบบการชลประทานแบบฉีดฝอยเราสามารถเลือกหัว Sprinkler ที่ให้ Precipitation rate ไม่เกิน Infiltration rate ของดิน และกำหนดระยะระหว่างหัว Sprinkler ที่สามารถทำให้ความสม่ำเสมอในการให้น้ำดีพอ ตลอดจนสามารถหยุดการให้น้ำได้ในทันทีที่ดินในความลึกที่ต้องการมีความชื้นถึง Field capacity ดังนั้นจึงไม่เกิด Run off ไม่มีการกัดพาผิวดิน ไม่สูญเสียน้ำบนผิวดินมากนัก และไม่เกิด Seepage ซึ่งจากผลที่ทำการสอบวัดปรากฏว่า

การสูญเสียน้ำจากการใช้น้ำแบบการชลประทานแบบฉีดฝอยเกิดขึ้นน้อยกว่าการใช้น้ำแบบการชลประทานแบบบนผิวดินถึง 15% จึงอาจพูดได้ว่าการใช้น้ำแบบการชลประทานแบบฉีดฝอยเป็นการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Soil and water conservations)ด้วย

ความชื้นในดิน (Soil moisture)

น้ำที่มีอยู่ในเนื้อดินนี้อาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ น้ำในดินที่อยู่ในสภาพของความชื้น (Moisture) และน้ำในดินที่อยู่ในสภาพของน้ำไหล (Free water) ส่วนน้ำในส่วนที่พืชจะนำไปใช้ได้ก็คือน้ำส่วนที่เป็นความชื้นเท่านั้น ซึ่งจะแสดง Half section ของเมล็ดดิน (Soil Particle) โดยแยกจากความชื้นในแต่ละส่วนให้เห็นชัดดังรูป

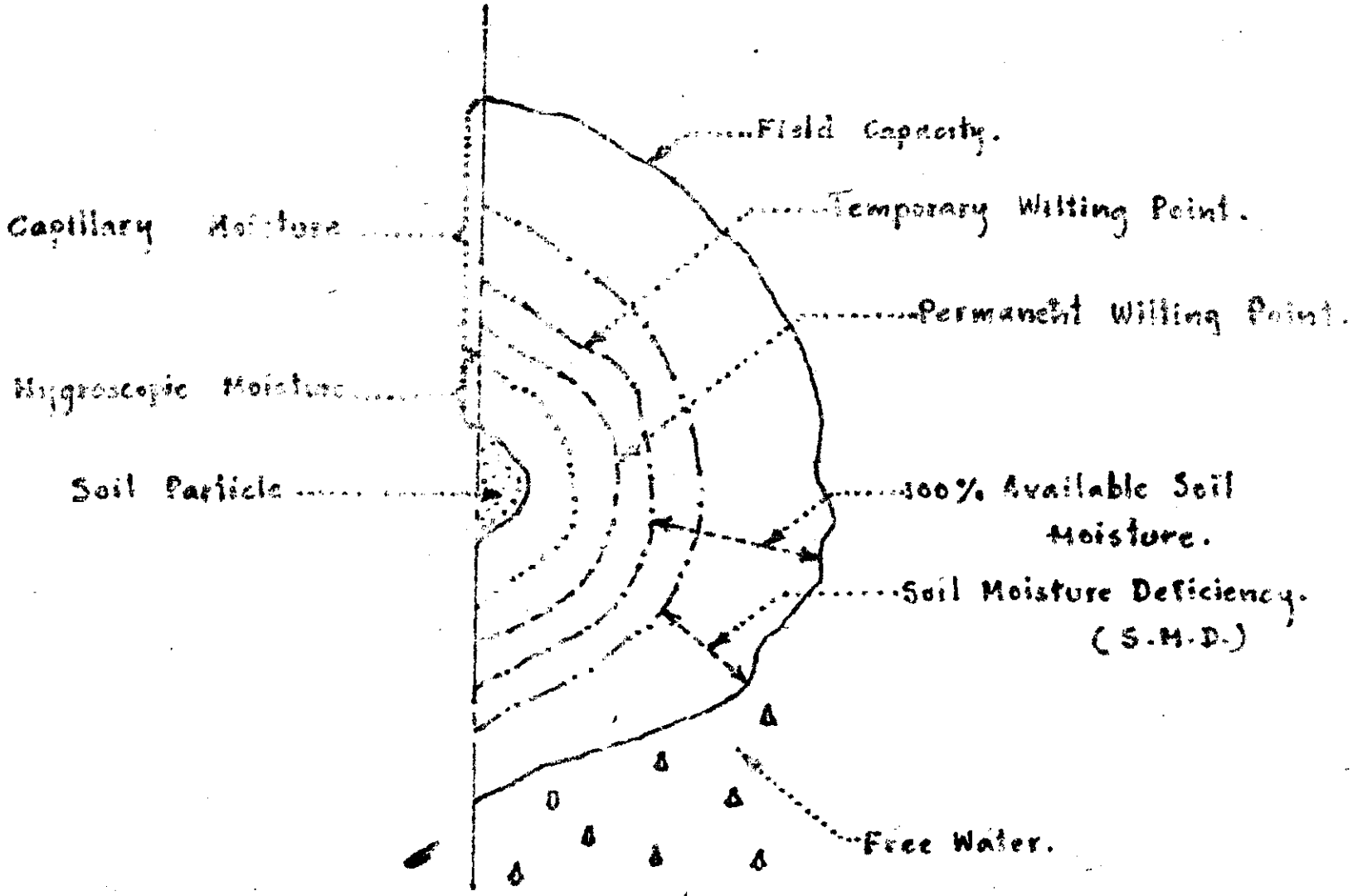
1 Hygroscopic moisture เป็น Film ของน้ำที่เกาะผิวเมล็ดดินในลักษณะที่ยึดแน่นเปรียบเสมือนเป็นส่วนหนึ่งของเมล็ดดิน พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ และวิธีการที่จะแยกความชื้นส่วนนี้ออกจากเมล็ดดินต้องใช้อุณหภูมิสูงมากหรือใช้ Suction pressure ที่สูงอย่างยิ่ง พูดโดยสรุปก็คือความชื้นส่วนนี้ไม่มีประโยชน์แก่พืชเลย

2 Capillary moisture เป็นความชื้นในดินที่มีจำนวนสูงขึ้นกว่า Hygroscopic moisture และเป็นส่วนที่พืชจะเอาไปใช้ได้เป็นบางส่วน การแยกความชื้นออกจากเมล็ดดินทำได้ง่ายขึ้น ความชื้นส่วนนี้สามารถเคลื่อนที่จากเมล็ดดินเมล็ดหนึ่งไปสู่เมล็ดดินอีกเมล็ดหนึ่งได้ด้วย Capillary action ความชื้นส่วนนี้อาจแยกได้ตามจำนวนความชื้นและความสามารถที่จะให้พืชนำไปใช้ได้ดังนี้

2.1 Permanent wilting point เป็นความชื้นในดินที่พืชดูดไปใช้ได้ แต่มีปริมาณน้อยเกินไป และพืชต้องใช้ Suction pressure สูง จนกระทั่งพืชไม่อาจดำรงชีวิตอยู่ได้ และเฉาตายไปในที่สุด แม้ว่าจะเติมความชื้นให้ในภายหลังก็ตาม

2.2 Temporary wilting point เป็นความชื้นที่มากกว่า Permanent wilting point เล็กน้อย และเป็นระดับความชื้นที่พืชเริ่มเหี่ยวเฉา แต่หากในระยะนี้เราเพิ่มความชื้นให้แก่ดินเพียงเล็กน้อย พืชก็จะกลับฟื้นตัวได้อีก

2.3 Field capacity เป็นระดับความชื้นในดินสูงสุด ในสภาวะ Capillary moisture ซึ่งเป็นความชื้นที่จำกัดความสามารถในการอุ้มน้ำของดินแต่ละชนิด



รูปตัดแสดงความชื้นในดินระดับต่าง ๆ

2.4 Available soil moisture เป็นช่วงความชื้นในระหว่าง Temporary wilting point และ Field capacity และเมื่อความชื้นในดินมีถึง Field capacity นี้ เราถือว่าเป็น 100% Available soil moisture

2.5 Soil moisture deficiency เป็นช่วงความชื้นที่ต่ำกว่า Field capacity แต่สูงกว่า Temporary wilting point และเป็นช่วงความชื้นที่ได้มีการทดลองแล้วว่าถ้าเราสามารถรักษาความชื้นให้เปลี่ยนแปลงอยู่ในขอบเขตของ Soil moisture deficiency นี้แล้ว จะทำให้พืชเจริญเติบโตได้เร็วและให้ผลผลิตสูงที่สุด นิยมให้ค่าเป็น % ของความชื้นในดิน

3. Free water คือจำนวนน้ำในดินที่มีเกินกว่า Field capacity ซึ่งพ้นอิทธิพลของ Capillary action ดังนั้นแรงดึงดูดของโลกจึงไม่มีอิทธิพลต่อน้ำจำนวนนี้ Free water จึงไหลลงในทางดิ่งในระหว่างช่องว่างของเม็ดดิน กลายเป็นน้ำใต้ดิน และถือว่าเป็นตัวการสำคัญที่ไปเพิ่มระดับน้ำใต้ดิน (Water table) ซึ่งเป็นอันตรายแก่พืชอย่างยิ่ง ถ้าจัดระบบระบายน้ำไม่ดีพอ

ความชื้นในดินนอกจากจะเป็นประโยชน์แก่การดำรงชีวิตของพืชและความเจริญเติบโตของพืชแล้ว จำนวนน้ำในดินที่มีพอเหมาะพอควรยังจะทำให้ดินอ่อนตัวเหมาะแก่การเขตกรรม ซึ่งเป็นการเปลี่ยนโครงสร้างของดินให้เหมาะกับพืชด้วย

ตัวอย่างการหาปริมาณการให้น้ำและ Irrigation interval

ต้องการหาปริมาณการให้น้ำและ Irrigation interval แก่แปลงเพาะปลูก โดยกำหนดให้พืชที่ปลูกมีรากลึก (Root zone depth) 30 ซม. ความสามารถในการเก็บน้ำของดิน 5 มม./10 ซม. SMD = 55% และพืชใช้น้ำ 2.5 มม./วัน

ความลึกของรากพืช 30 ซม.

ความสามารถในการเก็บน้ำของดิน 5 มม./ 10 ซม.

$\therefore$ 100% Available S.M. $\frac{30}{10} \times 5 = 15$ มม.

SMD 55% = $0.55 \times 15 = 8.25$ มม.

พืชใช้น้ำวันละ 2.5 มม.

$\therefore$ Irrigation interval $\frac{8.25}{2.5} = 3.3$ วัน

ตอบ { ใช้ค่า 3.3 วัน
ปริมาณการส่งน้ำแต่ละครั้ง $3 \times 2.5 = 7.5$ มม.

ระบบชลประทานแบบฉีดฝอย (Sprinkler irrigation system)

องค์ประกอบของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย (Components of sprinkler irrigation system)

ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยแบ่งเป็นองค์ประกอบหลักและองค์ประกอบรอง ดังนี้

องค์ประกอบหลักมี 5 องค์ประกอบคือ

1. หัว Sprinkler
2. ท่อ Riser
3. ท่อสายซอย (Laterals)
4. ท่อสายใหญ่และท่อสายรอง (Mainlines and submainlines)
5. แหล่งน้ำหรือแหล่งน้ำและต้นกำลัง (Source of supply or Soure of supply and source of power)

องค์ประกอบรองมี 3 องค์ประกอบคือ

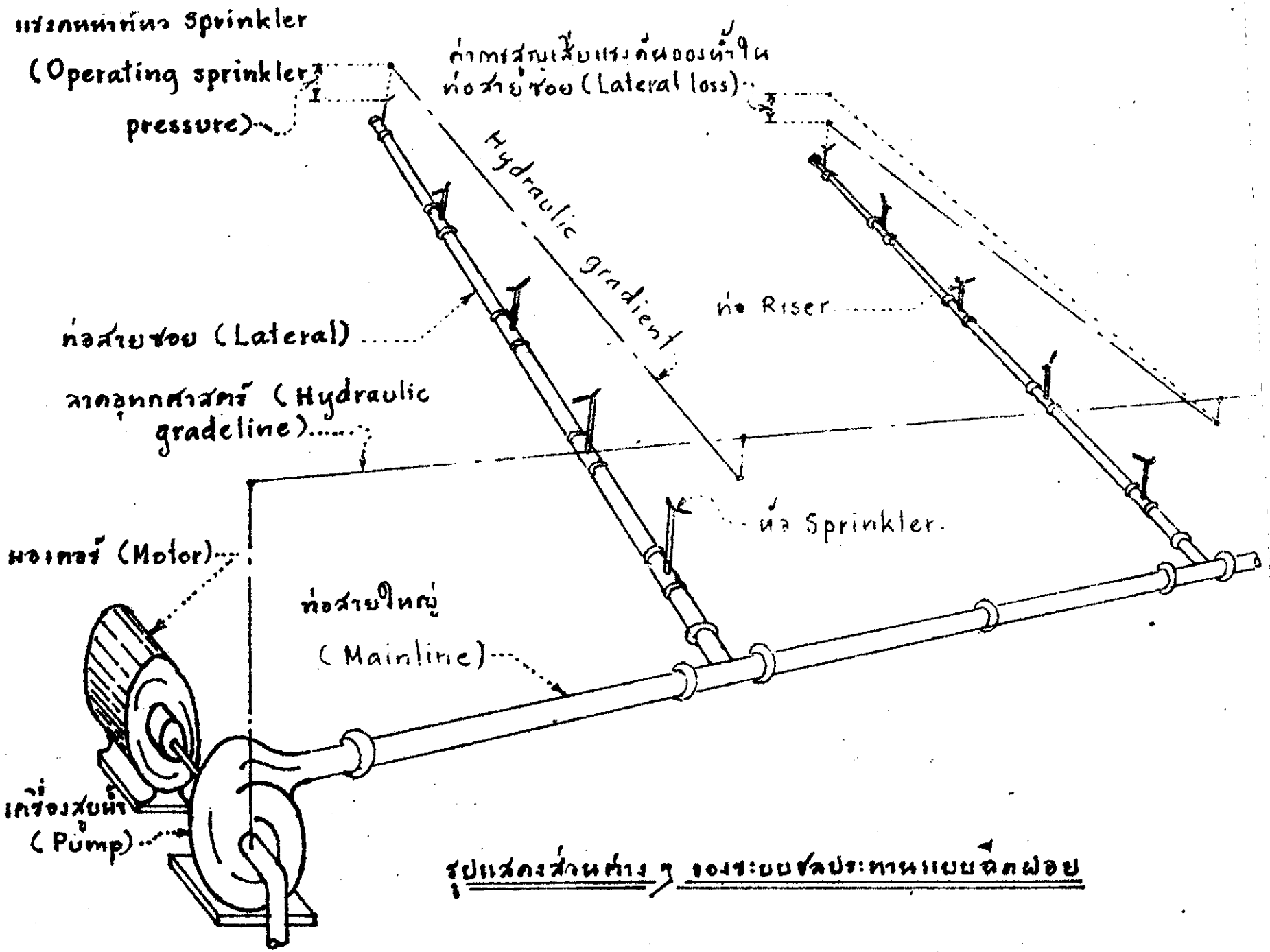
1. ส่วนประกอบของท่อ (Pipe Accessories)
2. ระบบการเคลื่อนย้ายท่อ (Lateral mover)
3. ที่ยึดท่อ Riser (Riser mount or riser support)

1 หัว Sprinkler

หัว Sprinkler เป็นองค์ประกอบที่ทำหน้าที่ฉีดฝอยของน้ำลงสู่ผิวดินโดยตรง ซึ่งมีแบบต่าง ๆ ให้เลือกใช้ได้ตามลักษณะคุณสมบัติของดิน ลักษณะของงาน ชนิดของพืชที่ปลูก และตามอายุของพืช ฯลฯ ซึ่งได้แบ่งแบบต่าง ๆ ของหัว Sprinkler ไว้ดังนี้

1.1 แบ่งตามแรงดันของน้ำที่หัว Sprinkler (Operating sprinkler pressure) ได้ 3 แบบคือ

1.1.1 แบบแรงดันต่ำ (Low pressure sprinkler) เป็นแบบที่ใช้แรงดันน้ำที่หัว Sprinkler ไม่เกิน 2.5 บรรยากาศ และมักมีเมล็ดน้ำกอนข้างใหญ่ ในที่บางแห่งอาจจะแบ่งหัว Sprinkler แบบนี้ออกเป็น 2 แบบคือ แบบแรงดันต่ำ (Low pressure sprinkler) ใช้แรงดันของน้ำไม่เกิน 1.0 บรรยากาศ และแบบแรงดันพอควร (Moderate pressure sprinkler) ใช้แรงดันของน้ำตั้งแต่ มากกว่า 1.0 บรรยากาศถึง 2.5 บรรยากาศ



รูปแสดงส่วนต่าง ๆ ของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย

1.1.2 แบบแรงดันปานกลาง (Intermediate pressure sprinkler) เป็นแบบที่ใช้แรงดันน้ำที่หัว Sprinkler ระหว่าง 2.5 ถึง 5.0 บรรยากาศ เป็นแบบที่ใช้ได้ในงานทุกประเภท เพราะได้ออกแบบให้มีอัตราการให้น้ำ (Precipitation rate) หลายค่า ขนาดของเม็ดน้ำ (Size of droplet) หลายขนาด และเส้นผ่าศูนย์กลางของพื้นที่ขอบเปียก (Diameter of wetted area) หลายขนาด

1.1.3 แบบแรงดันสูง (High pressure sprinkler) เป็นแบบที่ใช้แรงดันน้ำที่หัว Sprinkler ระหว่าง 4.5 ถึง 7.0 บรรยากาศ หรือมากกว่านี้ เป็นแบบที่ออกไว้ให้ฉีดน้ำในที่สูงกว่าผิวดินมาก ๆ ฉีดน้ำด้วยปริมาณน้ำสูงมาก จึงเหมาะที่จะให้น้ำแก่พืชยืนต้น หรือพืชที่สูงใหญ่ และนิยมใช้กับแปลงเพาะปลูกใหญ่มาก ๆ ด้วย

1.2 แบ่งตามลักษณะการทำงานของหัว Sprinkler (Sprinkler performance) ได้ 2 แบบ คือ

1.2.1 หัว Sprinkler แบบนิ่ง (Stationary sprinkler) เป็นแบบที่หัว Sprinkler หรือแม้แต่ส่วนหนึ่งส่วนใดของหัว Sprinkler ไม่มีการเคลื่อนไหวในขณะฉีดน้ำเลย แต่อาศัยเทคนิคในการออกแบบช่องทางไหลของน้ำภายในหัว Sprinkler ทำให้การแผ่กระจายของเม็ดน้ำครอบคลุมและแผ่กระจายไปเป็นพื้นที่โดยรอบจุดที่ตั้งหัว Sprinkler ซึ่งแบ่งออกเป็น

1.2.1.1 หัว Sprinkler แบบท่อเจาะรู (Perforated pipe sprinkler) มีลักษณะเป็นท่อที่เจาะรูส่วนบนเป็นระยะเท่า ๆ กัน ตลอดความยาวของท่อ และบางแบบอาจสวมหัวฉีด (Nozzle) เข้าไปที่รูนี้ด้วย น้ำที่สูบเข้าท่อนี้จะถูกฉีดออกจากรูที่เจาะไว้ แผ่เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าตลอดความยาวของท่อ

1.2.1.2 หัว Sprinkler แบบเพาะชำ (Nursery sprinkler) เป็นแบบที่ใช้แรงดันของน้ำต่ำและปริมาณน้ำน้อยมาก นอกจากนี้เม็ดน้ำเป็นฝอยละเอียดมาก จึงเหมาะที่จะใช้ให้ความชื้นในเรือนเพาะชำและสวนไม้ดอก บางครั้งนำไปฉีดบนหลังคาโรงสัตว์เลี้ยง เพื่อลดความร้อนให้สัตว์เลี้ยงในฤดูร้อนด้วย และมีหัว Sprinkler แบบนี้อีกแบบหนึ่งซึ่งออกแบบให้การแผ่กระจายของเม็ดน้ำออกมาเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสและมีชื่อเรียกว่า Square sprinkler

1.2.2 หัว Sprinkler แบบหมุน (Rotating sprinkler) เป็นแบบที่บางส่วนของหัว Sprinkler หมุนรอบแกนดิ่งโดยรอบตัวเองในขณะที่ฉีดน้ำ ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้

ฉีดน้ำเป็นวงกลมรัศมี 4.50 ม.
ปริมาณน้ำ 0.50 – 1.00 ม³./ชม.

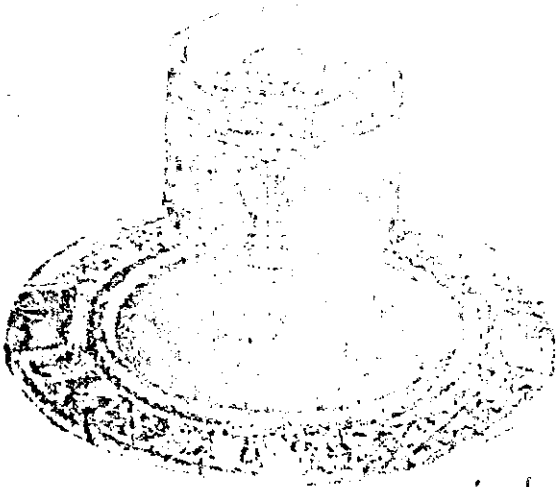
ฉีดน้ำเป็นครึ่งวงกลมหรือ ¼ วงกลม รัศมี 4.50 – 5.00 ม. ปริมาณน้ำ 0.20 – 0.80 ม³./ชม.

ฉีดน้ำเป็นครึ่งวงกลมรัศมี 4.50 ม.
ปริมาณน้ำ 0.14 – 0.38 ม³./ชม.

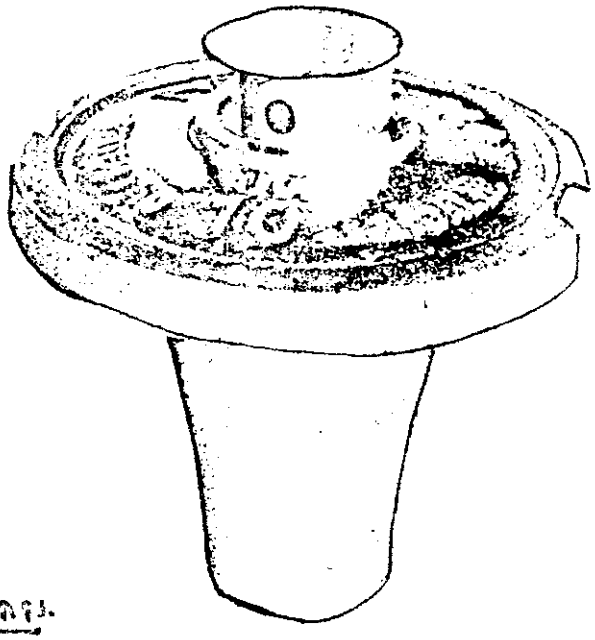
แบบต่างๆ ของ Stationary Sprinkler.

Type of sprinkler	Low pressure 5-15 p. s. i.	Moderate pressure 15-30 p. s. i.	Intermediate pressure 30-60 p. s. i.	High pressure 50-100 p. s. i.	Hydraulic or giant 80-120 p. s. i.	Undertree low-angle 10-50 p. s. i.	Perforated pipe 4-20 p. s. i.
General characteristics	Special thrust springs or reaction-type arms.	Usually single-nozzle oscillating or long-arm dual-nozzle design.	Either single or dual nozzle design.	Either single or dual nozzle design.	One large nozzle with smaller supplemental nozzles to fill in pattern gaps. Small nozzle rotates the sprinkler.	Designed to keep stream trajectories below fruit and foliage by lowering the nozzle angle.	Portable irrigation pipe with lines of small perforations in upper third of pipe perimeter.
Range of wetted diameters	20 to 50 feet.	60 to 80 feet.	75 to 120 feet.	110 to 230 feet.	200 to 400 feet.	40 to 90 feet.	Rectangular strips 10 to 50 feet wide.
Recommended minimum application rate	.40 inch per hour.	0.20 inch per hour.	0.25 inch per hour.	0.50 inch per hour.	0.65 inch per hour.	0.33 inch per hour.	0.50 inch per hour.
Jet characteristics (assuming proper pressure-nozzle size relations)	Waterdrops are large due to low pressure.	Waterdrops are fairly well broken.	Waterdrops are well broken over entire wetted diameter.	Waterdrops are well broken over entire wetted diameter.	Waterdrops are extremely well broken.	Waterdrops are fairly well broken.	Waterdrops are large due to low pressure.
Moisture distribution pattern (assuming proper spacing and pressure-nozzle size relations)	Fair.	Fair to good at upper limits of pressure range.	Very good.	Good except where wind velocities exceed 4 miles per hour.	Acceptable in calm air. Severely distorted by wind.	Fairly good. Diamond pattern recommended where laterals are spaced more than one tree interspace.	Good pattern is rectangular.
Adaptations and limitations.	Small acreages. Confined to soils with intake rates exceeding 0.50 inch per hour and to good ground cover on medium- to coarse-textured soils.	Primarily for undertree sprinkling in orchards. Can be used for field crops and vegetables.	For all field crops and most irrigable soils. Well adapted to overtree sprinkling in orchards and groves and to tobacco shades.	Same as for intermediate pressure sprinklers except where wind is excessive.	Adaptable to close-growing crops that provide a good ground cover. For rapid coverage and for odd-shaped areas. Limited to soils with high intake rates.	For all orchards or citrus groves. In orchards where wind will distort overtree sprinkler patterns. In orchards where available pressure is not sufficient for operation of overtree sprinklers.	For low-growing crops only. Unsuitable for tall crops. Limited to soils with relatively high intake rates. Best adapted to small acreages of high-value crops. Low operating pressure permits use of gravity or municipal supply.

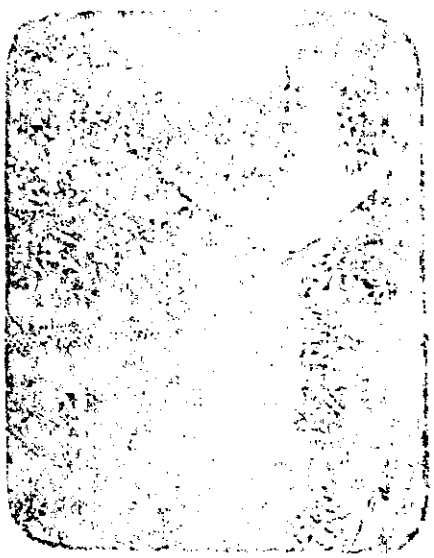
ตารางแสดงการแบ่งแยกของหัว Sprinkler ตามแรงดัน



Stationary ชนิดเปิดที่เป็น
Pop-up ตาย และปิดตัวเป็นวงกลม.

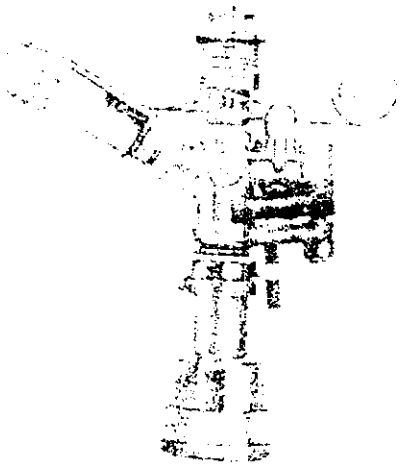


แบบที่เป็น Stationary Spr.
ที่รวมคุณสมบัติของ Pop-up
เช่น Part-circle เข้าไปด้วย.

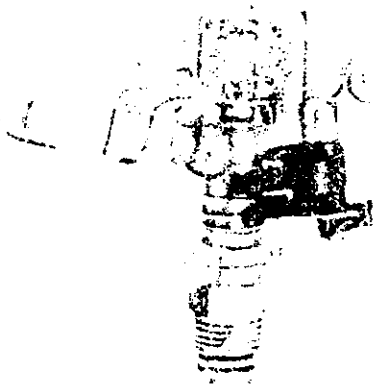


ปิดตัวเป็นวงกลม รัศมี 4.25 ม.
ปริมาณน้ำ 0.50 - 0.55 ม³./ชม.

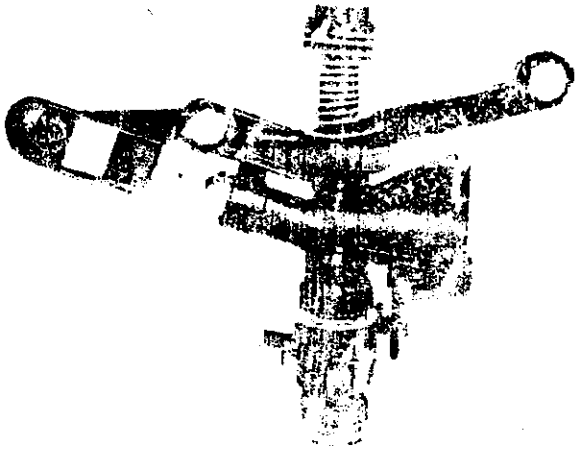
แบบต่างๆ ของ Stationary Sprinkler.



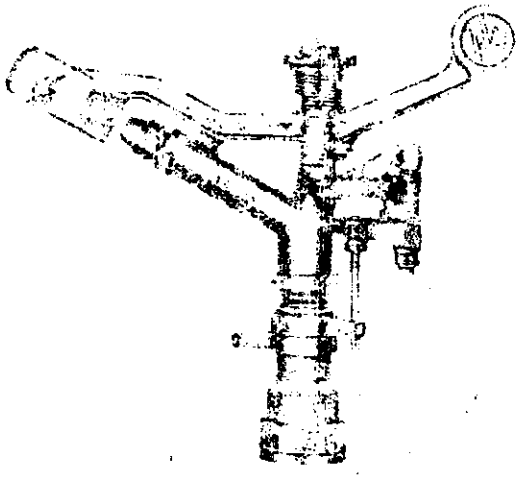
แบบมุมเงยปกติ แรงดันต่ำ



แบบมุมเงยต่ำแรงดันต่ำ

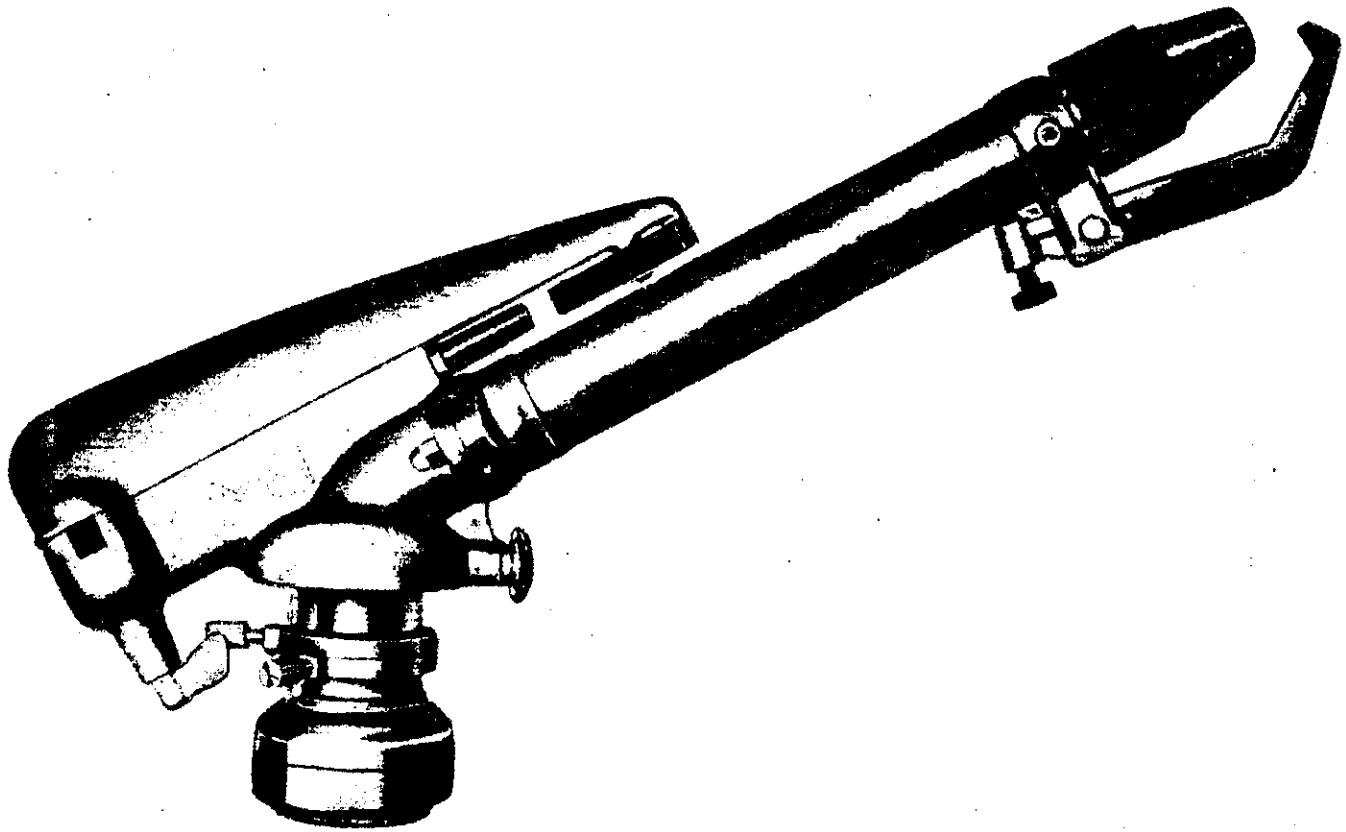


แบบใช้งานหนักแรงดันปานกลาง

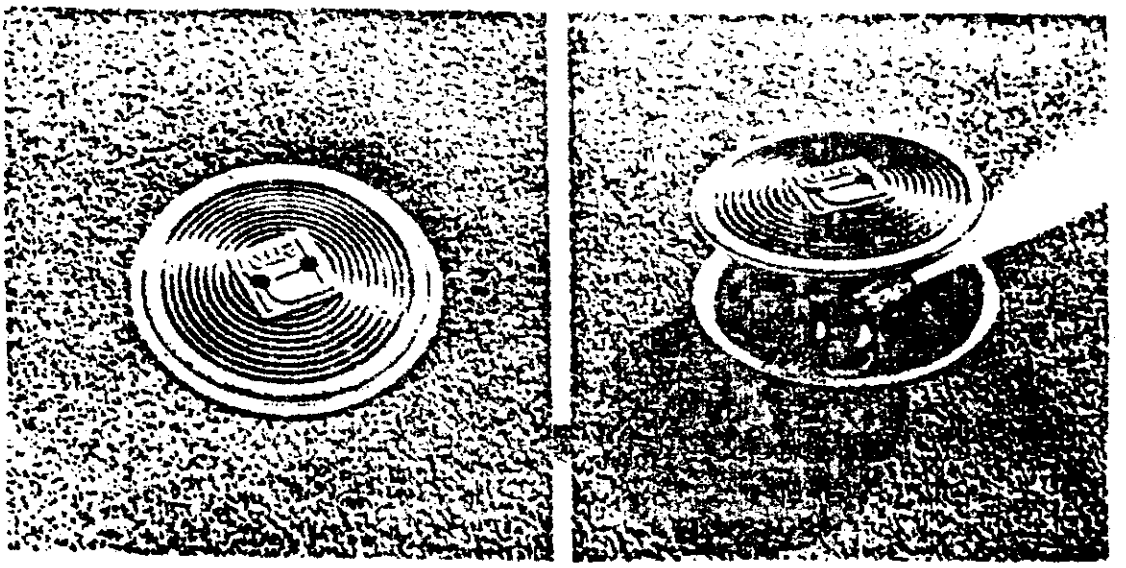


แบบแรงดันปานกลาง

หัว Sprinkler ชนิดตั้งมุมส่ายได้ (Part-circle) แบบต่าง ๆ

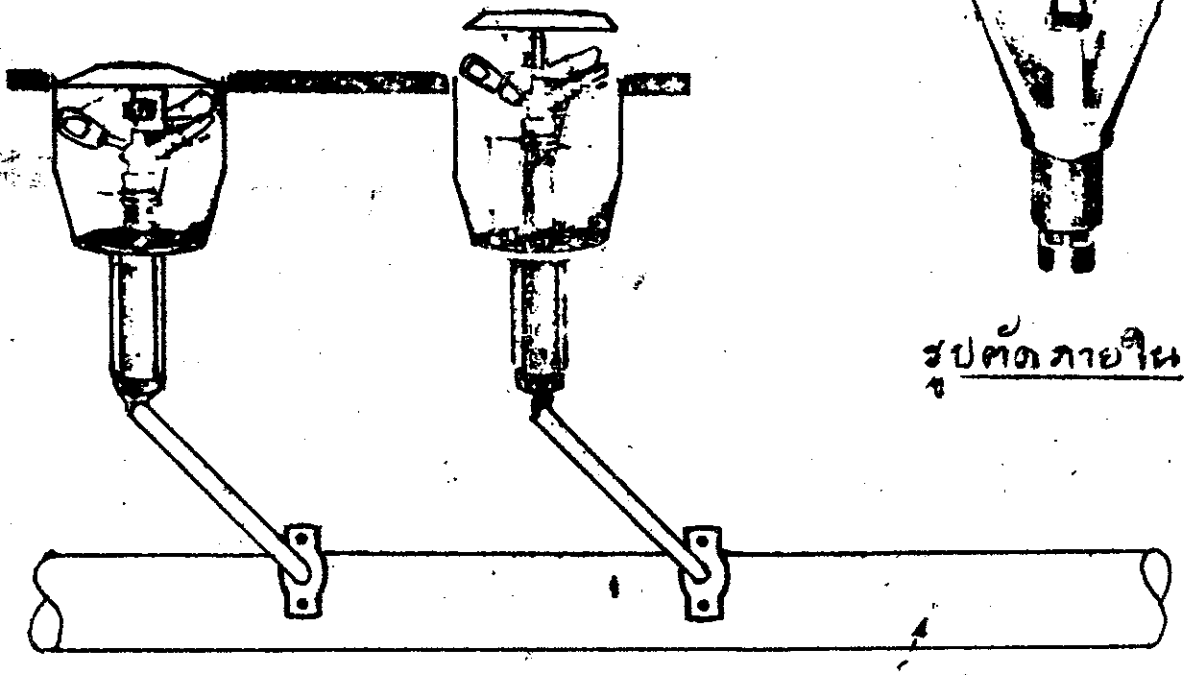


หัว Sprinkler แบบตั้งมุมสายไกล และใช้แรงดันสูง



Pop-up spr. ในขณะปรกติ และขณะส่งน้ำ

รูปตัดภายใน



ลักษณะการติดตั้ง

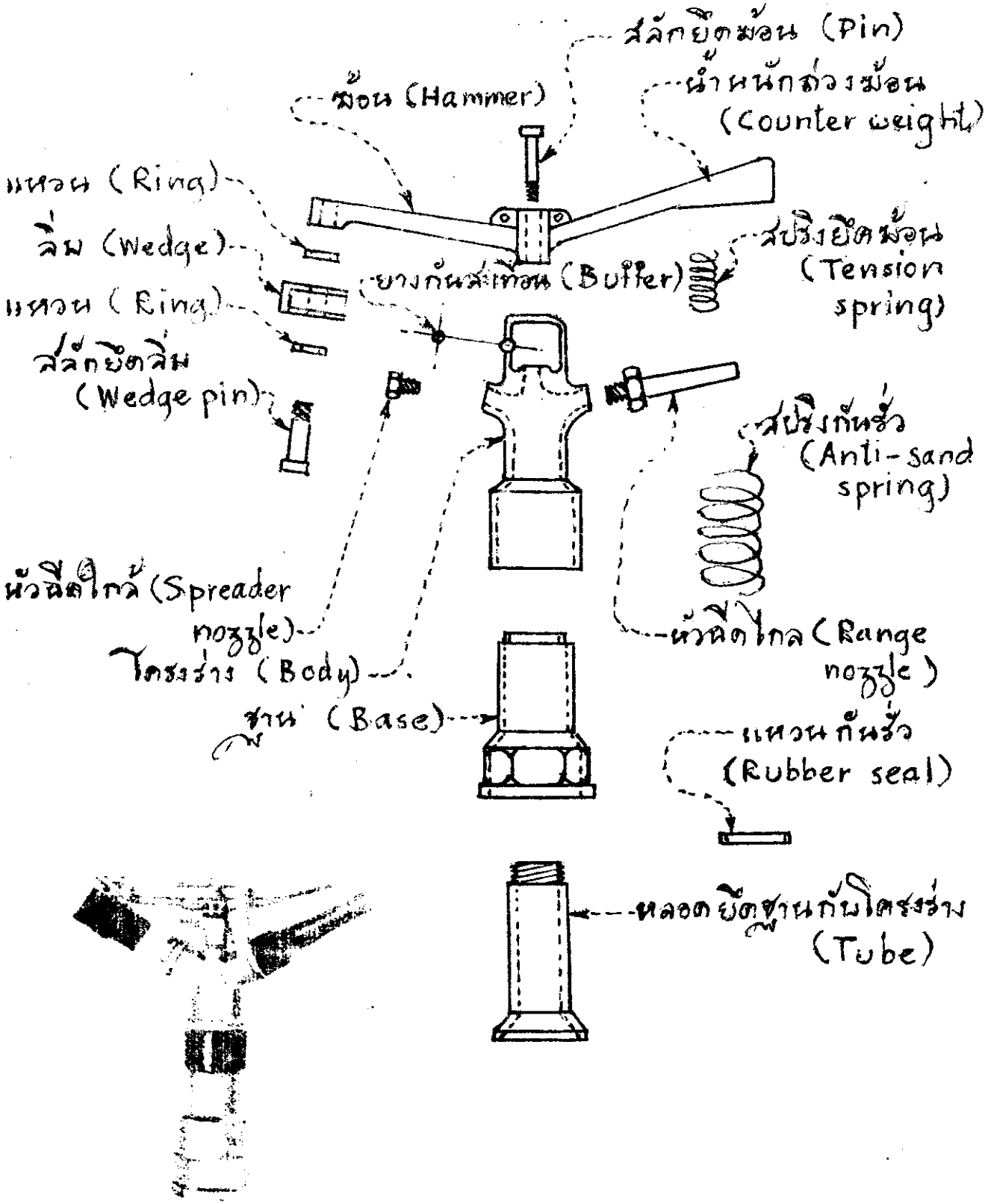
ท่อสายซอย (Latera

1.2.2.1 หัว Sprinkler แบบหมุนธรรมดา (Whirling sprinkler) เป็นแบบที่ใช้แรงดันของน้ำต่ำ และปริมาณน้ำน้อย แต่ขณะฉีดน้ำนั้นแรงดันของน้ำจะผลักให้ส่วนที่ติดตั้งหัวฉีด (Nozzle) หมุนรอบตัวเองและรอบแกนดิ่ง เหมาะที่จะใช้รดสนามหญ้าหรือสวนไม้ดอก

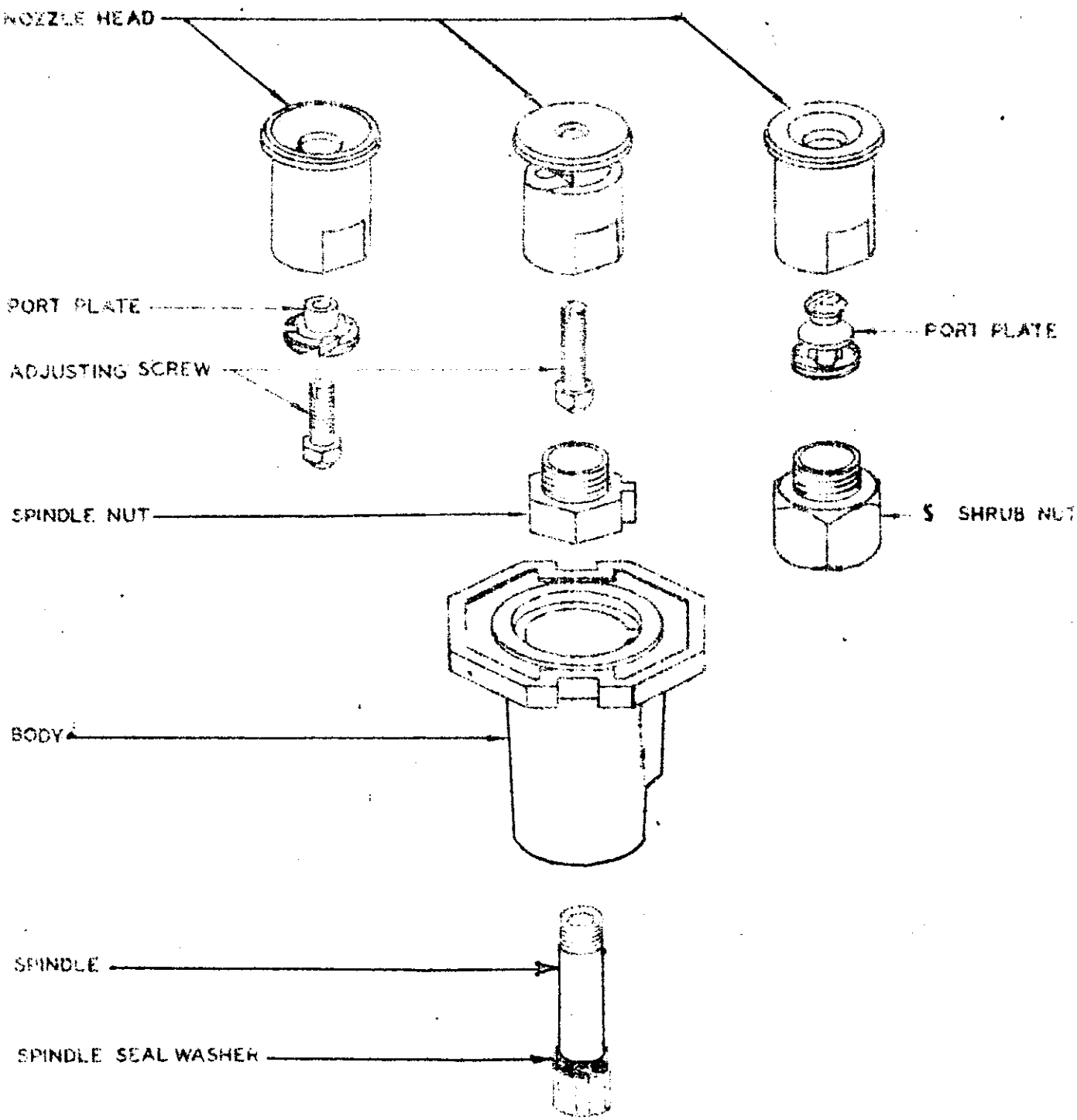
1.2.2.2 หัว Sprinkler แบบหมุนด้วยฆ้อน (Hammer wedge -spring sprinkler) เป็นแบบที่ใช้แรงดันของน้ำตั้งแต่ต่ำที่สุดจนถึงสูงที่สุด และในขณะฉีดน้ำนั้นจะหมุนรอบตัวเองโดยแรงดันของน้ำไปทำให้ Mechanism อันประกอบด้วย ฆ้อน ลิ่ม และสปริง ทำงานให้หัว Sprinkler หมุนไปโดยรอบแกนดิ่ง ทำให้น้ำแพร่กระจายออกเป็นพื้นที่วงกลม นอกจากนี้ยังมีหัว Sprinkler แบบที่ได้รับการพัฒนาให้เหมาะกับการใช้งานในแต่ละรูปแบบอีก เช่น Pop-up sprinkler ซึ่งเป็น Hammer-wedge-spring sprinkler ที่บรรจุไว้ในกล่องมีฝาปิดเรียบร้อย เมื่อหัว Sprinkler แบบนี้ได้รับแรงกันจากน้ำ หัว Sprinkler พร้อมฝาจะยกตัวเองพร้อมฝาให้สูงขึ้นและฉีดน้ำ และเมื่อหยุดส่งน้ำ ทั้งหัว Sprinkler และฝาจะลดตัวลงไปเก็บในกล่องเอง ดังนั้นจึงเป็นแบบที่เหมาะจะใช้ในพื้นที่ที่ไม่ต้องการความเกะกะ เช่น สนามกีฬาต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีหัว Sprinkler แบบ Hammer-wedge-Spring sprinkler อีกแบบหนึ่งเรียกว่า Part-circle Sprinkler ใช้ตั้งมุมฉีดในแนวราบได้ เหมาะที่จะใช้ติดตั้งตรงมุมของพื้นที่เพื่อปรับมุมไม่ให้ฉีดน้ำออกไปนอกเขตพื้นที่ส่งน้ำ และเนื่องจาก Hammer-wedge-spring Sprinkler เป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง จึงใคร่อธิบายอย่างละเอียดสำหรับส่วนประกอบและการทำงานไว้ดังต่อไปนี้

<u>ส่วนประกอบของหัว Sprinkler แบบหมุนด้วยฆ้อน</u>

- Axial pin หรือ Pin ทำหน้าที่ยึด Hammer ติดกับ Body ในลักษณะที่ Hammer สามารถหมุนรอบแกนดิ่งได้
- Hammer ทำหน้าที่รับแรงถ่ายทอดจาก Wedge แล้วงางตัวออกทางด้าน (รอบแกนดิ่ง) ข้างและเมื่อหมดแรง Inertia แล้ว Hammer จะถูก Tension spring ดึงกลับมาที่ Body ทำให้เกิดการหมุนรอบตัวของหัว Sprinkler
- Tension spring ทำหน้าที่ยึด Hammer กับ Body เพื่อดึง Hammer มาที่ Body
- Wedge ทำหน้าที่รับแรงฉีดของน้ำจาก Spreader nozzle แล้วถ่ายทอดแรงไปสู่ Hammer เพื่อให้ Hammer ทำงาน
- Wedge pin ทำหน้าที่ยึด Wedge ติดกับ Hammer ในลักษณะที่ Wedge สามารถขยับตัวเพื่อเปลี่ยนทิศทางของแรงที่น้ำฉีดสู่ Wedge ได้

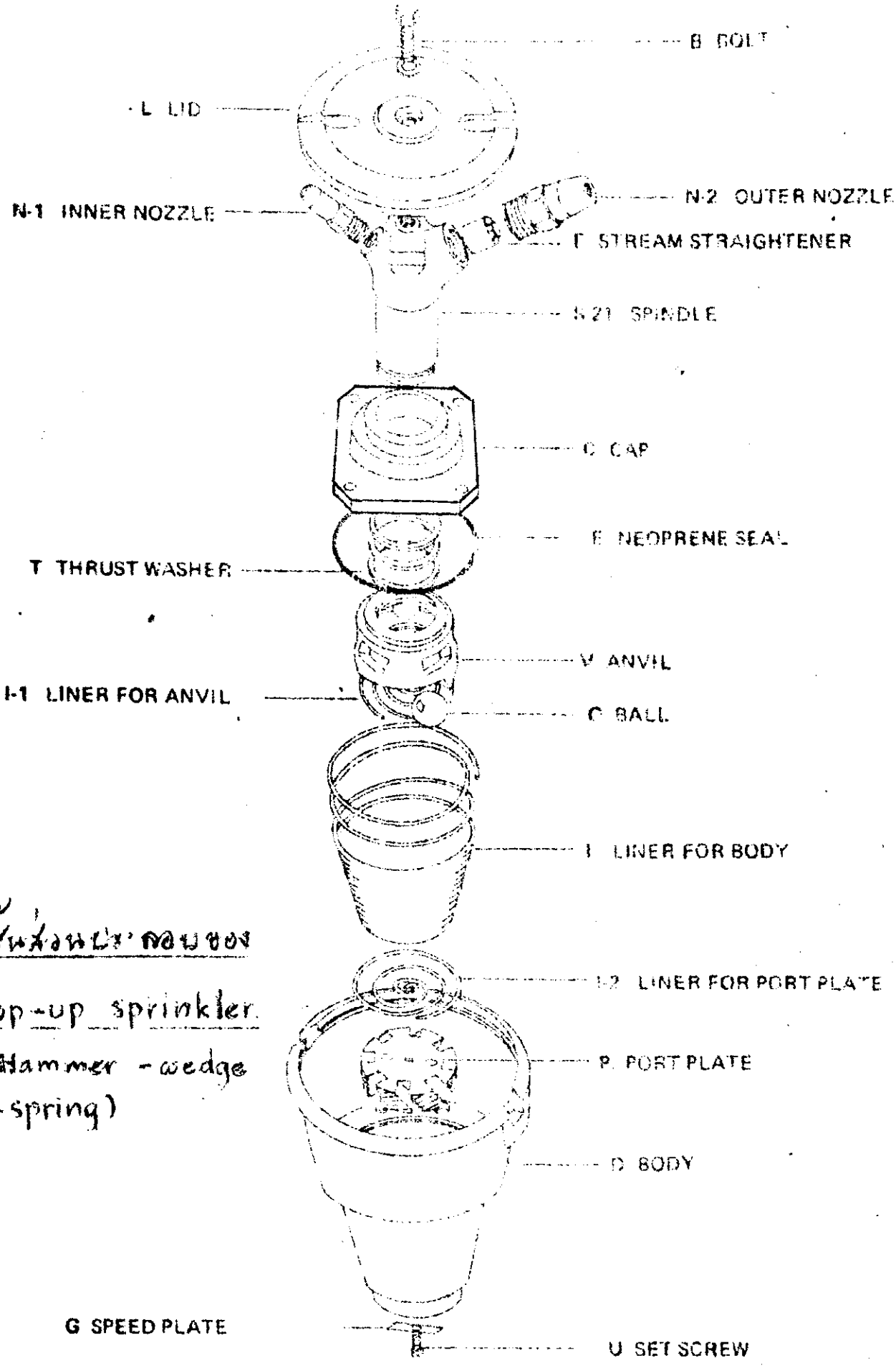


ส่วนประกอบของ Hammer - wedge - spring Sprinkler



Pop-up sprinkler

(Nursery)



สปริงเกลอร์ชนิดฝังดิน

Pop-up sprinkler

(Hammer - wedge - spring)

– Body เป็นตัวหลักสำหรับติดตั้งส่วนต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นและเป็นตัวที่จะหมุนทำให้น้ำที่ฉีดออกมาปรากฏเป็นพื้นที่วงกลม

– Buffer เป็นแผ่นยางเล็ก ๆ ติดกับ Body ณ จุดที่ Hammer จะมาตี Body เพื่อให้อาการตีของ Hammer เป็นไปนุ่มนวล เพื่อไม่ให้หัว Sprinkler สั่นสะท้านในขณะที่ฉีดน้ำ

– Spreader nozzle เป็นหัวฉีดน้ำด้าน Wedge เพื่อให้เกิดแรงหมุนตัวของหัว Sprinkler และยังทำหน้าที่ฉีดน้ำลงสู่ผิวดินเป็นพื้นที่วงกลมเล็กภายใน

– Range nozzle เป็นหัวฉีดที่ฉีดน้ำลงสู่ผิวดินเป็นพื้นที่รูปวงแหวน และขอบน้ำซึ่งผสมผสานกับพื้นที่ที่น้ำฉีดโดย Spreader nozzleแล้วรวมเป็น Wetted area รูปวงกลม

– Anti-sand spring ทำหน้าที่ดันให้ฐานของ Tube ตอนที่มียางกันน้ำ (Rubber Seal) สวมอยู่ แนบสนิทกับ Base เพื่อกันมิให้น้ำรั่วที่รอยต่อระหว่าง Base กับ Body นอกจากนี้ Anti-sand spring ยังทำให้เกิดการหมุนตัว และช่วยไล่ตะกอนทรายที่มาติดค้างอยู่ตรงรอยต่อนี้ให้หลุดออกไปได้

– **Base** คือส่วนฐานของหัว Sprinklerและเป็นส่วนที่ยึดหัว Sprinkler ติดกับ Riser ด้วย

– Tube เป็นส่วนที่จะยึด Base กับ Body ในลักษณะที่ Base กับ Body หมุนแยกตัวกันได้โดยรอบแกนดิ่ง

หัว Sprinkler ที่ผลิตโดยบริษัทต่าง ๆ อาจจะมีบางชิ้นส่วนที่ทำรูปลักษณะและเรียกชื่อแตกต่างไปจากนี้บ้าง แต่โดยเค้าโครงแล้วจะคล้ายคลึงกัน และทำหน้าที่เช่นที่กล่าวมาแล้วทั้งสิ้น

2. ท่อ Riser

ท่อ Riser เป็นองค์ประกอบที่ใช้ติดตั้งหัว Sprinkler เข้ากับท่อสายย่อย และเป็นตัวที่กำหนดระดับความสูงของหัว Sprinkler ด้วย เพราะระดับความสูงของหัว Sprinkler มีส่วนสัมพันธ์กับการแผ่กระจายของน้ำที่เป็นไปตามที่บริษัทผู้ผลิตได้กำหนดไว้ นอกจากนี้ ในการให้น้ำแก่พืชยืนต้นสูง ๆ อาจต้องใช้ท่อ Riser ที่ยาวพ้นความสูงของยอดไม้ เพื่อที่ฝอยของน้ำจะไม่ถูกใบพืชบังซึ่งจะทำให้การแผ่กระจายของน้ำเสียไปได้

ท่อที่จะนำมาใช้เป็น Riser นี้ ใช้ได้ทั้งท่อปลาสติกอ่อน (Flexible plastic pipe) ท่อ PVC (Poly vinyl chloride pipe) ท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized steel pipe) ท่ออลูมิเนียม (Aluminum pipe) ฯลฯ

3. ท่อสายซอย (Laterals)

ท่อสายซอย เป็นองค์ประกอบที่ใช้ต่อท่อ Riser และหัว Sprinkler เข้าโดยตรง และเป็นส่วนที่รับน้ำจากท่อสายรองหรือท่อสายใหญ่ส่งต่อผ่านเข้าท่อ Riser ไปสู่หัว Sprinkler ส่วนนี้มีความสำคัญ ๆ พอ ๆ กับหัว Sprinkler เพราะการแผ่กระจายของเม็ดน้ำจะสม่ำเสมอดีเพียงใด นอกจากจะขึ้นอยู่กับการกำหนดระยะระหว่างหัว Sprinkler แล้ว ยังขึ้นอยู่กับการกำหนดระยะระหว่างท่อนี้ด้วย

การต่อท่อสายซอยแต่ละท่อนเข้าด้วยกัน นอกจากจะใช้ข้อต่อ (Coupler) ธรรมดาแล้ว ณ จุดที่กำหนดให้ติดตั้งหัว Sprinkler จะต้องใช้ข้อต่อสามทาง (Tee) ประกอบด้วย Riser valve เพื่อการประกอบและการถอดที่รวดเร็วด้วย

4. ท่อสายใหญ่และท่อสายรอง (Mainlines and submainlines)

องค์ประกอบอันนี้อาจจะมีเพียงท่อสายใหญ่อย่างเดียวหรือมีทั้งท่อสายใหญ่และท่อสายรอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ที่ส่งน้ำและสภาพภูมิประเทศ เป็นส่วนที่รับน้ำจากแหล่งน้ำไปส่งต่อให้กับท่อสายซอย

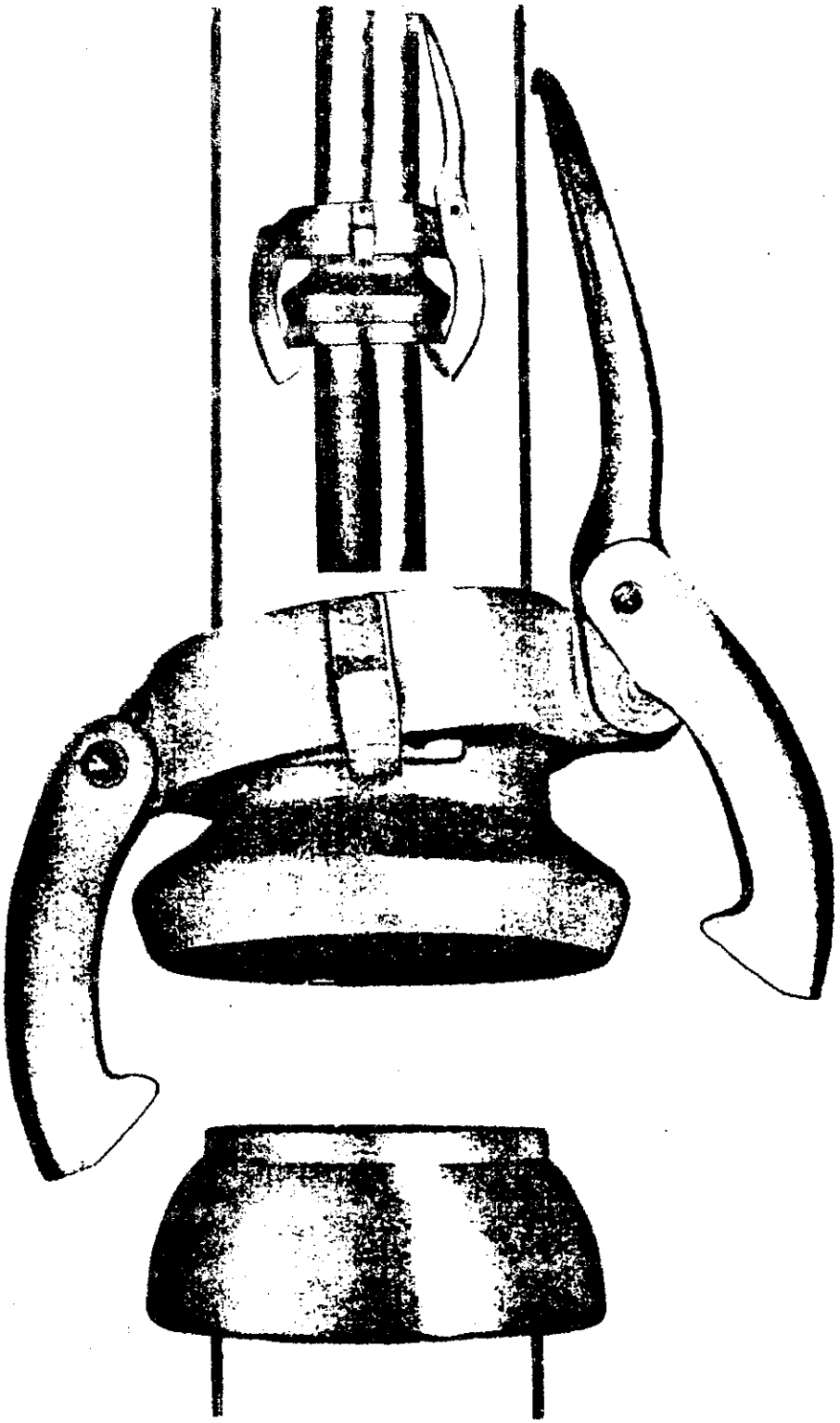
ชนิดของท่อที่มีในท้องตลาดและนำมาใช้เป็นท่อสายใหญ่และท่อสายรองคือ ท่อปลาสติกอ่อน (Flexible plastic pipe) ท่อ PVC (Poly vinyl chloride pipe) ท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized steel pipe) ท่อเหล็กเบา (Light steli pipe) ท่อเหล็กเหนียว (Welded steel pipe) ท่ออลูมิเนียม (Aluminum pipe) ท่อซีเมนต์ผสมใย (Asbestos-cement pipe) ฯลฯ

5. แหล่งน้ำหรือแหล่งน้ำและต้นกำลัง (Source of supply or source of supply and source of power)

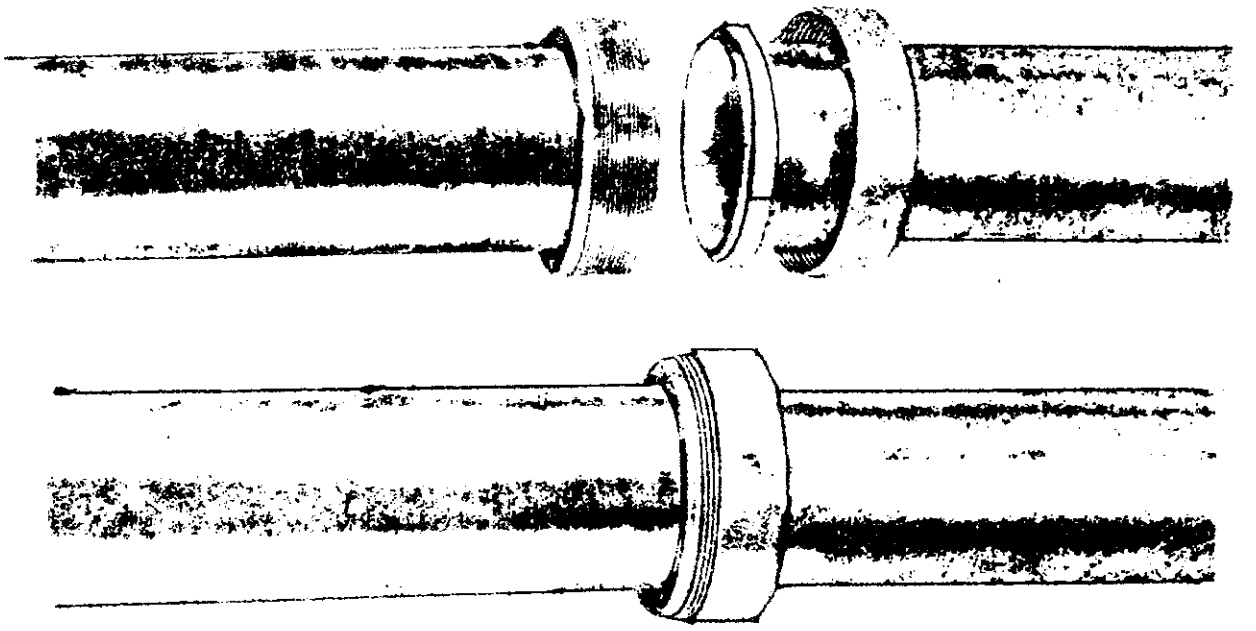
องค์ประกอบส่วนนี้หมายถึง แหล่งน้ำที่มีจำนวนเพียงพอกับระบบรดประทานแบบฉีดฝอย และต้องพิจารณาด้วยว่าถ้าระดับผิวน้ำจากแหล่งน้ำสูงกว่าระดับพื้นที่รับน้ำมากพอก็สามารถชักน้ำเข้าท่อไปใช้เลย แต่ถ้าระดับน้ำจากแหล่งน้ำสูงกว่าพื้นที่รับน้ำน้อยหรือต่ำกว่าพื้นที่รับน้ำ เช่น คลอง หนอง บึง บ่อ หรือบ่อบาดาล เราจำเป็นต้องสูบน้ำเข้าท่อ ก็จำเป็นต้องมีต้นกำลังเพื่อขับน้ำด้วย ซึ่งหมายถึงว่าจะต้องคำนวณเพื่อกำหนดขนาดของเครื่องสูบน้ำและออกแบบโรงสูบน้ำให้เหมาะสมกับชนิดของเครื่องสูบน้ำด้วย

6. ส่วนประกอบของท่อ (Pipe accessories)

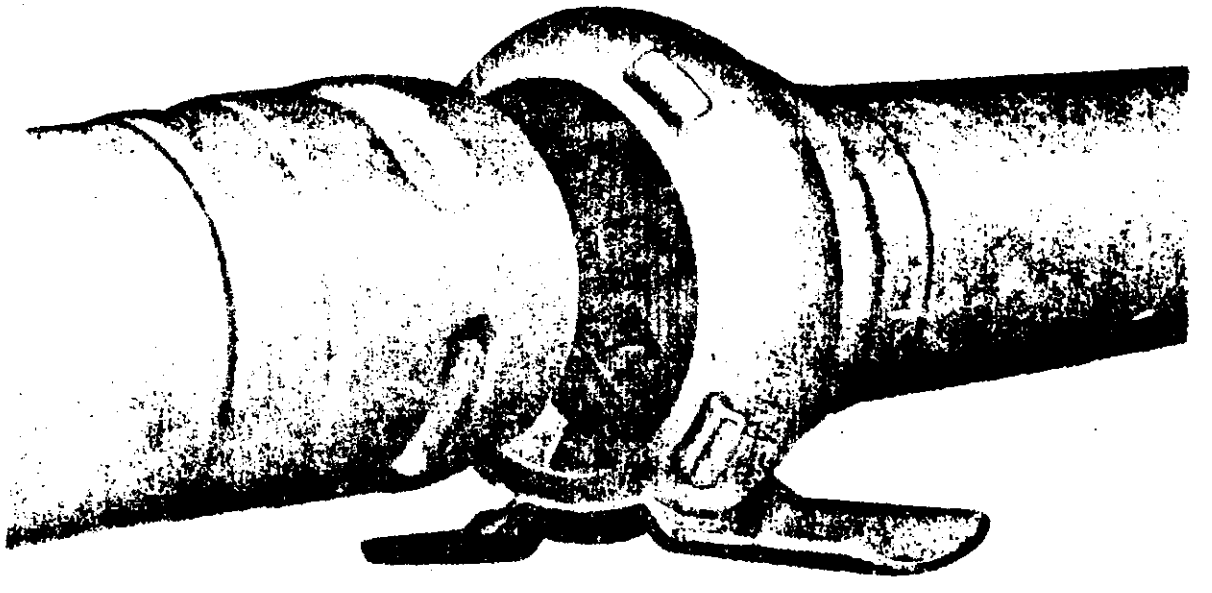
ท่อที่นำมาต่อใช้งานในระบบรดประทานแบบฉีดฝอยจะต้องมีส่วนประกอบเพื่อให้ใช้งานได้สมบูรณ์ เป็นสิ่งที่ควรจะรู้จักชื่อ และหน้าที่ไว้เพื่อจะเรียกใช้ได้ถูก ซึ่งจะขอกล่าวเป็นแต่ละอย่างดังนี้.-



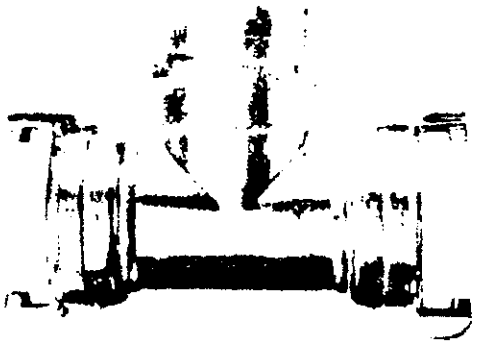
ข้อต่อแบบ Ball joint type quick coupler (Cardan-coupling)



ข้อต่อท่อแบบ Speedy screw - coupler.



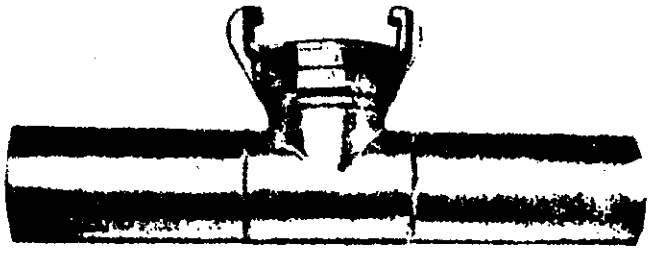
ข้อต่อท่อแบบ Plug - coupling



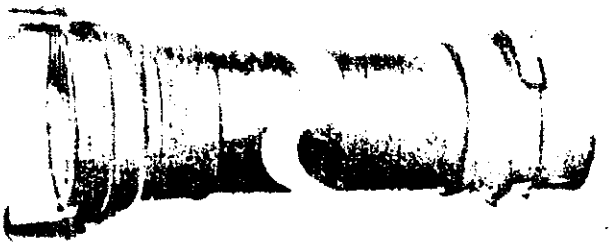
END OF LINE TEE

SIDE TEES

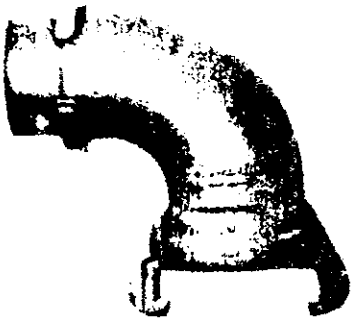
GUN TEE



ADAPTER TEE

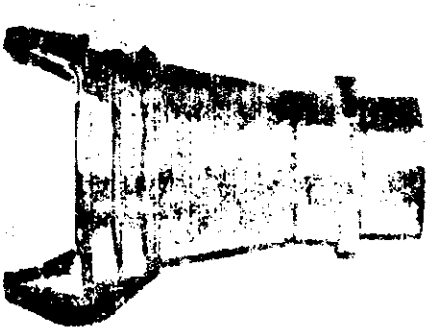


PIPE WITH COUPLING



ELBOW – 90° and 45°

REDUCERS



INCREASER

6.1 ข้อต่อท่อธรรมดา (Couplers) ท่อต่อแต่ละชนิดยกเว้นท่อปลาสติคอ่อน มักผลิตให้มีขนาดความยาวที่เหมาะสมแก่การขนส่ง เช่น 3.00 ม. 4.00 ม. 5.00 ม. 6.00 ม. 8.00 ม. และ 12.00 ม. ดังนั้นเมื่อจะติดตั้งใช้งานให้เป็นช่วงยาว ๆ จึงต้องใช้ข้อต่อมาต่อเข้าด้วยกัน ซึ่งมีหลายชนิด เช่น แบบหน้าแปลน (Flange coupler) แบบเกลียว (Permanent thread coupler) แบบ Regular quick coupler แบบ Lever quick coupler และแบบ Fall-joint type quick coupler เป็นต้น

6.2 ประตูน้ำต่าง ๆ (Valves or gates) เมื่อต้องการปิด – เปิดน้ำ หรือเปลี่ยนทิศทางการส่งน้ำ หรือลดแรงดันภายในท่อ เราจะต้องติดตั้งประตูที่มีหน้าที่เหมาะสมเข้าไปในช่วงตอนนั้น ซึ่งจะขอกล่าวถึงหน้าที่ของประตูน้ำแต่ละแบบดังนี้

6.2.1 Gate valve: ประตูชนิดนี้ใช้ประโยชน์ในการเปิดและปิดน้ำให้ผ่านหรือไม่ผ่านท่อ

6.2.2 Check valve : คือ ประตูน้ำที่ใช้ติดตั้งที่ต้นทางของท่อส่ง หรือติดตั้งตามแนวท่อที่วางจากที่ต่ำสู่ที่สูงมาก ๆ เพื่อป้องกันการไหลกลับของน้ำเมื่อปิดเครื่องสูบน้ำ น้ำจะได้ไม่ย้อนกลับมาทำอันตรายต่อท่อและเครื่องสูบน้ำได้

6.2.3 Pressure relief valve : คือ ประตูน้ำที่ทำหน้าที่ลดความดันในท่อโดยอัตโนมัติ เมื่อความดันของน้ำในท่อเกินกว่าที่กำหนดหรือตั้งไว้

6.2.4 Foot valve : คือ ประตูน้ำที่ใช้ติดตั้งที่ปลายท่อดูดของเครื่องสูบน้ำ เพื่อกันน้ำไหลกลับออกจากท่อดูด ทั้งนี้เพื่อว่าเมื่อจะสูบน้ำอีก จะไม่ต้องกรอกน้ำ (Priming) ในท่อดูดอีก ประตูน้ำชนิดนี้ใช้เฉพาะกับ Centrifugal Pump เท่านั้น

6.2.5 Automatic drain valve : คือประตูน้ำชนิดที่ใช้ติดตั้งกับท่อ ณ จุดที่มีแรงดันต่ำมาก ๆ และจะทำหน้าที่เปิดระบายน้ำออกจากท่อโดยอัตโนมัติ เมื่อแรงดันในท่อเท่ากับศูนย์

6.2.6 Mainline riser outlet-valves คือ ประตูน้ำที่ติดตั้งกับ Mainline หรือ Submainline ตามจุดที่จะใช้ต่อ Lateral ประตูน้ำชนิดนี้ทำหน้าที่เป็น Coupler เชื่อมต่อ Lateral ด้วย

นอกจากนี้อาจจะมีประตูน้ำชนิดอื่น ๆ ซึ่งผู้ผลิตขึ้นมาเพื่อให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้ และตั้งชื่อทางการค้า (Trade name) แตกต่างออกไปจากที่กล่าวนี้ก็ได้

6.3 ข้อต่อต่าง ๆ เป็นข้อต่อที่ใช้เพื่อจุดประสงค์ต่าง ๆ ซึ่งจะแยกพูดแต่ละอย่าง ดังนี้

6.3.1 สามตา หรือสามทาง (Tee) เป็นข้อต่อที่ใช้สำหรับต่อท่อแยกออก 1 แนวในแนวตั้งฉากกับแนวท่อเดิม ซึ่งมีทั้งท่อแยกออกทางด้านข้าง (Side tee) และด้านบน (Riser tee)

6.3.2 สี่ทาง (Cross) คือข้อต่อแบบเดียวกับสามตาแต่ใช้ต่อท่อแยกได้ 2 แนว ในแนวตั้งฉากกับแนวท่อเดิม

6.3.3 ข้องอ (Elbow) คือข้อต่อที่ใช้ต่อเพื่อเปลี่ยนทิศทางของแนวท่อไปในแนวต่าง ๆ เช่น 30° , 45° , 90° , 135°

6.3.4 ข้อลด (Reducer) คือข้อต่อที่ใช้ลดขนาดของท่อที่ต่อในแนวเดียวกัน

6.3.5 ข้อเพิ่ม (Increaser) คือข้อต่อที่ใช้เพิ่มขนาดของท่อที่ต่อในแนวเดิม

6.3.6 ฝาปิดปลายท่อ (End plug or cap) ใช้ปิดปลายท่อ เพื่ออัดไม่ให้น้ำไหลออก และเปิดออกเมื่อต้องการระบายน้ำออกจากท่อเพื่อทำความสะอาดท่อ

7. ระบบการเคลื่อนย้ายท่อ (Lateral mover)

ในการเคลื่อนย้ายท่อในระบบชลประทานแบบฉีดฝอยนี้ ส่วนใหญ่จะหมายถึงการเคลื่อนย้ายท่อซอย (Lateral) เท่านั้น ซึ่งมีแบบต่าง ๆ พอนำมากล่าวได้ดังนี้

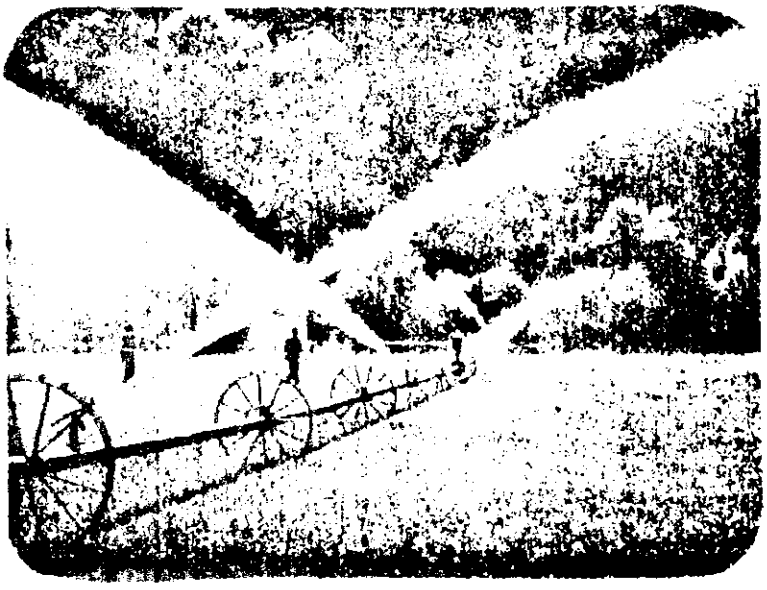
7.1 แบบใช้แรงคน (Hand move system and quick opening valve) แบบนี้ข้อต่อต่าง ๆ จะต้องเป็นแบบ Qqick coupler และตรงข้อต่อที่จะต่อท่อซอย (Lateral) เข้ากับท่อสายใหญ่หรือสายรอง (Mainline or submainline จะต้องเป็นแบบ Quick open valve. โดยถอดท่อออกเป็นท่อน ๆ แบกหรือบรรทุกรถนำไปต่อตามแนวใหม่

7.2 แบบใช้ลาก (Drag-type system) แบบนี้ไม่ต้องถอดท่อเป็นท่อน ๆ แต่จะถอด Lateral ออกทั้งสายแล้วใช้รถลากไปต่อตามแนวใหม่

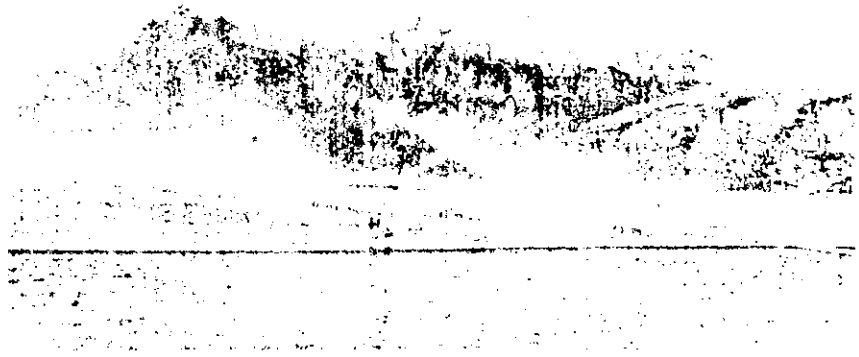
7.3 แบบล้อเลื่อนทางขวาง (Wheel-roll system) เป็นแบบที่มีล้อติดเป็นระยะ ๆ โดยใช้ Lateral เป็นเพลา (ท่อไม่หมุนหมุนแต่ล้อ) การเคลื่อนจะเคลื่อนที่ไปทางขวาง

7.4 แบบล้อเลื่อนตามยาว (Wade pull-type wheel system) ใช้ลากแบบเดียวกับ Drag-type system แต่ว่ามีล้อเลื่อนติดตั้งให้ด้วยทำให้เบาแรงรถที่จะลาก เหมาะสำหรับท่อสายซอยขนาดใหญ่ หรือมีความยาวมาก ๆ

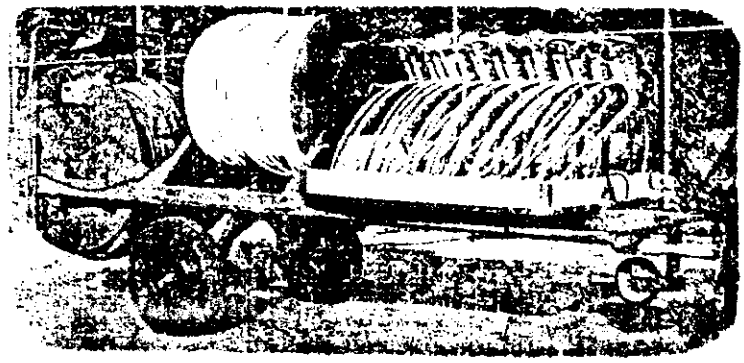
ย่าย
การเกลี่อนท่อ แบบ Drag - Type.



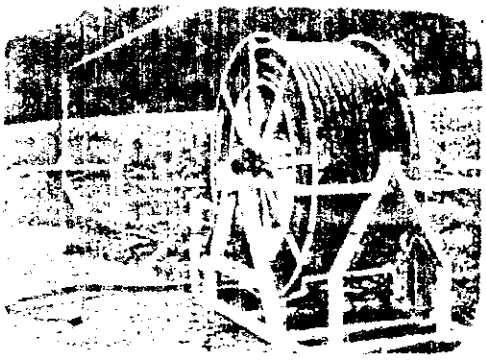
การเกลี่อนย้ายท่อ แบบ Wheel - roll.



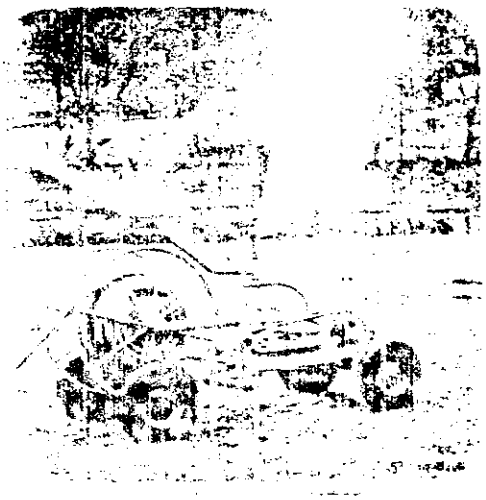
การเคลื่อนย้ายท่อแบบ Wade Pull-type Wheel.



การเคลื่อนย้ายท่อแบบ Roll-drum.



การเคลื่อนย้ายแบบ Minimal.



การเคลื่อนย้ายแบบ Pollmobil.

7.5 แบบปั้นจั่น (Rotating boom-type) เป็นแบบที่จุดส่งน้ำอยู่ตรงกลาง มีโครงเหล็กเป็นปั้นจั่นติดตั้งหัวฉีดไว้ที่ปลาย เมื่อฉีดน้ำปั้นจั่นจะเคลื่อนไปโดยเคลื่อนตัวไปโดยรอบจุดศูนย์กลางที่เป็นจุดส่งน้ำ

8. ที่ยึดท่อ Riser (Riser mount or riser support)

ในการติดตั้งหัว Sprinkler สูงจากพื้นดินมาก ๆ จะทำให้หัว Sprinkler สั่นหรือเอียงในขณะทำงานได้ จึงต้องมีที่ยึดท่อ Riser ตามความเหมาะสมกับขนาดและความสูงในการติดตั้งหัว Sprinkler

แบบต่าง ๆ ของระบบการชลประทานแบบฉีดฝอย (Types of sprinkler irrigation system)

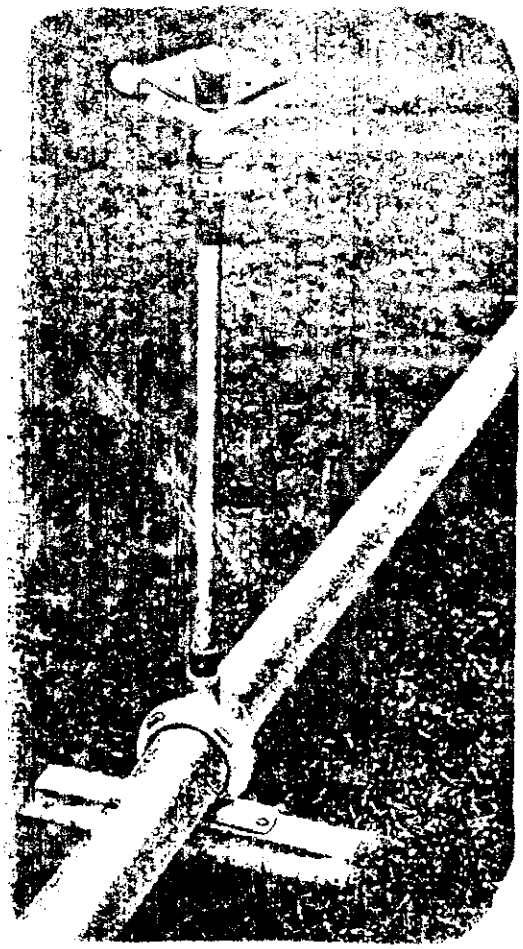
ในการการระบบการชลประทานแบบฉีดฝอยที่ใช้กันอยู่ในหลายรูปแบบนี้ อาจแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. แบ่งตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 แบบ คือ

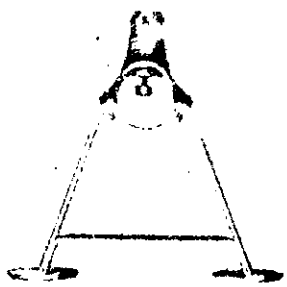
1.1 Field system เป็นระบบการชลประทานฉีดฝอยขนาดเล็ก ๆ โดยออกแบบสำเร็จรูปสามารถขนย้ายหรือเปลี่ยนตำแหน่งการให้น้ำได้ทั้งระบบ ซึ่งในพื้นที่ส่งน้ำแห่งหนึ่ง ๆ อาจจะมีระบบส่งน้ำแบบนี้เป็น 1 ชุดหรือหลายชุดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่และกำลังเงินในการจัดซื้อระบบส่งน้ำแบบนี้ ส่วนมาก Field system จะเกิดขึ้นในระยะแรกในการเปิดพื้นที่เพาะปลูกและต้องการลงทุนแต่น้อยแล้วจึงค่อยขยายการลงทุนเพิ่มขึ้นในภายหลัง

1.2 Farm system เป็นระบบการชลประทานแบบฉีดฝอยที่สมบูรณ์แบบ ที่ได้ออกแบบไว้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกใหญ่ โดยมีการเคลื่อนท่อแต่น้อยหรือเฉพาะบางส่วน เช่น โรงสูบน้ำ ท่อส่งน้ำสายใหญ่ และท่อส่งน้ำสายรอง ติดตั้งตายตัวเลย จะมีการเคลื่อนย้ายเฉพาะท่อส่งน้ำสายซอย ท่อ Riser และหัว Sprinkler เท่านั้น หรือในกรณีที่มีทุนมากพอก็อาจจะติดตั้งตายตัวทั้งระบบเลยก็มี

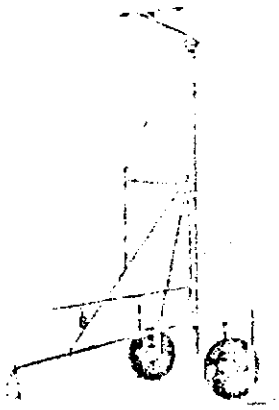
อย่างไรก็ตาม ระบบการชลประทานแบบฉีดฝอยทั้งสองแบบที่กล่าวมานี้ ไม่จำเป็นจะต้องเป็นแบบใดแบบหนึ่งเสมอไปโดยตลอด ในที่บางแห่งอาจจะมีการขยายตัวจาก Field system ไปสู่ Farm system ได้เหมือนกัน ตัวอย่างเช่น ในระยะแรกของการเริ่มการเพาะปลูกยังมีทุนน้อยก็อาจจะวางระบบเป็น Field system ไปก่อน ครั้นในระยะหลังกิจการดีขึ้นมีทุนเพิ่มขึ้นก็อาจซื้ออุปกรณ์ Sprinkler เพิ่มเติม ขยายระบบเป็น Farm system ในภายหลังได้



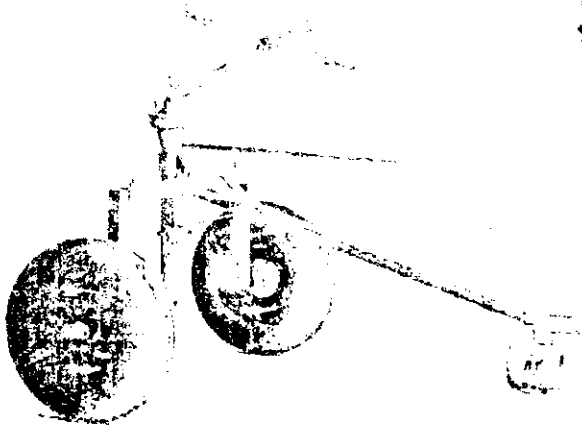
ที่ยึดท่อ Riser แบบติดกับท่อน้ำ



ที่ยึดท่อ Riser แบบตั้งพื้น
Riser valve.

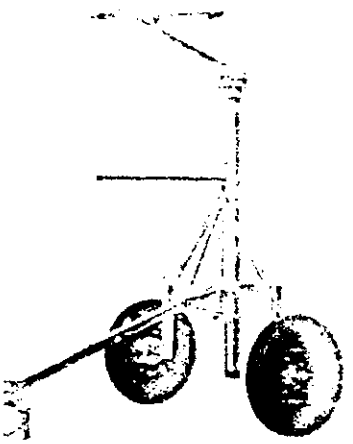


ที่ยึดท่อ Riser แบบที่ใช้กับ
ส่วนผสมไฟฟ้าแรงสูงมาก ๆ.

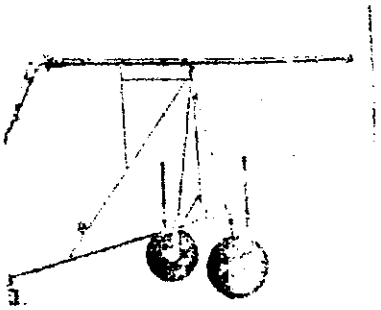


ท่อยึดท่อ Riser แบบเคลื่อนย้ายง่าย และใช้กับแรงดันต่ำ

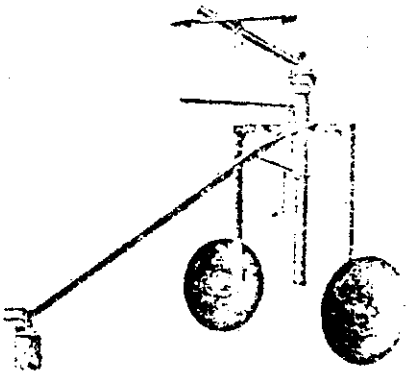
ที่ยึดท่อ Riser แบบสามขา เหมาะที่จะใช้กับหัว Sprinkler ขนาดใหญ่.



ที่ยึดท่อ Riser แบบที่ใช้กับสวนผลไม้ที่สูงไม่มากนัก.



ที่ยึดท่อ Riser แบบที่ใช้กับสวนผลไม้ที่สูงมาก ๆ.



ที่ยึดท่อ Riser แบบที่ใช้กับสวนผลไม้ที่ไม่สูงมากนัก และระยะห่างของล้อปรับได้.

ความหมายของคำต่าง ๆ (Definitions)

ก่อนที่จะกล่าวถึงเนื้อเรื่องในบทนี้ ใคร่ขออธิบายความหมายของคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีคำต่าง ๆ ดังนี้

Sprinkler pattern คือรูปลักษณ์ที่ลากผ่านจุดที่ตั้งของหัว Sprinkler เพื่อแสดงความลึกของน้ำ ณ จุดต่าง ๆ ที่ฉีดจากหัว Sprinkler หัวเดียว ตามปกติถ้าไม่มีกระแสลมมาเกี่ยวข้อง หรือกระแสลมมีค่าด้วยความเร็วไม่เกิน 2 ไมล์ต่อชั่วโมง จะใช้ pattern ในแนวไหนจะได้ผลเหมือนกัน แต่ถ้ากระแสลมมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของเมล็ดน้ำแล้ว มักจะต้องเขียน Pattern เป็น 2 Patterns คือ ในแนวที่ขนานและตั้งฉากกับทิศทางที่ลมพัด

Sprinkler discharge คือปริมาณน้ำที่ฉีดจากหัว Sprinkler หนึ่งหัวในระยะเวลาหนึ่งหน่วย และในกรณีที่เป็นหัว Sprinkler ที่มีหัวฉีด (Nozzle) 2 หัว ก็จะต้องเป็นจำนวนน้ำจากทั้งสองหัวฉีดรวมกัน หน่วยที่นิยมใช้วัดคือแกลลอนต่อนาที และลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

Operating sprinkler pressure คือค่าของแรงดันของน้ำที่วัดจากหัวฉีด(Nozzle) หัวใดหัวหนึ่ง (ในกรณีที่มี 2 หัวฉีด) ของหัว Sprinkler ซึ่งช่วงของแรงดันของน้ำที่บริษัทผู้ผลิตหัว Sprinkler กำหนดไว้นั้นถือว่า เป็นช่วงของแรงดันของน้ำที่เหมาะสมที่สุด ที่ทำให้การแพร่กระจายของน้ำ และขนาดของเมล็ดน้ำที่ฉีดออกมามีขนาดที่เหมาะสมที่สุด หน่วยที่นิยมใช้วัด คือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เทียบกับความสูงของแท่งน้ำเป็นเมตร และบรรยากาศ

Precipitation rate คือค่าความลึกเฉลี่ยของน้ำต่อ 1 หน่วยเวลาที่ฉีดโดยหัว Sprinkler 1 หัว สำหรับหัว Sprinkler หัวเดียวกัน ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงขนาดรูของหัวฉีด (Nozzle) หรือเปลี่ยนค่าแรงดันของน้ำ ก็จะทำให้ค่า Precipitation rate นี้เปลี่ยนตามไปด้วย และหน่วยที่ใช้วัด คือ นิ้วต่อชั่วโมง และมิลลิเมตรต่อชั่วโมง

2. แบ่งตามลักษณะการติดตั้งได้ 4 แบบ คือ

2.1 Portable system เป็นระบบที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ทั้งระบบ องค์ประกอบต่าง ๆ จะต้องทำด้วยวัสดุที่มีน้ำหนักเบาและเป็นระบบที่สะดวกในการถอดและติดตั้งด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นระบบที่เหมาะกับ Field system

2.2 Semi-portable system เป็นระบบที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ทั้งระบบยกเว้น Source of power จะออกแบบให้ติดตั้งอยู่กับที่เป็นการถาวร

2.3 Semi-permanent system เป็นระบบที่สามารถเคลื่อนย้ายได้เฉพาะท่อสายชอยท่อ Riser และหัว Sprinkler เท่านั้น ส่วน Source of power จะสร้างโรงเป็นการถาวร ทั้งท่อสายใหญ่และท่อสายรองมักเป็นแบบที่ฝังไว้ใต้ดินด้วย

2.4 Permanent system เป็นระบบที่องค์ประกอบทุกชนิดติดตั้งไว้ตายตัว ดังนั้นท่อทุกชนิดมักฝังดินทั้งหมด ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นระบบที่เหมาะกับ Farm system และต้องใช้ค่าลงทุนสูงมากกว่าแบบอื่น ๆ

Diameter of coverage area คือความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมที่เกิดจากพื้นที่ที่หัว Sprinkler หัวเดียวฉีดน้ำไปถึงในสภาพปกติ ซึ่งไม่มีอิทธิพลของกระแสลมมาเกี่ยวข้อง มีหน่วยวัดเป็นฟุต และเมตร (บางที่เรียกว่า Diameter of wetted area)

Sprinkler spacing คือ ระยะห่างระหว่างหัว Sprinkler ในท่อสายซอย (Lateral) สายเดียวกันที่สามารถทำให้ความสม่ำเสมอในการให้น้ำดีที่สุด ใช้หน่วยเป็นฟุต และเมตร

Lateral spacing คือระยะห่างระหว่างท่อสายซอย (Lateral) ที่ติดเข้ากับท่อสายใหญ่ (Mainline) หรือท่อสายรอง (Submainline) สายเดียวกัน โดยให้ความสม่ำเสมอในการให้น้ำดีที่สุด

Uniformity of application คือความสามารถในอันที่จะกำหนดการให้น้ำให้มีความลึกของน้ำในทุก ๆ จุดใกล้เคียงกันมากที่สุดทั่วพื้นที่ที่รับน้ำ นิยมวัดเป็น Percentage of uniformity coefficient และสำหรับในงานส่งน้ำในระบบการชลประทานแบบฉีดฝอยนี้ถ้าได้ค่า Uniformity coefficient ตั้งแต่ 85% ขึ้นไปถือว่าการแผ่กระจายของน้ำอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ดี

การศึกษา Sprinkler pattern

ได้มีการศึกษาและพัฒนารูปแบบของ Hammer-wedge-spring sprinkler เพื่อให้เหมาะกับลักษณะงานต่าง ๆ ตลอดจนพัฒนาในด้าน Hydraulic design เพื่อการแผ่กระจายของเม็ดน้ำที่ให้ Sprinkler pattern เหมาะสมในการจัด Sprinkler spacing และ Lateral spacing และให้ความสม่ำเสมอในการให้น้ำดีที่สุด Israelsen ได้ทำการทดลองค้นคว้าในเรื่องนี้ โดยการให้น้ำด้วยหัว Sprinkler แบบต่าง ๆ เพียงครั้งละหัวเดียว และวัดการแผ่กระจายของน้ำจากการให้น้ำภายใต้แรงดันต่าง ๆ กัน ซึ่งปรากฏผลดัง sprinkler pattern

จาก Sprinkler pattern ที่ Israelsen ทดลองได้มานี้จะเห็นรูปที่ 1, 5 และ 6 ให้รูปร่างที่ไม่อาจจะจัด Spacing อย่างเหมาะสมที่จะได้การแผ่กระจายของน้ำอย่างสม่ำเสมอได้ ส่วนรูปที่ 2 อยู่ในขั้นที่พอใช้ได้ถ้าหากมีความจำเป็นจริง และรูปที่ 3 และ 4 นั้นเป็นรูปที่เหมาะสมจะนำมาใช้งานได้อย่างดียิ่ง ซึ่งถือว่าเป็นช่วงที่บริษัทผู้ผลิตหัว Sprinkler กำหนดให้ใช้เป็นช่วง Operating sprinkler pressure ที่ใช้งานและกำหนดไว้ใน Specification ของบริษัทฯ

ในการทดลองและเขียน Sprinkler pattern ทั้ง 6 รูปของ Israelsen นั้นเป็นผลการทดลองโดยไม่มีอิทธิพลของกระแสลมมาเกี่ยวข้อง แต่ในกรณีใช้งานในพื้นที่ที่มีกระแสลมแรงพัดผ่านย่อม

จากผลการคำนวณที่ได้จาก Single Lateral นี้ จะเห็นได้ว่าได้ค่า Uniformity coefficient ถึง 87.78% ซึ่งมากกว่าเกณฑ์กำหนด 85% ที่กล่าวไว้ข้างต้น ก็แสดงว่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำจากการทดลองนี้อยู่ในเกณฑ์ดี และ Spacing 60' x 60' ใช้ได้

อย่างไรก็ตามในกรณีที่คำนวณได้ค่า C_u ออกมาน้อยกว่า 85% ซึ่งแสดงว่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำไม่ดีเท่าที่ควร ก็ควรเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูของหัวฉีดกับแรงดันน้ำที่หัวฉีด หรือแปลงระยะห่างระหว่างหัว Sprinkler กับระยะห่างระหว่างท่อส่งน้ำสายของ หรือหาทางป้องกันกระแสลมในพื้นที่ แล้วแก้ไขนี้

การเลือกใช้หัว Sprinkler (Sprinkler selection)

บริษัทผู้ผลิตหัว Sprinkler นั้น จะต้องมีคู่มือแสดงความสามารถ ประสิทธิภาพ คุณภาพ และรายละเอียดในการทำงานของหัว Sprinkler แต่ละแบบและแต่ละขนาด ซึ่งรายละเอียดในการทำงานของหัว Sprinkler ก็มักแสดงรายละเอียดต่อไปนี้คือ

ขนาดและจำนวนของหัวฉีด (Number of nozzle and nozzle size)

ช่วงแรงดันน้ำที่ใช้งาน (Range of operating sprinkler pressure)

ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละแรงดันของน้ำและแต่ละขนาดของหัวฉีด (Sprinkler discharge)

ค่าความลึกเฉลี่ยของการให้น้ำในแต่ละแรงดันของน้ำและแต่ละขนาดของรูของหัวฉีด (Precipitation rate)

ความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางของพื้นที่ที่น้ำฉีดไปถึงในแต่ละแรงดันของน้ำและในแต่ละขนาดของรูของหัวฉีด (Diameter of coverage area)

ดังนั้น ในการพิจารณาเลือกใช้หัว Sprinkler จึงควรพิจารณาเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. ชนิดของหัว Sprinkler (Type of sprinkler)

ในหัวข้อนี้ควรพิจารณาให้เหมาะกับพื้นที่ ชนิดและอายุของพืช ความสูงของพืช ลักษณะการให้น้ำ ตลอดจนความสะดวกในการติดตั้งและการส่งน้ำ และที่สำคัญก็คือมีราคาที่พอเหมาะกับการลงทุน เช่น ถ้าพื้นที่ส่งน้ำเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่และพืชที่ปลูกมีใบแข็งแรงไม่เสียหายหรือช้ำเมื่อถูกเม็ดน้ำขนาดใหญ่มากระทบ และไม่เกี่ยวในเรื่องการลงทุน ก็น่าจะพิจารณาใช้ High pressure sprinkler หรือ Giant Sprinkler หรือ Turf King Sprinkler หรือ Jet gun sprinkler แต่ถ้าหากเป็นการเพาะปลูกในเรือนเพาะชำ หรือการปลูกต้นไม้ที่มีอายุน้อย ก็ควรพิจารณาใช้ Nursery sprinkler หรือหากว่าพืชที่ปลูกเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ และกระแสลมที่พัดผ่านค่อนข้างแรง

ก็อาจจะพิจารณาใช้ Low angle sprinkler หรือ Undertree sprinkler เป็นต้น

2. ขนาดของรูของหัวฉีด (Nozzle size)

ขนาดของรูของหัวฉีดที่จะเลือกใช้นั้นนอกจากจะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อปริมาณการส่งน้ำจากหัว Sprinkler (Sprinkler discharge) แล้ว ยังมีความเกี่ยวข้องกับขนาดเมล็ดน้ำที่จะตกลงกระทบผิวดินด้วย เพราะขนาดของรูของหัวฉีดใหญ่จะให้ขนาดของเมล็ดน้ำ (Droplet) ที่ใหญ่ด้วย และขนาดของเมล็ดน้ำที่ใหญ่เกินไปนอกจากจะทำอันตรายต่อใบพืชแล้ว ยังอาจจะเป็นตัวทำให้ผิวดินถูกกัดพา หรือเมล็ดดินผิวบนถูกทำให้แตกเป็นเมล็ดเล็ก ๆ ไปอุดระหว่างช่องว่างระหว่างเมล็ดดิน (Void) ทำให้ดินเสียคุณสมบัติในการถ่ายเทอากาศ (Aeration) ได้

3. อัตราการให้น้ำ (Precipilation rate)

การพิจารณาในข้อนี้มีผลโดยตรงต่ออัตราการดูดซับน้ำของดิน (Intake rate) เพราะถ้าอัตราการให้น้ำสูงกว่าอัตราการดูดซับน้ำของดินเมื่อใด ย่อมจะมีน้ำส่วนเกินไหลบนผิวดิน (Runoff) ซึ่งนอกจากจะเกิดการกัดพาผิวดิน (Soil erosion) แล้ว ยังจะเป็นการสูญเสียน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์ ทำให้ค่า Farm efficiency ต่ำ และไม่เป็นการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งเป็นการขาดคุณสมบัติอันหนึ่งของระบบการชลประทานแบบฉีดฝอย ดังนั้นจึงควรเลือกหัว Sprinkler ที่มีอัตราการให้น้ำต่ำกว่าอัตราการดูดซับน้ำของดินในพื้นที่เพาะปลูก

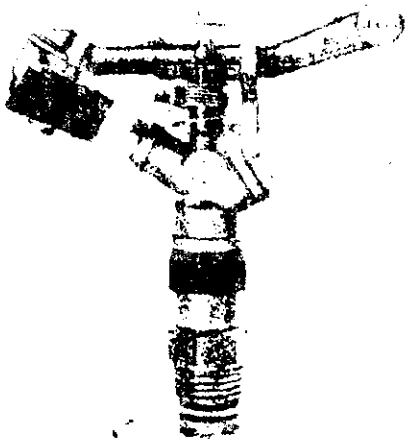
4. ปริมาณน้ำจากหัว Sprinkler (Sprinkler discharge)

สำหรับเรื่องปริมาณน้ำที่จะต้องพิจารณาควบคู่ไปกับปริมาณน้ำจากแหล่งน้ำที่จะนำมาใช้ ถ้าเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ไม่จำกัดอัตราการไหล (Flowrate) เช่นน้ำจากทางน้ำธรรมชาติ หรือจากน้ำตกแล้วก็ย่อมเป็นการง่ายที่จะเลือกหัว Sprinkler

อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องใช้เครื่องสูบน้ำเพื่อสูบน้ำเข้าสู่ระบบการชลประทานแบบฉีดฝอยแล้วควรพิจารณาในด้านกำลังของเครื่องสูบน้ำ ค่าจัดซื้อเครื่องสูบน้ำ ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้า ตลอดจนการควบคุมดูแลเครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ด้วย

5. แรงดันน้ำที่หัว Sprinkler

ในหัวข้อนี้ใช้หลักการพิจารณาเช่นเดียวกับหัวข้อ 4 ก็จะไปลงที่ขนาดและค่าใช้จ่ายค่าลงทุนเกี่ยวกับเครื่องสูบน้ำเป็นหลักใหญ่



ONE NOZZLE

Nozzle Size in mm. CODE		Pressure in atm.	Discharge in m^3/h	Diameter Coverage in m.	Precipitation in mm/h For Covered Area Spacing in metres			
322/90	322/92				6 x 6	6 x 12	9 x 12	12 x 12
	2.8 ARTUR	2.0	0.40	22	11.1	5.6	3.7	2.8
		2.5	0.45	23	12.5	6.3	4.2	3.1
		3.0	0.49	24	13.6	6.8	4.6	3.4
		3.5	0.54	24	15.0	7.5	5.0	3.7
		4.0	0.57	24	15.8	7.9	5.3	4.0
		4.5	0.61	24	17.0	8.5	5.7	4.2
3.2 ASTRO	3.2 ARON	2.0	0.52	24	14.6	7.3	4.8	3.6
		2.5	0.58	25	16.2	8.1	5.4	4.0
		3.0	0.63	25	17.6	8.8	5.9	4.3
		3.5	0.68	25	19.0	9.5	6.3	4.7
		4.0	0.72	25	20.2	10.1	6.7	5.0
		4.5	0.76	25	21.0	10.5	7.0	5.2
3.5 ASTEL	3.5 ARGIN	2.0	0.66	24	18.3	9.1	6.4	4.8
		2.5	0.78	25	21.8	10.9	7.3	5.4
		3.0	0.84	25	23.5	11.9	7.8	6.0
		3.5	0.90	25	25.2	12.6	8.4	6.2
		4.0	0.96	25	26.9	13.4	8.9	6.6
		4.5	1.01	25	28.3	14.1	9.4	7.0
4.0 ASTAR	4.0 ARIEH	1.5	0.70	21	19.6	9.8	6.5	4.8
		2.0	0.81	24	22.7	11.3	7.5	5.6
		2.5	0.90	25	25.2	12.6	8.4	6.2
		3.0	0.98	26	27.4	13.7	9.1	6.8
		3.5	1.06	27	29.4	14.7	9.8	7.3
		4.0	1.12	27	31.3	15.7	10.4	7.7
4.5 ASCAN	4.5 ARGOL	1.0	0.76	18	21.3	10.8	7.1	5.2
		1.5	0.93	21	26.0	13.0	8.6	6.4
		2.0	1.07	24	30.0	15.0	10.0	7.4
		2.5	1.20	25	33.6	16.8	11.2	8.3
		3.0	1.31	26	36.7	18.3	12.2	9.0
		3.5	1.41	27	39.5	19.7	13.1	9.7
4.8 ASBUN	4.8 ARGAS	1.0	0.86	18	24.1	12.0	8.0	5.9
		1.5	1.05	22	29.4	14.4	9.6	7.1
		2.0	1.21	24	33.9	16.9	11.3	8.3
		2.5	1.34	26	37.5	18.8	12.5	9.3
		3.0	1.46	27	40.9	20.4	13.6	10.1
		3.5	1.57	27	44.0	22.0	14.6	10.8

TWO NOZZLES

Nozzle Size in mm CODE		Pressure in atm.	Discharge in m^3/h	Diameter Coverage in m.	Precipitation in mm/h For Covered Area Spacing in metres			
322/90	322/92				6 x 6	6 x 12	9 x 12	12 x 12
	2.8 x 2.8 RODET	2.0	0.69	22	19.2	9.6	6.4	4.8
		2.5	0.78	23	21.7	10.8	7.3	5.4
		3.0	0.85	24	23.6	11.8	7.9	5.9
		3.5	0.91	24	25.3	12.7	8.5	6.3
3.2 x 2.8 BILAR	3.2 x 2.8 ROCHEN	2.0	0.80	24	22.2	11.1	7.4	5.6
		2.5	0.90	25	25.0	12.5	8.4	6.3
		3.0	0.98	25	27.2	13.7	9.1	6.8
		3.5	1.06	25	29.2	14.6	9.8	7.3
3.5 x 2.8 BIRAS	3.5 x 2.8 ROGER	2.0	0.98	24	27.2	13.6	9.1	6.8
		2.5	1.09	25	30.3	15.2	10.1	7.6
		3.0	1.19	25	33.1	16.5	11.1	8.3
		3.5	1.29	25	35.8	17.9	12.0	8.9
4.0 x 2.8 BIGEL	4.0 x 2.8 GOLEL	1.5	0.94	21	26.1	13.1	8.7	6.5
		2.0	1.07	24	29.8	14.9	10.0	7.4
		2.5	1.21	25	33.6	16.8	11.3	8.4
		3.0	1.33	26	37.0	18.5	12.4	9.2
		3.5	1.43	27	39.8	19.9	13.5	9.9
4.5 x 2.8 BIVAR	4.5 x 2.8 GOZET	1.0	0.97	18	27.0	13.5	9.0	6.7
		1.5	1.17	21	32.5	16.3	10.9	8.1
		2.0	1.36	24	37.8	18.9	12.7	9.4
		2.5	1.52	25	42.3	21.1	14.1	10.6
		3.0	1.66	26	45.9	22.9	15.4	11.5
		3.5	1.79	27	49.5	24.9	16.7	12.4
4.8 x 3.2 BIRAS	4.8 x 3.2 [illegible]	1.0	1.16	18	32.3	16.1	10.8	8.1
		1.5	1.44	22	40.0	20.0	13.4	10.0
		2.0	1.65	24	45.9	22.9	15.4	11.5
		2.5	1.85	[illegible]	51.4	25.7	17.2	12.8
		3.0	2.03	27	56.4	28.2	18.9	14.1
		3.5	2.19	27	60.8	30.3	20.3	15.1

ตารางแสดงสมรรถนะการทำงาน (Performance) ของหัว Sprinkler ที่ใช้กับหัวฉีด (Nozzle) หัวเดียว และ 2 หัว

6. วัสดุที่ใช้ทำหัว Sprinkler และราคาหัว Sprinkler

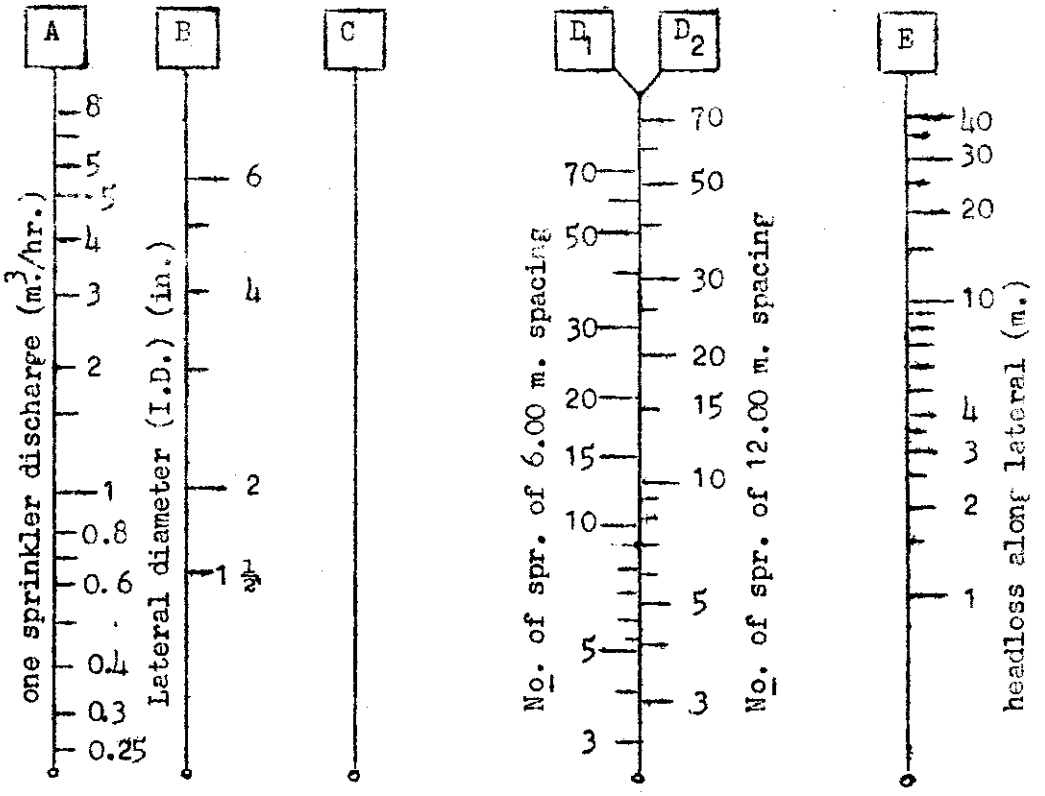
ปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตหัว Sprinkler ได้ใช้วัสดุในการทำหัว Sprinkler เป็นหลายอย่างเพื่อความคงทน และความสะดวกในการใช้ ตลอดจนค่าแรงและราคาในการผลิต เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น เดิมมีการผลิตหัว Sprinkler เป็นอลูมิเนียมหรือโลหะผสมอลูมิเนียม มีทองเหลืองเป็นบางส่วน ซึ่งมีราคาปานกลาง ต่อมาเป็นแบบทองเหลืองทั้งหัว ทำให้มีน้ำหนักมากแต่ใช้งานได้คงทนมากและราคาค่อนข้างสูง ระยะหลังได้มีผู้ผลิตด้วย PVC ชนิดแข็ง มีความแข็งแรงคงทนพอควรและราคาค่อนข้างต่ำ

อย่างไรก็ตามเป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบจะต้องพิถีพิถันในการเลือกใช้หัว Sprinkler เพื่อให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ใช้งานได้คงทนถาวร และให้ค่าลงทุนต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้

*Nomograph for Headloss along Lateral

by

**Christiansen's Equation



* Constructed by Rupin Irr. Extension Center, State of Israel

** Based on Scobey's formula

Table 11-3 Friction loss in feet per 100 feet in lateral lines of portable aluminum pipe with couplings
(Based on Scobey's formula and 30-foot pipe lengths)[1] $*H_f = K_s \frac{V^{1.9}}{D^{1.1}}$

Flow (gallons per minute)	m^3/hr.	2-inch[2] K_s = .34	3-inch[2] K_s = .33	4-inch[2] K_s = .32	5-inch[2] K_s = .32	6-inch[2] K_s = .32
40	9.08	4.49	0.565	0.130		
50	11.35	6.65	.858	.198		
60	13.63	9.67	1.21	.280		
70	15.90	12.9	1.63	.376	0.122	
80	18.20	16.7	2.10	.484	.157	
90	20.45	20.8	2.63	.605	.196	
100	22.70	25.4	3.20	.738	.240	0.099
120	27.25		4.54	1.04	.339	.140
140	31.80		6.09	1.40	.454	.188
160	36.38		7.85	1.80	.590	.242
180	40.90		9.82	2.26	.733	.302
200	45.40		12.0	2.76	.896	.370
220	50.00		14.4	3.30	1.07	.443
240	54.50		16.9	3.90	1.26	.522
260	59.10		19.7	4.54	1.47	.608
280	63.70		22.8	5.22	1.70	.700
300	68.20		25.9	5.96	1.93	.798
320	72.75		29.3	6.74	2.18	.904
340	77.20		32.8	7.56	2.45	1.02
360	81.80		36.6	8.40	2.74	1.13
380	86.40		40.6	9.36	3.03	1.26
400	90.80		44.7	10.3	3.34	1.38
420	95.40			11.3	3.66	1.51
440	100.00			12.3	4.00	1.66
460	104.40			13.4	4.35	1.80
480	109.00			14.6	4.72	1.95
500	113.50			15.8	5.10	2.12
550	125.00			18.9	6.12	2.52
600	136.30			22.2	7.22	2.98
650	147.70			25.9	8.40	3.46
700	159.00			29.8	9.68	3.99
750	170.30			33.8	11.0	4.54
800	181.80				12.5	5.15
850	193.00				14.0	5.78
900	204.50				15.6	6.44
950	216.00				17.3	7.14
1000	227.00				19.0	7.86

[1] For 20-ft. pipe lengths, increase values in the table by 7.0 percent. For 40-ft. lengths, decrease values by 3.0 percent.

[2] Outside diameter.

* Friction loss formula base on Scobey's

Table 11.7 Friction loss in feet per 100 feet in main lines of portable aluminum pipe with couplings
(Based on Scobey's formula (K_s = .40) and 30-foot pipe lengths)[1]

Flow (gallons per minute)	3-inch[2] (2.914)	4-inch[2] (3.905)	5-inch[2] (4.896)	6-inch[2] (5.884)	7-inch[2] (6.872)	8-inch[2] (7.856	10-inch[2] (9.818)
40	0.658	0.15[illegible]					
50	1.006	.239					
60	1.423	.339					
70	1.906	.4[illegible]	0.150				
80	2.457	.50[illegible]	.193				
90	3.073	.731	.242				
100	3.756	.893	.295	0.120			
120	5.307	1.262	.417	.170			
140	7.113	1.693	.560	.227			
160	9.169	2.182	.721	.293			
180	11.47	2.729	.967	.366			
200	14.01	3.333	1.102	.448	0.209		
220	16.79	3.996	1.321	.537	.251		
240	19.81	4.713	1.558	.633	.296		
260	23.06	5.488	1.814	.737	.344		
280	26.55	6.316	2.089	.849	.397		
300	30.27	7.203	2.381	.967	.452	0.235	
320	34.22	8.142	2.692	1.094	.511	.265	
340	38.39	9.137	3.020	1.227	.573	.298	
360	42.80	10.18	3.366	1.368	.639	.332	
380	47.45	11.29	3.731	1.516	.708	.368	
400	52.28	12.44	4.113	1.671	.781	.399	0.136
420		13.65	4.513	1.833	.857	.445	.149
440		14.57	4.930	1.988	.936	.486	.163
460		16.23	5.364	2.179	1.019	.529	.177
480		17.59	5.815	2.363	1.104	.573	.192
500		19.01	6.284	2.554	1.193	.620	.208
550		22.79	7.532	3.060	1.430	.742	.249
600		26.88	8.886	3.611	1.687	.876	.294
650		31.30	10.35	4.204	1.965	1.020	.342
700		36.03	11.91	4.839	2.262	1.174	.394
750		41.08	13.58	5.517	2.520	1.339	.449
800			15.35	6.237	2.915	1.513	.507
850			17.22	6.999	3.271	1.698	.569
900			19.20	7.801	3.646	1.893	.635
950			21.28	8.645	4.041	2.097	.703
1000			23.45	9.530	4.454	2.312	.775
1100			28.11	11.42	5.338	2.772	.929
1200			31.75	13.58	6.298	3.269	1.096

See footnotes at end of table.

Table 11.7 (Cont.)

Flow (gallons per minute)	3-inch[2] (2.914)	4-inch[2] (3.906)	5-inch[2] (4.896)	6-inch[2] (5.884)	7-inch[2] (6.872)	8-inch[2] (7.856)	10-inch[2] (9.818)
1300				15.69	7.333	3.806	1.277
1400				18.06	8.441	4.382	1.470
1500				20.59	9.624	4.996	1.675
1600				23.28	10.88	5.648	1.894
1700				26.12	12.21	6.337	2.125
1800					13.61	7.064	2.369
1900					15.08	7.829	2.625
2000					16.62	8.630	2.894

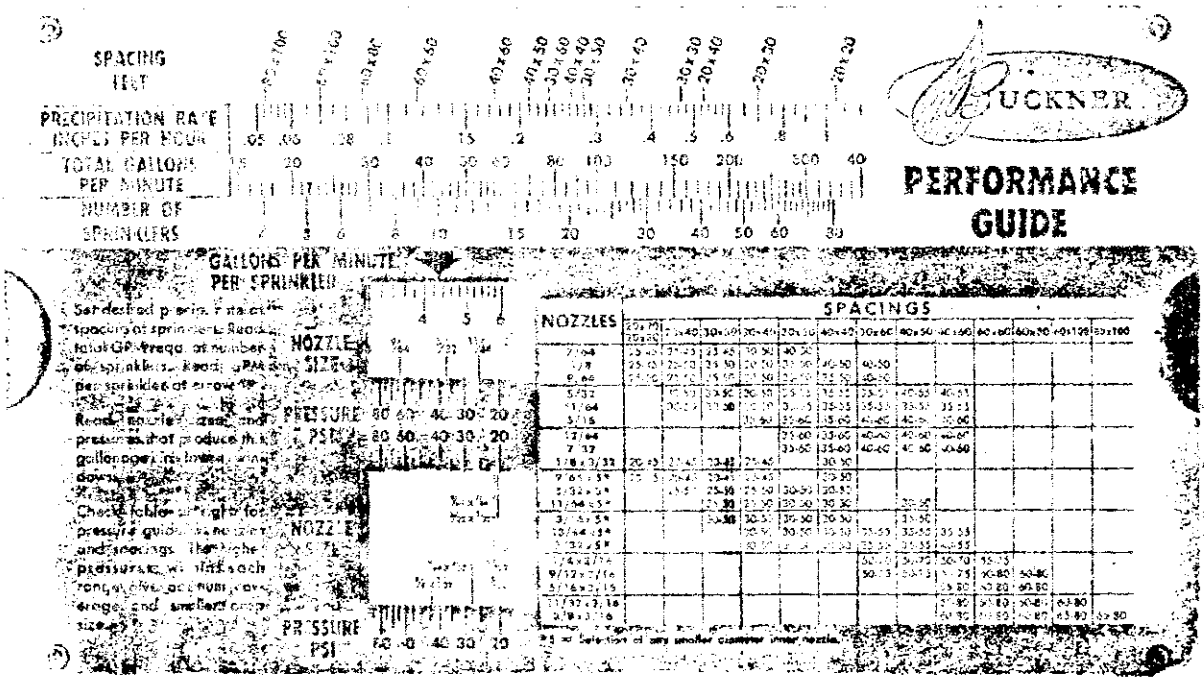
[1]Where 20-ft. sections of pipe are used, increase values shown in the table by 7.0 percent.

Where 40-ft. sections of pipe are used, decrease values shown in the table by 3.0 percent.

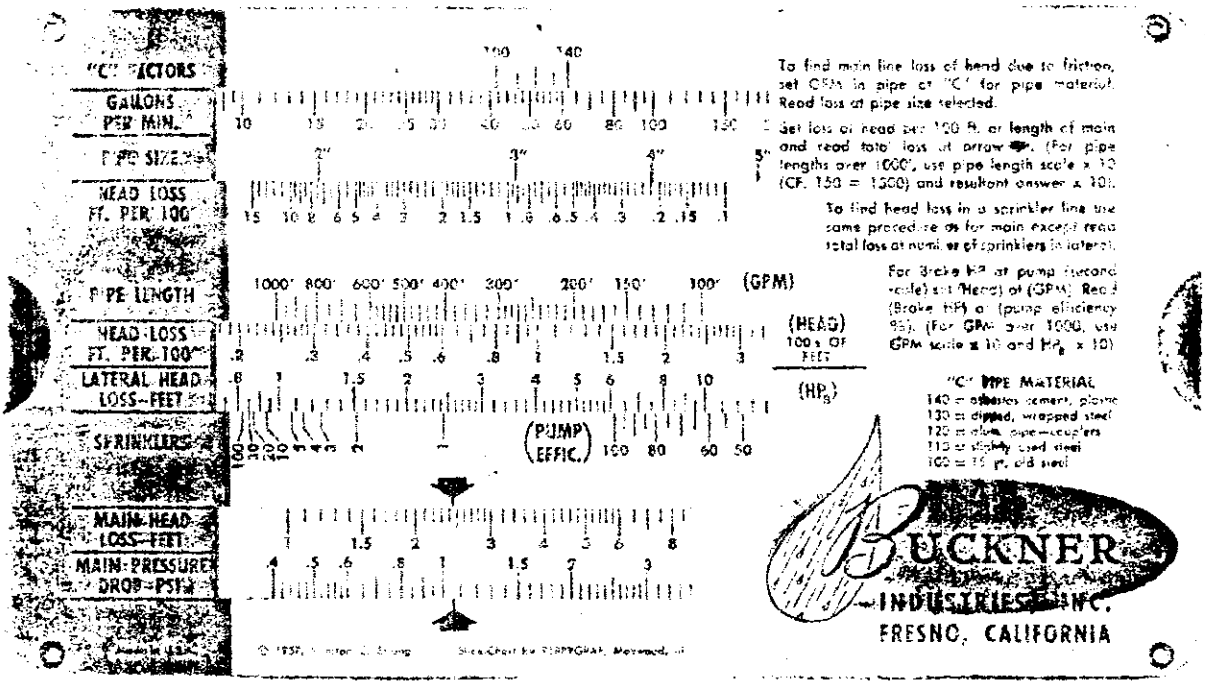
[2]Outside diameter, inside diameter in parentheses.

Table 11.8 Friction loss in feet per 100 feet in asbestos cement pressure pipe

Flow (gallons per minute)	Nominal pipe diameter in inches				
	4	6	8	10	12
	I.D.= 3.95	I.D.= 5.85	I.D.= 7.85	I.D.= 10.00	I.D.= 12.00
100	0.677				
120	.954				
140	1.28				
160	1.65				
180	2.06				
200	2.53	0.372			
220	3.03	.447			
240	3.56	.525			
260	4.16	.611			
280	4.77	.705			
300	5.44	.803			
320	6.16	.910			
340	6.91	1.02			
360	7.70	1.14			
380	8.54	1.26			
400	9.40	1.39	0.324		
420	10.3	1.52	.355		
440	11.3	1.66	.389		
460	12.3	1.81	.423		
480	13.3	1.96	.458		
500	14.4	2.12	.495		
550	17.2	2.55	.594		
600	20.3	2.99	.701	0.214	
650	23.7	3.49	.818	.249	
700	27.3	4.02	.935	.287	
750	31.1	4.57	1.07	.328	
800		5.18	1.21	.370	0.152
850		5.81	1.36	.415	.170
900		6.46	1.51	.464	.190
950		7.17	1.68	.511	.210
1000		7.91	1.85	.564	.232
1100		9.45	2.21	.675	.278
1200		11.2	2.62	.800	.328
1300		13.0	3.04	.932	.384
1400		15.0	3.50	1.07	.438
1500		17.1	3.99	1.22	.502
1600		19.3	4.52	1.38	.566
1700			5.06	1.55	.637
1800			5.67	1.73	.710
1900			6.26	1.91	.787
2000			6.90	2.11	.864
2200			8.27	2.53	1.04
2400			9.75	2.98	1.23
2600			11.4	3.47	1.43
2800			13.1	4.00	1.64
3000			14.9	4.56	1.87



ด้านหน้า



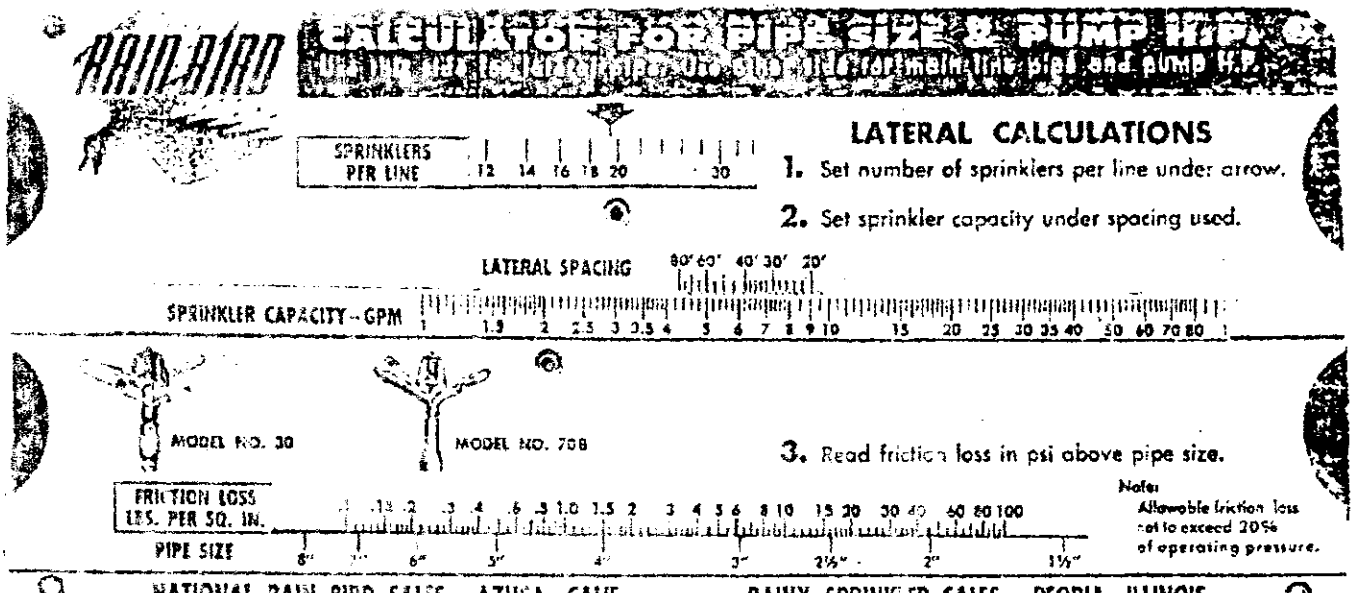
ด้านหลัง

Slide rule ของบริษัท Buckner. ซื้อที่นิวยอกแบบ
ระบบสปริงทานแบบสิ่งของ.

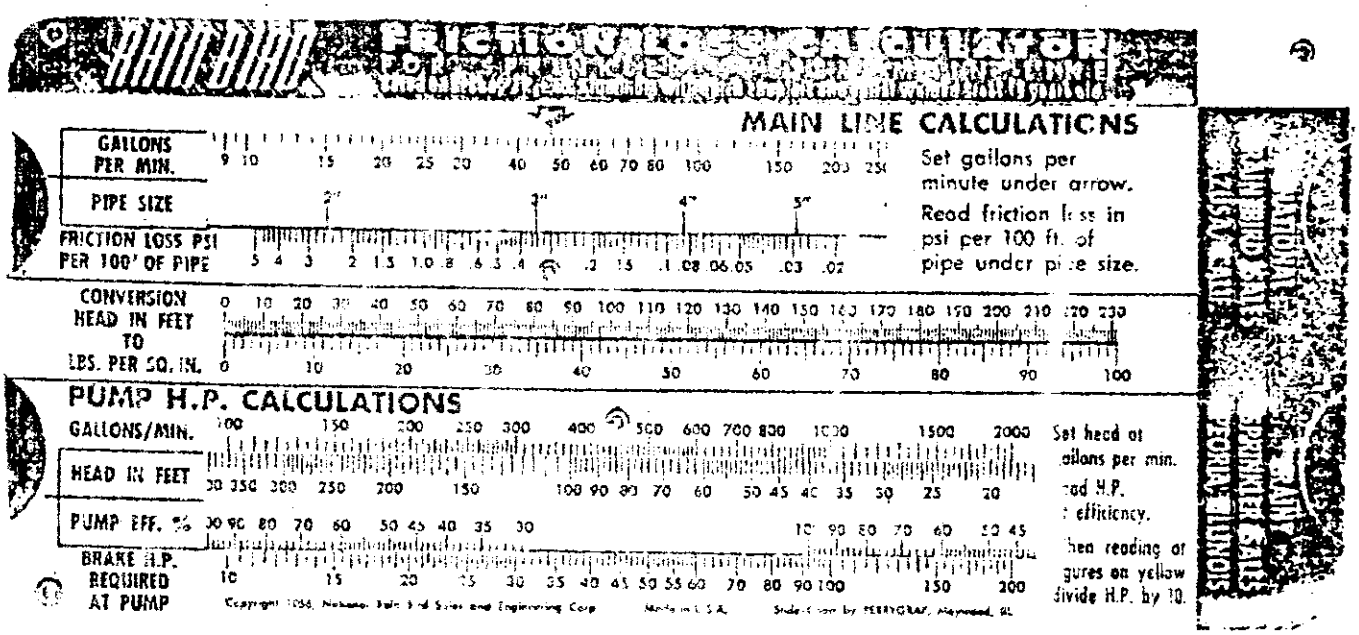
Table 11.9 Friction loss in feet per 100 feet in main lines of welded steel pipe . 15 years old (Based on Scobey's formula $K_s = .36$)

Flow gallons per minute	4-inch[1]			5-inch[1]		6-inch[1]		7-inch[1]		8-inch[1]		10-inch[1]	
	16-gage	14-gage	12-gage	14-gage	12-gage	14-gage	12-gage	14-gage	12-gage	14-gage	12-gage	14-gage	12-gage
40	0.150	0.155	0.169	0.048	0.052								
50	.218	.227	.246	.074	.080								
60	.300	.312	.339	.106	.113								
70	.393	.411	.444	.142	.151								
80	.498	.519	.562	.182	.193	0.074	0.079						
90	.617	.709	.768	.228	.242	.091	.096						
100	.810	.848	.920	.279	.296	.109	.115	0.052	0.054				
125	1.28	1.34	1.45	.425	.452	.172	.181	.079	.082				
150	1.76	1.83	1.99	.602	.640	.235	.249	.111	.116				
175	2.42	2.52	2.73	.807	.857	.323	.341	.148	.155	0.075	0.080		
200	3.04	3.17	3.44	1.04	1.10	.407	.429	.191	.200	.096	.100		
250	4.79	5.01	5.43	1.59	1.69	.643	.678	.292	.306	.152	.159	0.050	0.052
300	6.74	7.04	7.63	2.25	2.39	.903	.953	.414	.432	.215	.223	.070	.072
350	8.99	9.41	10.2	3.01	3.23	1.21	1.27	.555	.579	.287	.297	.095	.097
400	11.5	12.1	13.1	3.88	4.12	1.55	1.63	.714	.746	.369	.381	.120	.124
450	14.4	15.3	16.3	4.85	5.16	1.94	2.04	.894	.934	.458	.476	.150	.155
500	17.6	18.6	19.9	5.93	6.30	2.36	2.49	1.09	1.14	.559	.580	.183	.189
600				8.38	8.91	3.39	3.57	1.54	1.61	.801	.834	.263	.271
700				11.2	11.9	4.51	4.76	2.07	2.16	1.07	1.11	.352	.361
800				14.5	15.4	5.79	6.10	2.67	2.79	1.37	1.42	.450	.464
900						7.23	7.68	3.34	3.48	1.73	1.79	.573	.594
1000						8.90	9.38	4.08	4.26	2.11	2.18	.694	.712
1100						12.5	13.2	5.76	6.02	3.04	3.07	.977	1.00
1200								7.73	8.07	3.98	4.14	1.30	1.35
1300								9.96	10.4	5.13	5.33	1.68	1.74
1400										6.43	6.66	2.12	2.17
1500										7.86	8.18	2.62	2.65
1600										12.0	12.5	3.97	4.05
2000												5.52	5.74

[1] Outside diameters.



ด้านหน้า



ด้านหลัง

Slide rule ของ Rain Bird ใช้คำนวณออกแบบ

ระบบสปริงเกลอร์แบบฝังดิน.

หลักการวางท่อในระบบการชลประทานแบบฉีดฝอย

(Procedure for Layout of Sprinkler System)

หัวข้อนี้ได้รวมเอาการพิจารณากำหนดจุดที่ตั้งเครื่องสูบน้ำ การวางแนวท่อสายใหญ่และท่อสายรอง การกำหนดแนวที่จะวางและหมุนเวียนการย้ายท่อสายซอย เพื่อให้สะดวกและลดค่าแรงงานในการย้ายท่อ ซึ่งจะขอแยกกล่าวเป็นข้อ ๆ ดังนี้

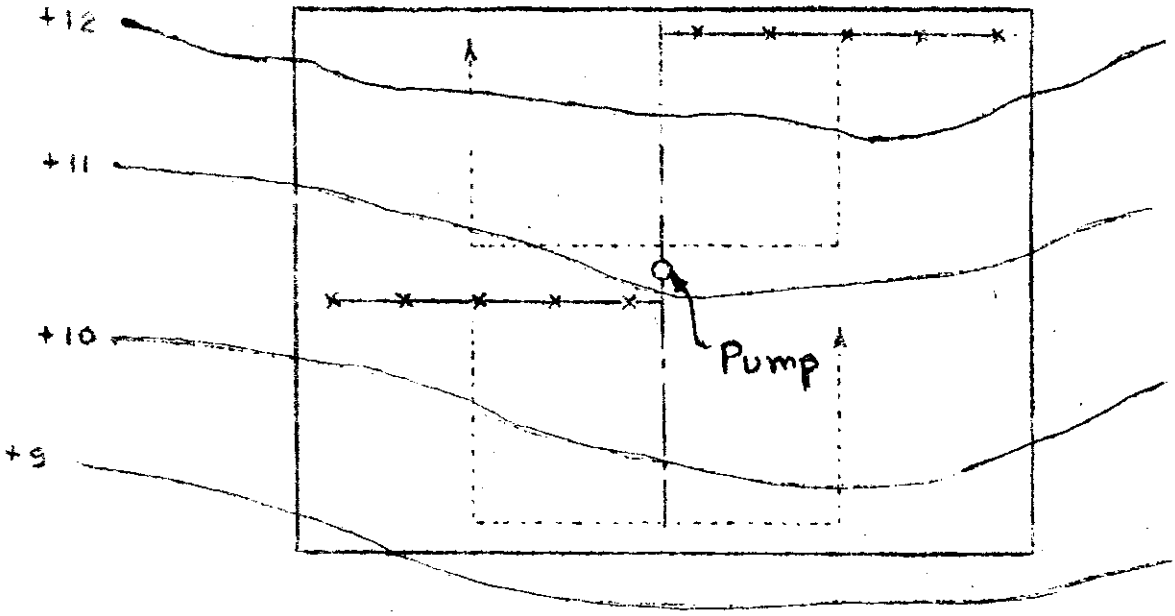
1. การกำหนดที่ตั้งเครื่องสูบน้ำ (Layout of pump) ในกรณีที่ระดับน้ำจากแหล่งน้ำสูงไม่พอกับแรงดันน้ำที่เราต้องการก็จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำ จึงต้องพิจารณาเป็นแต่ละหัวข้อดังนี้

1.1 ถ้าแหล่งน้ำอยู่ห่างพื้นที่เพาะปลูก จำเป็นต้องขุดร่องชักน้ำเข้ามาสู่พื้นที่เพาะปลูก จำเป็นต้องกำหนดให้ตั้งเครื่องสูบน้ำให้ติดขอบหรือมุมของพื้นที่ และต้องมีบ่อพักน้ำ (Sump) ด้วย ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ร่องชักน้ำไปกีดขวางในพื้นที่ เป็นอุปสรรคในการทำงานและอาจจะต้องมีสพานข้ามร่องน้ำ และอาคารอื่น ๆ ที่สิ้นเปลืองค่าลงทุนด้วย

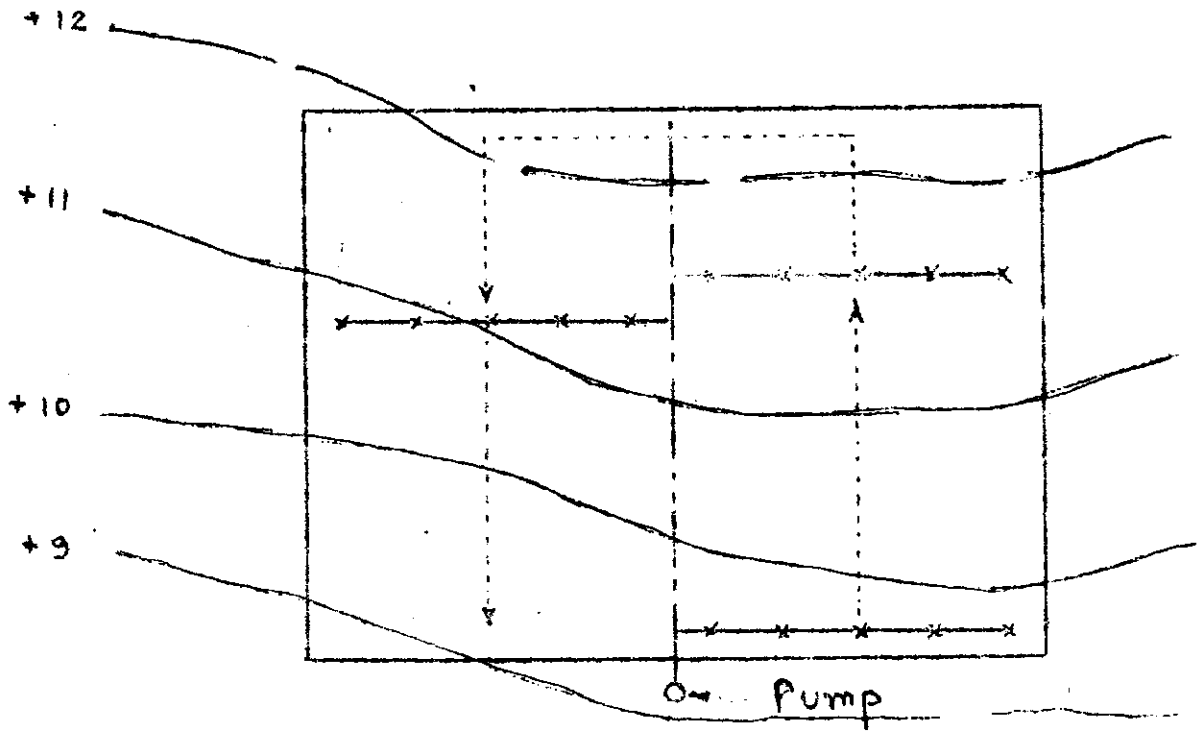
1.2 ถ้าต้องมีการเจาะน้ำบาดาลมาใช้ และพื้นที่เพาะปลูกมีขนาดใหญ่ การกำหนดที่ตั้งเครื่องสูบน้ำไว้ที่กลางพื้นที่จะได้ประโยชน์ดีกว่าเพราะจะสามารถวางท่อสายใหญ่และท่อสายรองได้ระวงสั้น ๆ แผ่ไปโดยรอบจุดที่ตั้งเครื่องสูบน้ำ การสูญเสียแรงดันน้ำจะเกิดขึ้นน้อยกว่า แต่ถ้าพื้นที่เพาะปลูกมีขนาดเล็กควรเอาเครื่องสูบน้ำไว้ติดริมพื้นที่จะดีกว่า

2. การวางแนวท่อสายใหญ่และท่อสายรอง (Layout of mainline and submainline) โดยหลักการแล้วการวางท่อสายใหญ่และท่อสายรองนั้นยึดหลักว่า แนวที่วางไปนั้นสามารถครอบคลุมการส่งน้ำได้ทั่วพื้นที่ มีการสูญเสียแรงดันน้ำน้อยที่สุด และสะดวกในการติดตั้งและการหมุนเวียนการย้ายท่อสายซอย ซึ่งมีหลักการกว้าง ๆ ดังนี้

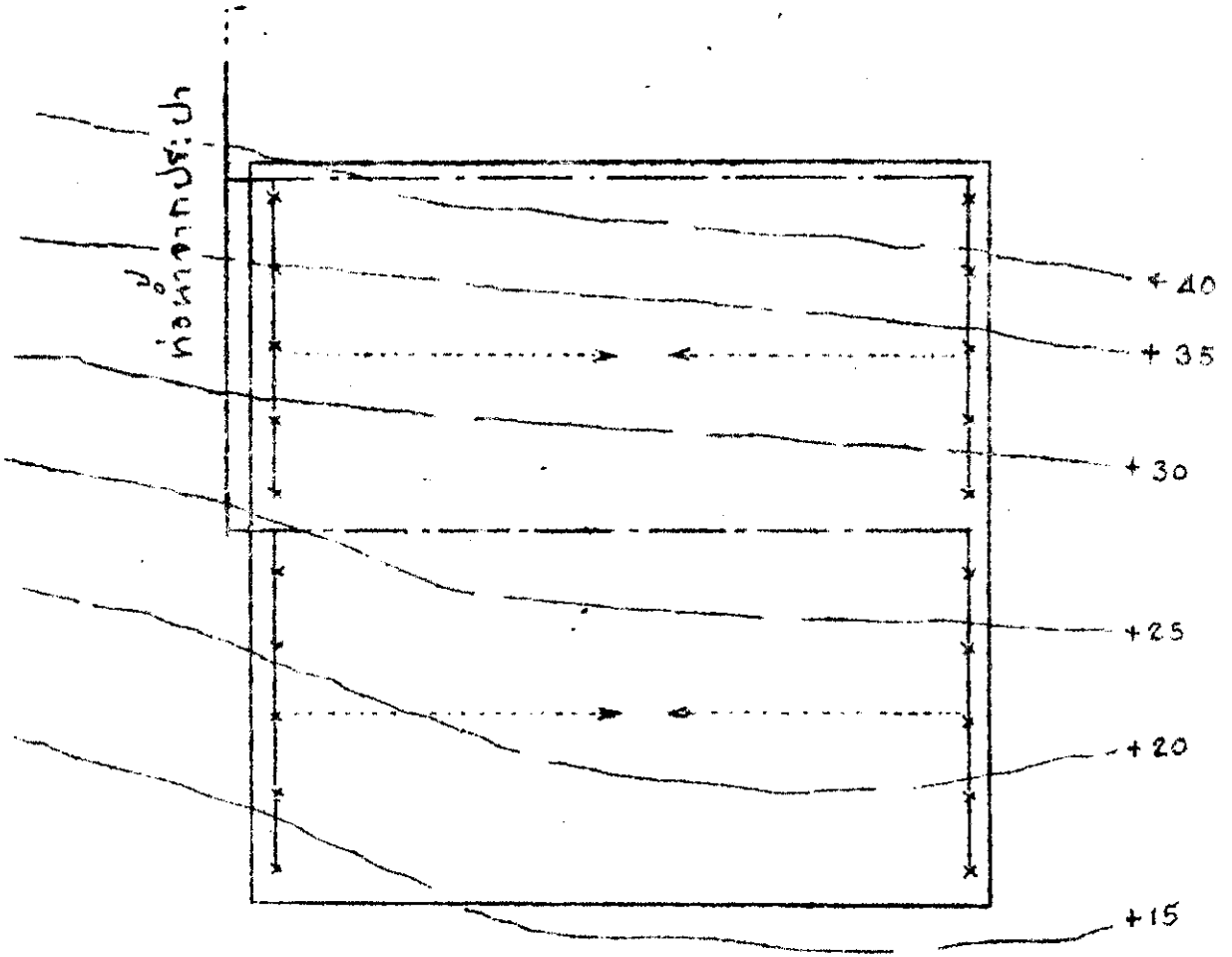
2.1 ควรวางแนวท่อสายใหญ่และท่อสายรองให้สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดทั้งค่าลงทุนในการซื้อท่อ และการสูญเสียแรงดันของน้ำในท่อ



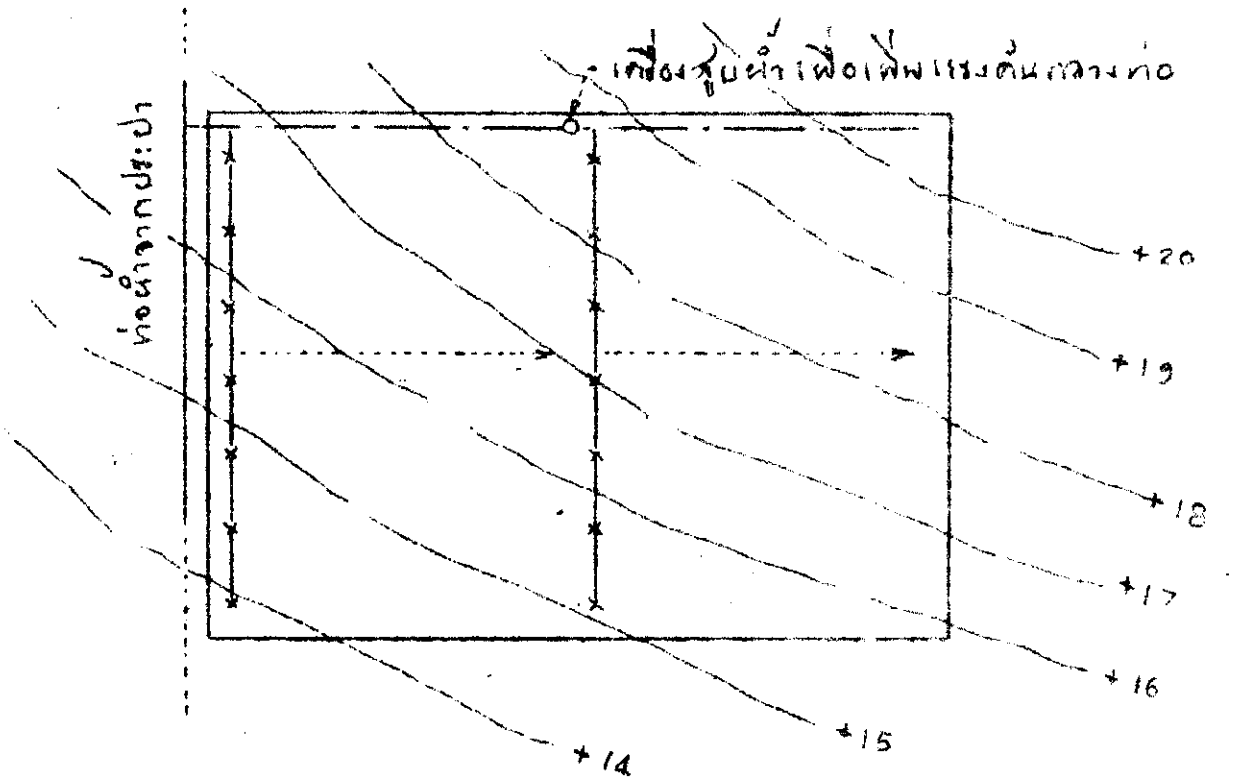
ลักษณะการวางท่อไดรฟ์ทุกที่ทั้งเครื่องสูบที่อยู่ตรงกลางพื้นที่ และจำนวนชุดของท่อสายซอยเป็นจำนวนคู่



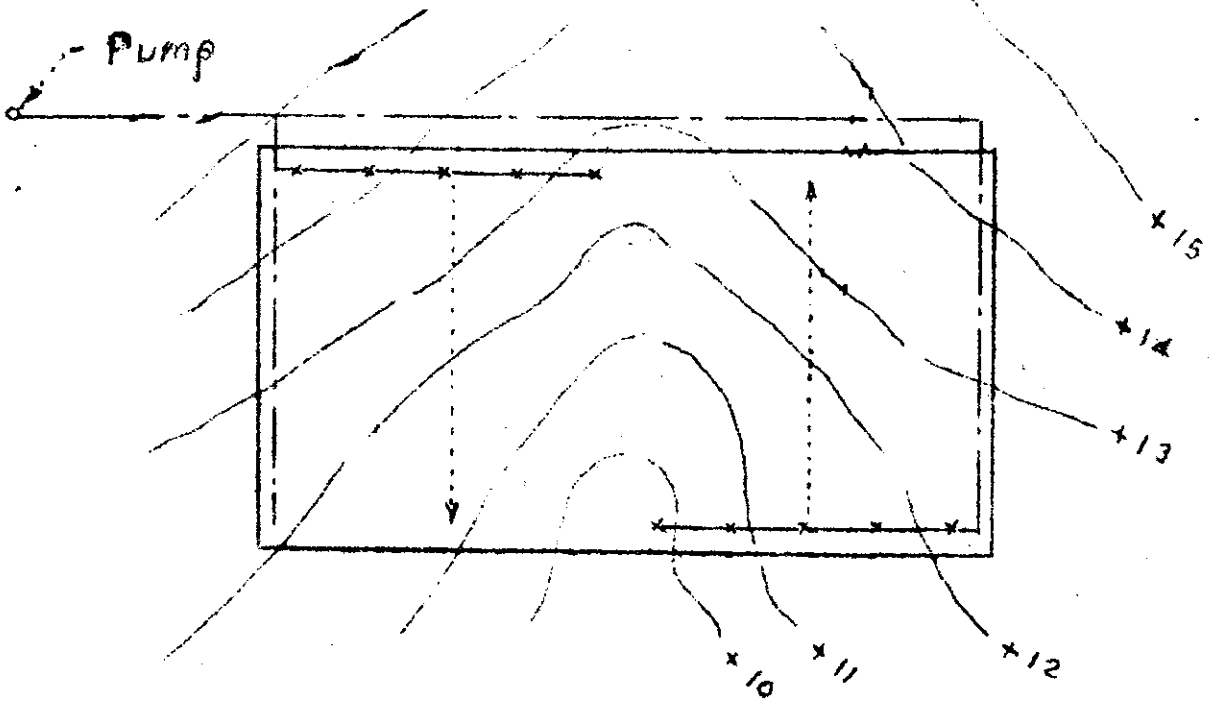
ลักษณะการวางท่อไดรฟ์ทุกที่ทั้งเครื่องสูบที่อยู่ตรงกลางพื้นที่ และจำนวนชุดของท่อสายซอยเป็นจำนวนคี่



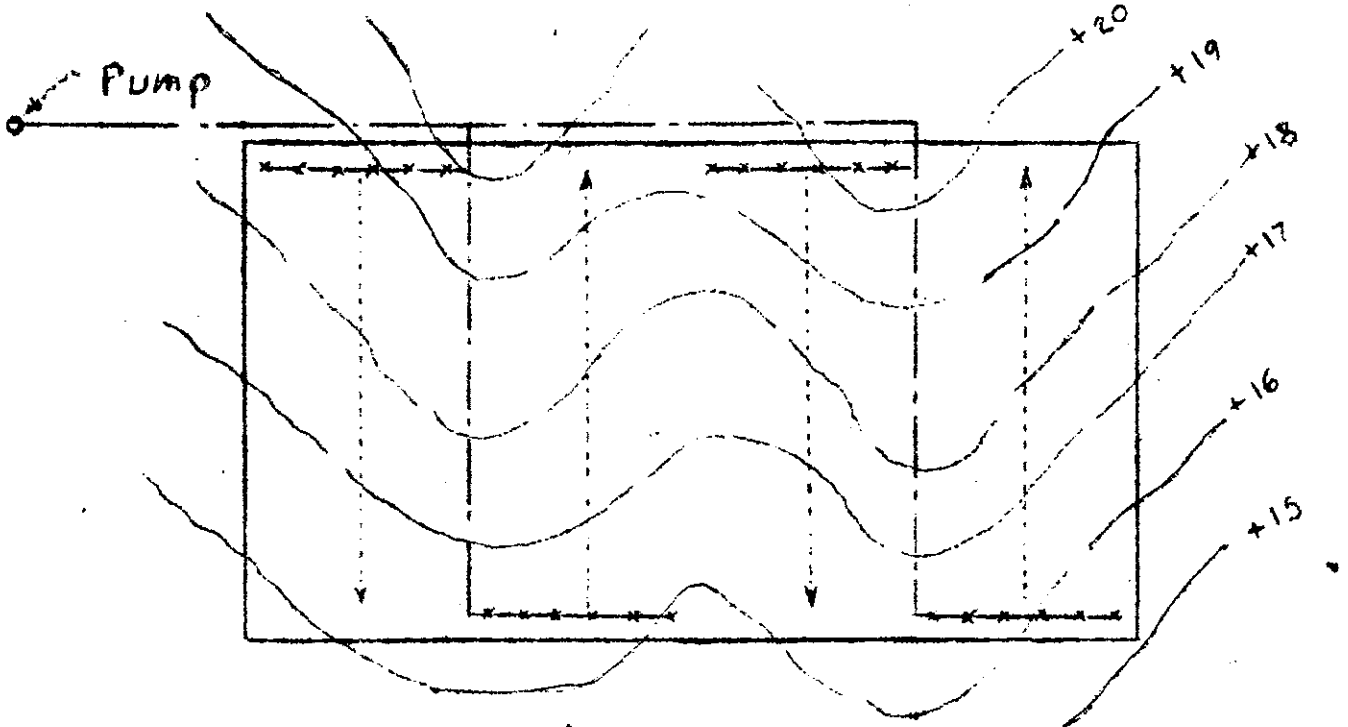
ลักษณะการวางท่อ โดยการวางท่อตามปะ:ปา แล:อาศัยการวางแบบ Lateral laid downhill คือการ:ก้มต่างของหัวท่อ แล:ฝังลงท่อสาย ของฝ่ากลางเสียง Pressure variation limit



ลักษณะการวางท่อ โดยรับน้ำจากประปา และวางแนวท่อสายย่อย ในลักษณะ Lateral laid downhill ทั้งหมด เพื่อลดขนาดท่อ และในกรณีที่ แรงดันน้ำในท่อสายใหญ่ตกมากไป อาจใช้ เครื่องสูบน้ำ มาสูบ เพื่อเพิ่มแรงดันของน้ำในช่วงที่ต้องการให้สูงขึ้นได้.



ลักษณะการวางท่อ โดยท่อส่งน้ำแยกเป็นท่อส่งน้ำย่อยตามขอบเขตพื้นที่ เพื่อให้วางอยู่บนส่วนที่สูงสุดของพื้นที่เท่านั้น



ลักษณะการวางท่อ โดยแยกท่อส่งน้ำย่อยเป็นท่อส่งน้ำวางอยู่บนสันเนิน เพื่อให้แนวท่อส่งน้ำย่อยวางในรูป Lateral laid doonhill ทุกๆ แนว

2.2 ในพื้นที่ที่ไม่ใหญ่นัก ควรวางแนวท่อสายใหญ่ชิดขอบพื้นที่ด้านที่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำ แต่ถ้าพื้นที่ส่งน้ำมีขนาดกว้างใหญ่ให้วางท่อผ่านกลางพื้นที่เลยจะดีกว่า

2.3 แนวท่อสายใหญ่และสายรอง ควรอยู่ในแนวและทิศทางที่สะดวกต่อการหมุนเวียนขนย้ายและติดตั้งท่อสายซอย และสามารถทำงานต่อเนื่องกันได้โดยสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

2.4 ถ้าไม่ขัดข้องด้วยหลักการอื่น ๆ การวางแนวท่อสายใหญ่และท่อสายรองควรวางในระดับสูงสุดของพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อให้แนวท่อสายซอยวางอยู่ในลักษณะ Lateral laid downhill ทุก ๆ สาย จะได้กำหนดขนาดของท่อสายซอยได้เล็กลง

2.5 ไม่ควรกำหนดขนาดท่อสายใหญ่และท่อสายรองให้มีขนาดเดียวกันโดยตลอด แต่ควรลดขนาดท่อเป็นระยะ ๆ ตามจุดที่ปริมาณน้ำลดลง ซึ่งจะกล่าวในเรื่องของการคำนวณออกแบบ

3. การวางแนวท่อสายซอย (Layout of lateral) ตามปกตินั้นจุดที่จะติดตั้งท่อสายซอยจะกำหนดไว้ที่ท่อสายใหญ่และท่อสายรองอยู่แล้ว โดยมี Riser valve หรือ Automatic quick valve หรือ Tee ติดตั้งไว้แล้ว นอกจากนี้แนวของท่อสายซอยก็มักจะออกในแนวตั้งฉากกับท่อสายใหญ่และท่อสายรองอยู่แล้ว แต่ยังมีหลักการกว้าง ๆ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาวางแนวท่อสายซอย เพื่อให้ได้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยที่ดีได้ดังนี้

3.1 ควรวางท่อสายซอยในแนวระดับหรือในลักษณะ Lateral laid downhill เท่านั้น เว้นเสียแต่บางร่องบางตอนที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ต้องวางในลักษณะ Lateral laid uphill บ้าง ก็พยายามให้ระดับต่างระหว่างหัว Sprinkler ตัวแรกและตัวสุดท้ายน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

3.2 ไม่ควรวางท่อสายซอยให้ขนานกับทิศทางลมประจำในฤดูกาลเพาะปลูก เพราะการวางท่อสายซอยขนานกับทิศทางลมจะทำให้ต้องกำหนดระยะระหว่างท่อสายซอยสั้นกว่าระยะระหว่างหัว Sprinkler ซึ่งจะทำให้จุดที่จะติดตั้งท่อสายซอยมากขึ้นและสิ้นเปลืองค่าแรงงานในการขนย้ายท่อสูงกว่า

3.3 ถ้าพื้นที่เพาะปลูกมีลักษณะไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้พยายามจัดแบ่งแปลงเพาะปลูกให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อจะช่วยให้สามารถกำหนดความยาวของท่อสายซอยเท่ากันโดยตลอดสะดวกทั้งการขนย้ายและติดตั้ง ส่วนเศษของพื้นที่ที่เหลือ อาจพิจารณาใช้น้ำโดยวิธีอื่น หรือพิจารณาติดตั้งหัว Sprinkler ที่เหมาะสมกับรูปลักษณะพื้นที่ต่อไป

3.4 ควรกำหนดขนานเส้นผ่าศูนย์กลางท่อสายซอยให้เท่ากันโดยตลอด แต่ถ้าจำเป็นจริง ๆ ท่อสายซอยสายเดียวกันไม่ควรมีขนาดเกินสองขนาดเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อสะดวกในการติดตั้งขนย้ายและจัดเก็บท่อ นอกจากนี้อุปกรณ์ต่าง ๆ ของท่อก็จะใช้ขนาดเดียวกันไม่ยุ่งยากสับสนในการเก็บรักษาและจัดหาด้วย

การบำรุงรักษาระบบชลประทานแบบฉีดฝอย

(Maintenance of Sprinkler Irrigation System)

เมื่อได้กำหนดออกแบบชลประทานแบบฉีดฝอยไว้แล้ว ผู้ออกแบบจะต้องกำหนดวิธีการส่งน้ำ การย้ายท่อสายซอยและหมุนเวียน การติดตั้งท่อสายซอย กำหนดชั่วโมงการให้น้ำแต่ละครั้ง กำหนด Irrigation period และ Irrigation interval โดยยึดถือหลักในความสะดวกของผู้ทำงาน และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด โดยไม่เสียผลในหลักการชลประทาน

สำหรับกสิกรผู้ใช้น้ำนั้น ก็ควรปฏิบัติการส่งน้ำให้เป็นไปตามที่ผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ หากมีอุปสรรคหรือปัญหาใด ๆ เกิดขึ้นควรแจ้งให้ผู้ออกแบบได้แก้ไขในทันที หรือถ้ามีความจำเป็นในการเปลี่ยนชนิดของพืชที่ปลูกนอกเหนือไปจากที่กำหนดไว้เดิม ก็สมควรจะมีการแก้ไขวิธีการส่งน้ำให้เหมาะสมเกิดความคล่องตัวในการปฏิบัติงาน และเกิดประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูงที่สุด

ส่วนด้านการบำรุงรักษานั้นนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะอุปกรณ์และส่วนประกอบต่าง ๆ จะมีอายุใช้งานได้ยาวนาน สามารถนำมาใช้งานได้ในทันทีที่ต้องการ และใช้งานได้โดยไม่มีการขัดข้องในระหว่างทำงาน ก็ขึ้นอยู่กับการดูแลซ่อมแซมบำรุงรักษาของผู้ใช้ ดังนั้นจึงขอกล่าวถึงการบำรุงรักษาส่วนต่าง ๆ และอุปกรณ์ของระบบชลประทานแบบฉีดฝอย โดยแยกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การบำรุงรักษาหัว Sprinkler

1.1 การบำรุงรักษาและดูแลระหว่างใช้งาน

1.1.1 ควรตรวจสอบขนาดของรูของหัวฉีดให้ได้ขนาดตามที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ ทั้งนี้รวมถึงการตรวจสภาพของรูที่ต้องอยู่ในสภาพเรียบร้อย ไม่ถูกกัดกร่อน หรือมีตะกอนที่แข็งตัวติดอยู่ ทำให้ขนาดของรูผิดไปหรือมีสภาพขรุขระ ซึ่งจะทำให้ Pattern ของน้ำที่ฉีดออกมาผิดไปได้ สมควรที่จะถอดและเปลี่ยนหัวฉีดเสียใหม่

1.1.2 เมื่อติดตั้งท่อสายซอยควรให้ท่อ Riser ทุกตัวอยู่ในแนวดิ่งจริง มิฉะนั้นจะทำให้ Pattern ของน้ำผิดไป สำหรับกรณีที่ต้องติดตั้งหัว Sprinkler สูง ๆ ควรดูแลและตั้ง Riser support ให้มั่นคงและเลือกใช้ชนิดที่เหมาะกับความสูงนั้น ๆ ด้วย

1.1.3 ในระหว่างการส่งน้ำ ถ้าสังเกตุเห็นมีน้ำรั่วที่รอยต่อระหว่าง Base กับ Body ของหัว Sprinkler ให้สันนิษฐานได้เป็น 2 กรณี คือ Anti-sand spring เสื่อมความยืดหยุ่นหรือมีตะกอนทรายไปติดที่รอยต่อระหว่าง Base และ Body วิธีตรวจสอบให้ใช้มือข้างหนึ่งจับ Base ไว้แล้วใช้หัวแม่มือของมือข้างนั้นดัน Hammer ให้งางออกให้พ้นแนวฉีดของน้ำเพื่อป้องกันน้ำเปียกตัวเรา แล้วใช้ฝ่ามือตีลงข้างหนึ่งตรงที่ส่วนบนของหัว Sprinkler สัก 2 หรือ 3 ครั้ง แล้วจึงปล่อยมือออกจากหัว Sprinkler ถ้าน้ำหยุดรั่วแสดงว่าตะกอนทรายที่ติดอยู่หลุดไปแล้ว และปล่อยให้หัว Sprinkler ทำงานต่อไปได้ แต่ถ้าน้ำยังคงรั่วอยู่แสดงว่า Anti-sand spring เสื่อมความยืดหยุ่นตัวแล้วให้ถอดออกเปลี่ยน Anti-sand spring เสียใหม่

1.1.4 ถ้าหัว Sprinkler สั่นสะท้านขณะที่ Hammer หมุนมาตีที่ Buffer แสดงว่า Buffer อาจหลุดหายไปหรือเกิดการแข็งตัวเพราะหมดอายุการใช้งานให้เปลี่ยน Buffer เสียใหม่

1.1.5 ถ้าจังหวะที่ Hammer ตี Buffer ไม่สม่ำเสมอหรือการหมุนตัวของหัว Sprinkler ช้าหรือเร็วเกินไป ซึ่งจะสังเกตเทียบเคียงได้จากหัว Sprinkler ในท่อสายฉีดสายเดียวกัน แสดงว่า Tension spring หมดอายุให้รีบถอดออกเปลี่ยน

1.1.6 นอกจากที่กล่าวไว้ทั้งห้าข้อนั้นแล้ว ถ้าเกิดการฝืดตัวขึ้นที่ส่วนหนึ่งส่วนใด แสดงว่าแหวนหรือ Washer ณ ส่วนนั้นอาจเกิดสนิมหรือสึกกร่อนขึ้นแล้ว ให้ถอดเปลี่ยนทันที ข้อสำคัญที่ควรจำไว้ ห้ามใช้น้ำมันหล่อลื่นหรือจาระบีกับทุก ๆ ส่วนของหัว Sprinkler โดยเด็ดขาด

1.2 การบำรุงรักษาและดูแลก่อนเก็บเมื่อหมดฤดูการส่งน้ำ

1.2.1 ตรวจพวกแหวน Washer หรือ bearing ทุกตัว ตัวใดขึ้นสนิมหรือผุกร่อนให้เปลี่ยนเสียก่อน

1.2.2 ถ้ามีการผุกร่อนหรือคดงอของ Hammer จะทำให้แรง Impact ที่ Hammer กระทบ Buffer ลดไป และกระทบกระเทือนไปถึงจังหวะการหมุนของหัว Sprinkler ด้วย ควรเปลี่ยนก่อนเก็บ

1.2.3 ทำความสอาดรูหัวฉีดให้ดีก่อน ถ้าลักษณะของรูเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมก็ควรเปลี่ยนก่อนนำไปเก็บ

1.2.4 ล้างหัว Sprinkler ให้สอาดแล้วทิ้งไว้ให้แห้งสนิทเสียก่อนจึงนำไปเก็บได้

2. การบำรุงรักษาท่อและอุปกรณ์ของท่อ

เนื่องจากท่อและอุปกรณ์มีราคาแพงดังนั้นในการบำรุงรักษาและเก็บรักษาควรทำด้วยความระมัดระวังและถี่ถ้วน ความชื้นและสารที่มีสภาพเป็นกรด ด่าง หรือเกลือเพียงเล็กน้อยที่ติดค้างอยู่กับท่อและอุปกรณ์นาน ๆ จะทำให้เกิดสนิม ผุกร่อนหรือรูรั่วเล็ก ๆ ขึ้นได้ ดังนั้นควรดำเนินการในการบำรุงรักษาเป็นอย่างดีเพื่อให้ท่อและอุปกรณ์ได้รับใช้เราไปนานที่สุกเท่าที่จะทำได้

2.1 การบำรุงรักษาและดูแลก่อนเก็บเมื่อหมดฤดูการส่งน้ำ ควรดำเนินการเป็นขั้น ๆ ดังนี้

2.1.1 เปิด End plug ที่ปลายท่อทุก ๆ ช่วงต่อนแล้วเดินเครื่องสูบน้ำ สูบน้ำสะอาดผ่านท่อเพื่อทำความสะอาดท่อภายใน และถ้าบริเวณนั้นเป็นพื้นที่เลี้ยงสัตว์ด้วยก็ควรทำความสะอาดที่ผิวท่อด้านนอกด้วย

2.1.2 ถอดท่อออกเป็นท่อน ๆแยกท่อตามขนาด แยก Coupler แยก Riser pipe และแยกส่วนประกอบอื่น ๆ

2.1.3 ให้แยกท่อเข้าเก็บในโรงเก็บ แบ่งพวกตามขนาดของท่อ ท่อทุกท่อนต้องวางให้เอียงพอสมควร และแต่ละชั้นที่ซ้อนกันควรมีไม้รองเป็นระยะ ๆ เพื่อให้อากาศผ่านได้ทั่วท่อจะได้แห้งจริง ๆ ทั้งผิวด้านนอกและด้านใน

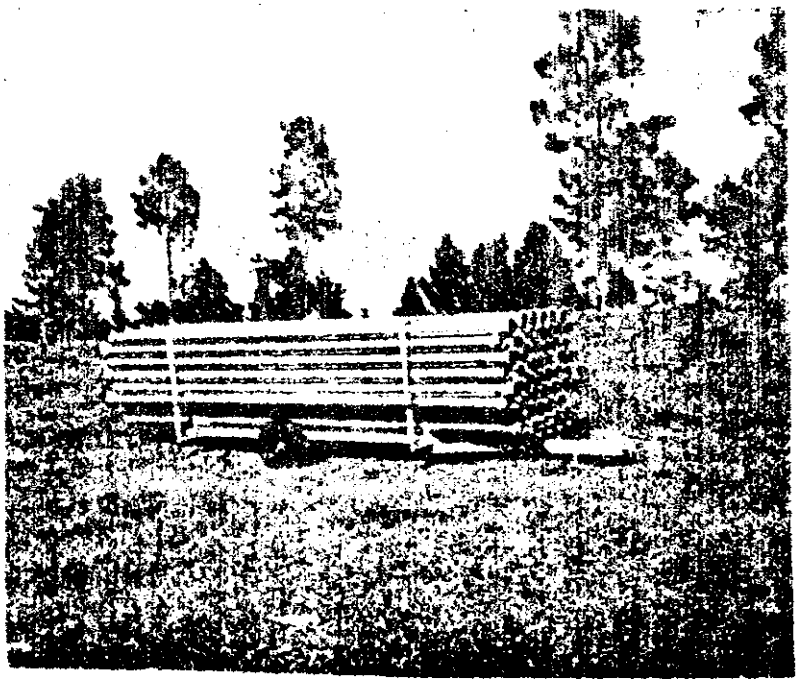
2.1.4 ยางกันรั่วทุกอันไม่ว่าจะติดอยู่ที่ Coupler หรือที่หัว – ท้ายของท่อแต่ละท่อนจะต้องแกะออกทำความสะอาดแล้วแยกไปเก็บที่ที่ไม่ร้อนจัด

2.1.5 ท่อและอุปกรณ์ท่อนใดชำรุด ผุกร่อน หรือเป็นรูรั่ว จะต้องนำไปซ่อมแซมให้เรียบร้อยก่อนนำไปเก็บ

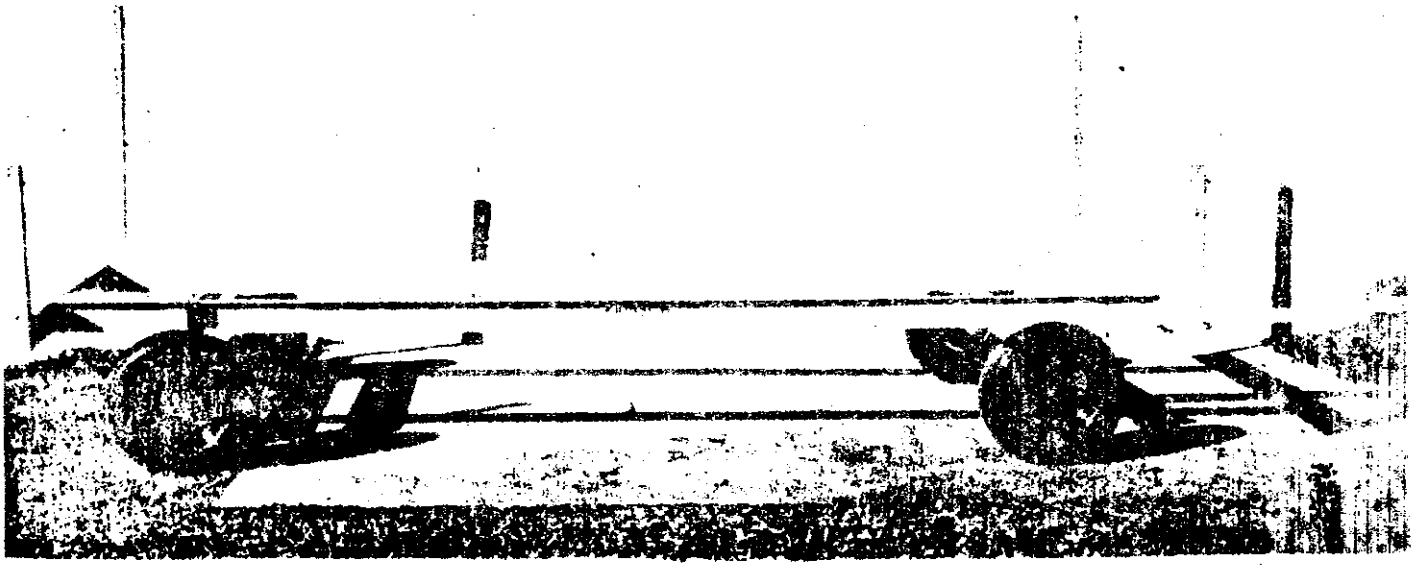
2.1.6 การยกและขนย้ายท่อทุกครั้งควรทำด้วยความระมัดระวังอย่าให้กระแทกกันแรง โดยเฉพาะที่ปลายท่อทั้งสองข้างอย่าให้บุบยุนหรือบิดเบี้ยวโดยเด็ดขาด

2.1.7 ลักษณะของโรงเก็บท่อและอุปกรณ์ควรเป็นโรงที่มีหลังคาคลุมมิดชิด มีฝาที่โปร่ง จนพัดผ่านเข้าสะดวกแต่ฝนสาดเข้าไม่ได้ พื้นต้องเทคอนกรีตเพื่อป้องกันความชื้นจากไอดิน และแบ่งสัดส่วนที่เหมาะสม

2.1.8 สถานที่ตั้งของโรงเก็บท่อและอุปกรณ์ ควรอยู่ห่างจากคอกเลี้ยงสัตว์พอสมควร และไม่ควรจะเก็บพวกปุ๋ย สารเคมี และสิ่งที่ทำให้เกิดความชื้น รวมอยู่ในโรงเดียวกันนั้น เพราะจะเป็นสาเหตุแห่งการผุกร่อนของท่อได้



Trailer บรรทุกแบบสองล้อ



Trailer บรรทุกท่อแบบสี่ล้อ

2.1.9 สำหรับประกูน้ำต่าง ๆ หรืออุปกรณ์ท่ออื่น ๆ ควรอัดจารบี หรือหยอดน้ำมันเครื่องก่อนนำไปเก็บ และควรแยกเก็บเป็นแต่ละชนิดและแต่ละขนาดด้วยเพื่อสะดวกในการหยิบใช้ในคราวต่อ ๆ ไป

2.2 การตรวจสอบและดูแลก่อนนำไปใช้งาน

2.2.1 นำยางกันน้ำมาประกอบเข้ากับ Coupler หรือส่วนอื่นที่ต้องติดตั้งยางกันน้ำ

2.2.2 ตรวจสอบรังหมาล่า รังตัวต่อ หรือรังมดที่ชอบเข้าไปทำตามซอกมุมของอุปกรณ์ท่อต่าง ๆ ให้แกะออกทำความสอาดให้หมด

2.2.3 ประกอบหัว Sprinkler เข้ากับท่อ Riser และนำท่อ Riser ไปประกอบเข้ากับ Coupler ตามจำนวนที่ต้องการใช้

2.2.4 ตรวจสอบความผุกร่อนของท่ออีกครั้งถ้ามีให้แยกท่อท่อนนั้นออกเสียก่อน เลือกเอาอันที่ดีไปใช้งาน อันไหนที่เกิดชำรุดแยกไปซ่อยภายหลังต่อไป

3. การบำรุงรักษาเครื่องฉุดเครื่องสูบน้ำ

เครื่องต้นกำลังสำหรับฉุดเครื่องสูบน้ำให้ทำงานที่ใช้กันอยู่มีทั้งที่เป็นเครื่องยนต์ และเป็นมอเตอร์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสะดวกและความต้องการของผู้ใช้ โดยเฉพาะในที่ที่กระแสไฟฟ้าเข้าไปถึงมักนิยมใช้มอเตอร์ เพราะให้ความสะดวกในการใช้ ดูแลรักษาและใช้งานง่าย ไม่มีเสียงรบกวนและไม่ค่อยสกปรก ดังนั้นในที่นี้จึงจะกล่าวไว้สำหรับการบำรุงรักษาและดูแลทั้งเครื่องยนต์และมอเตอร์ในระดับเกษตรกรจะพอทำได้

3.1 การบำรุงรักษาและดูแลเครื่องยนต์เมื่อหมดฤดูการส่งน้ำ

เมื่อหมดฤดูการส่งน้ำ และต้องหยุดเดินเครื่องเป็นเวลานาน ๆ ควรดำเนินการเป็นขั้น ๆ ดังนี้

3.1.1 ให้เดินเครื่องประมาณ 10 นาที (โดยไม่ต้องเร่งเครื่อง) แล้วดับเครื่องถ่ายน้ำมันเครื่องออกให้หมดแล้วเติมน้ำมันเครื่องที่มีความเข้มข้นสูงกว่าปกติลงไปจนถึงขีดและติดเครื่องให้เครื่องยนต์ทำงานอีกประมาณ 2 นาที จึงดับเครื่องและถ่ายน้ำมันเครื่องออกให้หมด

3.1.2 ถ่ายน้ำออกจากหม้อน้ำแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง

3.1.3 ถ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงออกจากถังน้ำมัน สายน้ำมันและคาร์บูเรเตอร์ (ควรทำความสอาดคาร์บูเรเตอร์เสียด้วย)

3.1.4 ตรวจสอบฝาถังน้ำมันเชื้อเพลิง ฝาหม้อน้ำและฝาครอบช่องเติมน้ำมันเครื่อง ถ้าชำรุดหรือรั่วก็ควรเปลี่ยนใหม่

3.1.5 ถอดขั้วแบตเตอรี่ออก นำแบตเตอรี่ไปอัดไฟให้เต็ม เติมน้ำกลั่น ทำความสอาด เช็ดให้แห้งแล้วนำไปเก็บในที่ที่แห้งและสอาด (ควรทาจาระบีบาง ๆ ที่ขั้วแบตเตอรี่ด้วย)

3.1.6 ห่อหุ้มระบบไฟฟ้าทุกจุดด้วยกระดาษอาบน้ำมันเพื่อป้องกันความชื้น

3.1.7 พันรองสายพานด้วยกระดาษป้องกันการจับตัวของสิ่งหล่อลื่นแล้วถอดเครื่องยนต์เพื่อป้องกันฝุ่นปนและละอองน้ำ

3.2 การตรวจสอบและดูแลเครื่องยนต์ก่อนนำไปใช้งาน

3.2.1 แก้สิ่งห่อหุ้มป้องกันต่าง ๆ ออกให้หมด

3.2.2 ถอดหัวเทียนออกทุกหัวฉีดน้ำมันเครื่องอย่างใสให้ทั่วผนังเสื้อสูบ แล้วใส่หัวเทียนกลับที่เดิมพร้อมทั้งเสียบสายหัวเทียนให้ถูกต้อง

3.2.3 เติมน้ำมันเชื้อเพลิงให้เต็มถัง เติมน้ำมันเครื่องตามความเข้มข้นที่ใช้และถึงขีดที่กำหนด เติมน้ำในหม้อน้ำ อัดจาระบีทุก ๆ จุดตามที่กำหนด

3.2.4 ติดตั้งแบตเตอรี่ยึดกับฐานให้แน่นแล้วต่อขั้วแบตเตอรี่ให้แน่นด้วย (ระวังอย่าสับขั้ว) ตรวจดูน้ำกลั่นในแบตเตอรี่อีกครั้ง

3.2.5 เริ่มติดเครื่อง เดินเครื่องเบา ๆ รอดูจนกระทั่งแรงดันน้ำมันเครื่องขึ้นถึงขีดที่กำหนดจึงเร่งเครื่องขึ้นเล็กน้อย ตรวจดูไฟที่ออกจากเครื่องที่จะผ่านเข้าแบตเตอรี่ เมื่อทุกอย่างเรียบร้อย จึงกับเครื่องตั้งไว้สักพักหนึ่ง จึงตรวจระดับน้ำมันเครื่องและเติมให้ถึงระดับที่กำหนด เป็นอันว่าเครื่องยนต์อยู่ในสภาพพร้อมจะใช้งานได้ทันที

3.3 การบำรุงรักษาและดูแลมอเตอร์ก่อนเก็บ

3.3.1 ทำความสอาดโดยการเช็ดด้วยผ้าแห้ง

3.3.2 ปลด Cutout ที่ Control box แล้วห่อหุ้ม Control box เพื่อป้องกันความชื้นและแมลงมาทำรัง

3.3.3 อัดจาระบีทุก ๆ จุดตามที่กำหนดไว้ในคู่มือการใช้มอเตอร์

3.3.4 ห่อหุ้มมอเตอร์ด้วยกระดาษอาบน้ำมัน เพื่อป้องกันความชื้นและแมลงต่าง ๆ มาทำรัง

3.4 การตรวจสอบดูแลมอเตอร์ก่อนนำออกใช้งาน

ก่อนที่จะมอเตอร์มาใช้งานสัก 1 สัปดาห์ ควรตรวจสอบและทำความสะอาดเสียก่อน ดังนี้.-

3.4.1 แกะสิ่งห่อหุ้มออกให้หมด แล้วตรวจดูว่ามีแมลง เช่น มด หมาล่า ต่อ แตน มาทำรังไว้หรือไม่ ให้แกะออกและทำความสะอาดทุก ๆ ส่วน

3.4.2 เปลี่ยนจาระบีที่ Bearing ทุกตัว ประมาณ 1/3 ของความจุ

3.4.3 ตรวจสอบทำความสะอาดแปรงถ่าน และคอมมิวเตเตอร์

3.4.4 ตรวจสอบฟิวส์ ถ้าไม่ดีหรือขาดให้เปลี่ยนด้วย

3.4.5 กด Cutout ที่ Control box และทดลองเดินมอเตอร์ถ้าทุกอย่างปกติ ก็แสดงว่าพร้อมที่จะใช้งานได้

3.5 การตรวจสอบดูแลและใช้งานเครื่องสูบน้ำแบบแรงหนีศูนย์กลางชนิดเพลานอน

เนื่องจากเครื่องสูบน้ำแบบแรงหนีศูนย์กลางชนิดเพลานอนนั้น ตัวใบพัดไม่ได้จมอยู่ใต้ผิวน้ำของแหล่งน้ำที่สูบ เช่นเดียวกับชนิดเพลาตั้งหรือชนิดเทอร์ไบน์ ดังนั้นจึงมีปัญหาในเรื่องสูบน้ำไม่ขึ้นหรือสูบน้ำขึ้นไม่เต็มที่ ถ้าหากการติดตั้งส่วนประกอบไม่ถูกต้อง หรือเติมน้ำไม่ถูกต้อง หรือไม่เต็มหรือมีฟองอากาศปนอยู่ในน้ำมาก ๆ จึงต้องแยกนำมากล่าวในที่นี้ เพื่อการติดตั้งและใช้งานที่ถูกต้อง ได้ผลเต็มที่ และไม่ สูญเสียพลังงานและเชื้อเพลิงไปโดยเปล่าประโยชน์

3.5.1 การติดตั้งส่วนประกอบที่เหมาะสมและการใช้งาน

3.5.1.1 จุดที่ท่อดูดจะต่อกับเครื่องสูบน้ำควรจะเป็นจุดที่มีระดับสูงสุดของท่อดูดนั้น และการต่อท่อแนบพอที่จะไม่เกิดอากาศหรือน้ำรั่วได้เป็นอันขาด

3.5.1.2 ท่อดูดควรวางให้มีความเอียงพอประมาณ ไม่ควรวางในลักษณะสูง ๆ ต่ำ ๆ สลับกัน และหัวกะโหลก (Footvalve and strainer) ควรอยู่ในแนวดิ่งจะให้ผลดีที่สุด

3.5.1.3 บริเวณที่หัวกะโหลกจมอยู่ในน้ำควรมีตะแกรง (Trash rack) กั้น เพื่อป้องกันกิ่งไม้หรือสิ่งแขวนลอยขนาดใหญ่หลุดเข้าไปในท่อดูดแล้วไปทำลายใบพัดเครื่องสูบน้ำได้

3.5.1.4 ขนาดพื้นที่ของรูของ Strainer ไม่ควรน้อยกว่าสามเท่าของพื้นที่หน้าตัดของท่อดูด (ข้อนี้ควรตรวจสอบตอนซื้อเครื่องสูบน้ำ) และเมื่อติดตั้งจะต้องให้ขอบบนของหัวกะโหลกต่ำกว่าระดับน้ำที่สูบไม่น้อยกว่าห้าเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อดูด

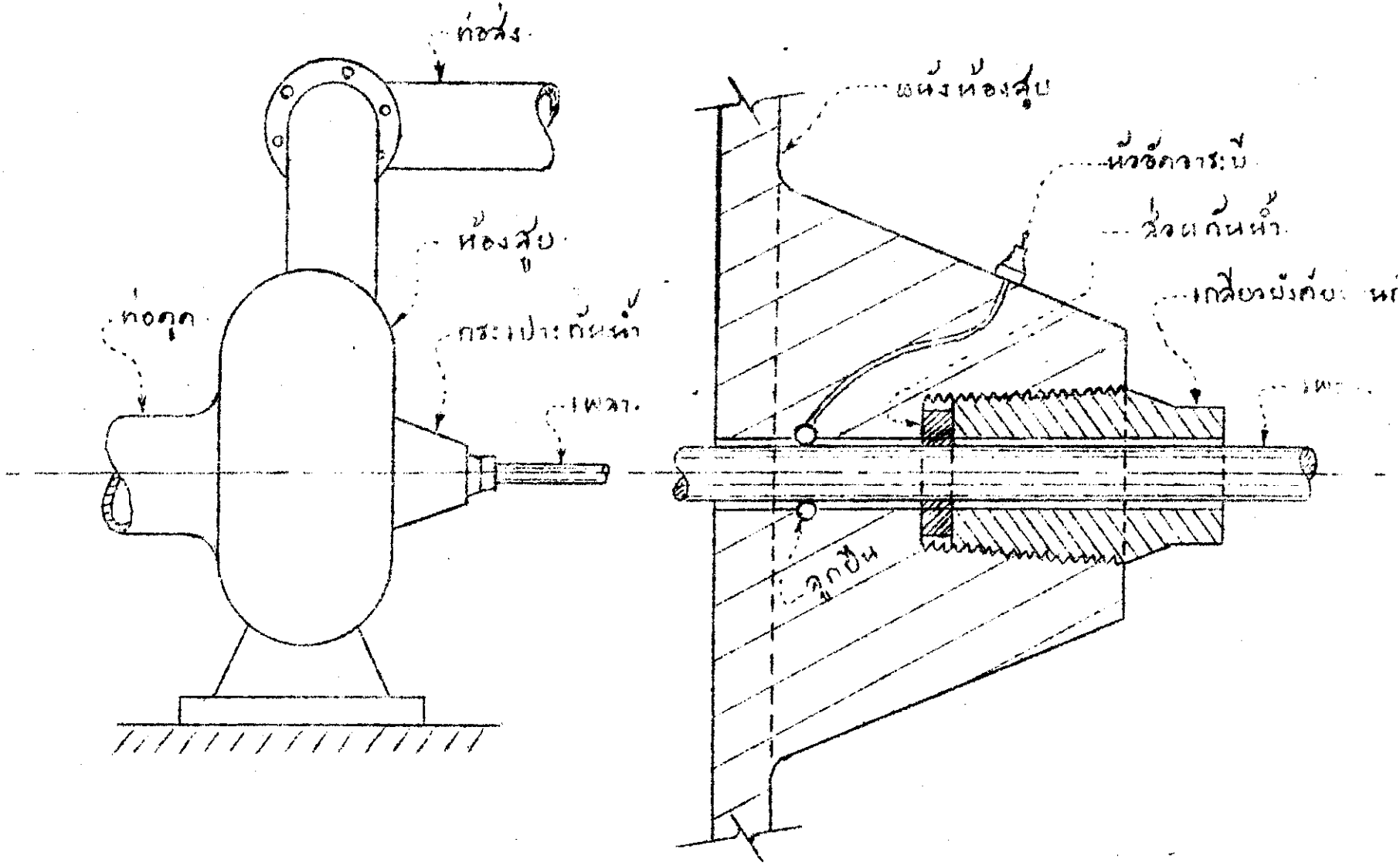
3.5.1.5 กรณีที่สูบน้ำจากบ่อพักน้ำที่ขับน้ำถ่ายทอดมาจากแหล่งน้ำอื่น ไม่ควรให้หัวกะโหลกของท่อดูดอยู่ใกล้บริเวณที่น้ำจากแหล่งอื่นไหลเข้ามา เพราะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจากการไหลของน้ำจะผ่านเข้าไปในท่อดูด ทำให้น้ำที่สูบลดปริมาณและแรงดันลงไป และน้ำอาจหยุดไหลในที่สุด

3.5.1.6 สำหรับเครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก เราจะใช้วิธีตักน้ำมากรอกให้เต็มห้องสูบ ในขณะกรอกน้ำควรหมุนใบพัดเครื่องสูบน้ำไปช้า ๆ เพื่อให้ฟองอากาศออกจากท่อดูดและห้องสูบให้หมด และต้องเติมน้ำให้ท่วมใบพัดเสมอ

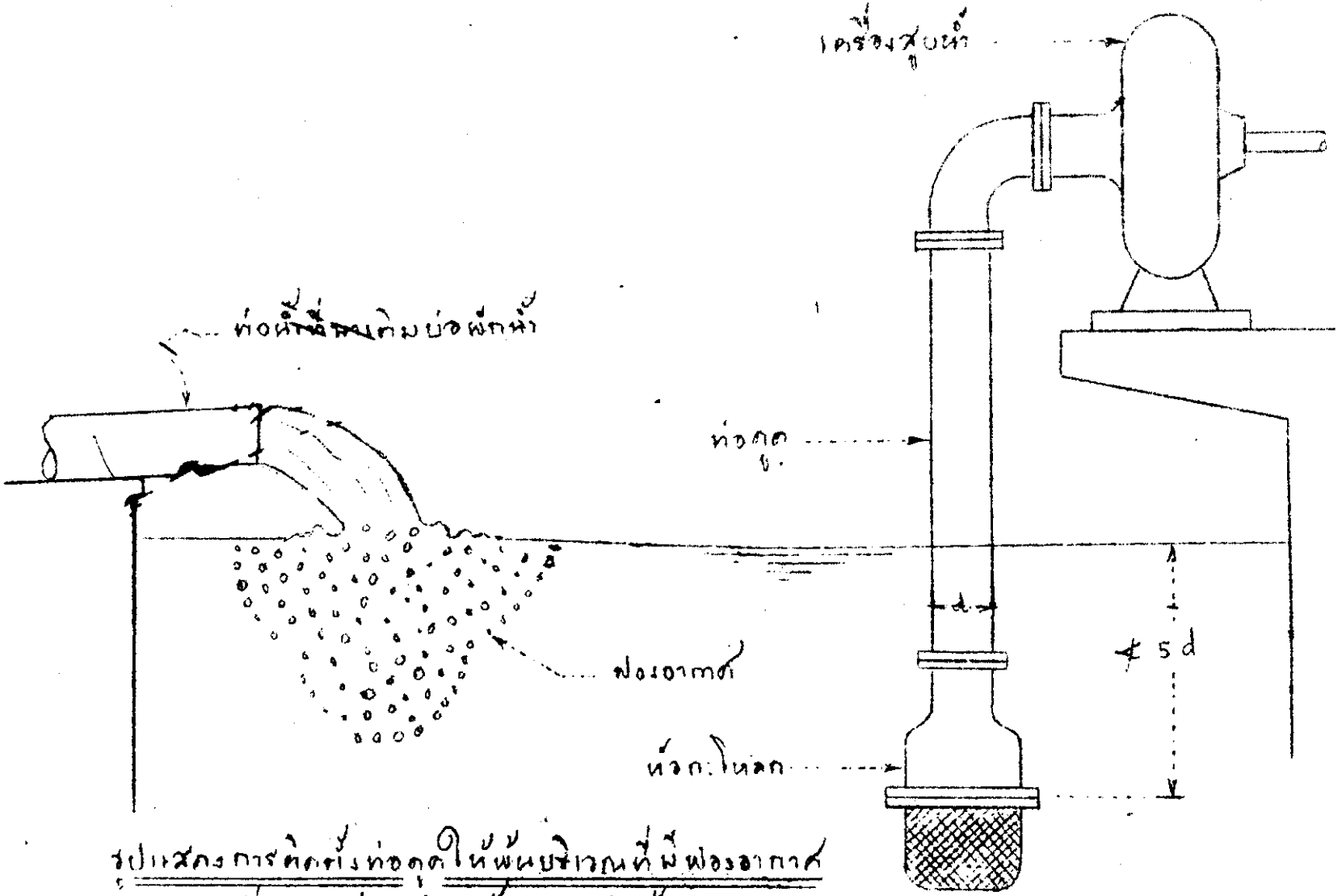
3.5.1.7 กรณีที่เครื่องสูบน้ำขับด้วยมอเตอร์ และมีการต่อหรือเปลี่ยนสายไฟเข้ามอเตอร์เป็นครั้งคราว เมื่อทำการสูบน้ำแล้วปรากฏว่าสูบน้ำไม่ขึ้น แม้ว่าจะตรวจสอบทุกอย่างถูกต้องดีแล้วก็ตาม ให้พิจารณาไว้ก่อนว่าได้มีการสับขั้วไฟฟ้าเข้าแล้ว ซึ่งทำให้มอเตอร์หมุนกลับทางน้ำจึงไม่ขึ้น ให้หยุดเครื่องแล้วสับสายไฟฟ้าเสียใหม่

3.5.1.8 สำหรับเครื่องสูบน้ำที่ขับด้วยเครื่องยนต์ เมื่อเริ่มติดเครื่องครั้งแรก ควรให้เครื่องยนต์เดินตัวเปล่าสัก 5 – 10 นาที เมื่อตรวจสอบเครื่องวัดต่าง ๆ ขึ้นเป็นปกติแล้วจึงจะให้เครื่องยนต์ขับเครื่องสูบน้ำได้

3.5.1.9 ตามปกติเครื่องสูบน้ำใหม่ หรือเครื่องสูบน้ำที่หยุดใช้งานเป็นเวลานาน เมื่อเริ่มทำการสูบน้ำครั้งแรกของแต่ละคราว จะต้องมีน้ำรั่วออกทางกระเปาะกันน้ำ (Staffing box) พอสมควร และจะลดการรั่วลงในช่วง 15 – 20 นาที และการรั่วเป็นไปเล็กน้อยตลอดไป ถือว่าเป็นลักษณะปกติของกระเปาะกันน้ำ แต่ถ้าไม่มีน้ำรั่วออกเลยแสดงว่าส่วนกันน้ำของกระเปาะกันน้ำ (Staffing box packing) ถูกอัดตัวแน่นเกินไปเมื่อเวลาจะร้อนจัดและอาจเผลอคลายเกลียวที่บังคับส่วนกันน้ำ (Packing) จนกระทั่งน้ำรั่วออกเล็กน้อยจึงจะใช้ได้



รูปแสดงกระเปาะกันน้ำ



รูปแสดงการติดตั้งท่อดูดให้พ้นบริเวณที่มีฟองอากาศเนื่องจากมีการดักน้ำในบ่อพักน้ำ

3.5.1.10 การอัดจาระบีที่ Bearing ต่าง ๆ จะต้องกระทำทุก ๆ เวลาการเดินเครื่อง 100 ชั่วโมง ก่อนอัดจาระบีทุกครั้งควรล้าง Bearing ด้วยน้ำมันก๊าซ และเช็ดให้แห้ง และควรอัดจาระบีเพียง 1/3 ของความจุ

3.5.1.11 ตามปกติขณะที่เดินเครื่อง พวก Ball bearing ต่าง ๆ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศไม่เกิน 35 C ถ้าอุณหภูมิที่ Ball bearing สูงเกินกว่านี้ ให้รีบหยุดเครื่องและตรวจหาข้อผิดปกติทันที

3.5.2 การพิจารณาและหาสาเหตุผิดปกติของเครื่องสูบน้ำ

3.5.2.1 เมื่อเดินเครื่องสูบน้ำแล้วน้ำไม่ขึ้นเลยจะมีสาเหตุจาก

- เติมน้ำไม่เต็มท่อดูดและห้องสูบ
- เครื่องสูบน้ำหมุนกลับทาง
- ความเร็วของเครื่องต่ำเกินไป

3.5.2.2 เมื่อเดินเครื่องสูบน้ำแล้วน้ำขึ้นไม่เต็มที่อาจมีสาเหตุจาก

- มีฟองอากาศในท่อดูดหรือในห้องสูบ
- เกิดการอุดตันในร่องของใบพัด (Impriller)
- เกิดอุดตันที่หัวกะโหลกหรือหัวกะโหลกมีขนาดเล็กเกินไป
- หัวกะโหลกจมน้ำน้อยเกินไป
- Total dynamic head สูงเกินความสามารถของเครื่องสูบน้ำ

3.5.2.3 เติมน้ำในเครื่องสูบน้ำ (Priming) ไม่รู้จักเต็ม หรือพอเติมเต็มแล้วสักครู่น้ำจะยุบและหายไปหมด เป็นสาเหตุจาก

- ท่อดูดรั่ว
- มีฟองอากาศในน้ำมากเกินไป
- ส่วนกันน้ำที่กระเปราะกันน้ำ (Staffing box packing) ไม่ทำงาน แข็งตัว หรือเสื่อมสภาพ หรือฉีกขาด

3.5.2.4 เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ฉุดเครื่องสูบน้ำไม่ไหว เป็นสาเหตุจาก

- เครื่องฉุดมีกำลังต่ำกว่าเครื่องสูบน้ำ
- เครื่องฉุดมีรอบต่ำกว่าเครื่องสูบน้ำ

3.5.2.5 เกิดเสียงดังผิดปกติขณะทำการสูบน้ำเป็นสาเหตุจาก

- ศูนย์ของเครื่องฉุดและเครื่องสูบน้ำไม่อยู่ในแนวเดียวกัน
- เพลาคด หรือ Bearing ชำรุด
- ที่ยึดท่อส่งหรือท่อดูดไม่แข็งแรงและไม่แน่นพอ

เท่าที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นการบำรุงรักษาและตรวจสอบอุปกรณ์ของระบบชลประทานแบบคร่าว ๆ และเป็นเหตุที่เกิดขึ้นทั่ว ๆ ไป แต่ในการดูแลรักษาและตรวจสอบอย่างละเอียดเฉพาะอย่างจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมจาก Catalogue ในแต่ละแบบแต่ละยี่ห้อ เมื่อได้นำไปใช้งานจริง ๆ

เกือบจะ
ไปจึงมีน้อยมาก

การนำเอาระบบชลประทานแบบฉีดฝอยใช้งานอย่างอื่น

(Other uses of sprinkler irrigation system)

เนื่องจากน้ำที่ผ่านระบบชลประทานแบบฉีดฝอยได้สูบผ่านท่อด้วยแรงดันสูงอยู่แล้ว ดังนั้นย่อมนำประโยชน์มาจากแรงดันน้ำนี้ไปใช้งานอื่นได้อีกมากหลาย โดยอาจเพิ่มอุปกรณ์ประกอบอีกเพียงเล็กน้อยก็จะใช้ประโยชน์ได้อย่างสมบูรณ์ และเป็นสิ่งที่น่าจะจัดเตรียมไว้เพื่อใช้ประโยชน์ได้อย่างสมบูรณ์ และเป็นสิ่งที่น่าจะจัดเตรียมไว้ เพื่อใช้ประโยชน์อื่น ๆ ดังจะกล่าวต่อไปนี้

1 ใช้งานดับเพลิงในบริเวณพื้นที่ (Farm fire protection)

เนื่องจากในเขตไร่หรือพื้นที่เพาะปลูกมักจะมีเขตติดต่อกับพื้นที่เพาะปลูกอื่น ๆ หรือติดต่อกับชายป่าหรือที่รกร้างว่างเปล่า นอกจากนี้ก็อาจจะมีอาคารที่อยู่อาศัยอื่น ๆ ซึ่งอาจเกิดเพลิงไหม้ลุกลามได้ง่าย ถ้าจะต่อ Riser valce ไว้ ณ จุดสำคัญ ๆ เพื่อใช้ต่อกับหัวฉีดกับเพลิงก็จะไม่สิ้นเปลืองเพิ่มขึ้นมากนัก และก็น่าจะจัดเตรียมไว้เป็นอย่างยิ่ง เพื่อใช้กับเพลิงในอาณาบริเวณของเราหรือช่วยกับเพลิงแก่เพื่อนบ้านด้วย

อนึ่ง ในขณะที่เกิดไฟไหม้นั้น อากาศในอาณาบริเวณที่ไฟไหม้และบริเวณรอบ ๆ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าที่อื่น ซึ่งโดยหลักวิชาความร้อนอากาศที่ร้อนย่อมมีมวลสารต่ำกว่าจึงลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน และอากาศที่เย็นกว่าก็จะพัดเข้ามาสู่พื้นที่ที่เกิดไฟไหม้อย่างรวดเร็วและแรงจึงทำให้ไฟลุกลามไปสู่พื้นที่ใกล้เคียงได้ง่าย ดังนั้นขณะเกิดไฟไหม้ในบริเวณใกล้เคียงถ้าเราใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยที่เรามีอยู่แล้วฉีดน้ำปกคลุมพื้นที่ของเราไว้ ก็จะทำให้อากาศที่ปกคลุมพื้นที่ของเรามีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศบริเวณข้างเคียง ดังนั้นอากาศบริเวณพื้นที่ของเราก็จะเคลื่อนตัวไปสู่พื้นที่ที่เกิดไฟไหม้ ไฟก็จะไม่ลุกลามมาสู่พื้นที่เรา

2 การช่วยเสริมงานประปา (Emergency water supplies)

ในปี พ.ศ. 2497 ทางภาคตะวันออกของสหรัฐเกิดความขัดข้องในระบบประปาในเขตตัวเมือง และชุมชนเกษตรกรในภาคนี้ได้ใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น

ประปาของรัฐจึงได้ช่วยเหลือเกษตรกรเหล่านั้นให้ช่วยอัดน้ำจากระบบชลประทานแบบฉีดฝอยเข้าท่อน้ำอันเก่าที่เลิกใช้งานแล้ว ส่งน้ำเข้าไปใช้ในตัวเมืองเป็นระยะทางประมาณ 20 กม. ทำให้การประปาแก้ปัญหาขาดแคลนน้ำใช้ไปได้ด้วยดี

สำหรับในเขตพื้นที่เพาะปลูกและบริเวณใกล้เคียงก็เช่นกัน ก็อาจต่อท่อแยกจากระบบชลประทานแบบฉีดฝอยมาใช้เพื่อการประปาได้ด้วย โดยอาจจะติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

3 การให้ปุ๋ยและฉีดยาฆ่าแมลง (Applications of fertilizer and insecticide)

การนำเอาปุ๋ยชนิดละลายน้ำได้ดีให้แก่พื้นดินโดยอาศัยระบบชลประทานแบบฉีดฝอย เป็นวิธีที่ทำได้อย่างรวดเร็ว ลงทุนน้อย กระแพร่กระจายที่สม่ำเสมอ สะดวกและให้ผลเป็นที่น่าพอใจ เพียงแต่เพิ่มอุปกรณ์ เช่น ถังใส่สารละลายของปุ๋ย ท่อขนาดเล็ก และ Gate valve ขนาดเล็ก ส่วนปริมาณปุ๋ยที่จะให้แก่พื้นดินย่อมควบคุมได้แน่นอนและสม่ำเสมอจากชั่วโมงการส่งน้ำ (Working hours) และปริมาณปุ๋ยที่ละลายลงในถังกับจำนวนพื้นที่จะให้ปุ๋ย

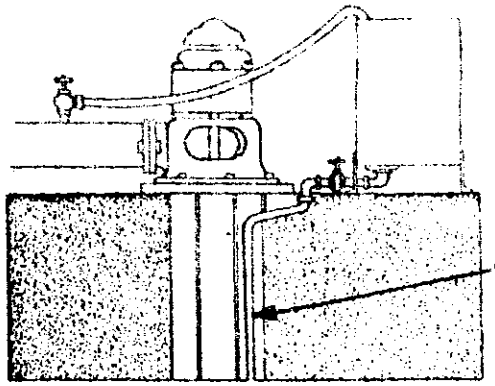
สำหรับยาฆ่าแมลงชนิดละลายน้ำก็คงอาศัยวิธีการเช่นเดียวกับการให้ปุ๋ยนั่นเอง แต่จะต้องมีการป้องกันอันตรายของยาฆ่าแมลงที่ถูกฉีดปลิวอยู่ในอากาศในบริเวณใกล้เคียง อันอาจเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยงได้

การให้ปุ๋ยและฉีดยาฆ่าแมลงด้วยวิธีนี้ให้ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดถึง 3 ประการ คือ

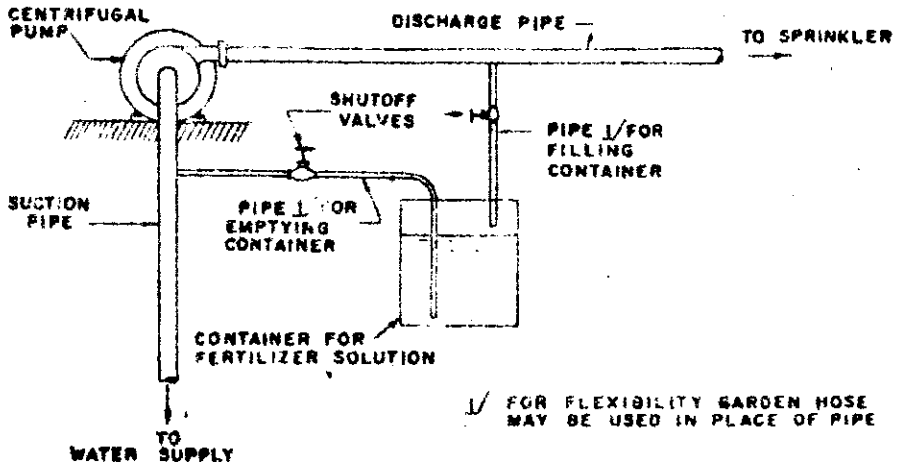
3.1 เมื่อส่งน้ำพร้อมกับการให้ปุ๋ยหรือฉีดยาฆ่าแมลงจึงทำให้ลดค่าแรงงานไปได้เท่าตัว คือเสียค่าแรงเท่ากับใช้ในการส่งน้ำเพียงอย่างเดียว

3.2 ความสม่ำเสมอของการให้ปุ๋ยจะมีค่าเท่ากับความสม่ำเสมอในการให้น้ำ และการแผ่กระจายของปุ๋ยก็จะเป็นไปโดยทั่วถึง

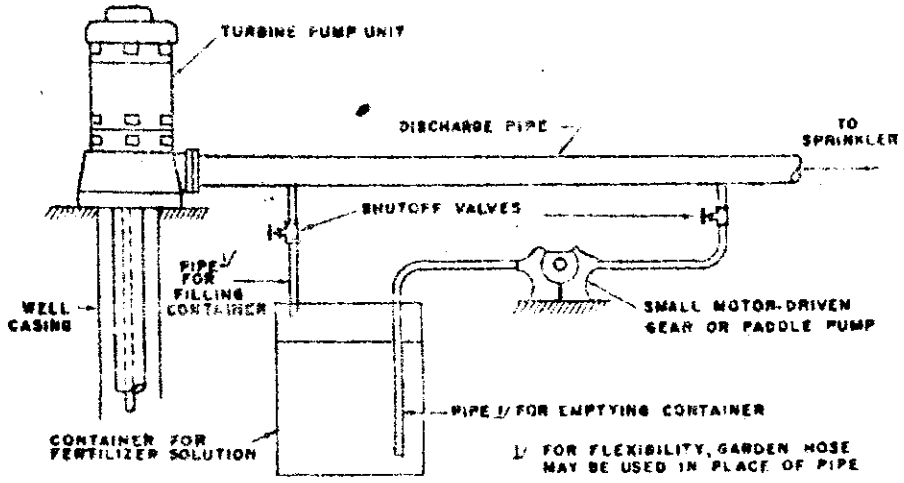
3.3 การให้ปุ๋ยในลักษณะนี้ปุ๋ยจะอยู่ในสภาพสารละลายเมื่อให้ปุ๋ยตกถึงผิวดิน พืชจะดูดไปใช้ได้เกือบจะในทันที นอกจากนี้สารละลายของปุ๋ยยังซึมลงสู่เนื้อดินได้พร้อม ๆ กับน้ำ ส่วนที่จะสูญเสียไปจึงมีน้อยมาก



การติดตั้งแบบให้ปุ๋ยโดย Sprinkler สำหรับ Turbine Pump



การติดตั้งแบบให้ปุ๋ยโดย Sprinkler สำหรับ Centrifugal Pump



การติดตั้งแบบให้ปุ๋ยโดย Sprinkler แบบใช้ Pump ช่วย

4 ใช้กับงานถมดิน (Sprinkler system for earth fill construction)

ในงานถมดินอัดแน่น (Compacted earth) เพื่อเป็นฐานรากของอาคารต่าง ๆ งานฐานรากถนน ทางรถไฟ สนามบิน ตลอดจนงานสร้างทำนบดิน หรือเขื่อนดินซึ่งเป็นอาคารชลประทาน โครงสร้างของดินจะถูกอัดตัวได้แน่นดีมากน้อยเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับ ชนิดของเนื้อดิน (Texture) ปริมาณความชื้นในเนื้อดิน (Optimum quantity of moisture in soil) และวิธีการที่จะกระทุ้งหรืออัดแน่น (Compaction)

สำหรับปริมาณความชื้นในเนื้อดินนั้น ถ้าเป็นดินจำนวนน้อยก็พอจะควบคุมได้โดยง่าย แต่ถ้าปริมาณดินที่ต้องการใช้มีจำนวนมากการควบคุมความชื้นในเนื้อดินให้ได้จำนวนที่ต้องการอาจจะไม่ง่ายนัก ซึ่งในสมัยหนึ่งได้ใช้วิธีใช้รถบรรทุกถังบรรจุน้ำที่ท้ายหัวฉีดเป็นฝักบัวฉีดน้ำบนผิวดินให้ชุ่มแล้วจึงขุดดินไปใช้งาน แต่ก็ได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจนัก เพราะนอกจากค่าใช้จ่ายจะสูงแล้ว ความชื้นในเนื้อดินมักมีเปอร์เซนต์ต่างกันมาก ทำให้การกระทุ้งหรืออัดดินให้แน่นได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจเลย

ต่อมาได้มีวิศวกรได้ใช้วิธีชักน้ำไปสู่แหล่งวัสดุ (Borrow area) และส่งน้ำเข้าไปโดยระบบร่องดู (Furrow) ตามจำนวนที่ต้องการ แล้วถากดินจากแหล่งวัสดุมาคลุกเคล้า (Mixing) จนกระทั่งได้ดินที่มีความชื้นค่อนข้างสม่ำเสมอ จึงนำไปใช้งาน แต่ความยุ่งยากไปตกอยู่ที่การคลุกเคล้าดิน และก็มักไม่ได้ดินที่มีความชื้นสม่ำเสมอเท่าที่ควร ประกอบกับเครื่องมือในการคลุกเคล้าดินก็เป็นเครื่องมือที่มีน้ำหนักมากไม่สะดวกในการขนย้ายและติดตั้งจนหมดความนิยมไป

ในที่สุดก็ได้นำเอาระบบชลประทานแบบฉีดฝอยมาใช้ให้ความชื้นแก่ดิน โดยต้องศึกษาและพิจารณาในเรื่องอัตราการดูดซับน้ำ (Infiltration rate) ของดินชนิดนั้น ระยะเวลาการให้น้ำแต่ละครั้ง (Working hours) และในการให้น้ำแต่ละครั้งนั้นได้ความชื้นของดินที่เหมาะสมเป็นความลึกเท่าใด เมื่อให้น้ำไปครั้งหนึ่งแล้วจึงถากดินออกตามความลึกกลับกลาวทั่วแหล่งวัสดุ (Borrow area) แล้วจึงเริ่มให้น้ำอีก ทำเช่นนี้เป็นชั้น ๆ ลงไปจนได้ดินครบจำนวนที่ต้องการ

5 การให้ความเย็นแก่อาคาร (Building cooling with sprinkler)

อาคารที่อยู่อาศัยที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศใช้แต่มีระบบชลประทานแบบฉีดฝอยใช้อยู่แล้วหาอุปกรณ์มาเพิ่มเติมเพื่อให้ความเย็นแก่อาคาร หรือพวกเรือนเลี้ยงสัตว์ปีกซึ่งมีอัตราการตาย

มากในฤดูร้อนหรือในเขตอากาศร้อนจัดมักนิยมติดตั้งหัว Sprinkler ขนาดเล็กไว้บนหลังคาฉีดน้ำให้ทั่วพื้นที่ของหลังคา อาศัยการระเหยของน้ำลดอุณหภูมิของอากาศภายในเรือนเลี้ยงสัตว์ได้โดยมีหลักการกว้าง ๆ ก็อ เป็นหัว Sprinkler ที่ใช้น้ำน้อย มีเม็ดน้ำละเอียดมาก และปกคลุมพื้นที่มากที่สุด นอกจากนี้อาจมีบริเวณในเรือนเลี้ยงจะปรากฏความชุ่มชื้นอยู่เสมอด้วย

ยังมีการนำเอา Sprinkler มาใช้ทำความเย็นให้แก่บ้านเรือนที่อยู่อาศัย ซึ่งนิยมใช้ในเขตแห้งแล้ง ซึ่งมีลมร้อนพัดเป็นประจำ เช่น ประเทศในแถบทะเลทรายนิยมใช้กันมาก วิธีทำคือนำเอาหญ้าแห้งหรือฟางมาเย็บให้หนาประมาณ 3 – 5 ซม. และกว้าง – ยาว ขนาดหน้าต่างหรือช่องลมที่จะติดตั้ง แล้วนำลวดตาข่ายที่มีตาขนาด 1" มาประกบทั้งสองด้านมัดติดพออยู่ นำไปติดตั้งที่หน้าต่างหรือช่องลมทางด้านเหนือลมของตัวบ้านหรือห้อง โดยมีระยะห่างจากฝาบ้านประมาณ 10 ซม. ขอบด้านบนติดตั้ง Perforated pipe sprinkler ซึ่งปล่อยน้ำให้หยดลงสู่หญ้าหรือฟางที่ติดตั้งไว้ ขอบล่างของตะแกรงทำรางเล็ก ๆ รองรับน้ำไว้ด้วย เมื่อน้ำที่หยดไหลผ่านมาตามเส้นฟางหรือหญ้าและถูกลมพัดผ่าน น้ำส่วนหนึ่งจะระเหยและพาความร้อนแยกตัวออกไป น้ำอีกส่วนหนึ่งจะเป็นไอเย็นพัดเข้าไปในตัวบ้านหรือห้อง ทำให้ภายในบ้านเป็นอากาศเย็นและชุ่มชื้นใช้การได้ที่เดียว

6 ระบบกำจัดฝุ่นละออง (Settling of dust)

ในพื้นที่หรือบริเวณที่มีฝุ่นละอองมาก ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ที่อาศัยในบริเวณดังกล่าว อาจใช้ระบบชลประทานแบบฉีดฝอยที่ออกแบบให้ฉีดปริมาณน้ำพอเหมาะที่จะจับฝุ่นละอองให้รวมตัวเป็นก้อนตกลงสู่พื้นโดยรวดเร็ว แต่จำนวนน้ำที่ใช้จะต้องไม่มากจนกระทั่งฝุ่นที่ตกลงมากลายเป็นโคลนเลนหรือเมื่อนกลายเป็นความสกปรกไปได้

สำหรับโรงงานที่ผลิตสารที่มีละอองเป็นพิษ เช่น โรงงานพ่นสี โรงงานผลิตสารเคมีที่เป็นผง ที่ไม่ต้องการให้สารเคมีปลิวออกมาทำความเดือดร้อนแก่ผู้อยู่อาศัยข้างเคียงโรงงาน มักนิยมใช้Perforated pipe sprinkler ฉีดเป็นฉากป้องกันและจับผงเคมีที่ปลิวออกนอกโรงงาน แล้วทำรางรับน้ำดังกล่าวไปกำจัดพิษหรือทิ้งเสีย

นอกจากที่กล่าวมาแล้วทั้ง 6 ข้อนี้แล้วยังจะมีการนำระบบชลประทานแบบฉีดฝอยไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ อีกเช่น โรงงานทำน้ำแข็งจะเอาพ่นด้วย Sprinkler ให้อุณหภูมิลดลงก่อนแล้วจึงนำน้ำไปเข้าห้องทำน้ำแข็ง ซึ่งจะทำให้ได้น้ำแข็งเร็วขึ้น เป็นต้น

การชลประทานแบบหยด

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความหมายของการชลประทานแบบหยด

การชลประทานแบบหยด เป็นการให้น้ำแก่พืชที่จุดใดจุดหนึ่ง หรือหลาย ๆ จุด บนผิวดิน หรือในเขตรากพืชด้วยระบบท่อแขนงที่วางไปตามแถวต้นพืช โดยมีการควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่พืชครั้งละน้อย ๆ อย่างสม่ำเสมอ ด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่าหัวปล่อยน้ำซึ่งติดอยู่ตามแนวยาวของท่อแขนง น้ำที่ปล่อยจากหัวปล่อยน้ำสู่ดินบริเวณรากพืชโดยตรงนี้ อาจจะไหลเป็นหยดน้ำ หรือไหลเป็นสายน้ำเล็ก ๆ ก็ได้ แต่จะมีการควบคุมหรือพยายามปรับให้มีอัตราการไหลใกล้เคียงกับการใช้น้ำของพืช หรือพยายามรักษาระดับความชื้นของดิน บริเวณรากพืชให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถลดการสูญเสียตามทางระหว่างส่งน้ำ ลดการสูญเสียเนื่องจากการไหลซึมเลยเขตรากพืชด้วยสาเหตุให้น้ำมากเกินความจำเป็น ตลอดจนลดการสูญเสียเนื่องจากการระเหยและการไหลนองบนผิวดิน การให้น้ำแบบนี้จึงสามารถประหยัดน้ำได้มากกว่า ได้ผลผลิตสูงกว่าทั้งปริมาณและคุณภาพ นอกจากนี้การให้ปุ๋ยและฮอร์โมนพืชบางชนิดก็สามารถทำได้อย่างสะดวกและประหยัด โดยการละลายไปในน้ำระหว่างการส่งน้ำ จึงเป็นการให้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีให้น้ำแบบอื่น ๆ ปัจจุบัน การให้น้ำวิธีนี้กำลังเป็นที่นิยมมากในหลาย ๆ ประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา อังกฤษ อิสราเอล นิวซีแลนด์ อิตาลี ญี่ปุ่น ออสเตเลีย เยอรมัน เม็กซิโก และฝรั่งเศสเป็นต้น แม้ในประเทศไทยก็เริ่มมีผู้นิยมใช้กันมากขึ้นเรื่อย ๆ ถึงแม้ค่าลงทุนจะยังนับว่าแพง แต่อนาคตอันใกล้นี้ วิธีการให้น้ำแบบนี้อาจจะมีความจำเป็นและคุ้มค่าในการลงทุน ถ้าเกษตรกรมีความรู้ ความเข้าใจในการใช้งานมากเพียงพอ และนำไปใช้กับพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง เช่นไม้ผล และพืชเมืองหนาวเป็นต้น

1.2 ประวัติและการพัฒนาการชลประทานแบบหยด

การชลประทานแบบหยดได้พัฒนาเริ่มแรกในรูปของการให้น้ำแบบใต้ผิวดิน การทดลองครั้งแรกเริ่มที่ประเทศเยอรมัน ในปี พ.ศ. 2403 โดยใช้ระบบการให้น้ำร่วมกับระบบการระบายน้ำแบบท่อใต้ดิน ซึ่งในระยะเริ่มแรกนี้ใช้ท่อดินเผาสั้น ๆ ต่อกัน และเปิดรอยต่อไว้สำหรับเป็นทางให้น้ำไหลออกมา เพื่อเป็นการยกระดับน้ำใต้ดินขึ้นมายังเขตราก การทดลองครั้งนี้ปรากฏว่าผลผลิตเพิ่มขึ้นมากและใช้ได้ผลอยู่หลายปี ต่อจากนั้นจึงมีการพัฒนาและทดลองต่อ

มาอีกหลายสิบปี จนใน พ.ศ. 2463 การให้น้ำจึงเปลี่ยนรูปแบบมาเป็นแบบท่อเจาะรูให้น้ำไหลออกมาตามแนวท่อ และเริ่มมีการใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้นในประเทศเยอรมัน

สำหรับการทดลองครั้งแรกที่ถือว่าเป็นการให้น้ำแบบหยดตามคำจำกัดความที่ให้ไว้นั้น ทำกันในประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2456 โดยการฝังท่อจ่ายน้ำใต้ผิวดิน เช่นกันแต่ให้น้ำเฉพาะบริเวณเขตราก ไม่มีการยกระดับน้ำใต้ดิน ผลสรุปว่ามันยังแพงเกินกว่าที่จะนำไปใช้เป็นการค้าได้จริง ๆ และหลังจากนั้นอีก 20 ปี ที่สหรัฐอเมริกา เช่นกันได้พัฒนาระบบท่อพรุนที่ทำด้วยวัสดุหลาย ๆ ย่างใช้ได้ผลดีในขณะนั้น

จากปี พ.ศ. 2478 เป็นต้นมาอีกหลาย ๆ ประเทศ เช่น รัสเซีย ฝรั่งเศส เนเธอร์แลนด์และอังกฤษ ก็มีการทดลองโดยเน้นหนักในด้านการพัฒนาระบบท่อพรุน ซึ่งทำจากวัสดุต่าง ๆ หลายชนิดด้วยกัน

การพัฒนาเข้าสู่ระบบซึ่งคล้ายกับระบบการให้น้ำแบบหยด ในปัจจุบันนั้น เกิดขึ้นกับการพัฒนาท่อแบบรูพรุนที่ทำด้วยพลาสติก ซึ่งราคาไม่แพงนัก และการเจาะรูที่ผนังท่อทำได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามยังเกิดปัญหาสำคัญสองประการที่ทำให้การใช้ระบบท่อพลาสติกดังกล่าวไม่เป็นที่แพร่หลายเท่าที่ควร ปัญหาแรกก็คือ มีการอุดตันรูเล็ก ๆ ที่เจาะนั้นทั้ง ๆ ที่น้ำได้ผ่านการกรองแล้วก็ตาม ปัญหาที่สองก็คือ ความไม่สม่ำเสมอเท่าที่ควรของปริมาณน้ำที่ไหลออกมาตามแนวยาวของท่อทั้ง ๆ ที่ไม่มีการอุดตัน อย่างไรก็ตามถึงแม้จะมีข้อเสียสองประการดังกล่าว ผลผลิตของพืชที่ปลูกก็เพิ่มขึ้นมากและเป็นสิ่งกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาหัวปล่อยน้ำแบบต่าง ๆ ที่ใช้กันในปัจจุบัน แทนที่จะเป็นแบบรูเล็ก ๆ หรือเจาะช่องเปิดเล็ก ๆ ที่ผนังท่อ ก็หันมานิยมใช้หัวปล่อยน้ำที่ผลิตขึ้นชนิดต่าง ๆ และต่อกับท่อแขนงในลักษณะต่าง ๆ กันแทน

ระบบการให้น้ำแบบหยดที่ใช้กันในปัจจุบันนี้ ซึ่งเป็นการให้น้ำโดยตรงที่ผิวดิน ได้เริ่มต้นนำมาใช้ในประเทศอังกฤษ ในปี พ.ศ. 2483 หัวปล่อยน้ำอันเริ่มแรกเป็นแบบท่อขนาดจิ๋ว (microtube) พันรอบรูปทรงกระบอก เพื่อให้ได้ความยาวของท่อขนาดจิ๋วมาก ๆ เป็นการลดความดันของน้ำ และเพื่อทำให้ไม่เกะกะรุงรังในการใช้งาน เส้นผ่าศูนย์กลางท่อขนาดจิ๋วดังกล่าวมีขนาดใหญ่พอสมควร ประมาณ 0.8 - 1.2 มม. เพื่อที่จะลดปัญหาการอุดตัน ระบบนี้ได้พัฒนาใช้กันแพร่หลายในโรงเรือนกระจก (green house) ซึ่งจะรวมเอาทั้งการให้น้ำ

และการใช้ปุ๋ยอยู่ในระบบเดียวกัน และด้วยสาเหตุการพัฒนาวัสดุพลาสติกระหว่าง และหลังสงครามโลกครั้งที่สองเป็นต้นมา การให้น้ำแบบหยดก็เริ่มกลายเป็นวิธีที่ทำได้ง่าย และคุ้มค่าขึ้น

ยุคการพัฒนาระบบชลประทานแบบหยดที่นับว่าสำคัญมากที่สุด ปรากฏขึ้นในประเทศอิสราเอล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 เป็นต้นมา หลังจากที่มีโรงงานสามารถผลิตท่อพลาสติกได้ราคาถูก และหัวปล่อยน้ำก็เห็นว่าใช้ท่อขนาดจิ๋วที่ผลิตได้มีคุณภาพดีขึ้น โดยถือว่าหัวปล่อยน้ำชนิดนี้สามารถควบคุมปริมาณการไหลได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นแบบแรก และจากปี พ.ศ. 2503 เป็นต้นมาระบบการให้น้ำแบบหยดก็ได้พัฒนาเป็นวิธีการให้น้ำแบบใหม่ที่สำคัญจนกระทั่งปัจจุบันก็ยังมีการพัฒนาอยู่เรื่อย ๆ และนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในสวนผลไม้และพืชผักตลอดจนแปลงเพาะชำในหลาย ๆ ประเทศ ในปี พ.ศ. 2523 จากการสำรวจมีพื้นที่ใช้ระบบหยดนี้ทั่วโลกประมาณ 2 ล้าน 2 แสนไร่ และคาดว่าจะมีเนื้อที่ใช้ระบบนี้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ปัจจุบันไม่น้อยกว่า 15 ล้านไร่ ในอเมริกา ปี พ.ศ. 2527 มีใช้ระบบนี้ถึง 8,250,000 ไร่ และในการประชุมเรื่องเกี่ยวกับการใช้น้ำระดับโลก ที่ประเทศอาร์เยนตินา เมื่อ พ.ศ. 2520 ได้มีการกล่าวถึงประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำที่ประชุมแนะนำว่า การชลประทานแบบหยดเป็นเทคโนโลยีอันหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำและเพิ่มผลผลิตจากแผ่นดินได้เป็นอย่างดี

สำหรับประเทศไทย การให้น้ำระบบหยดนี้เริ่มทดลองใช้กับแปลงพืช เมื่อ พ.ศ. 2518 ที่โครงการหลวง ดอยอ่างขาง อ.เชียงใหม่ ส่วนการทดลองที่ใช้กับสวนผลไม้จริง ๆ ทำในปี 2521 ที่อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ปัจจุบันเริ่มมีผู้สนใจหันมาใช้ระบบนี้กันมากขึ้น พร้อมกับมีการพัฒนาระบบนี้อยู่เรื่อย ๆ เพราะอนาคตอันใกล้นี้ชลประทานแบบหยดจะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการขาดแคลนน้ำ ปัญหาแรงงานที่หายากและมีราคาแพง ตลอดจนการเพิ่มคุณภาพและเพิ่มผลผลิตได้เป็นอย่างดี อย่างเช่น ที่สวนส้มรังน้ำท้าง จังหวัดเชียงใหม่ ใช้ระบบน้ำหยดในเนื้อที่เพาะปลูกไม่น้อยกว่า 500 ไร่ กับสวนส้ม ทับ สาลี่ แอปเปิล และไม้ผลเมืองหนาวอื่น ๆ เป็นต้น ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

1.3 ข้อดีของการชลประทานแบบหยด

วิธีการให้น้ำแก่พืชนั้นสามารถทำกันได้หลายวิธี นับตั้งแต่การให้น้ำปล่อยท่วมเป็นผืนยาวหรือแบบร่าง การให้น้ำแบบร่อง จนกระทั่งถึงระบบฉีดฝอย และการให้น้ำแบบหยด ซึ่งการให้น้ำทุกวิธี ต่าง ก็มีข้อดี และข้อจำกัดที่แตกต่างกันไปตามสภาพของการปลูกพืชแต่ละท้องที่ ปัญหาทางเศรษฐกิจและวิชาการ สำหรับการให้น้ำแบบหยดนี้ สามารถนำเอาไปใช้ได้ในการปลูกพืชแทบทุกชนิด นับตั้งแต่พืชผักจนถึงไร่อ้อยขนาดใหญ่ใช้ได้กับเนื้อดินแทบทุกประเภทตั้งแต่เนื้อหยาบจนกระทั่งเนื้อละเอียดและใช้ได้ในที่ดินแทบทุกลักษณะนับตั้งแต่ในที่ราบเรียบที่ปลูกพืชล้มลุกและไม้ยืนต้นจนขึ้นที่บนไหล่เขาที่ชัน ซึ่งโดยปกติไม่อาจจะให้น้ำโดยวิธีอื่นได้ แต่การจะเลือกใช้ก็ต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในด้านต่าง ๆ ว่าคุ้มค่าลงทุนหรือไม่ สำหรับข้อดีของการให้น้ำแบบหยดขอสรุปได้ดังนี้

(1) เพิ่มผลผลิต เนื่องจากการให้น้ำแบบหยดจะรักษาระดับความชื้นในดินอยู่ในเกณฑ์ที่พอเหมาะตลอดเวลาจะทำให้พืชงอกงามและให้ผลผลิตดีที่สุด ซึ่งผลผลิตจะสูงกว่าการให้น้ำแบบอื่น ๆ ประมาณ 10 - 20 เปอร์เซนต์ โดยเฉพาะในดินทราย ดินที่มีความเค็มหรือคุณภาพของน้ำไม่ดี การให้น้ำแบบหยดจะให้ผลผลิตมากกว่าถึงสองเท่า

(2) ประหยัดน้ำได้มาก เนื่องจากการให้น้ำแบบหยดเป็นการให้น้ำแก่รากพืชโดยตรง ฉนั้นน้ำจึงถูกจำกัดให้ซึมลงไปเฉพาะในบริเวณรากพืชเท่านั้น พื้นดินระหว่างต้นพืช หรือระหว่างแถวจะไม่เปียกน้ำจึงไม่มีการระเหยจากผิวดิน และน้ำก็จะไม่สูญเสียไปเพราะวัชพืชเอาไปใช้

(3) ใช้แรงงานน้อย ในการดำเนินงานเนื่องจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบการให้น้ำแบบหยดนั้นได้ติดตั้งไว้เป็นการถาวร พร้อมที่จะให้น้ำได้ทุกเมื่อ ซึ่งจะเป็นผลให้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่ำ

(4) ไม่เป็นอุปสรรคกีดขวางการดำเนินงาน ด้านอื่นภายในพื้นที่เพาะปลูก เช่น การตัดแต่งกิ่ง การพ่นยาปราบศัตรูพืช ตลอดจนการเก็บผลผลิต การทำงานเหล่านี้สามารถจะกระทำได้ในขณะทำการให้น้ำ โดยเฉพาะในสวนองุ่นและสวนไม้ผลเป็นต้น

(5) ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชบางชนิดสามารถให้แก่พืชได้ โดยการละลายไปพร้อมกับน้ำที่ให้ ทำให้การให้ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

(6) ควบคุมป้องกันโรคพืชและแมลงต่าง ๆ ที่จะทำอันตรายแก่พืชได้ เพราะการให้น้ำแบบหยดไม่ทำให้ใบของพืชเปียก ความชื้นบริเวณใบจึงต่ำ โรคพืชย่อมเกิดได้ยาก นอกจากนี้การพ่นยาปราบศัตรูพืชต่าง ๆ ก็มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากยาซึ่งติดตามใบ กิ่ง ก้าน และลำต้นของพืชจะไม่ถูกชะล้างไป

(7) ควบคุมวัชพืช เนื่องจากการให้น้ำเป็นจุดเฉพาะบริเวณโคนต้น ทำให้พื้นที่เปียกน้ำเป็นเพียงส่วนน้อยของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่บริเวณอื่นจึงไม่มีน้ำทำให้การเจริญเติบโตของวัชพืชย่อมเป็นไปได้ยาก

(8) ทำให้พืชงอกและเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ เพราะพืชที่ปลูกได้รับน้ำสม่ำเสมอและทั่วถึงกันโดยเฉพาะในขณะที่พืชกำลังงอกและยังเล็กอยู่ ทำให้เปอร์เซนต์การรอดตายมีมาก และอัตราการเจริญเติบโตสูง

(9) สามารถใช้ได้ดีกับดินที่มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากวิธีการให้น้ำแบบหยด เป็นการให้น้ำและธาตุอาหารพืช แก่รากพืชโดยตรงครั้งละน้อย ๆ อย่างสม่ำเสมอฉนั้นแม้ในดินทรายก็สามารถปลูกพืชได้โดยการให้น้ำแบบหยดนี้

(10) ลดปัญหาเรื่องการระบายน้ำ เพราะให้น้ำไม่มากเกินความต้องการของพืช จึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาการระบายน้ำ

(11) ลดอันตรายที่พืชจะได้รับจากความเค็ม เนื่องจากการให้น้ำแบบหยดสามารถเพิ่มน้ำให้มากขึ้นเพื่อไล่เกลือออกไปเฉพาะบริเวณเขตรากพืช และความเข้มข้นของเกลือลดลง เนื่องจากน้ำซึมลงในดินเกือบตลอดเวลาและใบพืชไม่ไหม้ เนื่องจากไม่มีเกลือเกาะติดอยู่ตามใบพืชเหมือนเมื่อให้น้ำแบบฉีดฝอย

(12) สามารถติดตั้งเครื่องควบคุมการให้น้ำชนิดอัตโนมัติ ให้ทำงานตามกำหนดเวลาแบบรอบเวรได้เองทั้งระบบ

1.4 ข้อเสียและปัญหาของการชลประทานแบบหยด

ถึงแม้การชลประทานแบบหยดจะมีข้อดีมากมายหลายอย่างดังที่กล่าวมาแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีข้อเสียและปัญหาบางประการที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้ พอสรุปได้ดังนี้

(1) การอุดตันของหัวปล่อยน้ำ นับว่าเป็นปัญหาสำคัญที่สุดที่ทำให้ระบบการให้น้ำแบบหยดต้องล้มเหลว การกรองน้ำเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการลดปัญหาการอุดตัน การอุดตันอาจจะเกิดได้จากสาเหตุหลายประการ เช่น ตะกอน ทราย โคลนตม การตกตะกอนของสารเคมีที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ หรือเกิดจากการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในท่อ หรือหัวปล่อยน้ำเป็นต้น

น้ำที่มีแคลเซี่ยมหรือแมกนีเซี่ยมไบคาร์บอเนต ผสมอยู่ เมื่ออุณหภูมิสูงมักจะเป็นเหตุให้เกิดหินปูนเกาะที่หัวปล่อยน้ำ ทำให้น้ำไหลไม่สะดวกหรืออาจจะอุดตันเลย น้ำที่ละลายแร่เหล็กหรือมีแร่เหล็กผสมอยู่ เมื่อถูกกับอากาศจะทำให้เกิดเหล็กออกไซด์เป็นตะกอนอุดตันทางน้ำออก ซึ่งยากแก่การกรองโดยใช้ตะแกรงธรรมดา น้ำชนิดนี้จึงไม่เหมาะกับระบบการให้น้ำแบบหยด

(2) จำกัดความเจริญเติบโตของรากพืช ในกรณีที่ใช้ระบบการให้น้ำแบบหยดเป็นหลัก และอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีฝนตกน้อย รากพืชจะเจริญหนาแน่นเฉพาะบริเวณที่เปียกน้ำเท่านั้น ถ้าบริเวณที่เปียกน้ำเล็กเกินไปหรือเปียกเฉพาะแถบเดียวและการแผ่กระจายของรากไม่เพียงพอพืชอาจจะโยกคลอนได้ เวลาลมพัดแรง ๆ โดยเฉพาะพืชที่ปลูกในดินเหนียว น้ำซึมด้านลึกได้น้อย อาจทำให้ระบบรากพืชหยั่งลงไม่ลึกเช่นกัน ดังนั้นการออกแบบติดตั้งหัวปล่อยน้ำ จึงเป็นเรื่องสำคัญมากเกี่ยวกับการกระจายความชื้น

(3) ผลเสียอีกประการหนึ่งก็คือ ระบบรากเคยชินกับการได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอ ถ้าน้ำที่เคยให้ด้วยระบบนี้เกิดขัดข้อง ต้นไม้จะอยู่ในสภาพที่แย่กว่าต้นไม้ที่ไม่ได้ใช้ระบบน้ำหยด ทั้งนี้เพราะต้นไม้ที่ให้น้ำด้วยวิธีอื่น จะมีระบบรากที่แตกต่างกัน และมีโครงสร้างของเซลล์ที่เหนียวแน่นกว่า ฉนั้นการให้น้ำแบบหยดแม้จะประหยัดน้ำกว่าวิธีอื่นก็ตาม ก็จะต้องออกแบบให้ไว้ใจได้จริง ๆ และดูแลให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา

(4) ค่าลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูง เนื่องจากระบบนี้ต้องใช้ท่อแขนงและท่อประธานเป็นจำนวนมาก และต้องใช้หัวปล่อยน้ำเป็นจำนวนมากเช่นกันเฉพาะค่าหัวปล่อยน้ำคิดเป็นเงินประมาณ 25 ถึง 35 เปอร์เซนต์ ของเงินที่ลงทุนทั้งระบบ และยังจะต้องมีเครื่องกรองน้ำและอุปกรณ์อื่น ๆ อีก แต่อุปกรณ์ก็นับว่าใช้งานได้นาน จึงเหมาะที่จะใช้กับพืชที่ให้ผลตอบแทนสูงน้ำที่จะใช้จัดหามาด้วยราคาแพง พื้นที่ลาดชัน หรือสูง ๆ ต่ำ ๆ เป็นคลื่น แรงงานหายากและมีราคาแพงเป็นต้น

บทที่ 2 ระบบชลประทานแบบหยด

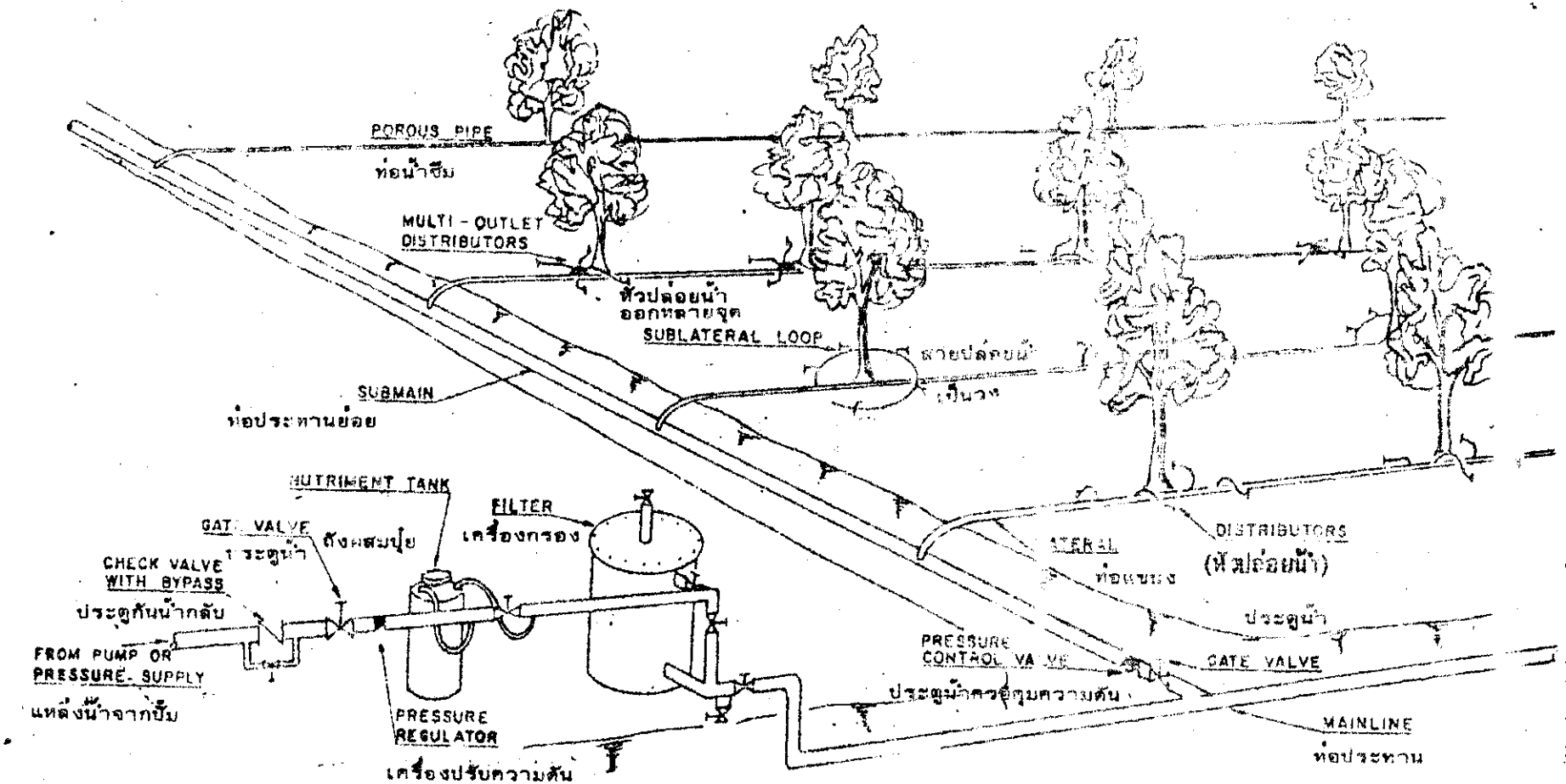
(Drip Irrigation System)

2.1 อุปกรณ์ของระบบชลประทานแบบหยด (Drip Irrigation System Components)

ระบบชลประทานแบบหยดที่สมบูรณ์แบบจะประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญ ๆ ดังนี้ หัวปล่อยน้ำ (emitter) ท่อแขนง (lateral line) ท่อประธานย่อย (sub-main line) ท่อประธาน (main line) เครื่องสูบน้ำ (pump) เครื่องควบคุมที่ต้นทางจ่ายน้ำ (control head) สำหรับเครื่องควบคุมที่ต้นทางนี้อาจประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ คือ เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำ (water meter) ประตูน้ำ (valves) เครื่องฉีดผสมสารเคมี (chemical injector) เครื่องควบคุมความดัน (pressure regulator) เครื่องวัดความดัน (pressure gauge) ประตูป้องกันน้ำไหลกลับ (non-return valve) ประตูระบายอากาศ (air-release valve) และอุปกรณ์ที่นับว่าสำคัญมากของระบบให้น้ำแบบหยดซึ่งจะขาดมิได้คือ เครื่องกรองน้ำ (filter) นอกจากนี้ยังจะสามารถติดตั้งเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติได้อีกด้วย โดยติดตั้งประตูน้ำไฟฟ้า (solinoid valves) และระบบควบคุมอัตโนมัติ (automatic control unit) เป็นต้น ดังรูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบชลประทานแบบหยด เพื่อความเข้าใจในเบื้องต้น ขออธิบายอุปกรณ์ต่าง ๆ พอสังเขปดังนี้

(1) หัวปล่อยน้ำ นับว่าเป็นสิ่งสำคัญมากหรือหัวใจของระบบให้น้ำแบบหยดที่เดียว มีชื่อเรียกได้หลายอย่างแล้วแต่ความนิยมของแต่ละประเทศ หรือของแต่ละบริษัทผู้ผลิตจะตั้งขึ้น เช่น Trickler, Dripper Dropper, Distributor, Outlet และ Emitter เป็นต้น ซึ่งส่วนมากจะนิยมเรียกว่า Emitter อุปกรณ์ดังกล่าวจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมปริมาณการไหลของน้ำจากท่อแขนงไปสู่ดิน ปกติหัวปล่อยน้ำนี้จะติดตั้งอยู่บนท่อแขนงที่วางไว้บนผิวดิน หรือมีท่อเล็ก ๆ สีดำต่อแยกออกไปจากท่อแขนงอีกที โดยมากที่นิยมใช้มีอัตราการไหลประมาณ 1-10 ลิตร/ชั่วโมง

(2) ท่อแขนง เป็นท่อซึ่งต่อแยกจากท่อประธานย่อยหรือบางครั้งก็ต่อกับท่อประธานโดยตรง และเป็นท่อซึ่งติดตั้งหัวปล่อยน้ำ วางชิดชนานไปกับแถวของต้นพืช อาจใช้ท่อแขนง 1 แนว สำหรับพืช 1-2 แถว หรือท่อแขนง 1-2 แนว สำหรับพืช 1 แถว ก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของการให้ลแบบหยด

ท่อแขนงโดยทั่วไปทำด้วยพลาสติกประเภท พีวีซี polyvinyl chloride (PVC) พีบี (polybytylene, PB) และ พีอี polyethylene (PE) เป็นต้น โดยนิยมวางท่อแขนงไว้บนผิวดินมากกว่าใต้ดิน ท่อจึงควรจะต้องเป็นสีดำ เพื่อป้องกันแสงอาทิตย์ทำให้เกิดตะไคล่น้ำอุดตันหัวปล่อยน้ำ นอกจากนี้สีดำซึ่งเป็นสารถ่านดำ (carbon black) ยังช่วยทำให้อายุการใช้งานนานขึ้น เนื่องจากป้องกันแสงเหลืองม่วงจากดวงอาทิตย์ได้ดี สำหรับขนาดของท่อจะถูกกำหนดโดยจำนวนต้นพืชต่อแถวและจำนวนของหัวปล่อยน้ำที่ไหลต่อต้น หรือโดยจำนวนของหัวและความยาวของท่อที่ใช้ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 6-25 มม. ที่ใช้กันมาก 12-20 มม. และความยาวของท่อไม่ควรเกิน 300 เมตร

(3) ท่อประธานย่อย เป็นท่อที่ต่อแยกจากท่อประธานเป็นส่วน ๆ ท่อนี้ถ้าระบบไม่ใหญ่มากนักก็ไม่จำเป็นต้องมี คือ มีเฉพาะท่อแขนงต่อโดยตรงกับท่อประทานก็ได้ ท่อแยกประธานนี้ทำจากวัสดุเช่นเดียวกับท่อแขนง โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20-80 มม. ที่ใช้กันมากขนาด 30-50 มม. ท่อประทานย่อยวางทั้งฝังในดินและฝังใต้ผิวดิน

(4) ท่อประธาน เป็นท่อซึ่งเชื่อมโยงท่อประธานย่อยหรือท่อแขนงในแต่ละสายให้ต่อกับแหล่งน้ำ ท่อประธานจะทำจากวัสดุดังต่อไปนี้ พีอี (polyethylene) ชนิดความหนาแน่นสูง (PE,HD) ท่อ พีวีซีแข็ง (rigid PVC) ท่อเหล็กอาบสังกะสี (galvaized steel) และซีเมนต์ใยหิน (asbestos cement) ซึ่งจะใช้วัสดุแบบใดก็ตาม ไม่ควรเป็นวัสดุที่เป็นสนิมและลอกเป็นสะเก็ดง่าย เพื่อเลี่ยงปัญหาอุดตันที่หัวปล่อยน้ำ และจากท่อประธานนี้ ท่อประธานย่อยหรือท่อแขนงอาจจะแยกออกไปด้านเดียว หรือทั้งสองด้านก็ได้ ปกติท่อประธานจะนิยมฝังใต้ผิวดิน

(5) เครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง เป็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดตั้งไว้ใกล้กับแหล่งน้ำ ตรงจุดเริ่มต้นของระบบ เพื่อควบคุมความดัน ปริมาณน้ำ และคุณภาพน้ำเป็นต้น อาจจะประกอบด้วย

ก. เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำ เพื่อให้ทราบอัตราการใช้น้ำว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่

ข. เครื่องวัดความดัน เพื่อให้ทราบความดันขณะใช้งาน เพราะจะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวปล่อยน้ำ

ค. เครื่องควบคุมความดัน เพื่อให้ความดันไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อาจจะติดตั้งที่ต้นทางของท่อประธานย่อย หรือท่อแขนงก็ได้ จะช่วยให้รักษาความดันของน้ำในแต่ละท่อแขนงให้เท่ากันมากที่สุด จะทำให้ปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวปล่อยน้ำใกล้เคียงกัน

ง. ประตูป้องกันน้ำไหลกลับ เมื่อเวลาหยุดการให้น้ำ อาจจะมีน้ำไหลกลับทางไปยังเครื่องสูบน้ำ ถ้าน้ำผสมปุ๋ยก็อาจจะเกิดปัญหาได้ และจะทำให้หัวปล่อยน้ำที่วางบนผิวดินดูดเอาตะกอนดินเข้าไปได้

จ. ประตูระบายอากาศ ประตูนี้จะติดตั้ง ณ ตำแหน่งที่สูงที่สุด เพื่อใช้ระบายอากาศที่สะสมอยู่ในระบบท่อซึ่งทำให้น้ำไหลไม่เต็มท่อ

ฉ. เครื่องฉีดผสมปุ๋ย เพื่อใช้ประโยชน์ในการผสมปุ๋ยไปพร้อมกับการให้น้ำ ปกติมี 2 แบบคือ แบบที่ใช้ระบบความดันแตกต่างกับระบบที่ต้องมีเครื่องปั๊มฉีดผสมเข้าไป ปัจจัยที่ต้องพิจารณาได้แก่อัตราและความเข้มข้นของสารละลาย ตลอดจนการตกตะกอนของสารละลาย

(6) เครื่องกรองน้ำ เป็นอุปกรณ์สำคัญมากสำหรับระบบการให้น้ำแบบหยด เพราะน้ำที่จะใช้สำหรับระบบนี้จะต้องเป็นน้ำที่สะอาดจริง ๆ เพื่อจะจัดปัญหาการอุดตันซึ่งมักจะเกิดขึ้นเสมอ ตามปกติจะเป็นแบบตะแกรง (screen filter) และแบบกรวดทราย (gravel-sand filter) ทั้งนี้ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับลักษณะของตะกอนหรือสิ่งที่ต้องการจะกรองออกจากน้ำก่อนที่จะผ่านเข้าสู่ระบบการให้น้ำ ซึ่งบางแห่งน้ำอาจจะมีพวกสารเคมีปนอยู่ ซึ่งเครื่องกรองธรรมดาอาจจะใช้ไม่ได้ผลต้องเป็นชนิดพิเศษเพราะทุกขั้นตอนต้องทำให้แน่ใจได้ว่าน้ำที่ใช้ในระบบนี้ต้องสะอาดจริง ๆ

2.2 ชนิดของระบบชลประทานแบบหยด

(Types of Drip Irrigation System)

ระบบชลประทานแบบหยดโดยทั่วไปจะแบ่งได้เป็น 4 ชนิดดังนี้คือ

(1) ระบบให้น้ำทางผิวดิน (Surface systems) เป็นระบบที่ท่อแขนงอยู่บนผิวดิน ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป และจะใช้กับพืชที่ปลูกระยะห่าง ๆ กัน แต่ก็สามารถใช้

ได้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวชิดกัน โดยปกติอัตราการจ่ายน้ำสำหรับหัวปล่อยน้ำเดี่ยว หรือหัวปล่อยน้ำที่จ่ายเป็นจุด (point source emitter) จะน้อยกว่า 8 ลิตร/ชม. และถ้าเป็นแบบหัวปล่อยน้ำที่จ่ายตลอดแนว (line source emitter) อัตราจะน้อยกว่า 12 ลิตร/ชม./เมตร ข้อดีระบบให้น้ำแบบหยดทางผิวดินก็คือติดตั้งหัวปล่อยได้ง่าย สังเกตุเห็นเวลาอุดตันเปลี่ยนแปลงแก้ไข หรือทำความสะอาดได้ง่าย ราบทั่งสามารถตรวจรูปแบบของผิวดินที่เปียกน้ำและสามารถวัดอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำแต่ละหัวได้ และเป็นระบบที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป

(2) <u>ระบบให้น้ำใต้ผิวดิน</u> (subsurface systems) ระยะหลัง ๆ นี้ ระบบให้น้ำทางใต้ผิวดินนี้ ในต่างประเทศเป็นที่ยอมรับเพิ่มขึ้นอย่างกว้างขวาง ปัญหาการอุดตันดังสมัยแรก ๆ ลดลง และเดี๋ยวนี้ได้มีการใช้ระบบใต้ผิวดินกันทั่วไปกับต้นไม้ผลเล็ก ๆ และพืชผัก จากประสบการณ์ของนักวิชาการหลายท่านไปพบว่า หัวปล่อยน้ำควรจะโผล่ขึ้นมาข้างบน และมีการบำรุงรักษาเช่นเดียวกับชนิดใช้น้ำผิวดิน ข้อดีของระบบให้น้ำแบบหยดทางใต้ผิวดินก็คือ ไม่ต้องเก็บเวลาสิ้นสุดฤดู สามารถทำการเขตกรรมได้ ป้องกันสัตว์กัดทำลายท่อและอายุการใช้งานของท่อจะนานกว่าแบบวางบนผิวดิน

ข้อสังเกตุการให้น้ำแบบหยดชนิดใต้ผิวดินนั้นต่างกับการให้น้ำทางใต้ดิน (sub irrigation) เพราะการให้น้ำทางใต้ดินนั้นเป็นการยกระดับน้ำใต้ดิน ส่วนแบบหยดเป็นการให้แก่รากโดยตรง อย่างไรก็ตามบางครั้งอาจจะมีการใช้ร่วมกันระหว่างใต้ผิวดินคือ ยังเฉพาะท่อแขนงแต่โผล่หัวปล่อยน้ำขึ้นมาผิวดิน คือ ดังที่กล่าวมาแล้ว

(3) <u>ระบบให้น้ำแบบหยดที่เคลื่อนที่ได้โดยเครื่องกล</u>

(mechanical-move drip system)

ระบบเครื่องกลที่เคลื่อนย้ายที่สำหรับการให้น้ำแบบหยดกับพืชที่ปลูกเป็นแถวนั้นมี 2 ระบบ ได้แก่แบบหมุนรอบฐานยึดกลาง (center pivot) และแบบเคลื่อนท่อแขนงเป็นแนวตรง โดยการประยุกต์วิธีมาจากระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinkler) แต่แทนที่จะใช้หัวฉีดฝอยก็ใช้หัวปล่อยน้ำแทน ความดันที่ใช้ในระบบนี้น้อยกว่าที่ใช้กับระบบฉีดฝอยมาก และความสม่ำเสมอของน้ำที่จ่ายออกหัวขึ้นที่ก็ดีกว่า อัตราปริมาณน้ำที่จ่ายด้วยระบบการให้น้ำแบบหยดชนิดเคลื่อนที่นี้จะมากกว่าค่าอัตราการซึมของดิน โดยมีคันดินหรือแผ่นโลหะปิดกั้นในร่องคู (furrow) เป็น

ระยะ ๆ เพื่อป้องกันการกัดเซาะหรือน้ำไหลออกจากแปลง ข้อดีอย่างเห็นชัดของการให้น้ำแบบเคลื่อนที่ก็คือ ลดปัญหาการอุดตัน และค่าใช้จ่ายของระบบทั้งหมดจะน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการให้น้ำแบบหยดที่อยู่กับที่

ระบบการให้น้ำแบบหยดชนิดติดตั้งเครื่องม้วนและลากท่อแขนงที่วางบนผิวดิน ซึ่งอาจจะมีการลากท่อข้ามจากแถวหนึ่งไปยังอีกแถวหนึ่งต่อไปเรื่อย ๆ ด้วยความระมัดระวัง หรืออาจจะมีการม้วนท่อแขนงเสียก่อนและค่อยเคลื่อนย้ายโดยใช้รถแทรกเตอร์ เพื่อจะวางท่อไปยังแถวใหม่ ต่อไปเรื่อย ๆ วัตถุการจ่ายน้ำก็เช่นเดียวกับการให้น้ำแบบหยดชนิดทั่วไป จึงได้เปรียบที่สำคัญของระบบเหล่านี้ก็คือเป็นการลดค่าลงทุนในการติดตั้งครั้งแรกเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการให้น้ำแบบหยดที่อยู่กับที่

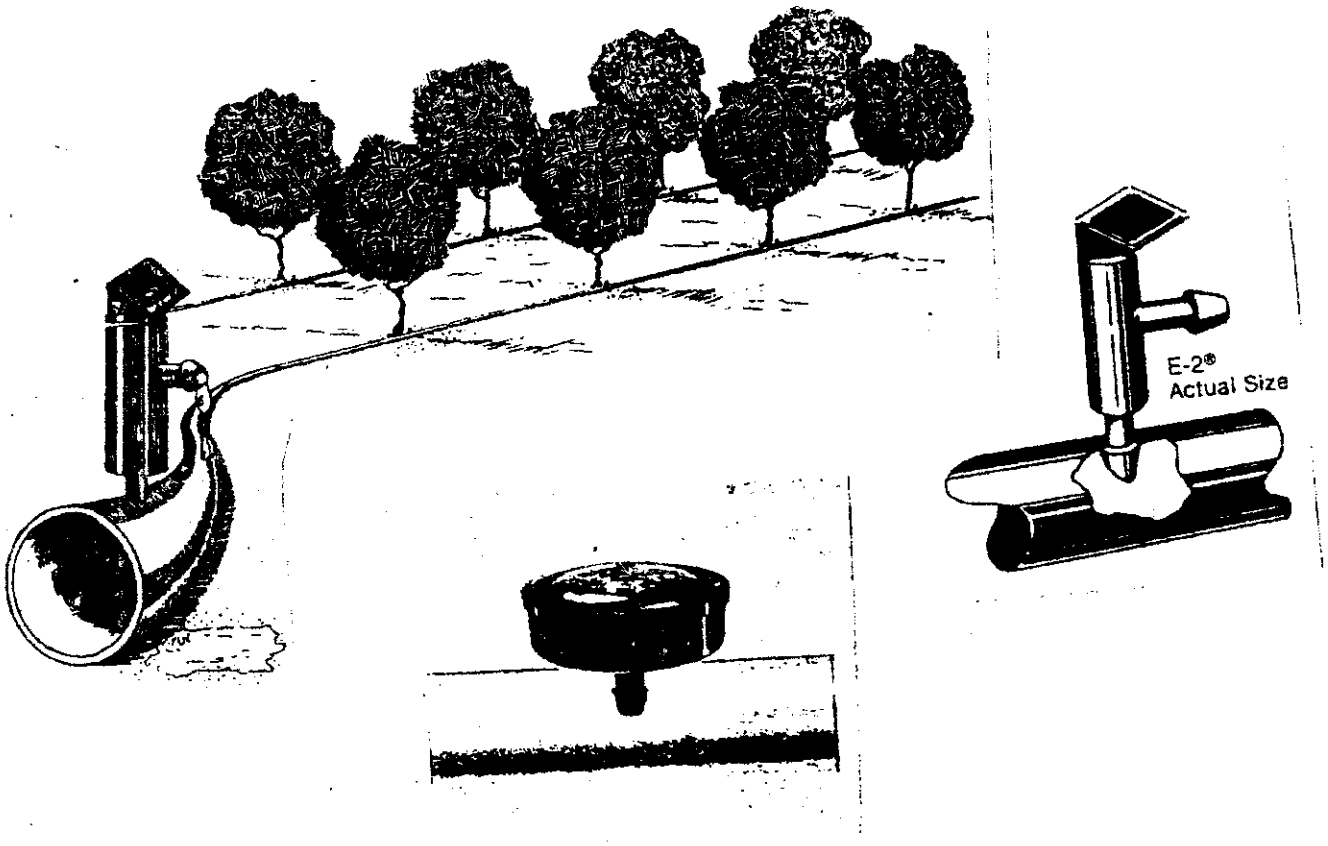
(4) <u>ระบบให้น้ำแบบหยดที่จ่ายน้ำเป็นจังหวะ</u> (pulse system)

ระบบที่การพิจารณานำมาใช้กับหัวปล่อยน้ำที่มีอัตราการจ่ายน้ำสูงแต่มีการให้น้ำเป็นช่วงจังหวะเวลา ซึ่งเมื่อคิดเฉลี่ยกับเวลาทั้งหมดที่ให้น้ำแล้ว ก็จะมีอัตราใกล้เคียงกับการให้น้ำแบบหยดธรรมดาเหมือนกัน ระบบการให้น้ำเป็นจังหวะนี้มีอุปกรณ์รอบเวลาของการให้น้ำตามบริเวณที่จ่ายและหยุดเป็นช่วง ๆ รูปแบบของระยะช่วงเวลาการจ่ายน้ำอาจเป็น 5, 10 หรือ 15 นาทีต่อชั่วโมง ด้วยอัตราปริมาณน้ำที่จ่าย จะมากกว่าแบบหยดธรรมดา 5 ถึง 10 เท่า เช่นหัวปล่อยน้ำแบบธรรมดามีอัตรา 8 ลิตรต่อชม. แบบจ่ายน้ำเป็นจังหวะก็จะมีอัตรา 40 - 80 ลิตรต่อชม. ข้อดีของระบบนี้ก็คือ ช่วยลดการอุดตันลงได้ แต่มีข้อเสียคือต้องมีการพัฒนาหัวปล่อยน้ำที่จ่ายน้ำเป็นจังหวะชนิดที่เชื่อถือได้ ราคาไม่แพงและมีระบบควบคุมอัตโนมัติตั้งอุปกรณ์ของเวลาเปิดปิดเป็นจังหวะได้

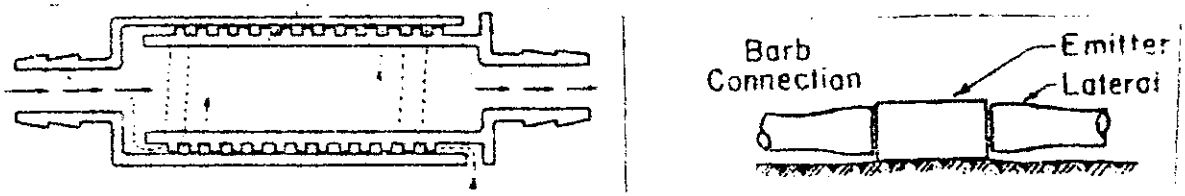
2.3 <u>คุณลักษณะและชนิดของหัวปล่อยน้ำ</u> (characteristics and types of emitter)

หัวปล่อยน้ำเปรียบเสมือนเป็นหัวใจของระบบการชลประทานแบบหยด ซึ่งต่อกับท่อแขนงได้ด้วยลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น

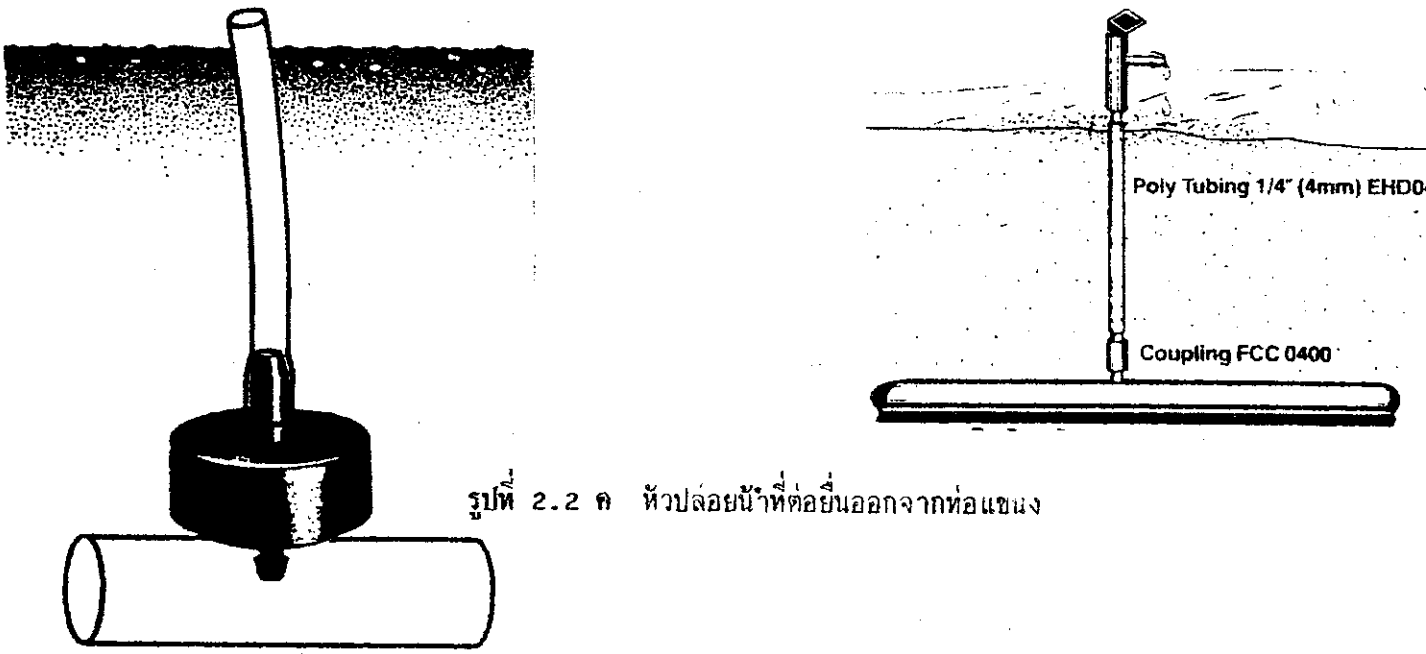
(ก) หัวปล่อยน้ำตรงบนท่อแขนง (on-line emitter) ซึ่งเป็นแบบที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ดังรูปที่ 2.2 ก.



รูปที่ 2.2 ก หัวปล่อยน้ำที่ต่อบนท่อแขนง



รูปที่ 2.2 ข หัวปล่อยน้ำที่ต่อเป็นส่วนของหัวปล่อยน้ำ



รูปที่ 2.2 ค หัวปล่อยน้ำที่ต่อยื่นออกจากท่อแขนง

(ข) หัวปล่อยน้ำต่อเป็นส่วนของท่อแขนง (in-line emitter) แบบนี้จะสดวกในการติดตั้ง เพราะสามารถสั่งติดหัวมาจากโรงงานตามระยะที่ต้องการได้ ดังรูปที่ 2.2 ข

(ค) หัวปล่อยน้ำต่อยื่นออกมาจากท่อแขนง (riser) แบบนี้นับว่าจะประหยัดและกระจายน้ำได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ ดังรูปที่ 2.2 ค

โดยปกติแล้วน้ำจะไหลผ่านรูขนาดเล็กของหัวปล่อยน้ำด้วยปริมาณที่ไม่มากนัก ประมาณ 1-10 ลิตรต่อชม. และที่นิยมอยู่ระหว่าง 2-8 ลิตรต่อชม. ภายใต้ความดันในท่อแขนงอย่างน้อย 1 กก.ต่อ.ตร.ซม. หรือคิดเป็นเฮด (head) ของน้ำประมาณ 10 เมตร และควรมีอัตราการไหลที่คงที่ตลอดเวลา หัวปล่อยน้ำโดยทั่วไปจะทำหน้าที่ลดความดันของน้ำในท่อแขนงให้เหลือน้อยจนมีอัตราการไหลที่ปล่อยออกมาน้อยตามต้องการ อย่างไรก็ตามเพื่อนำมาพิจารณาในการออกแบบ หรือเลือกใช้หัวปล่อยน้ำให้เหมาะสมกับชนิดของพืช ดิน คุณภาพของแหล่งน้ำ ก่าลงทุน และค่าดำเนินงาน การจะต้องรู้ถึงคุณลักษณะของหัวปล่อยน้ำ และชนิดของหัวปล่อยน้ำชนิดต่าง ๆ ที่มีการผลิตขายในท้องตลาดเสียก่อน

2.3.1 <u>คุณลักษณะพื้นฐานของหัวปล่อยน้ำ</u>

หัวปล่อยน้ำที่ดีควรต้องมีลักษณะขั้นฐานเป็นไปตามความต้องการดังต่อไปนี้

(1) มีปริมาณการไหลหรือการหยดออกมาด้วยปริมาณน้อยสม่ำเสมอ และด้วยอัตราที่คงที่ โดยทั่วไปอัตราการไหลของน้ำอยู่ระหว่าง 2-10 ลิตร/ชม./หัว ภายในความดันที่ใช้คิดเป็นเฮดของน้ำ 10-15 เมตร เป็นอย่างน้อย ทำให้รูที่ให้น้ำไหลออกมาต้องเล็ก โรงงานผู้ผลิตต้องมีความประณีตที่จะทำให้ขนาดรูสม่ำเสมอมากที่สุด เพราะจะมีผลทำให้ปริมาณการไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงได้มาก

นอกจากนี้การสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานของผนังท่อแขนงก็ทำให้ความดันลดลงตลอดความยาวของท่อ รวมทั้งระดับพื้นดินที่ท่อแขนงวางอยู่ก็อาจแตกต่างกัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะเป็นผลให้ปริมาณการไหลของน้ำจากหัวปล่อยแต่ละหัวเปลี่ยนแปลงไปด้วย สำหรับการให้น้ำแบบหยดเป็นที่ยอมรับกันว่าในท่อแขนง ปริมาณการไหลของหัวปล่อยน้ำควรแตกต่างกันไม่เกิน 20 % (ความดันแตกต่างกันได้ประมาณ 40 %) และสำหรับที่ต้นทางของท่อแขนงแต่ละสาย ควรแตกต่างกันไม่เกิน 5 % (ความดันต่างกันประมาณ 10 %) ฉนั้นต้องพิจารณาขนาดท่อแขนงที่เลือกใช้ให้

ประหยัดที่สุดโดยให้เกิดความแตกต่างของความดันที่ทำให้เกิดความแตกต่างของการไหลจากหัวปล่อยน้ำไม่เกินข้อกำหนด

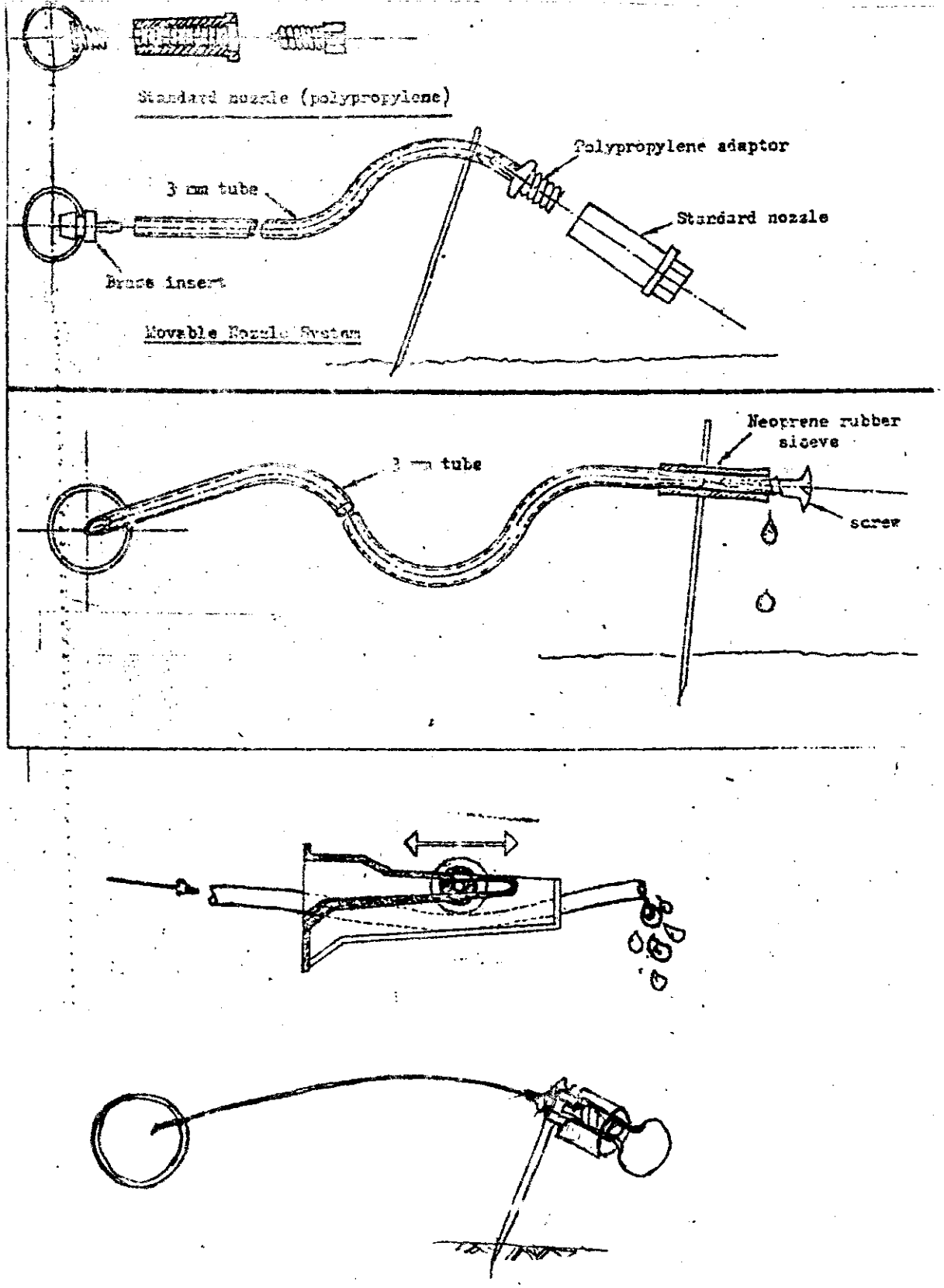
ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและความแตกต่างในปริมาณการไหลขึ้นอยู่กับคุณลักษณะการไหลทางอุทกศาสตร์ของหัวปล่อยน้ำชนิดต่าง ๆ เช่น ไหลแบบปั่นป่วนหรือไหลแบบเอื่อย ๆ เป็นต้น

(2) มีขนาดของรูให้น้ำพอที่จะลดปริมาณการอุดตัน ปกติการลดความดันที่หัวปล่อยน้ำเพื่อให้มีปริมาณการไหลที่น้อย ขนาดของรูควรจะอยู่ระหว่าง 0.3-1.0มม.ซึ่งรูหรือทางที่จะให้น้ำไหลเล็กหรือแคบเช่นนี้จะอุดตันง่าย แต่ถ้าทำให้ขนาดของรูหรือทางที่ให้น้ำออกใหญ่ก็ลดความดันได้น้อย และนั่นก็คือเพิ่มปริมาณการไหล จุดประสงค์ที่ต้องการคือปริมาณการไหลที่ต่ำโดยมีความดันที่สูง และขนาดของรูให้น้ำไหลต้องใหญ่พอ ซึ่งเป็นการขัดแย้งกัน ปัญหานี้นำไปสู่ลักษณะที่แตกต่างกันในการออกแบบของหัวปล่อยน้ำที่ได้มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

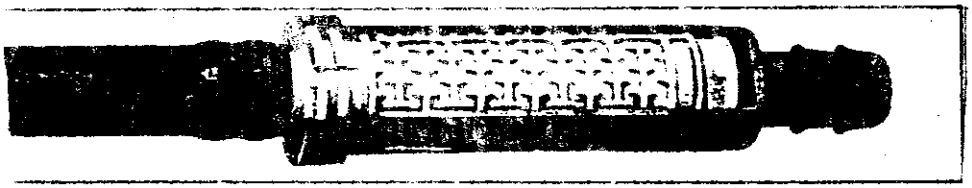
(3) มีราคาไม่แพงนักและสะดวกต่อการใช้งาน ระบบการให้น้ำแบบหยดโดยทั่วไป ค่าลงทุนสำหรับหัวปล่อยน้ำคิดเป็นเงินประมาณ 25 ถึง 35 เปอร์เซนต์ของเงินที่ใช้ลงทุนทั้งระบบมีปัจจัยสำคัญสองอย่างที่เกี่ยวข้องกับหัวปล่อยน้ำที่จะทำให้ระบบนี้มีราคาลดลงได้ ข้อแรกได้แก่ความเป็นไปได้ที่จะใช้ท่อแขนงที่ติดหัวปล่อยน้ำให้มีขนาดเล็ก เส้นผ่าศูนย์กลางเล็กลง ข้อสองใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่ง่าย ทำได้หลายทางโดยการต่อท่อเล็ก ๆ ยื่นออกไป ทำให้ระยะทางของท่อแขนงกว้างขึ้น จำนวนท่อแขนงที่ใช้ก็ลดจำนวนลง

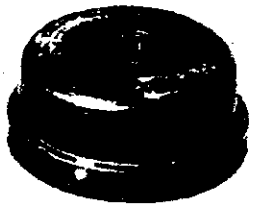
2.3.2 ชนิดของหัวปล่อยน้ำ

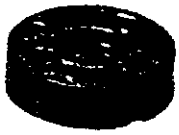
หัวปล่อยน้ำชนิดต่าง ๆ นับตั้งแต่เริ่มแรกจนปัจจุบัน ซึ่งมีการพัฒนากันอยู่เรื่อย ๆ เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ มีมากมายหลายรูปแบบนั้น การแบ่งชนิดหัวปล่อยน้ำจึงเป็นได้หลายแบบเช่นกัน และถ้าจะแบ่งกันให้เด่นชัดกันจริง ๆ แล้วควรจะแบ่งชนิดของหัวปล่อยน้ำตามคุณลักษณะต่าง ๆ ที่สำคัญพอจะนำมาพิจารณากันได้ เช่น คุณลักษณะการไหลของน้ำ วิธีการลดความดัน ลักษณะการต่อกับท่อแขนง ลักษณะการแผ่กระจายของน้ำ ลักษณะขนาดของรูน้ำไหล ลักษณะการทำความสะอาด ลักษณะการปรับชดเชยความดัน และลักษณะวัสดุที่ใช้ทำเป็นต้น แต่เพื่อความสดวกและง่ายต่อความเข้าใจของแบบชนิดของหัวปล่อยน้ำจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

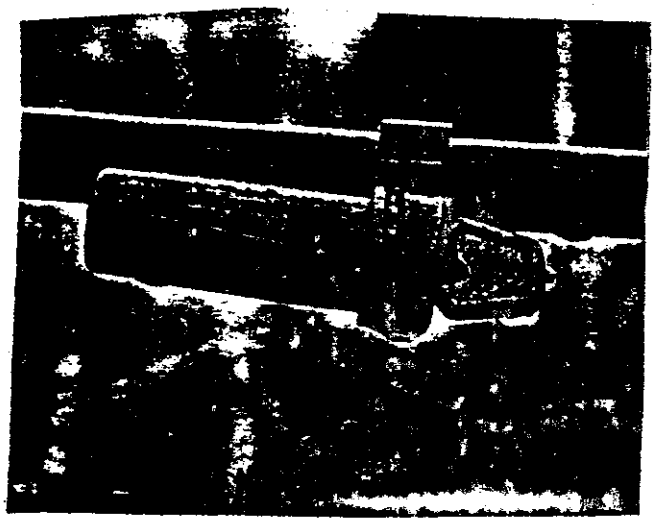


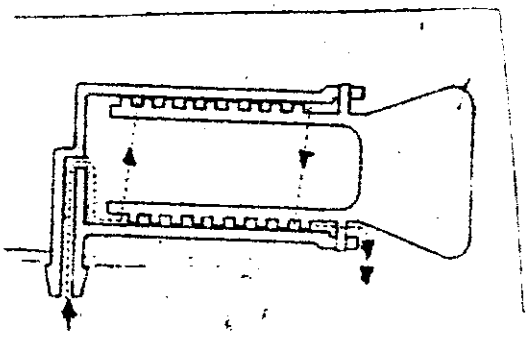
รูปที่ 2.3 หัวปล่อยน้ำที่สามารถปรับอัตราการไหลของน้ำได้



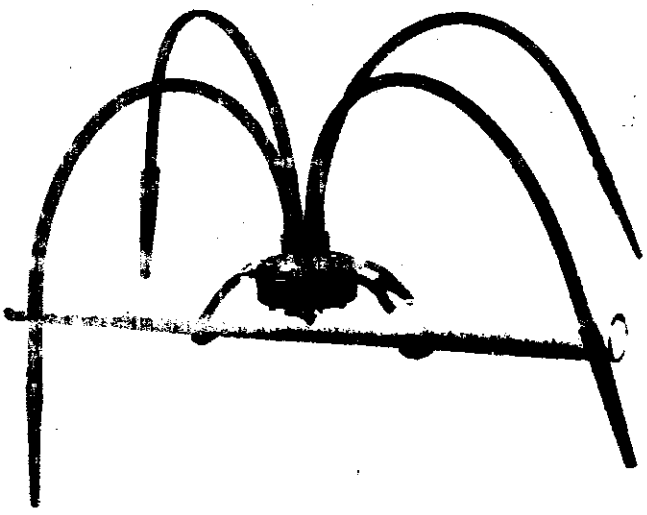


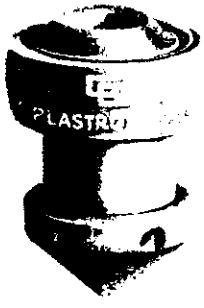


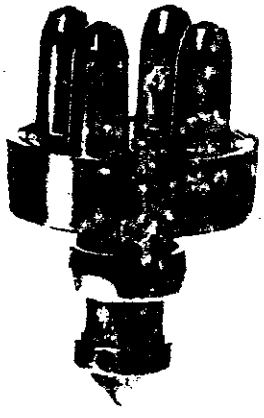




รูปที่ 2.4 หัวปล่อยน้ำแบบทางไหลยาวและคดเคี้ยวไปมา







รูปที่ 2.5 ข. หัวปล่อยน้ำแบบต่อออกหลายจุด

รูปที่ 2.5 ก. หัวปล่อยน้ำแบบน้ำไหลเข้าด้านข้างแบบน้ำวน

(1) ประเภทที่สามารถปรับปริมาณการไหลของน้ำได้ที่หัวโดยตรง หัวปล่อยน้ำประเภทนี้ต้องใช้แรงงานและเวลาในการปรับปริมาณน้ำอย่างมาก เพื่อที่จะให้แต่ละหัวมีน้ำไหลสม่ำเสมอและมีปริมาณเท่ากับที่ต้องการ เพราะการปรับแต่ละหัวนั้น ย่อมจะส่งผลกระทบต่อหัวอื่น ๆ ที่ปรับปริมาณการไหล ได้ตามต้องการแล้วในท่อแขนงสายเดียวกันหรือแม้แต่ในสายอื่น ๆ ด้วย จึงทำให้หัวประเภทนี้ไม่เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ค่าจ้างแรงงานสูง แต่สำหรับประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลาย รวมทั้งประเทศไทย อาจจะใช้ได้ผลดี เพราะหัวปล่อยน้ำประเภทนี้มีราคาถูก ทำได้ง่าย ใช้งานง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหมาะแก่การปลูกพืชต่างชนิดผสมกัน หรือพืชที่มีอายุต่างกัน แต่ปลูกรวมกันในแถวหรือแปลงเดียวกัน ซึ่งพืชจะต้องการใช้น้ำแต่ละต้นไม่เท่ากัน และหัวประเภทนี้มักมีแก้ปัญหาการอุดตันได้ง่ายกว่าประเภทอื่น ลักษณะของหัวปล่อยน้ำแบบดังกล่าว ส่วนมากจะมีลักษณะการปรับด้วยการขันเกลียวเข้าออกเพื่อบีบบังคับให้น้ำไหลออกได้มากน้อยตามต้องการ ถ้าต้องการให้ออกน้อย ๆ ก็ขันเกลียวเข้าไปมาก ๆ ถ้าต้องการให้น้ำไหลออกมากก็คายเกลียวออก ซึ่งหัวปล่อยน้ำประเภทนี้สามารถทำเองได้ หลายวิธีเช่นใช้ตะปูตอกที่ไม่เป็นสนิมจำพวกพลาสติกหรือวัสดุอื่น ๆ หรืออาจจะใช้แท่งเชื่อม พี วี ซี มาทำเกลียวก็ได้ นอกจากนี้ยังอาจใช้ที่ปรับออกซิเจนในตู้ปลามาใช้แทนหัวปล่อยน้ำก็ได้ หรือจะสั่งทำเป็นพิเศษก็ได้แล้วแต่ความสะดวกและเหมาะสม หัวปล่อยน้ำแบบดังกล่าวแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งส่วนใหญ่สามารถปรับการไหลของน้ำได้ตั้งแต่ 0 ถึง 20 ลิตรต่อชม. โดยใช้ความดันของน้ำเพียง 3-8 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือคิดเป็นความสูงของน้ำเพียง 2-5 เมตร ก็พอที่จะดำเนินงานได้ หัวปล่อยน้ำประเภทนี้ปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กันในประเทศไทย ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดถึงวิธีการใช้งานต่อไป

(2) ประเภทที่ควบคุมปริมาณการไหลของน้ำด้วยวิธีต้านทานหรือลดความดันภายในหัวปล่อยน้ำ

ก) หัวปล่อยน้ำแบบทำให้ทางไหลของน้ำยาวและคดเคี้ยวไปมา ความดันของน้ำจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อน้ำไหลผ่านช่องแคบ ๆ คดเคี้ยว และด้วยระยะทางยาว ๆ ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.4 ก. มีทั้งชนิดหัวที่ติดบนท่อแขนง และชนิดต่อเป็นส่วนเดียวกับท่อแขนง

ข) หัวปล่อยน้ำแบบเป็นรูเล็ก ๆ และให้น้ำไหลเข้าทางด้านข้างแบบน้ำวนจะเป็นการช่วยลดความดันลงได้อย่างมากดังแสดงในรูปที่ 2.5 ก. นอกจากนี้อาจจะต่อท่อขนาดเล็กจาก

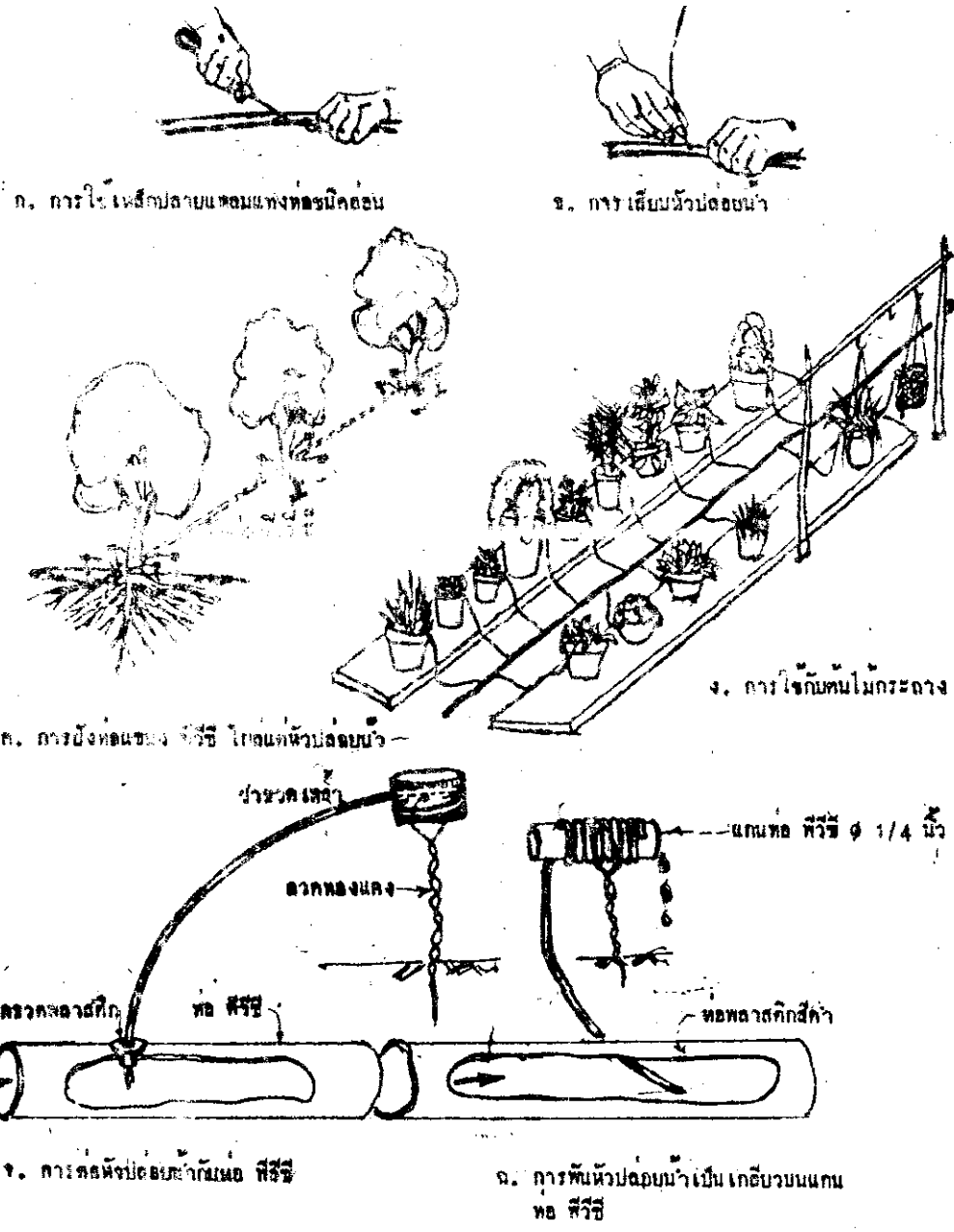
หัวปล่อยน้ำแบบรูเดี่ยวกระจายน้ำไปหลายจุด ยิ่งจะช่วยลดความดันลงไปได้อีก ดังในรูปที่ 2.5 ข. หัวประเภทนี้มักจะกำหนดอัตราการไหลไว้แน่นอนว่ามีค่าเท่าใด สำหรับความดันที่กำหนดให้ ส่วนมากจะมีอัตรา 2-4 ลิตร/ชม. โดยใช้ความดัน 15-20 ปอนด์ต่อ ตร.นิ้ว

ค) หัวปล่อยน้ำแบบปรับชดเชยความดันได้เอง หัวชนิดนี้จะกำหนดให้มีอัตราการไหลที่คงที่หรือเปลี่ยนแปลงก็ไม่มากนัก เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงที่กำหนดซึ่งมีช่วงกว้างพอสมควร หัวชนิดนี้ถือว่าเป็นแบบที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ก็มีราคาแพงกว่าแบบอื่น ๆ โดยที่หัวปล่อยน้ำชนิดนี้ภายในหัวจะมีแผ่นยางที่มีรูพรุนไว้และมีรูให้น้ำผ่าน เมื่อที่หัวปล่อยน้ำมีความดันสูงแผ่นยางนี้จะโค้งตัวขึ้น ทำให้ขนาดของรูที่จะให้น้ำออกเล็กลง โดยมีความสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำที่กำหนด ดังในรูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างหัวปล่อยน้ำชนิดนี้และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่เปลี่ยนแปลงกับอัตราการไหลของน้ำที่หัว

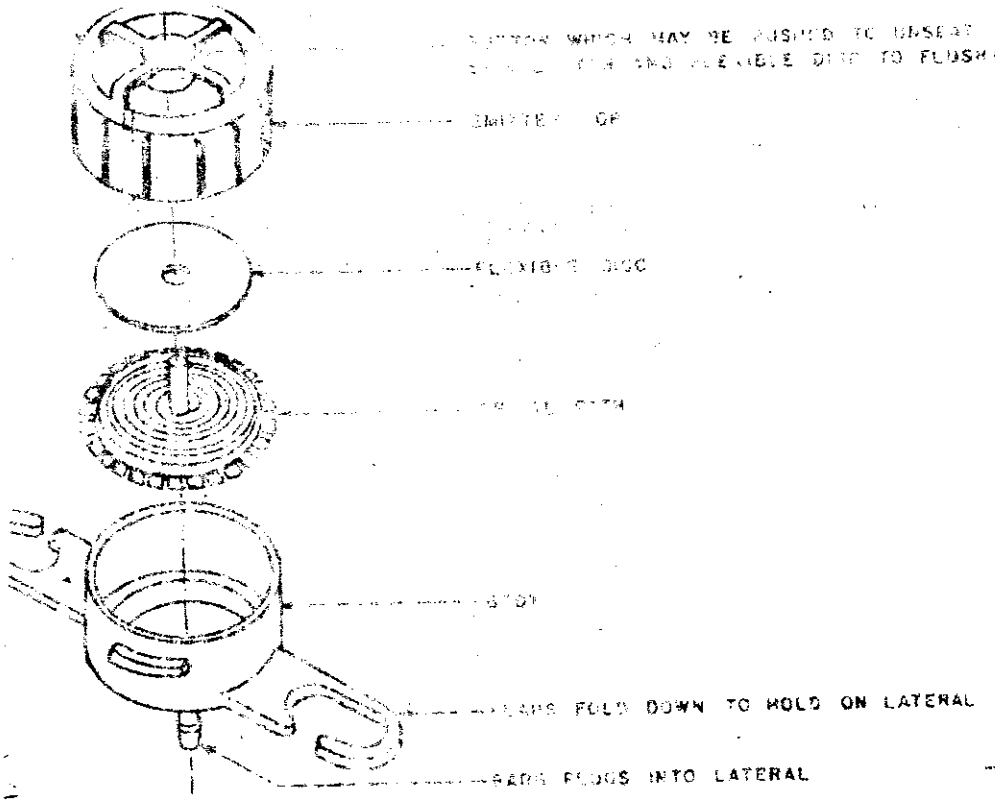
ง) หัวปล่อยน้ำแบบท่อขนาดจิ๋ว (microtube) เป็นแบบที่ถือว่าผลิตขึ้นมาใช้ก่อนแบบอื่น เป็นหัวปล่อยน้ำที่จัดว่าที่ราคาถูกและทำได้ง่าย คือใช้ท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กมาก ทำด้วยวัสดุพวก โพลีเอทธีลีน หรือ พี วี ซี สีดำเข้ม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.5 มม. ถึง 1.5 มม.

ปัจจัยที่ทำให้อัตราการไหลของน้ำจากท่อขนาดจิ๋วแตกต่างกัน ได้แก่ความดันของน้ำ ความยาวของท่อขนาดจิ๋ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน และอุณหภูมิของน้ำ คือ ถ้าใช้ท่อยาวขึ้นน้ำก็จะไหลน้อยลง ความดันเพิ่มขึ้นน้ำก็จะไหลมากขึ้น เส้นผ่าศูนย์กลางเล็กน้ำก็ไหลน้อยเป็นต้น นอกจากนี้ถ้าอัตราการไหลของน้ำเป็นแบบไหลเอื่อย ๆ ทีละน้อย ๆ คือประมาณน้อยกว่า ลิตรต่อ ชม. กรณีเช่นนี้ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีผลทำให้อัตราการไหลของน้ำเปลี่ยนแปลงได้เช่นแต่ก็ยังโชคดีที่ความผลาดเคลื่อนของอัตราการไหลที่เกิดจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง จะสอดคล้องกับความต้องการน้ำของพืช คือ ขณะที่อากาศเย็นมาก ๆ อัตราการไหลจะลดน้อยลง ซึ่งช่วงนั้นพืชก็ต้องการน้ำน้อย และถ้าอากาศร้อนขึ้นมาก อัตราการไหลก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งพืชก็ต้องการน้ำเพิ่มขึ้นเช่นกัน

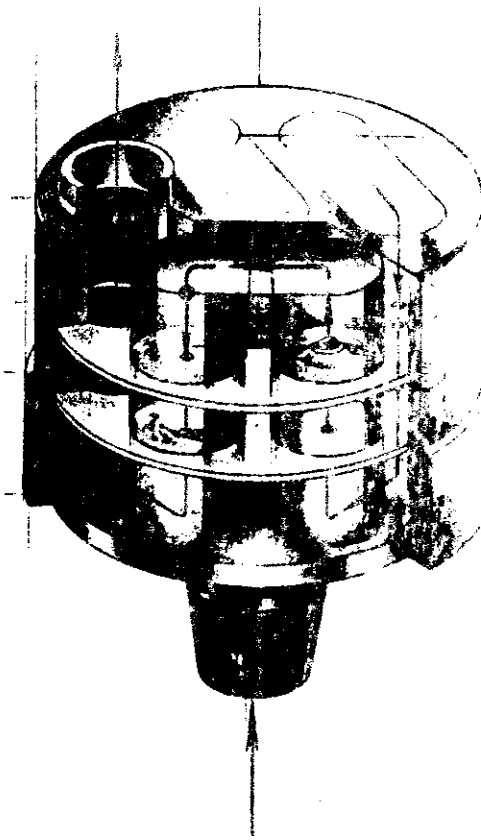
อย่างไรก็ตามสำหรับความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับปัจจัยเกี่ยวข้องที่สำคัญอันได้แก่ความดัน ความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อขนาดจิ๋ว เราสามารถทดลองหาและสร้างเส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ หรือมิฉะนั้นทางโรงงานผู้ผลิตจะจัดเตรียมไว้ให้ ดังเช่น



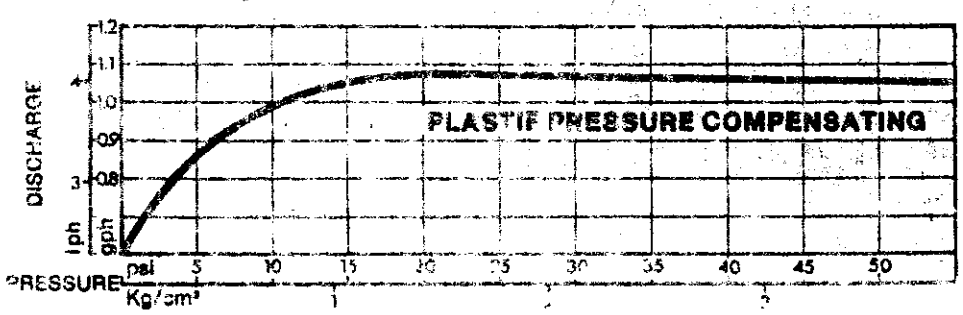
รูปที่ 2.7 หัวปล่อยน้ำแบบท่อขนาดจิ๋ว



Compensating long path distributor



Pressure discharge relation at a temperature of 70°F (21°C)



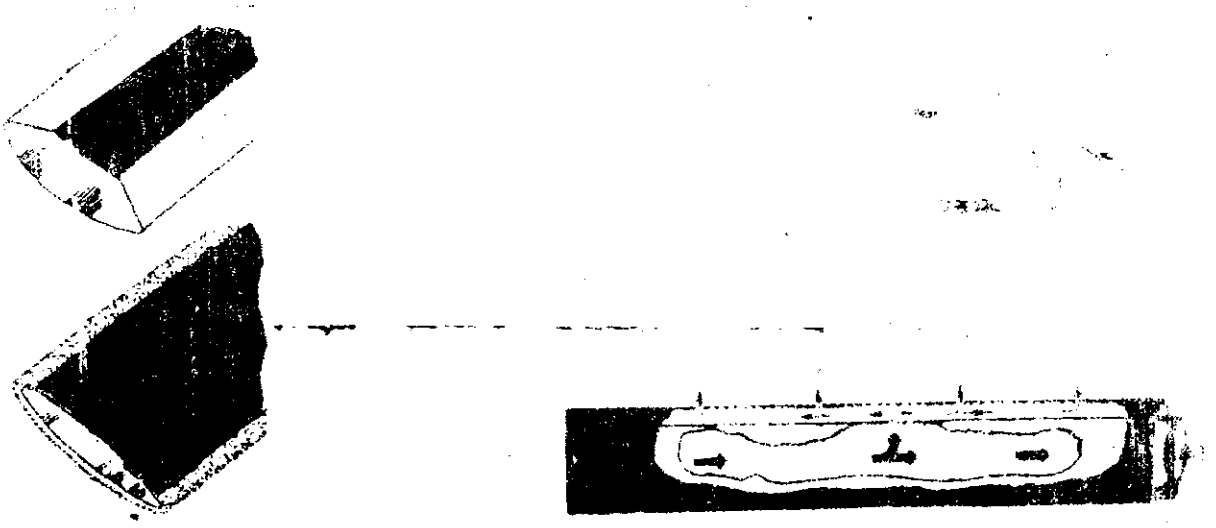
รูปที่ 2.6 [illegible]

แสดงในรูปที่ 2.7

แม้ว่าการใช้ท่อชนิดจิ๋วนี้จะเป็นแบบดั้งเดิมที่สุดเริ่มใช้ในอังกฤษและอิสราเอล แต่ปัจจุบันอิสราเอลเลิกใช้แล้ว เพราะถือว่าต้องใช้แรงงานมาก และก็เป็นการยุ่งยากที่จะบังคับให้อัตราการไหลสม่ำเสมอ เนื่องจากการผลิตท่อชนิดจิ๋วให้รูมีความสม่ำเสมอจริง ๆ นั้นทำได้ยาก ประกอบกับจะต้องมีการวัดระดับของพื้นที่ประกอบการคำนวณด้วยแต่อย่างไรก็ตามระบบนี้ยังคงมีใช้กันอย่างกว้างขวางในเกือบทุกประเทศ เช่น ในออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และในอเมริกา เป็นต้น

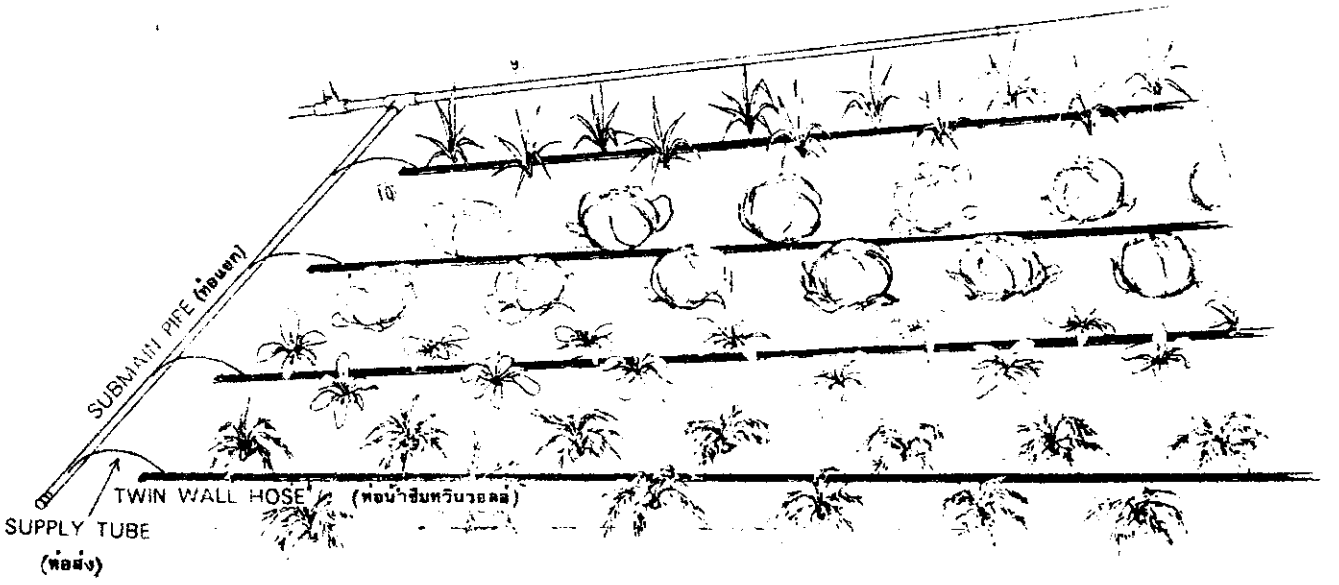
สำหรับหัวปล่อยน้ำชนิดนี้ค่อนข้างเหมาะที่จะใช้ในเรือนไม้ค่อนข้างดี โดยเกษตรกรสามารถทำขึ้นใช้เองได้ โดยการใช้สายไฟฟ้าเส้นเดียวแล้วดึงเอาทองแดงออก เพื่อให้เป็นท่อชนิดจิ๋ว แล้วทดลองหาความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องดังกล่าวเอาไว้ใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงวิธีทำและใช้งานโดยละเอียดต่อไป

(3) ประเภทน้ำซึมหรือไหลออกจากผนังท่อแขนง ไม่ต้องมีหัวปล่อยน้ำบังคับ ความดันของน้ำจะลดลงในขณะที่น้ำซึมหรือหยดออกมาตามรูที่เจาะเล็ก ๆ หรือรูพรุนตามผนังซึ่งทำจากวัสดุพิเศษที่ให้น้ำซึมได้ ดังในรูปที่ 2.8 ท่อชนิดนี้ใช้ได้ทั้งวางบนผิวดินและฝังใต้ผิวดิน นิยมใช้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวชิด ๆ กัน เช่นพวกผัก มะเขือเทศ และหน่อไม้ฝรั่ง เป็นต้น สำหรับท่อปล่อยน้ำแบบเจาะรูเล็ก ๆ ที่ผนังท่อที่กำลังจะมีใหม่ได้แก่แบบท่อสองชั้น ดังในรูปที่ 2.8 ก. น้ำจะไหลเข้าไปในท่อหลักถือท่อชั้นในและไหลออกมายังท่อชั้นนอก ส่วนของท่อหลักจะทำหน้าที่คล้ายเป็นท่อแขนง ซึ่งในท่อหลักนี้น้ำจะไหลด้วยความดันสูงกว่าท่อชั้นนอก รูเล็ก ๆ ที่เจาะด้านในจะเป็นทางให้น้ำไหลออกจากท่อหลักไปยังท่อชั้นนอกได้ ท่อชั้นนอกจะมีจำนวนรูที่เจาะมากกว่าจำนวนรูในท่อหลักประมาณ 4 ถึง 8 เท่า ของจำนวนรูในท่อหลักรูที่ท่อชั้นนอกจะเจาะให้มีระยะห่างตามที่เราต้องการ และน้ำไหลออกด้วยความดันที่น้อยกว่าท่อชั้นในมาก รูของท่อชั้นในจะทำหน้าที่เป็นตัวลดความดันของน้ำ ส่วนรูของท่อชั้นนอกจะเป็นตัวจ่ายน้ำให้แก่พืช ฉะนั้นก่อนจะซื้อควรเลือกระยะห่างของรูให้เหมาะสมกับพืชที่จะปลูก ข้อดีของท่อชนิดนี้จะทำให้น้ำไหลออกมาสม่ำเสมอติดต่อกัน ถึงแม้บางรูของผนังท่อด้านในอาจจะอุดตัน ระยะห่างของรูด้านนอกที่นิยมใช้กัน คือ 30 ซม. 50 ซม. และ 1.00 เมตร โดยจ่ายน้ำได้ 1 ลิตรต่อนาทีต่อช่วงความยาวของท่อ 30 เมตร ด้วยความดันเพียง 10 ปอนด์ต่อ ตร.นิ้วหรือเฮดของน้ำ 6 เมตร ความยาวของท่อแต่ละสายควรจะจำกัดอยู่ระหว่าง 100 ถึง 120 เมตร เป็นต้น



ก. แบบท่อน้ำซึมที่ผนัง

ข. แบบท่อสองชั้น



รูปที่ 2.8 ท่อน้ำซึมและท่อสองชั้นเจาะรูให้น้ำไหล

บทที่ 3 ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการออกแบบ

3.1 การแพร่กระจายของน้ำในดินที่ได้จากหัวปล่อยน้ำ

ระบบปลูกพืชการชลประทานแบบหยด จะให้น้ำเปียกเพียงบางส่วนของพื้นที่ปลูกพืชทั้งหมด โดยคิดเปรียบเทียบพื้นที่เปียกน้ำกับพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดเป็นเปอร์เซ็นต์ (Pw) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ ระยะห่างของหัวปล่อยน้ำและชนิดของดินที่ทำการชลประทาน โดยทั่วไปพื้นที่เปียกน้ำที่ผิวดินจะเล็กกว่าที่ลึกลงไปใต้ผิวดินเล็กน้อย ตามรูปแบบการซึมที่คล้ายรูปกระเปาะ การหาค่า Pw นั้นใช้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ที่เปียกน้ำที่ความลึก 15 ถึง 30 ซม. ใต้หัวปล่อยน้ำ หารด้วยพื้นที่เพาะปลูกที่ควบคุมโดยหัวปล่อยน้ำนั้น

สำหรับค่า Pw ที่ใช้วิธีคำนวณจากสมการที่แน่นอนนั้นยังไม่มีการทำขึ้น อย่างไรก็ตามสิ่งหนึ่งที่พอจะสรุปได้ว่าระบบที่มีค่า Pw สูง น้ำก็จะเก็บอยู่ในเขตรากได้มาก รวมทั้งการใช้ปุ๋ยในดินก็มากกว่า แต่จากการศึกษาวิจัยแสดงให้เห็นว่า การออกแบบอย่างสมเหตุสมผลนั้น พื้นที่เปียกน้ำอย่างน้อยที่สุด $^1/_3$ และอย่างมากก็ $^1/_2$ ของพื้นที่ทั้งหมดของรูปตัดขวางตามแนวราบของระบบรากก็พอเพียงแล้ว ($33\% \leq Pw \leq 50\%$) โดยเฉพาะสำหรับพืชที่ปลูกระยะห่าง ๆ กัน ควรใช้ค่า Pw ต่ำกว่า 50% เพราะว่าข้อได้เปรียบอันหนึ่งของการชลประทานแบบหยดก็คือมันจะช่วยรักษาพื้นที่บางส่วนระหว่างแถวของต้นพืชให้แห้ง 1 วัน เพื่อประโยชน์ในการปฏิบัติการเพาะปลูก 1 วัน นอกจากนี้ยังช่วยลดการสูญเสียน้ำที่เกิดจากการระเหย และเป็นการประหยัดเงินค่าลงทุน ถ้าใช้เปอร์เซ็นต์เปียกที่น้อยลง

พื้นที่เปียกน้ำ (Aw) พื้นที่เปียกน้ำต่อ 1 หัวปล่อยน้ำ คิดตามแนวพื้นด้านรากที่ต่ำจากผิวดินประมาณ 30 ซม. ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ ระยะเวลาให้น้ำ เนื้อดิน โครงสร้างของดิน ความลาดเทของพื้นที่ และชั้นดิน ตามแนวราบ เนื่องจากความผันแปรของดิน การใช้ค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ สำหรับการประเมินค่า Aw นั้นทำได้ยาก

สำหรับการกำหนดด้านข้างของดินและอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ ระยะจากจุดที่จ่ายน้ำไปยังขอบนอกของความเปียกสามารถที่จะประมาณได้โดยการใช้ความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งเกี่ยวข้องกับเวลาการให้น้ำ ได้สมการคือ

$$X = a(Ta)^n \quad \text{..... 3.1}$$

$$Y = b(Ta)^m \quad \text{..... 3.2}$$

ในเมื่อ

X และ Y = ระยะในแนวราบและแนวดิ่งไปยังขอบเปียก (Wetting front) ตามลำดับ

Ta = ระยะเวลาที่ให้น้ำ ชม.

a, b, n และ m = ค่าคงที่เฉพาะที่ได้จากการทดลอง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของดินและจำนวนน้ำที่ให้

สำหรับดินที่มีเนื้อเดียวกัน เป็นพวกดินเนื้อละเอียด ขอบเปียกในแนวราบและแนวดิ่งจะเคลื่อนด้วยอัตราที่ใกล้เคียงกัน ส่วนดินเนื้อเดียวกันที่มีเนื้อหยาบ อัตราการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งจะไปได้เร็วกว่าอัตราในแนวราบ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ เนื่องจากการซึมเลยเขตรากได้ (deep percolation)

<u>การตรวจสอบการแพร่กระจายของน้ำในแปลง</u>

เป็นการง่ายที่สุดเพื่อที่จะหาค่า AW สำหรับการออกแบบการให้น้ำแบบหยด สมการ 3-1, และ 3-2 สามารถที่จะใช้ประโยชน์เป็นแนวทางสำหรับเป็นส่วนประกอบกับข้อมูลในสนามการทดสอบในสนามดำเนินการโดย ให้หัวปล่อยน้ำทำงานที่ตำแหน่งที่พอจะใช้เป็นตัวแทนได้สัก 2-3 แห่ง ในสนาม การพิจารณาและการตรวจสอบผลลัพธ์ของรูปแบบการเปียก อัตราการไหลและเวลาการให้น้ำที่ใช้ระหว่างช่วงการทดลอง ควรจะให้คล้ายกับค่าที่จะใช้ในการออกแบบ

รายการอุปกรณ์เครื่องมือเท่าที่จำเป็นใช้ในการทดสอบในสนามคือ

1) ถังน้ำขนาดความจุ 100-200 ลิตร (ใช้ถังน้ำมันเก็บได้) ซึ่งติดตั้งที่ควบคุมระดับน้ำที่เข้ามาในถังให้มีระดับคงที่ด้วยวาล์วลูกลอย

2) ที่ตั้งถังสูงประมาณ 1.50 เมตร

3) ท่อน้ำ พี อี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 14 หรือ 18 มม. ยาวประมาณ 10 เมตร หรือมากกว่า

4) ติดตั้งหัวปล่อยน้ำที่ท่อนี้ให้มีระยะห่างกันทุก ๆ 2 เมตร และติดแยกจากกัน

หัวปล่อยน้ำควรจะจัดให้ที่มีอัตราการไหลน้อยอยู่ใกล้ถัง มีอัตราการไหลมากให้อยู่ไกลออกไปตามลำดับ และควรจะมีช่วงอัตราการไหลที่ใกล้เคียงหรือเท่ากับอัตราการไหลที่ออกแบบ (qa)

โดยปกติมักจะใช้ท่อขนาดจิ๋ว (Microtube) เป็นหัวปล่อยน้ำ เนื่องจากสามารถจัดให้มีอัตราการไหลที่แตกต่างกันได้ ตามต้องการ ด้วยการใช้ความยาวที่แตกต่างกัน

5. กระบอกตวง 100 ซี ซี.

6. นาฬิกาจับเวลาที่มีเข็มวินาที

7. ขั่วหรือที่เจาะดิน

จำนวนน้ำที่จะจ่ายให้นี้หาได้โดยการพิจารณาจากความลึกของเขตราก ความชื้นของดิน ขณะเริ่มทำงานทดลอง จนถึงมีความชื้นที่จุดความชื้นชลประทาน (field capacity)

ถ้าได้จำนวนน้ำที่จ่ายออกมาพอกับความต้องการก็ปิดหัวปล่อยน้ำนั้นเสีย การทดลองก็จะดำเนินการคล้าย ๆ กันนี้ สำหรับหัวจ่ายน้ำที่จ่ายด้วยอัตราการไหลที่แตกต่างกันออกไป ประมาณ 1 วัน หลังจากนั้นก็มาทำการตรวจวัดรูปแบบของการซึม โดยการเจาะสำรวจดินดูหรือจะใช้เครื่องวัดความชื้นก็ได้ ด้วยปริมาตรน้ำจำนวนต่าง ๆ ที่จ่ายให้นั้น

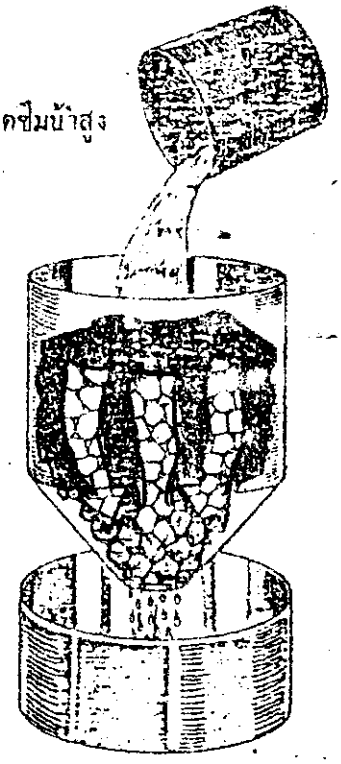
การทดลองเช่นนี้ รูปแบบความชื้นที่แผ่ออกไปทั้งทางราบและทางลึกก็สามารถแสดงให้เห็นได้ ถึงแม้จะเป็นดินที่ไม่ใช่เนื้อเดียวกันตลอดหรือดินที่เป็นชั้น ๆ ก็ตาม

3.2 <u>จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้นพืช</u>

สิ่งสำคัญในการพิจารณาออกแบบระบบให้น้ำแบบหยดคือ ต้องพิจารณาสัดส่วนของพื้นที่ดินที่เปียกน้ำต่อพื้นที่ของเขตรากทั้งหมด ค่านี้แทนด้วย Pw ซึ่งบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่าของ Pw ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลระยะเวลาในการให้น้ำ ระยะห่างของหัวปล่อยน้ำและระยะห่างของท่อแขนง

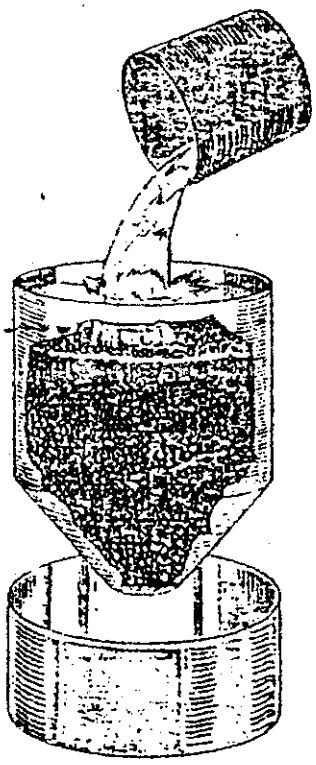
ค่าของ Pw ที่ยอมให้ใช้น้อยที่สุดยังไม่มีการระบุอย่างแน่จริง แต่จากการทดลองในต่างประเทศ สำหรับต้นแอปเปิ้ล ใช้ค่า Pw = 25 % ก็ยังเจริญเติบโตได้อย่างสม่ำเสมอดี ฉนั้นดูเหมือนว่าค่า Pw = 50 % ก็จะเป็นการแน่ใจได้ว่าเพียงพอ หรืออย่างน้อยที่สุดค่าที่ใช้ออกแบบไม่ควรน้อยกว่า 1/3 หรือ 33 % ของพื้นที่ทั้งหมดสำหรับพืชที่ปลูกห่างกัน สำหรับพืชที่ปลูกชิดกัน ควรจะเปียกทั้งหมดในเขตราก (Pw = 100%)

ก. ดินทราย
อัตราการดูดซึมน้ำสูง



การไหลซึมอย่างรวดเร็วในดินที่มีเนื้อหยาบ

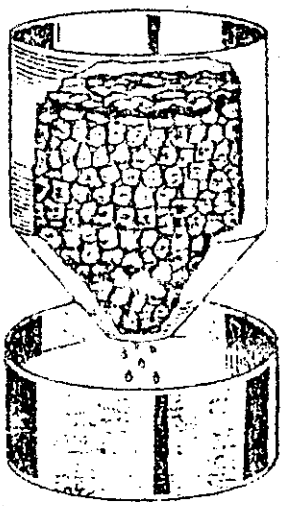
ข. ดินเหนียว
อัตราการดูดซึมน้ำต่ำ



การไหลซึมอย่างช้าในดินที่มีเนื้อละเอียด

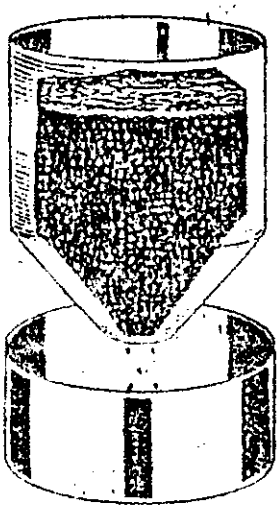
แสดงให้เห็นว่าขนาดของอนุภาคดินใหญ่กว่าอัตราการซึมของน้ำจะเร็วกว่า

ก. ดินทราย
อุ้มน้ำได้น้อย



ดินที่มีเนื้อหยาบอุ้มน้ำได้น้อย

ข. ดินเหนียว
อุ้มน้ำได้มาก



ดินที่มีเนื้อละเอียดอุ้มน้ำได้มาก

รูปที่ 3.1 แสดงการไหลซึมและการอุ้มน้ำของดินทรายและดินเหนียว

สำหรับในพื้นที่ที่มีฝนตกมาก การให้น้ำเป็นเพียงการเสริม อาจใช้ค่า Pw = 20 % ก็ได้ เพื่อจะได้ใช้น้ำฝนอย่างเต็มที่เป็นการประหยัด

ในการพิจารณาว่าจะใช้จำนวนกี่หัวต่อต้นนั้น จะต้องทราบค่าความสามารถในการกระจายน้ำว่าแต่ละหัวจะสามารถคุมพื้นที่เปียกน้ำได้มากที่สุดเท่าไร ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างดังได้กล่าวมาแล้ว และวิธีที่ดีและถูกต้องที่สุดต้องทำการทดลองจริง ๆ ในพื้นที่ที่จะออกแบบในแปลงนั้น ๆ แต่ถ้าไม่ได้ทดลองก็อาจจะใช้หัวเลขที่มีผู้ทดลองบอกไว้เป็นแนวทางได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พื้นที่เปียกน้ำที่ควบคุมโดยหัวปล่อยน้ำแต่ละหัว ซึ่งมีอัตราการไหลไม่ต่ำกว่า 2 ลิตร/วินาที

ชนิดดิน	พื้นที่เปียกน้ำ (ตร.เมตร)
ดินทรายจัด	0.5 - 1.5
ดินร่วนปนทราย	1.5 - 2.5
ดินร่วน	2.5 - 5.0
ดินร่วนปนดินเหนียว	5.0 - 8.0
ดินเหนียว	8.0 - 12.0

3.3 ปริมาณน้ำชลประทานสุทธิที่ให้แต่ละครั้ง (Ix)

เนื่องจากการให้น้ำชลประทาน ในแต่ละครั้งนั้น พิจารณาให้โดยการ เพิ่มความชื้นจากความชื้นที่ยอมให้ลดลงได้ (Soil moisture deficiency, SMD) จนถึงความชื้นชลประทาน (field capacity) โดยคิดเป็นความลึกของน้ำที่จะต้องให้ (Ix) เมื่อต้องการทราบปริมาตรของน้ำที่จะต้องให้ก็เอาพื้นที่ที่จะต้องส่งน้ำคูณเข้าไปก็จะได้ค่าที่ต้องการ ฉะนั้นเพื่อความสดวกในการพิจารณาจึงคิดเป็นค่าความลึกของน้ำไปก่อน และเนื่องจากคิดทั่วพื้นที่ที่ปลูกพืช ไม่ใช่จำเพาะพื้นที่ที่เปียกน้ำ ดังนั้นจึงต้องนำค่าเปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียก (Pw) เข้าไปคิดรวมด้วย ดังสมการ

$$Ix = \frac{SMD}{100} \times Wa \cdot Z \cdot \frac{Pw}{100} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 3.3$$

ในเมื่อ

Ix	=	ความลึกสูงสุดสุทธิต่อการให้น้ำ 1 ครั้ง	มม.
SMD	=	ความชื้นที่ยอมให้ลดลงได้	เปอร์เซ็นต์
W_a	=	ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน	มม./ซม.
Z	=	ความลึกของดินในเขตราก	ซม.
P_w	=	เปอร์เซนต์พื้นที่เปียกน้ำ	เปอร์เซนต์
SMD	=	สำหรับพืชที่ไวต่อการขาดน้ำ ใช้ 30 %	
		สำหรับพืชที่ทนความแห้งแล้ง ใช้ 60 %	

<u>ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน</u>

ดินเปรียบเสมือนถังน้ำเป็นที่เก็บน้ำโดยธรรมชาติให้แก่พืช ซึ่งรากพืชจะดูดเอาความชื้นในดินไปใช้อีกทอดหนึ่ง และในการให้น้ำเราพยายามให้น้ำไม่มากกว่าที่ความสามารถของดินในระยะรากพืชจะเก็บเอาไว้ได้ ถ้าให้มากกว่านั้นจะเป็นน้ำที่สูญเสีย ดินแต่ละชนิดก็มีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากน้อยแตกต่างกันและนานเร็วต่างกันด้วย ที่สำคัญขึ้นอยู่กับลักษณะเนื้อดินและลักษณะการอัดเรียงตัวหรือเชื่อมยึดกันของเม็ดดินเช่นระหว่างดินเหนียว ดินร่วน และดินทราย ดินเหนียวจะเก็บน้ำได้มากที่สุดและนานที่สุด ส่วนดินทรายตรงกันข้ามดังแสดงในรูปที่ 3.1

เพื่อประโยชน์ในการคำนวณหาจำนวนน้ำที่จะให้แต่ละครั้งจำเป็นต้องทราบดินในแปลงมีคุณสมบัติสามารถเก็บน้ำไว้ให้แก่พืชใช้ได้เท่าไร ซึ่งตามปกติความชื้นในดินที่พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้จะนิยมบอกเป็นหน่วย ความลึกของน้ำที่เทียบต่อความลึกของดินที่ได้จากการทดลองหาในแปลงเพาะปลูก หรืออาจจะใช้ค่าโดยประมาณจากตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงความสามารถในการอุ้มน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินต่าง ๆ

ลักษณะเนื้อดิน	ความสามารถเก็บน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ความลึกของน้ำเป็น มม./ความลึกของดินเป็น ซม.		
ดินร่วนปนทราย	1.0 - 1.50	เฉลี่ย	1.2
ดินร่วนตะกอน	1.20 - 1.90	เฉลี่ย	1.5
ดินร่วนเหนียว	1.50 - 2.10	เฉลี่ย	1.8
ดินเหนียว	1.30 - 2.10	เฉลี่ย	1.7

ข้อสังเกตุคือในการให้น้ำแก่พืชแต่ละครั้ง ถือกันว่าดินในเขตรากพืชเท่านั้นที่เก็บน้ำไว้ให้พืชเอาไปใช้ ถ้าให้น้ำมากเกินไป น้ำก็จะไหลซึมลงไปเลยเขตรากพืช น้ำส่วนที่เลยเขตรากพืชจึงเป็นน้ำที่สูญเปล่า ปกติพืชที่ปลูกใหม่ ๆ รากจะน้อยและตื้นจึงต้องการน้ำน้อยแต่บ่อยครั้งกว่าตอนที่โตเต็มที่ มีรากลึกซึ่งสามารถส่งน้ำได้ครั้งละมากขึ้น และพืชใช้ได้นานขึ้น โดยเฉพาะการให้น้ำแบบหยดนี้จะอำนวยประโยชน์ในการให้น้ำครั้งละน้อย และให้บ่อย ๆ หรือต่อเนื่องกันเป็นอย่างดี

ตัวอย่างที่ 3.1 ปลูกพืชในดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูกเป็นมะม่วงมีรากลึกประมาณ 50 เซนติเมตร จะให้น้ำเมื่อความชื้นลดลง 30 % เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำคิด 50 % ให้หาความลึกสูงสุดสุทธิต่อการให้น้ำแต่ละครั้ง

วิธีทำ

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

พืชมีรากลึก (Z) = 50 ซม.

SMD = 30 %

Pw = 50 %

จากสมการ (3.3)

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

แทนค่า

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

ความลึกน้ำสุทธิ = 9 มม.ต่อครั้ง

3.4 อัตราการใช้น้ำของพืช (Td)

เนื่องจากการให้น้ำแบบหยด ทำให้ดินเปียกเฉพาะส่วนในเขตพุ่มใบ ดังนั้นอัตราการใช้น้ำของพืชที่คิดสำหรับการให้น้ำแบบหยด จะต้องน้อยกว่าการให้น้ำแบบผิวดิน หรือแบบฉีดฝอย โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของการลดลงดังสมการ

$$Kr = \frac{GC}{0.85}, \quad \leqslant 1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.4)$$

ในเมื่อ

Kr = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำที่ลดลงจากวิธีการให้น้ำทั่ว ๆ ไป

Gc = อัตราส่วนของพื้นที่พุ่มใบต่อพื้นที่ทั้งหมด

ฉนั้นอัตราการใช้น้ำของพืชที่ให้น้ำโดยวิธีหยด (Td) จะมีสมการคือ

$$Td = Kr.ET = \frac{GC}{0.85} \cdot ET \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.5)$$

ในเมื่อ

Td = อัตราการใช้น้ำของพืชสูงสุดเฉลี่ยต่อวันสำหรับการให้น้ำแบบหยด มม./วัน

ET = อัตราการใช้น้ำของพืชสูงสุดเฉลี่ยต่อวันสำหรับการให้น้ำพืช ทั่ว ๆ ไป มม./วัน

ถ้าต้องการทราบปริมาตรการใช้น้ำสูงสุดต่อต้นต่อวันก็ต้องคูณด้วยพื้นที่ของต้นไม้นั้น

$$G = Td.A = Td \times St \times Sr \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.6)$$

ในเมื่อ

G = ปริมาตรการใช้น้ำสูงสุดของพืชต่อวัน ลิตร/วัน

A = เนื้อที่ควบคุมซึ่งเนื้อที่ต้นไม้แต่ละต้น $ม.^2$

St และ Sr = ระยะห่างระหว่างต้นและระยะห่างระหว่างแถว ม.

ถ้าต้องการพิจารณาให้น้ำแก่พืชทุกวัน แล้วอยากทราบระยะเวลาในการให้น้ำในแต่ละวัน หาได้ดังสมการ

$$Ta = \frac{G}{e.q_a} \qquad \text{.....} \quad (3.7)$$

ในเมื่อ

Ta = ระยะเวลาในการให้น้ำแก่พืชต่อวัน ชม./วัน

e = จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น

q_a = อัตราการไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ 1 หัว ลิตร/ชม.

ปกติเวลาที่ให้น้ำได้นานที่สุดติดต่อกันไม่ควรเกิน 20 ชม./วัน

<u>ตัวอย่างที่ 3.2</u> สมมุติพืชที่ปลูกเป็นต้นเงาะมีระยะห่างระหว่างต้น 8 เมตร ระยะห่างระหว่างแถว 8 เมตร พื้นที่พุ่มใบประมาณ 16 ตร.เมตร อัตราการใช้น้ำสูงสุดของเงาะดังกล่าว 6 มม/วัน ถ้าต้องการให้น้ำแบบหยดทุกวัน ด้วยหัวปล่อยน้ำที่มีอัตราการไหล 2 ลิตร/ชม. จำนวน 2 หัว อยากทราบว่าจะต้องให้น้ำวันละกี่ ชม.

<u>วิธีทำ</u>

จากสมการ (3.4) หาค่า

$$Kr = \frac{GC}{0.85}$$

แทนค่า

$$Kr = \frac{16}{64} \times 0.85 = 0.29$$

จากสมการ (3.5) หาค่า Td

$$Td = Kr.Et$$

แทนค่า

$$Td = 0.29 \times 6 = 1.74 \quad \text{มม./วัน}$$

จากสมการ (3.6) หาค่า G

$$G = Td.St.Sr$$

แทนค่า

$$G = 1.74 \times 8 \times 8 = 111.4 \quad \text{ลิตร/วัน}$$

จากสมการ (3.7) หาค่า Ta

$$Ta = \frac{G}{e.q_a}$$

แทนค่า

$$Ta = \frac{111.4}{2 \times 2} = 6.96 \quad 7 \quad \text{ซม./วัน}$$

3.5 ช่วงระยะห่างของการให้น้ำแต่ละครั้ง

สำหรับการให้น้ำแบบหยดนั้นบางครั้งเราอาจจะให้น้ำแก่พืชได้ทุกวัน แต่บางครั้ง ถ้าพื้นที่ใหญ่มาก ๆ เราอาจจะให้พร้อมกันหมดทั้งพื้นที่ทุกวันไม่สะดวก อาจจำเป็นต้องแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย และแบ่งการให้น้ำเป็นรอบเวร ซึ่งระยะเวลาห่างกันนานที่สุดของการให้น้ำแต่ละครั้งนั้นเราสามารถหาได้ดังสมการ

$$I_i = \frac{I_x}{Td} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3.8$$

ในเมื่อ

Ii = ช่วงระยะห่างของการให้น้ำแต่ละรอบเวรได้นานที่สุด วัน

แต่ถ้าเราจะใช้รอบเวรการให้น้ำสั้นกว่าที่หามาข้างต้นก็ได้ ขึ้นอยู่กับการพิจารณาความ

เหมาะสม และถ้าเรากำหนดช่วงระยะเวลารอบเวรใหม่แล้ว เราก็จะทราบว่าจะต้องให้น้ำด้วยปริมาณสุทธิครั้งละเท่าใด ดังสมการ

$$In = Ii' \cdot Td \qquad \text{..... 3.9}$$

ในเมื่อ

In = ความลึกของน้ำสุทธิที่จะต้องให้แต่ละครั้ง มม.

Ii' = ช่วงระยะห่างของรอบเวรใหม่ที่กำหนดขึ้น วัน

แต่เนื่องจากเวลาการให้น้ำจริง ๆ นั้นจะใช้ปริมาณน้ำสุทธิไม่ได้จะต้องเผื่อสำหรับประสิทธิภาพการให้น้ำไว้ด้วยเช่น ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ (EU) ดังนั้นความลึกของน้ำที่จะต้องให้ทั้งหมด ดังสมการ

$$I_g = \frac{100In}{EU} \qquad \text{..... 3.10}$$

ในเมื่อ

I_g = ความลึกของน้ำทั้งหมดที่ต้องให้ มม.

EU = ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำ %

สำหรับค่า EU จะกล่าวถึงการหาภายหลัง

จากสมการ 3.9-3.10 เขียนเป็นรูปสมการใหม่ได้

$$I_g = \frac{100 \ Ii' \ Td}{EU} \qquad \text{..... 3.11}$$

3.6 <u>อัตราการไหลของน้ำที่จ่ายต่อ 1 หัวปล่อยน้ำ</u> (q_a)

เมื่อพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้ช่วงระยะห่างของเวลาที่กำหนดให้น้ำ (Ii') และหาจำนวนน้ำที่จะให้แต่ละครั้ง ระยะเวลาในการให้น้ำต่อวันที่ต้องจ่ายจากหัวปล่อยน้ำ ฉะนั้นสามารถหาปริมาณน้ำต่อหัวต่อต้นได้ ดังสมการ

$$q_a = Ig.\frac{St.Sr}{Ta} \qquad \text{..... 3.12}$$

ในเมื่อ

q_a = ปริมาณน้ำที่จ่ายต่อหัวปล่อยน้ำ ลิตร/ชม./ต้น

I_g = ความลึกของน้ำชลประทานทั้งหมดที่ให้ มม./ครั้ง

อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติ หัวปล่อยน้ำที่ใช้จะมีอัตราการไหลอยู่ระหว่าง 2-10 ลิตร/ชม. แล้วแต่ว่าจะเลือกใช้หัวปล่อยน้ำประเภทไหน ต้องใช้ความดันเท่าไร ฉะนั้นถ้าปริมาณน้ำที่หาได้ 1 หัว มากกว่า 10 ลิตรต่อชม. จะต้องใช้จำนวนหัวเพิ่มขึ้น โดยคำนวณได้จากสมการ

$$e = q_d/q_a \qquad \text{.....} \quad 3.13$$

ในเมื่อ

e = จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้นไม้ 1 ต้น

q_d = ปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งหมดต่อต้น ลิตร/ชม.

ตัวอย่าง 3-4

ให้เลือกหัวปล่อยน้ำชนิดที่เหมาะสมในการนำมาใช้งานและให้คำนวณความถี่ในการให้น้ำระยะห่างของหัวปล่อยน้ำที่ติดบนท่อแขนง ระยะห่างระหว่างท่อแขนง จำนวนของหัวปล่อยน้ำต่อต้น และระยะเวลาของการให้น้ำแต่ละครั้งโดยอาศัยข้อมูลดังต่อไปนี้

สถานที่ใช้ : วิทยาเขตกำแพงแสน

ชนิดของพืช : ต้นมะม่วงมีระยะห่าง 5 x 5 เมตร

พืชปกคลุม : 70 %

คุณสมบัติของดิน : เป็นดินร่วนปนทราย มีความสามารถอุ้มน้ำได้ 120 มม./ซม.

ความชื้นที่ยอมให้ขาดได้ (SMD) = 30 %

ความลึกของรากใช้การ (Z) = 150 ซม.

ปริมาณการใช้น้ำสูงสุดของพืช = 8 มม./วัน

เปอร์เซนต์พื้นที่เปียกน้ำ (Pw) = 35 % - 40 %

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

วิธีทำ

(1) หาจำนวนน้ำที่พืชใช้สูงสุดต่อวันจากสมการ 3.5

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

แทนค่า

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

(2) หาความลึกสูงสุดสุทธิของน้ำชลประทานจากสมการ 3.3

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

แทนค่า

$$Ix = .30 \times 1.2 \times 150 \times .4 = 21.6 \quad mm.$$

(3) หาระยะความถี่ที่น้ำที่สุด จากสมการ 3.8

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

แทนค่า

$$Ii = \frac{21.6}{6.6} = 3.3 \text{ วัน}$$

พิจารณาเลือกใช้รอบเวรทุก 2 วัน

(4) สมมุติว่าพิจารณาแล้วดินชนิดนี้สามารถให้น้ำได้นาน จึงกำหนดให้น้ำครั้งละ 15 ซม. ถ้ากำหนดเวลาการให้น้ำสั้นเกินไป หัวปล่อยน้ำก็ต้องใช้อัตราการจ่ายน้ำสูง และระบบก็ต้องใหม่ ทำให้สิ้นเปลือง แต่ถ้าให้นานมากเกินไปก็ไม่ดีนัก โอกาสที่อากาศจะเข้าไปที่รากจะมีน้อย และอาจจะเกิดปัญหาน้ำไหลซึมลงดินไม่ทันไหลออกทางด้านข้าง ปกติจะใช้ไม่เกิน 20 ซม.ต่อวัน

(5) พิจารณาประสิทธิภาพในการให้น้ำ สมมุติมี EU 90 %

หาปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืชทั้งหมด จากสมการ 3.11

$$I_g = \frac{100 \cdot Ii' \; Td}{EU}$$

แทนค่า

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

(6) หาอัตราการให้น้ำต่อหัว จากสมการ 3-12

$$q_a = I_g \cdot \frac{St \cdot Sr}{Ta}$$

แทนค่า

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

ถ้าเลือกใช้หัวปล่อยน้ำชนิด 4 ลิตร/ชม. ก็จะให้หัวทั้งหมด จากสมการ

$$e = q_d/q_a$$

แทนค่า

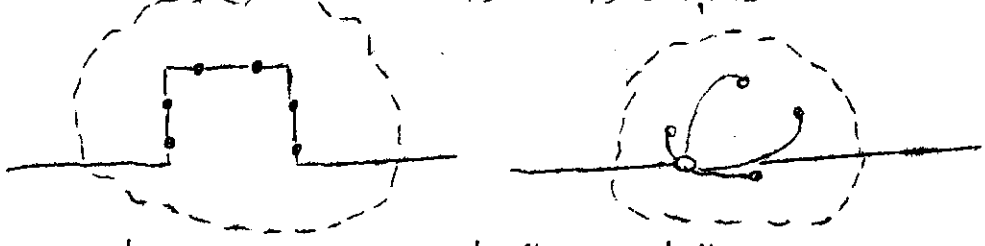
$$e = 24.5/4 = 6.1 \text{ หัว}$$

เลือกใช้ 6 หัว

(7) หาเปอร์เซนต์พื้นที่เปียกโดยใช้ตารางที่ 3.1 พิจารณาวางหัวแบบออกหลายจุด ดูรูปที่ 3.2

ฉะนั้นถ้าเราเปรียบเทียบกับค่าพื้นที่เปียกของดินร่วนโดยใช้พื้นที่เปียก 4 $ม^2$ ต่อหัว จะได้พื้นที่เปียก $5 \times 3 = 15$ $ม^2$ คิดเป็น $\frac{15}{25} \times 100 = 60$ % เป็นอันว่าใช้ได้

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



รูปที่ 3.2 แสดงการวางหัวปล่อยน้ำหลายจุดต่อต้น

3.7 ปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งระบบ

สำหรับแปลงที่จะให้น้ำแบบหยดมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก ก็อาจจะให้พร้อมกันทีเดียวทั้งแปลง ไม่จำเป็นต้องแบ่งเป็นแปลงย่อย ซึ่งก็จะสามารถหาปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งระบบในแต่ละครั้งดังสมการ

$$Qs = \frac{1}{3600} \frac{Td}{EU} \cdot \frac{Ii'}{Ta} \cdot A \qquad \text{..... 3.13}$$

ในเมื่อ

Qs	=	ปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งระบบ	ลิตร/วินาที
A	=	พื้นที่ที่จะต้องให้น้ำทั้งหมด	$ม^2$
Ta	=	ระยะเวลาในการให้น้ำแบ่งเป็น 2 กรณี	
		ถ้าให้ทุกวัน	ชม./วัน
		ถ้าให้เป็นรอบเวร	ชม./ครั้ง

ถ้าเป็นการให้น้ำสำหรับแปลงขนาดใหญ่ ๆ จำเป็นต้องแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย จำนวนแปลงย่อยที่จะให้น้ำแต่ละครั้งสามารถหาได้ดังสมการ

$$N \leq \frac{Ii.24}{Ta} \qquad \text{..... 3.14}$$

N = จำนวนแปลงย่อย

สำหรับการพิจารณาในแง่การลงทุน ควรจะจัดให้มีเวลาการใช้งาน ของระบบให้นานมากที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อกำหนดจำนวนแปลงย่อยได้แล้ว ก็สามารถหาปริมาณน้ำของทั้งระบบได้ดังสมการ

$$Qs = \frac{1}{3600} \frac{A}{N} \cdot \frac{Ii}{Ta} \cdot \frac{Td}{EU} \qquad \text{..... 3.15}$$

ในเมื่อ

A = พื้นที่ที่จะต้องให้น้ำทั้งหมด $ม^2$

หรือเขียนในรูปสมการ

$$Qs = \frac{1}{3600} \frac{A}{N} \cdot \frac{Ic}{Ta} \qquad \text{..... 3.16}$$

ตัวอย่างที่ 3.5 สมมุติตามตัวอย่าง 3-4 กำหนดให้มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งสิ้น 50 ไร่ ให้หาว่าจะแบ่งเป็นแปลงย่อยได้มากที่สุดกี่แปลง และระบบจะต้องจ่ายน้ำด้วยอัตราการไหลเท่าไร

วิธีทำ

จากสมการ 3.14

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

แทนค่า

$$Ii = 3 \text{ วัน} \qquad Ta = 15 \text{ ชม./แปลง}$$

$$\therefore N \leq \frac{3 \times 24}{15} = 4.8 \text{ แปลงย่อย}$$

ควรจะต้องคิดเป็น 4 แปลงย่อย

จากสมการ 3-15

$$Qs = \frac{1}{3600} \frac{A}{N} \frac{Ii}{Ta} \cdot \frac{Td}{EU}$$

แทนค่า

$$Qs = \frac{1}{3600} \times 50 \times \frac{1600}{4} \times \frac{3}{15} \times \frac{6.6}{0.9} = 8.15 \text{ ลิตร/วินาที}$$

$\therefore$ อัตราการจ่ายน้ำของระบบ = 8.15 ลิตร/วินาที

3.8 ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำ EU (emission uniformity)

การวัดความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำจากหัวปล่อยน้ำทั้งหมด ภายในระบบการชลประทานแบบหยด สำหรับค่าที่ทดสอบในสนามหาได้ดังสมการ

$$EU' = 100q'_n/q'_a \qquad \text{..... 3.16}$$

ในเมื่อ

EU' = ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำที่วัดได้ในสนาม

qn' = อัตราการไหลเฉลี่ยของค่าที่ต่ำที่สุด 1/4 ของรอมู้ลที่วัดได้ในสนาม

qa' = อัตราการไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำทั้งหมดที่วัดได้ในสนาม

สำหรับค่า EU ที่ใช้ประเมินในการออกแบบ จะขึ้นอยู่กับแรงดันที่ยันแปร ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นภายในระบบและจะเกี่ยวโยงกันกับความยันแปร อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ สัมประสิทธิ์ความยันแปรของการผลิตหัวปล่อยน้ำ, v และจำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น ดังสมการ

$$EU = 100\left(1.0 - 1.27\frac{v}{\sqrt{e}}\right)\frac{q_n}{q_a} \qquad \text{..... 3.17}$$

ในเมื่อ

EU = ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำที่ใช้ประเมินในการออกแบบ

e = จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น

q_n = อัตราการไหลที่น้อยที่สุดที่หาได้จากแรงดันที่น้อยที่สุดในระบบ

q_a = อัตราการไหลเฉลี่ยหรืออัตราการไหลที่ใช้ออกแบบ

v = สัมประสิทธิ์ที่ยันแปรของการผลิตหัวปล่อยน้ำ (manufacture's coefficient of variation of emitters) หาได้โดยการทดลองนำตัวอย่างหัวปล่อยน้ำที่ผลิตใหม่ ๆ อย่างน้อย 50 หัว มาตรวจสอบหาค่าดังสมการ

$$v = \frac{Sd}{q_{av}} \qquad \text{..... 3.18}$$

ในเมื่อ

Sd = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการไหล

$= \sqrt{q1^2 + q2^2 + q_n^2 - n(q_a)^2} / \sqrt{n - 1}$

q_{av} = อัตราการไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำตัวอย่างที่นำมาทดสอบ

$= (q1 + q2 + \ldots\ldots q_n)/n$

แนวทางทั่วไปที่แนะนำสำหรับค่า v ได้จัดลำดับดังนี้

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

สำหรับค่า EU ช่วงที่แนะนำให้ใช้ได้คือ

1) สำหรับหัวปล่อยน้ำที่ใช้กับพืชปลูกถาวร มีระยะห่าง

ก) พื้นที่สม่ำเสมอ $90 < EU < 94$

ข) พื้นที่ชัน และหรือขึ้น ๆ ลง ๆ $88 < EU < 92$

2) สำหรับหัวปล่อยน้ำที่ใช้กับพืชที่ปลูกชิดกัน (< 1.5 ม.) ทั้งถาวรและกึ่งถาวร

ก) พื้นที่สม่ำเสมอ $86 < EU < 90$

ข) พื้นที่ชันหรือขึ้น ๆ ลง ๆ $84 < EU < 90$

3) สำหรับท่อชนิดใช้น้ำเป็นแถบใช้กับพืชล้มลุกที่ปลูกเป็นแถว

ก) พื้นที่สม่ำเสมอ $80 < EU < 90$

ข) พื้นที่ชันและหรือขึ้น ๆ ลง $70 < EU < 85$

3.9 <u>ค่าความดันที่ยอมให้แตกต่างกันได้ในระบบ</u> (Δ Hs)

สำหรับการออกแบบระบบการชลประทานแบบหยดที่ใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่ปรับปริมาณการไหลของน้ำไม่ได้ ถ้าความดันในท่อแขนงแตกต่างกันมาก อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำต่าง ๆ ที่ติดบนท่อแขนงก็จะแตกต่างกันได้มากเช่นกัน ฉะนั้นเพื่อที่จะให้การออกแบบมีประสิทธิภาพ การกระจายน้ำให้สม่ำเสมอตามที่กำหนดนั้นก็จำเป็นจะต้องควบคุมหรือออกแบบให้มีค่าความดันที่แตกต่างกันเกิดขึ้นอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ถ้าแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อยหลายแปลง บางครั้งก็อาจจะติดตั้งเครื่องควบคุมความดันไว้ในแต่ละแปลงย่อย แต่อย่างไรก็ตามในแต่ละแปลงย่อยนั้น ก็ยังมีความดันที่แตกต่างกันในแต่ละท่อแขนง ซึ่งจำเป็นต้องออกแบบกำหนดให้เหมาะสมตามที่ยอมให้

แตกต่างกันได้ สำหรับรูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นรูปร่างการกระจายของความดันในแปลงย่อยอย่างง่าย ความดันใช้งาน (Operating Pressure head) ที่ลดลง (ΔH) สำหรับพื้นที่ราบเรียบนั้น เกิดจากการสูญเสียแรงเสียดทาน ส่วนค่าความดันเฉลี่ย (h_a) ซึ่งถือว่าให้ค่าอัตราการไหลเฉลี่ย (q_a) ก็ไม่ได้อยู่ที่กึ่งกลางระหว่างแปลง

ความดันต่ำสุด h_n ซึ่งให้ค่า q_n สำหรับหัวปล่อยน้ำที่เลือกสามารถคำนวณหาได้จากค่า h_a และ h_n ก็สามารถหาค่าความดันลดลงที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ ΔHs ที่จะนำไปใช้คำนวณในการออกแบบคือ

$$\Delta Hs = 2.5 (h_a - h_n) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 3.19$$

ในเมื่อ

ΔHs = ความดันแตกต่างที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ โดยจะทำให้ค่า EU ใกล้เคียงกับค่าที่ใช้พิจารณาออกแบบ เมตร

h_a = ความดันซึ่งจะให้ค่าอัตราการไหลเฉลี่ย q_a ตามที่ต้องการใช้ เมตร

h_n = ความดันซึ่งจะให้ค่า q_n สำหรับค่า EU ที่ออกแบบ เมตร

ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้ได้ค่า EU ตามที่ออกแบบความดันจะต้องอยู่ระหว่าง h_n และ Hm หรือ $(h_n + \Delta Hs)$ ทั้งนี้รวมทั้งความแตกต่างของระดับพื้นที่ด้วย

โดยปกติเพื่อการออกแบบที่ประหยัดจะกำหนดว่า

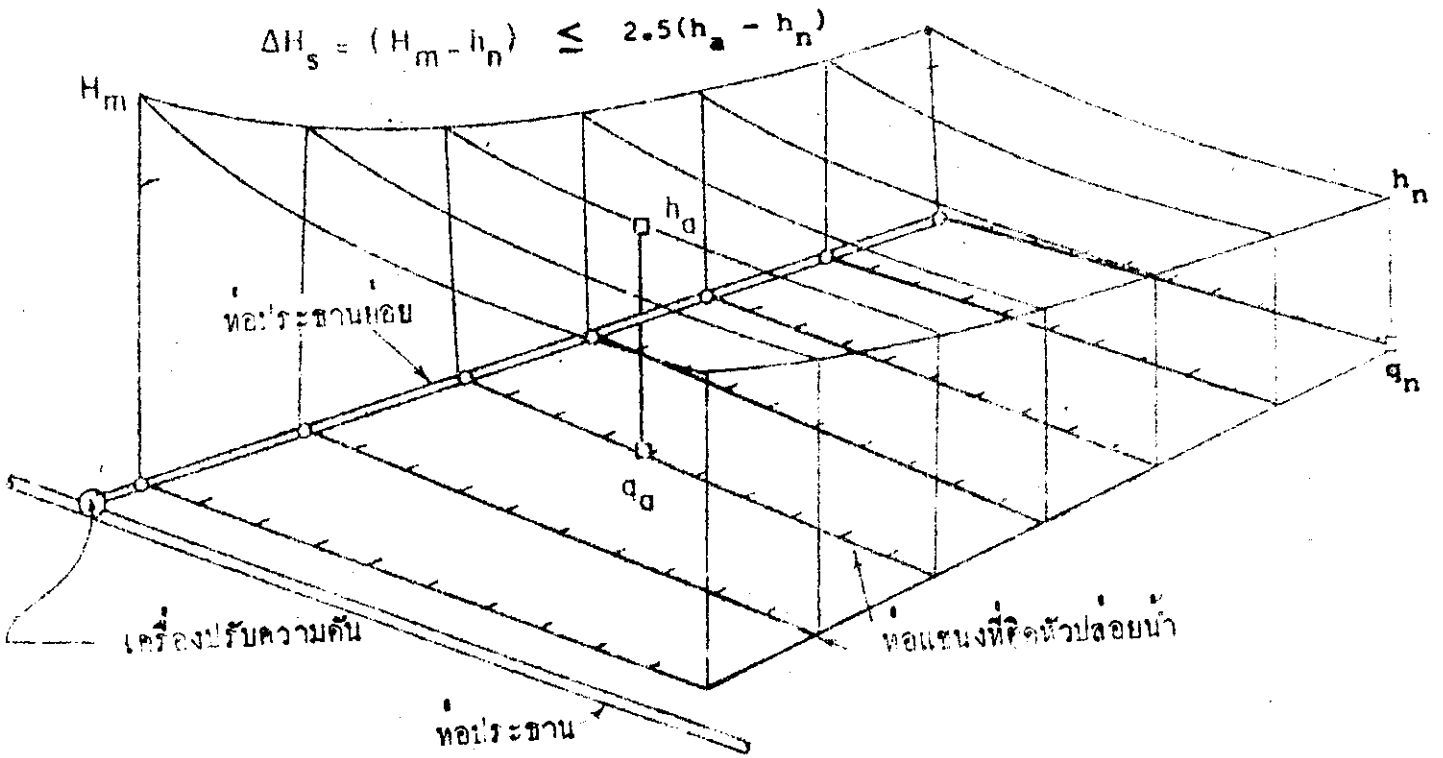
$Hl = 0.55\ Hs$ หรือ $\simeq 0.50 \Delta Hs$

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

ในเมื่อ

Hl = ค่าการสูญเสียความดันในระบบของท่อแขนง เมตร

Hm = ค่าการสูญเสียความดันในระบบของท่อประธานย่อย เมตร



รูปที่ 3-3 แสดงการกระจายความดันในระบบท่อ

บทที่ 4 การออกแบบท่อแขนงที่ติดตั้งหัวปล่อยน้ำ

สำหรับการชลประทานแบบหยด เมื่อพูดถึงท่อแขนงก็จะหมายถึงท่อที่มีหัวปล่อยน้ำติดตั้งอยู่ด้วยเสมอ โดยทั่วไปท่อเหล่านี้จะทำด้วยพลาสติกยืดหยุ่นหรืองอได้ ซึ่งนิยมใช้พวกท่อโพลีอีเทลีน (PE) สีดำ และจะวางไว้บนผิวดินแต่ถ้าใช้ท่อ PVC ซึ่งติดตั้งหัวปล่อยน้ำชนิดที่ยื่นออกจากท่อแขนง ก็จะฝังท่อแขนงโดยให้หัวปล่อยน้ำสูงขึ้นมาเหนือผิวดิน ท่อแขนงส่วนมากใช้กับความดันของน้ำไม่มากนัก ไม่เกิน 4 บรรยากาศ (ประมาณ 60 psi) ขนาดของท่อที่ใช้ส่วนมากจะเล็กกว่า 25 มม.

4.1 อัตราการไหลและจำนวนหัวปล่อยน้ำสำหรับท่อแขนง

อัตราการไหลในท่อแขนง ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำ และจำนวนของหัวปล่อยน้ำตลอดความยาวของท่อ ซึ่งหาได้โดยสมการ

$$Ql = \frac{1}{3600} \times Ne \times qa \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 4.1$$

เมื่อ

Ql = อัตราการไหลรวมของท่อแขนง ลิตร/วินาที

Ne = จำนวนหัวปล่อยน้ำบนท่อแขนง

qa = อัตราการไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ ลิตร/ชม.

สำหรับการหาจำนวนหัวปล่อยน้ำบนท่อแขนง ขึ้นอยู่กับความยาวทั้งหมดของท่อแขนง และระยะห่างระหว่างหัวปล่อยน้ำ (Se) หาได้โดยสมการ

$$Ne = Lc/Se \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ 4.2$$

เมื่อ

Se = ระยะห่างของหัวปล่อยน้ำ

<u>ตัวอย่างที่ 4.1</u> หาจำนวนหัวปล่อยน้ำและอัตราการไหลทั้งหมดของท่อแขนง ซึ่งยาว 100 เมตร สำหรับหัวปล่อยน้ำที่มีอัตราการไหล 8 ลิตร/ชม. โดยมีระยะห่าง 2.00 เมตร เท่ากันตลอดความยาว

วิธีทำ

หาจำนวนหัวปล่อยน้ำจากสมการ 4.2

$$Ne = Le/Se$$

แทนค่า

$$Ne = 100/2 = 50 \text{ หัว}$$

หาอัตราการไหลของท่อแขนงจากสมการ 4.1

$$Q1 = \frac{1}{3600} \times Ne \times qa$$

แทนค่า

$$Q1 = \frac{1}{3600} \times 50 \times 8 = 0.111 \text{ ลิตร/วินาที}$$

4.2 ค่าการสูญเสียแรงดันที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ในท่อแขนง

โดยทั่วไปการเลือกใช้ขนาดท่อแขนงนั้นต้องพิจารณาการสูญเสียแรงดันที่แตกต่างกันได้มากที่สุดที่ยอมให้เพื่ออัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำแตกต่างกันไม่มากเกินไป จนทำให้การกระจายน้ำสม่ำเสมอไม่ดีพอ ถ้าพิจารณาตามที่ยอมรับกันในการปฏิบัติที่ใช้ออกแบบระบบ Sprinkler ความแตกต่างของหัวปล่อยน้ำระหว่างหัวที่จ่ายน้ำมากที่สุดกับน้อยที่สุด ในท่อแขนงที่วางบนพื้นราบไม่ควรเกิน 10 % และแรงดันต่างกันประมาณไม่เกิน 20 %

แต่สำกรับระบบการให้น้ำแบบหยดบางครั้งเป็นที่ยอมรับกันได้ว่าความแตกต่างของอัตราการไหลที่มากที่สุดยอมให้ได้ถึง 20 % และแรงดันต่างกันได้ถึง 40 % เพื่อเป็นการประหยัดขนาดท่อ อย่างไรก็ตามถ้าแรงดันต่างกันน้อยกว่า 20 % ก็จะทำให้การกระจายน้ำสม่ำเสมอดีมากขึ้น เพราะโดยมากแล้วการไหลของหัวปล่อยน้ำเป็นแบบเอื่อย ๆ เช่น หัวปล่อยน้ำชนิดให้น้ำไหลเป็นทางยาวหรือท่อขนาดจิ๋ว แรงดันที่ต่างกันควรจะพิจารณาใช้ 20 % เป็นอย่างมาก

กล่าวโดยสรุป

ข้อกำหนดที่นิยมพิจารณาการใช้ คือ อัตราการไหลผันแปรน้อยกว่า 10 %

แรงดันผันแปร 20 %

ข้อกำหนดที่ยอมรับได้ คือ อัตราการไหลผันแปรในช่วง 10-20 %

แรงดันผันแปรในช่วง 20-40 %

4.3 การคำนวณแรงดันที่สูญเสียในท่อ

การสูญเสียแรงดันเนื่องจากความฝืด (friction loss) ของการไหลในท่อขึ้นอยู่กับสิ่งสำคัญดังนี้ ความขรุขระของผิววัสดุในท่อ พื้นที่หน้าตัดของท่อ ความยาวและความเร็วของน้ำที่ไหลในท่อ ซึ่งท่อสำหรับการชลประทานแบบหยดโดยทั่วไปแล้วจะผลิตจากวัสดุจำพวกพลาสติก ทั้งท่อแขนงและท่อประธานย่อย สมการทั่วไปสำหรับการคำนวณการสูญเสียแรงดันในท่อพลาสติกสำหรับการให้น้ำแบบหยดอย่างง่าย นิยมใช้สมการของ Hazen-Williams มาประยุกต์ คือ

สำหรับท่อแขนงที่มีจ่ายน้ำออกตลอดความยาวด้วยปริมาณที่เท่ากัน ในระยะเท่า ๆ กันตลอดความยาวของท่อดังสมการ

$$\Delta H1 = 5.35 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4.3$$

ในเมื่อ

$\Delta H1$	=	แรงดันที่ลดลงเนื่องจากความฝืด	เมตร
Q	=	ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ทางเข้าของท่อแขนง	ลิตร/วินาที
D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อแขนง	ซม.
L	=	ความยาวทั้งหมดของท่อแขนง	

ตัวอย่างที่ 4.2 ให้หาค่าการสูญเสียแรงดันเนื่องจากความฝืดในท่อแขนง ยาว 100 เมตร ติดหัวปล่อยน้ำมีระยะห่าง 2.0 เมตร เท่ากัน มีอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำเฉลี่ยหัวละ 8 ลิตร/ชม. ด้วยแรงดันของน้ำสูง 10 เมตร โดยใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 14 มม. (OD = 18 มม.)

วิธีทำ

หาจำนวนหัวปล่อยน้ำจากสมการ 4.2

$$Ne = \frac{100}{2} = 50 \text{ หัว}$$

หาอัตราการไหลของน้ำที่ต้นทางของท่อจากสมการที่ 4.1

$$Q1 = \frac{50 \times 8}{3600} = 0.111 \text{ ลิตร/วินาที}$$

หาค่าการสูญเสียแรงดันจากสมการ 4.3

$$H1 = 5.35 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}}$$

แทนค่า

$$H1 = 5.35 \times \frac{0.111^{1.852}}{1.4^{4.871}} \times 100 = 1.77 \text{ เมตร}$$

∴ แรงดันที่สูญเสียทั้งหมด = 1.77 เมตร

4.4 <u>หาความดันที่ลดลงตามความยาวของท่อแขนง</u>

เนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลในท่อแขนง จะลดลงตามความยาวที่เพิ่มขึ้น เส้นที่แสดงความลาดเทของความดันก็จะไม่เป็นเส้นตรง แต่จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งแบบสมการยกกำลัง (exponential) ลักษณะของเส้นแสดงความลาดเทของความดัน จะอธิบายได้โดยใช้เส้นแสดงความลาดเทความดันแบบไร้มิติดังสมการ

$$Ri = 1 - (1 - i)^{2.852} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4.4$$

เมื่อ

Ri = $\Delta H1_i / \Delta H1$ ซึ่งเรียกว่าอัตราส่วนของความดันที่ลดลง

$\Delta H1$ = ความดันที่ลดลงทั้งหมดที่หาได้จากสมการ 4.3 เมตร

$\Delta H1_i$ = ความดันที่ลดลงทั้งหมดเป็นเมตร ที่แต่ละส่วนของความยาว i เมตร

i = อัตราส่วนความยาว $1/L$

1 = ส่วนของความยาวที่กำหนด วัดจากทางต้นทางของท่อ เมตร

L = ความยาวทั้งหมดของท่อ เมตร

สมการ 4.4 นี้ สามารถที่จะใช้หารูปลักษณะการลดลงของความดันในท่อแขนง เมื่อได้คำนวณหาความดันที่ลดลงทั้งหมดในท่อ

อย่างไรก็ตามถ้าท่อแขนงวางอยู่บนที่พื้นราบ การเปลี่ยนแปลงของความดันในท่อจะแสดงได้โดยเส้นแสดงความลาดเทของความดันดังกล่าว แต่ถ้าท่อวางอยู่บนพื้นที่ที่มีความลาดเทไม่ว่าจะขึ้นหรือลง ความลาดเทนี้จะมีผลกระทบโดยตรง ต่อการเปลี่ยนแปลงความดันในท่อ การเปลี่ยนแปลงความดันตามความยาวของท่อสามารถที่จะหาได้โดยการรวมเป็นเส้นเดียวกันระหว่างความลาดเทของพื้นที่กับความลาดเทของความดันที่ลดลง ซึ่งสามารถที่จะแสดงในรูปของความลาดเทของแรงดันทั้งหมดได้

$$\frac{dh}{dL} = -Sf \pm So \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4.5$$

ในเมื่อ

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

Sf = ความลาดเทของความดันที่ลดลงเนื่องจากความฝืด

So = ความลาดเทของท่อ

เครื่องหมายบวกแสดงว่าท่อมีความลาดเทลงไปในขณะที่เครื่องหมายลบแสดงว่าท่อมีความลาดเทขึ้น สมการ 4.5 นี้สามารถที่จะใช้ได้กับพื้นที่ที่มีความลาดเททั้งสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอ

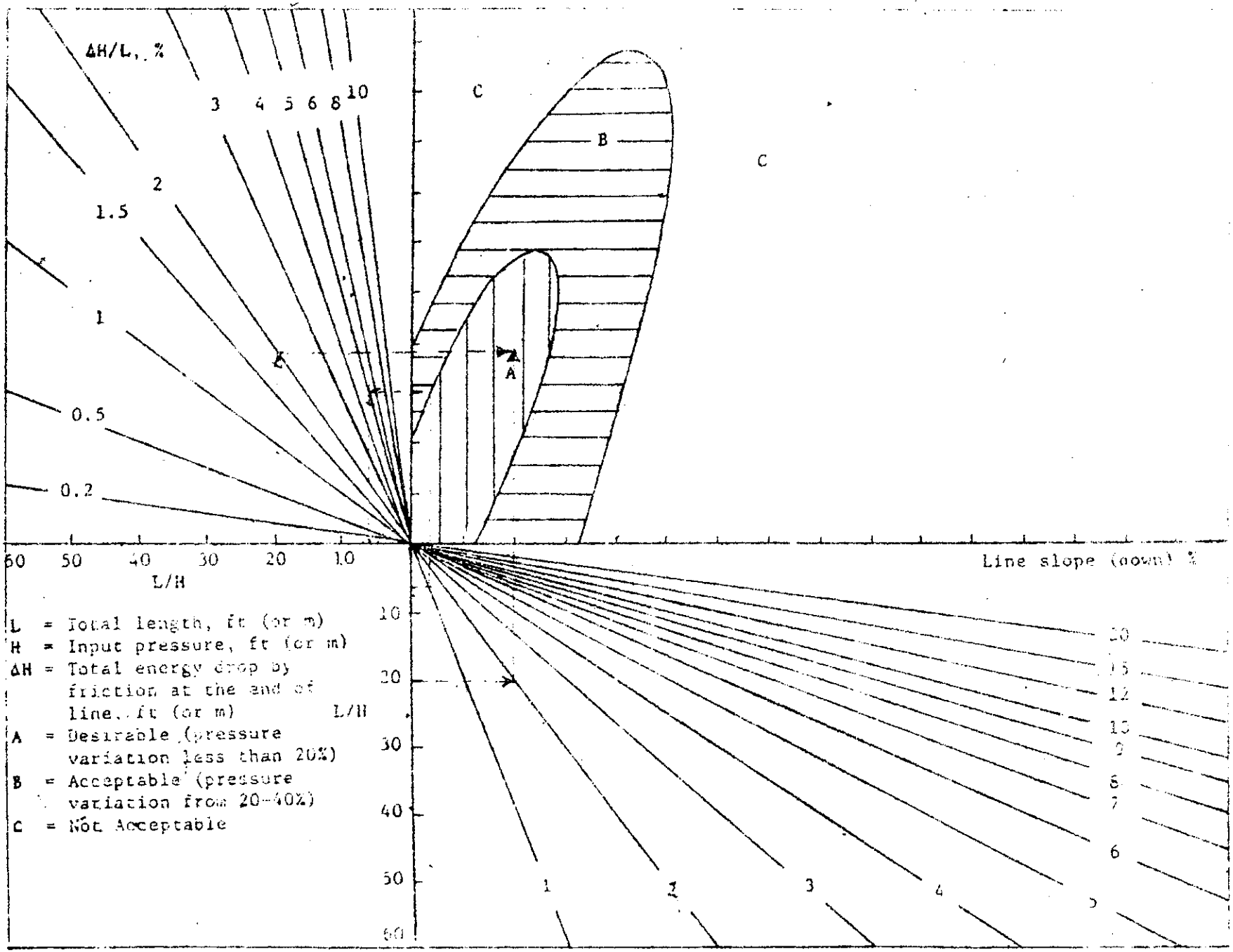
4.5 การคำนวณหาขนาดท่อแขนงโดยอาศัยกราฟ

วิธีการคำนวณหาขนาดท่อแขนงอย่างง่ายนี้ อาศัยการคำนวณโดยใช้ Chart รูปที่ 4.1 หรือ รูปที่ 4.2 และ Nomograph รูปที่ 4.3 ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย ดร. I-pai Wv แห่งมหาวิทยาลัยฮาวาย พอสรุปขั้นตอนในการใช้ดังต่อไปนี้

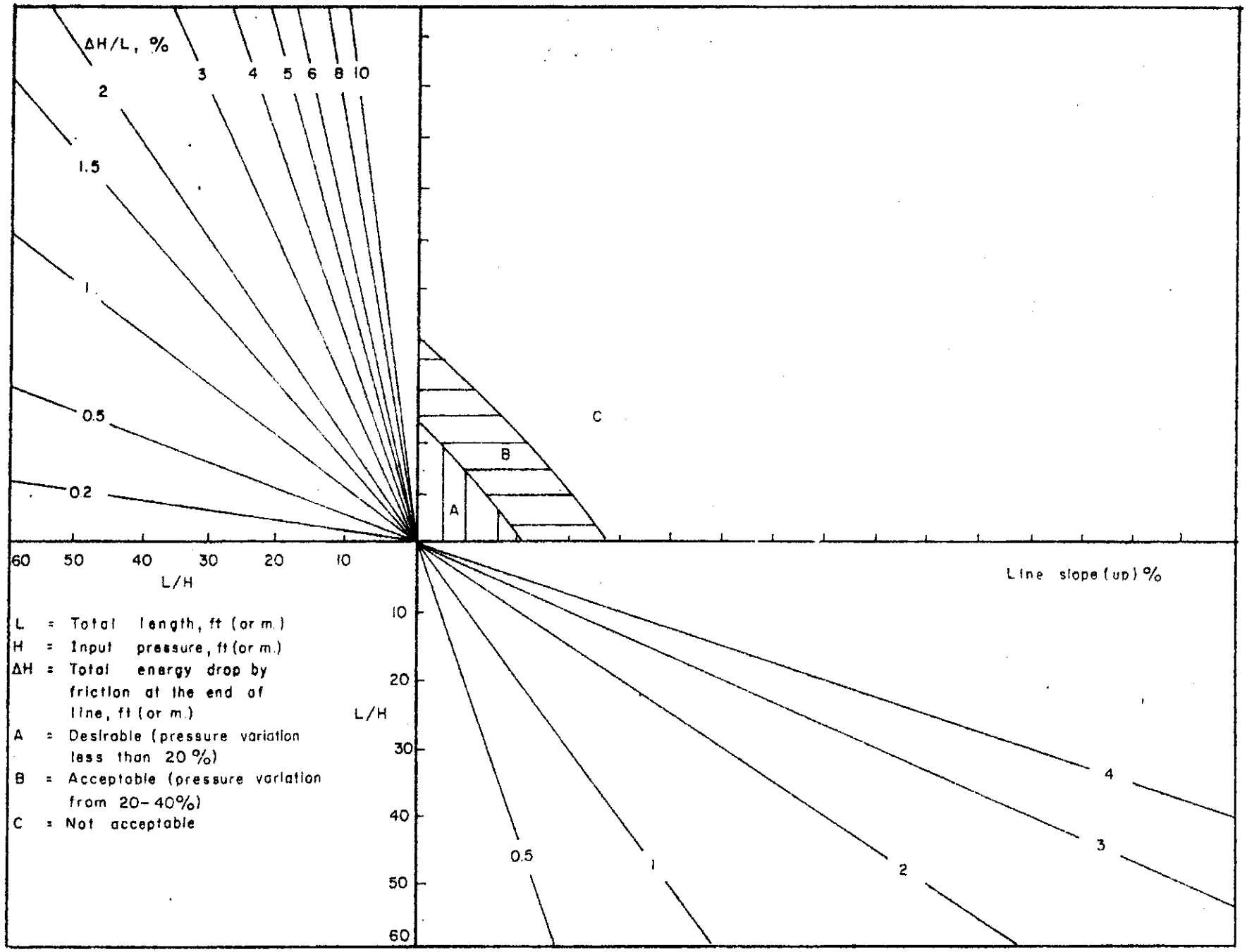
Chart รูปที่ 4.1 ใช้ในกรณีพื้นที่มีความลาดเทลงตามแนวท่อแขนง

Chart รูปที่ 4.2 ใช้ในกรณีพื้นที่มีความลาดเทขึ้นตามแนวท่อแขนง

L = ความยาวทั้งหมดของท่อแขนง เมตร



รูปที่ 4.1 ภาพเส้นไร้มิติ สำหรับการคำนวณออกแบบท่อทั่วไป (พื้นที่ลาดลง)



รูปที่ 4.2 ภาพเส้นไร้มิติสำหรับการคำนวณออกแบบท่อทั่วไป (พื้นที่ลาดขึ้น)

H = แรงดันใช้งาน เมตร

ΔH = แรงดันทั้งหมดที่ลดลงที่ปลายท่อเนื่องจากความเสียดทาน เมตร

A = ข้อกำหนดที่นิยมใช้ (แรงดันที่ยันแปรในท่อน้อยกว่า 20 %)

B = ข้อกำหนดที่ยอมรับได้ (แรงดันที่ยันแปรในท่ออยู่ระหว่าง 20-40 %)

C = ใช้ไม่ได้

การคำนวณวิธีนี้ใช้ประโยชน์ได้เป็น 2 กรณี คือ กรณีแรกใช้พิจารณาเลือกขนาดของท่อที่เหมาะสม กรณีที่ สอง ใช้ตรวจสอบดูว่าขนาดท่อที่ออกแบบแล้วนั้นใช้ได้หรือไม่

4.5.1 <u>การเลือกขนาดท่อที่เหมาะสม</u>

1. คำนวณหาค่า L/H แล้วนำไปกำหนดจุดใน Chart รูปที่ 4.1 หรือรูปที่ 4.2 (Quadrant III)
2. จากค่า L/H ลากเส้นในแนวนอนไปยังเส้นแสดงความเลาะเหรองพื้นที่ทราบค่า (ใน Quadrant IV) จากจุดพบนี้ ลากเส้นในแนวดิ่งไปยัง Quadrant I
3. จากเส้นในแนวดิ่งในข้อ 2 นี้ ลากให้ไปตัดขอบบนของเขต A หรือ เขต B โดยขึ้นอยู่กับเกณฑ์การออกแบบที่กำหนดคือ ถ้ายอมให้แรงดันต่างกันไม่เกิน 20 % ก็ใช้ขอบบนของเขต A ถ้ายอมให้แรงดันต่างกันอยู่ในช่วง 20-40 % ก็ใช้ขอบบนของเขต B จากจุดที่ได้นี้ลากเส้นในแนวนอนไปยัง Quadrant II
4. จากค่า L/H (ใน Quadrant II) ลากเส้นในแนวดิ่งขึ้นไปตัดกับเส้นที่ลากมาจากข้อที่ 3 จะได้จุดตัดจุดหนึ่ง
5. ประเมินค่า $\Delta H/L$ (ใน Quadrant II) จากจุดตัดในข้อที่ 4
6. จากรูปที่ 4.3 Nomograph ใช้ค่าปริมาณการไหลทั้งหมด (Q) ที่หาได้ และค่า $\Delta H/L$ ที่ได้จากข้อ 5 หาขนาดท่อแขนงที่เล็กที่สุดได้ตามต้องการ

ตัวอย่างที่ 4.3

ใช้ท่อแขนงในแปลงปลูกผักยาว 60 เมตร และพื้นที่มีลักษณะลาดเทลง 1 % ตามแนวท่อแขนงหัวปล่อยน้ำติดอยู่บนท่อแขนงห่างกัน 30 ซม. หัวปล่อยน้ำมีปริมาณการไหล หัวละ 4 ลิตรต่อชม. แรงดันใช้งาน 10 เมตร ให้หาขนาดท่อแขนง (ยอมให้แรงดันในท่อแขนงต่างกันไม่เกิน 20 %)

วิธีทำ

จากข้อมูลที่กำหนด

ท่อแขนงยาว (L) = 60 เมตร

แรงดันใช้งาน (H) = 10 เมตร

จำนวนหัวปล่อยน้ำ = $\frac{6000}{30}$ 200 หัว

ปริมาณการไหลของน้ำในท่อทั้งหมด (Q) = 200 x 4 = 800 ลิตร/ชม.

= 0.22 ลิตร/วินาที

ขั้นตอนในการหาจาก Chart และ Nomograph.

(1) คำนวณค่า L/H = $\frac{60}{10}$ = 6 และมีความลาดเทลง 1 %

(2) จากรูปที่ 4.1 ใช้เขต A ในการพิจารณาจะได้ค่า $\frac{\Delta H}{L}$ = 5

(3) จากรูปที่ 4.3 Nomograph ใช้ Q = 0.22 ลิตร/วินาที และ $\frac{\Delta H}{L}$ = 5 จะได้ขนาดของท่อเล็กที่สุด 16 มม.

4.5.2 การตรวจสอบว่าขนาดของท่อที่กำหนดขึ้นใช้ได้หรือไม่

1) คำนวณค่า L/H และปริมาณการไหลทั้งหมด (Q)

2) จากรูปที่ 4.3 Nomograph ใช้ Q และขนาดของท่อที่กำหนด หาค่า $\Delta H/L$

3) จากรูปที่ 4.1 หรือ 4.2 สำหรับค่า L/H (ใน Quadrant III) ลากเส้นในแนวดิ่งขึ้นไปชนกับค่า H/L ที่หาได้ในข้อ 2 (ใน Quadrant II) และจากจุดดังกล่าวลากเส้นในแนวนอนไปยัง Quadrant ที่ I

4) จากค่า L/H (ใน Quadrant III) ลากเส้นในแนวนอนไปยังเส้นความลาดเทของพื้นที่ที่กำหนด (ใน Quadrant IV) แล้วลากจุดที่ได้ลากเส้นในแนวดิ่งไปยัง Quadrant I

5) จากจุดที่ลากไปตัดกันของข้อที่ 3 และข้อที่ 4 ใน Quadrant I ดูว่าตกอยู่ในเขตไหน ถ้าเขต A ใช้ได้ ถ้าเขต B พอยอมรับได้ ถ้าเขต C ใช้ไม่ได้

ตัวอย่างที่ 4.4

แรงดันใช้งานในท่อแขนงคือ 5 เมตร ท่อแขนงยาว 100 เมตร ปริมาณการไหลทั้งหมด 0.3 ลิตร/วินาที พื้นที่ลาดเทลง 2 % ตามแนวท่อแขนง และท่อแขนงที่ใช้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มม. ให้ตรวจสอบว่าขนาดดังกล่าวใช้ได้หรือไม่

วิธีทำ

ใช้รูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.3 ดังต่อไปนี้

(1) คำนวณ $L/H = \frac{100}{5} = 20$

(2) จากรูปที่ 4.3 Q = 0.3 ลิตร/วินาที, D = 20 มม. จะได้ค่า $\Delta H/L$ 1.90

(3) ในรูปที่ 4.1 จากค่า $L/H = 20$ ใน Quadramt III ลากเส้นในแนวนอนไปยังเส้นลาดเท 2 % ใน Quadrant IV จากจุดนี้ลากเส้นในแนวดิ่งไปยัง Quadrant I

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

(5) จากจุดตัดของเส้นทั้งสองใน Quadrant I ซึ่งตกอยู่ในเขต A แสดงว่าใช้ได้

4.6 การคำนวณหาขนาดท่อแขนงอย่างง่าย

เนื่องจากหัวปล่อยน้ำส่วนใหญ่ที่ใช้กันในประเทศไทยนั้น เป็นแบบชนิดที่สามารถปรับอัตราการไหลให้มากหรือน้อยได้ที่หัวโดยตรง ซึ่งนับว่าเป็นแบบที่ใช้ง่าย มีราคาประหยัด การวัด

ปริมาณน้ำก็อาศัยการตวงวัด และการจับเวลาครั้งละประมาณ 1 นาที เป็นอย่างน้อย หรือปริมาตรที่วัดแต่ละครั้งอย่างน้อยควรจะไม่ต่ำกว่า 100 ซม.^{3} แล้วก็ปรับจนกว่าจะได้อัตราที่พอใจ และใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับตัวอื่น ๆ โดยประมาณต่อไป ซึ่งการทำเช่นนี้จะเห็นว่าความแตกต่างของแรงดันในท่อแขนงจะไม่ใช่สิ่งสำคัญที่จะทำให้อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำแตกต่างกัน อยู่ที่ความสามารถของผู้ปรับ แต่อย่างไรก็ดี เพื่อเป็นการประหยัดในการเลือกใช้ขนาดท่อที่เหมาะสม มีข้อแนะนำว่าความเร็วของน้ำในท่อแขนงไม่ควรมากกว่า 2 เมตรต่อวินาที จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายจากน้ำกระแทก อย่างฉับพันตอนเปิดปิดน้ำเร็ว ๆ

ฉนั้นจะสามารถหาขนาดของท่อจากข้อกำหนดดังกล่าวได้โดยอาศัยสมการ

$$D = 2.52 \sqrt{Q1} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 4.6$$

เมื่อ

Q1 = อัตราการไหลของน้ำในท่อแขนง ลิตร/วินาที

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อขนาดที่เล็กที่สุดที่ใช้ได้ ซม.

<u>ตัวอย่างที่ 4.5</u> ใช้ท่อแขนงสำหรับปลูกพืชยาว 100 เมตร ใช้หัวปล่อยน้ำชนิดปรับอัตราการไหลได้ โดยพยายามปรับให้แต่ละหัวมีอัตราการไหลเฉลี่ย 4 ลิตรต่อชม. และแต่ละหัวอยู่ห่างกัน 50 ซม. ให้หาขนาดของท่อแขนง

<u>วิธีทำ</u>

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

หาปริมาณการไหลของน้ำในท่อทั้งหมด 4×200

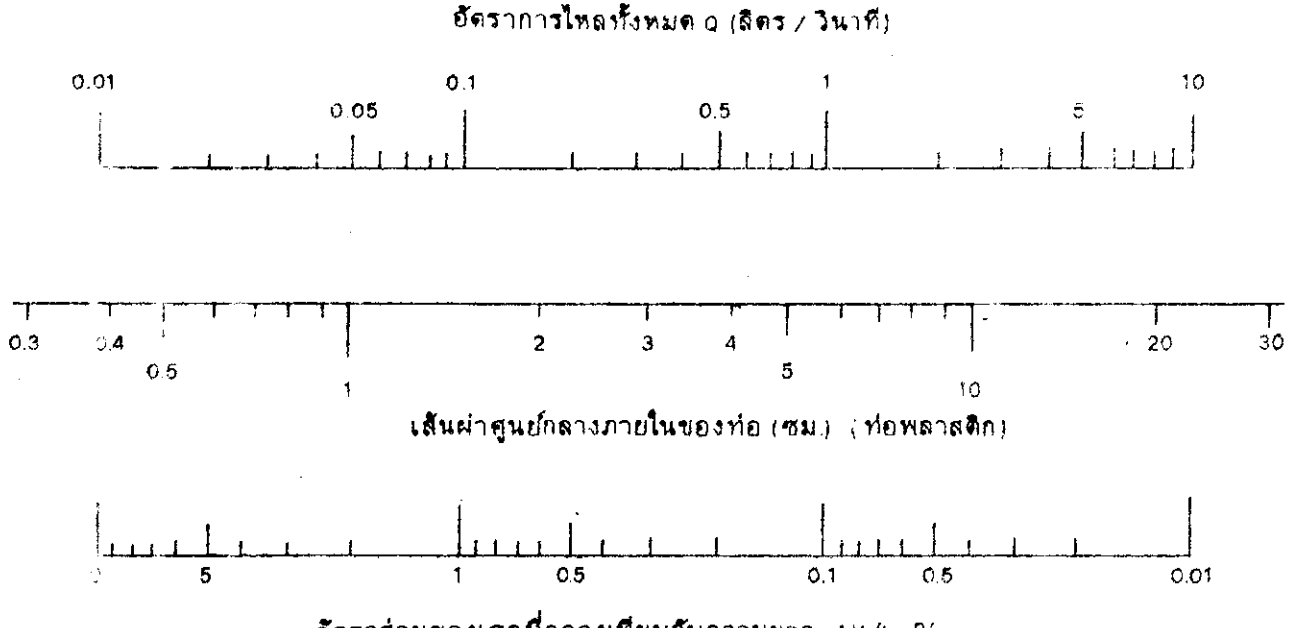
$= 800$ ลิตร/ชม. $= 0.22$ ลิตร/วินาที

หาขนาดของท่อที่เล็กที่สุดได้จากสมการ 4.6

$$D = 2.52 \sqrt{Q1} \text{ ซม.}$$

แทนค่า

$$D = 2.52 \times \sqrt{0.22} = 1.18 \text{ ซม.} = 12 \text{ มม.}$$



รูปที่ 4.3 ภาพเส้นสำหรับการออกแบบท่อแขนงและท่อประธานแยก

∴ ขนาดท่อที่เล็กที่สุด 12 ? มม.

เพื่อความรวดเร็วอาจจะอาศัยตารางที่ 4.1 ช่วยก็ได้

ตารางที่ 4.1 แนวทางการพิจารณาเลือกขนาดท่อแขนง

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

บทที่ 5 การคำนวณออกแบบระบบชลประทานแบบหยด

โดยที่การออกแบบระบบการให้น้ำแบบที่ใช้ท่อ และมีการส่งน้ำออกจากท่อเป็นระยะ ๆ นี้ ค่อนข้างจะทำได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยตรง ทั้งนี้เพราะปริมาณน้ำที่ไหลอยู่ในท่อจะลดลงตามความยาวของท่อ ทำให้การคำนวณหาอัตราการลดลงของพลังงานในท่อลำบากจะยุ่งยาก ฉะนั้นเรื่องที่จะหาวิธีการออกแบบที่ค่อนข้างง่ายโดยการใช้สมการทางด้านชลศาสตร์ การคำนวณทางคณิตศาสตร์ ประกอบการใช้แผนภูมิและแผนภาพช่วยในการออกแบบหาขนาดของท่อประเภทต่าง ๆ ที่ใช้อยู่ในระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด

5.1 หลักชลศาสตร์เบื้องต้น ระบบการให้น้ำแบบน้ำหยดจะประกอบด้วยท่อพลาสติก ขนาดต่าง ๆ กัน ท่อพลาสติกที่ใช้ในระบบการให้น้ำโดยทั่วไป จะถือว่าเป็นท่อที่มีผิวเรียบ (Smooth Pipe) มีสมการหลายสมการที่สามารถนำมาใช้แสดงลักษณะการไหลแบบต่าง ๆ ในท่อ แต่สมการที่นิยมใช้กันมากที่สุดก็คือ empirical formula ของ William and Hazen (1960) สำหรับท่อที่มีผิวเรียบ (C =150 และลักษณะการไหลเป็นแบบปั่นป่วน สมการของ Williams and Hazen ที่เขียนโดยใช้หน่วยการวัดระบบเมตริกก็คือ

$$Hf = 15.27 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.1$$

เมื่อ Hf = เฮด (พลังงานต่อหน่วยน้ำหนัก) ที่ลดลงเนื่องจากความฝืด เมตร

Q = อัตราการไหลในท่อ ลิตร/วินาที

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ ซม.

L = ความยาวของท่อ เมตร

สมการนี้จะใช้สำหรับหาค่าของเฮดที่ลดลงเฉพาะในส่วนของท่อประธานเท่านั้น

การไหลในท่อประธานย่อยและท่อแขนงจะมีลักษณะคงที่ แต่ปริมาณน้ำที่ไหลในท่อจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณที่ถูกส่งออกจากหัวน้ำหยด ที่ระยะต่าง ๆ และเนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลในท่อจะลดลงตามความยาวของท่อ ดังนั้นพลังงานที่ลดลงทั้งหมดจะมีค่าน้อยกว่าที่หาได้จากสมการที่ 5.1 โดยตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่า

1) ท่อแขนงและท่อประธานย่อยจะมีน้ำไหลออกด้วยจำนวนที่เท่า ๆ กัน ตลอดระยะความยาวของท่อ

2) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อประธานย่อยหรือท่อแขนงคงที่เท่ากันตลอดความยาว นั่นคือ

$$Q1 = (Q/_{L}) \quad (L/1) \qquad \text{..... 5.2}$$

ในเมื่อ

Q1	=	อัตราการไหลที่ระยะ 1 จากทางเข้า	ลิตร/วินาที
Q	=	อัตราการไหลที่ทางเข้า	ลิตร/วินาที
L	=	ความยาวทั้งหมดของท่อ	เมตร
1	=	ระยะจากทางเข้าถึงจุดกำหนด	เมตร

และได้แนะนำการหาค่าพลังงานที่ลดลงในท่อประธานย่อยหรือท่อแขนง ซึ่งค่าพลังงานในท่อจะลดน้อยลงประมาณ 35 % หรือเรียกว่า " กฎ 35 เปอร์เซ็นต์ " ดังสมการของท่อประธานย่อยและท่อแขนงคือ

$$\Delta HL = 5.35 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} L \qquad \text{..... 5.3}$$

เมื่อ

ΔHL	=	เฮดหรือพลังงานที่ลดลงทั้งหมดเนื่องจากความฝืดที่ปลายสุดของท่อประธานย่อย หรือท่อแขนง	เมตร
Q	=	ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ทางเข้าของท่อประธานย่อย (ท่อแขนง)	ลิตร/วินาที
D	=	เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อประธานย่อย (ท่อแขนง)	ซม.
L	=	ความยาวทั้งหมดของท่อประธานย่อย (ท่อแขนง)	เมตร

5.2 การออกแบบท่อประธานย่อย

เนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลในท่อประธานย่อย (ท่อแขนง) จะลดลงตามความยาวที่เพิ่มขึ้น เส้นที่แสดงความลาดเทของพลังงานก็จะไม่เป็นเส้นตรง แต่จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ลักษณะของเส้นแสดงความลาดเทของพลังงานจะอธิบายได้โดยใช้เส้นแสดงความลาดเทของพลังงานไร้มิติดังนี้

ดูรูป 5.1 เป็นการแสดงเส้นลาดพลังงาน (energy grade line) ไร้มิติ และได้สมการคือ

$$\frac{\Delta H1}{\Delta HL} = 1 - (1 - 1/L)^{2.852} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.4$$

ในเมื่อ

$\Delta H1$ = การสูญเสียพลังงาน (เฮด) ที่ระยะ 1 เมตร

ΔHL = การสูญเสียพลังงาน (เฮด) ทั้งหมด เมตร

อย่างไรก็ตามถ้าท่อของระบบการให้น้ำทั้งท่อประธานย่อยหรือท่อแขนงวางอยู่บนพื้นราบ การเปลี่ยนแปลงเฮดในท่อจะแสดงโดยเส้นแสดงความลาดเทของพลังงาน แต่ถ้าท่อวางอยู่บนพื้นที่ที่มีความลาดเทไม่ว่าจะขึ้นหรือลง ความลาดเทนี้จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงเฮดภายในท่อ การเปลี่ยนแปลงของเฮดตามความยาวของท่อสามารถที่จะหาได้โดยการรวมเส้นตรง ความลาดเทของพลังงานในท่อกับความลาดเทของพื้นดิน โดยถือว่าการเปลี่ยนแปลงของเฮด เนื่องจากความเร็วของน้ำภายในท่อมีค่าน้อยมาก ซึ่งสามารถแสดงในรูปของสมการได้ดังนี้

$$Pl = Pi - \Delta Hl + (So1) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.5$$

ในเมื่อ

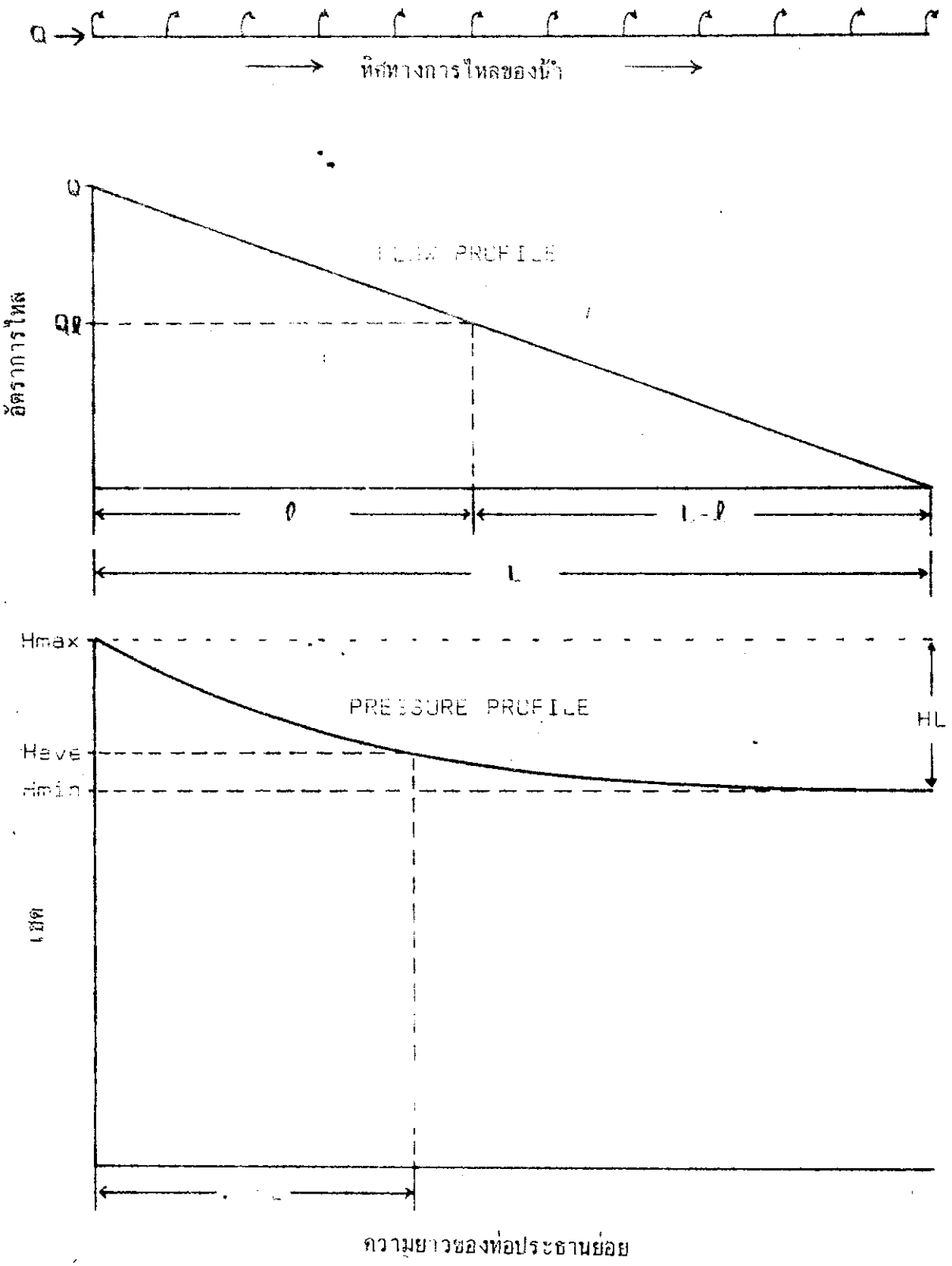
Pl = เฮดที่เกิดขึ้นที่ระยะ 1 เมตร

Pi = เฮดที่ทางเข้า เมตร

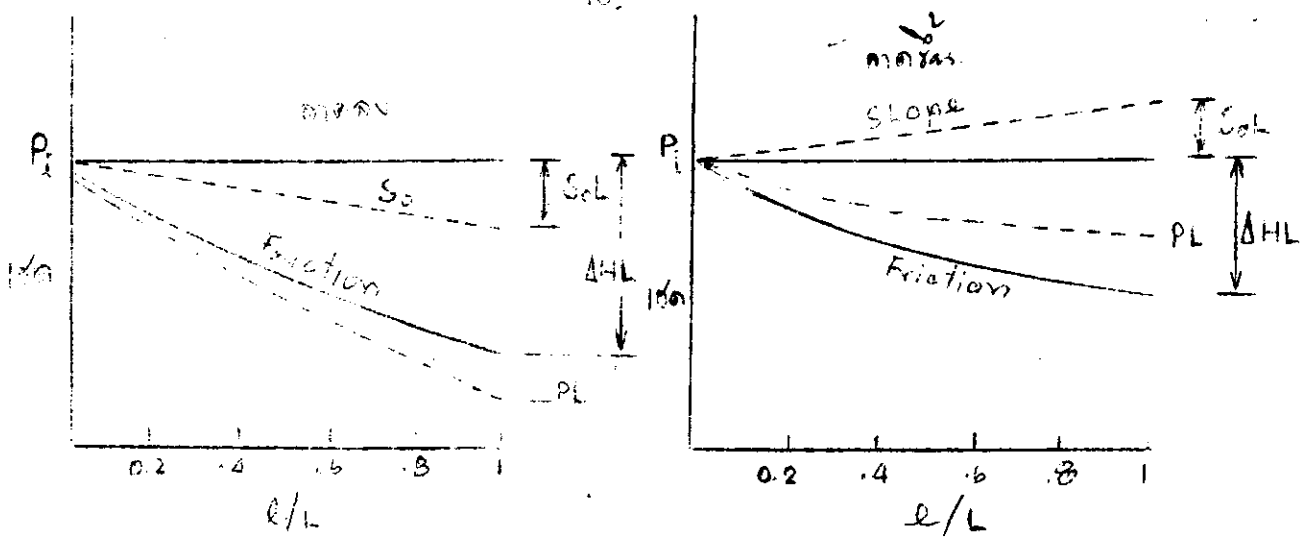
Hl = การสูญเสียเฮดเนื่องจากความฝืด เมตร

So = ความลาดเทของพื้นที่ เป็นจุดทศนิยม
(+ ลาดเทลง - ลาดเทขึ้น)

1 = ระยะจากทางเข้า เมตร



รูปที่ 5.1 แสดงเส้นลาดพลังงาน (Hydraulic Grade Line) ของท่อประธานย่อยหรือท่อแขนง



และจากสมการ 5.2 และ 5.3 แทนลงในสมการ 5.4 จะได้สมการ 5.4เพื่อหาเฮดที่จุดต่าง ๆ ของท่อประธานย่อย หรือท่อแขนงที่ต้องการทราบคือ

$$P_l = P_i - 5.35\left[\frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}}\ L\right]\left[1-(1-l/L)^{2.852}\right] + So_l \quad \ldots\ldots 5.6$$

ตัวอย่าง 5.1 หาเฮด (ความดัน) ที่ระยะต่าง ๆ ของท่อประธานย่อย โดยใช้ท่อ PVC ชั้น 8.5 ขนาด 4" (10.26 ซม. I.D) ต่อไปใช้กับพื้นที่เพาะปลูกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยวางตามความลาดเทของพื้นที่ ลาด 2 % ท่อประธานย่อยยาว 100 เมตร โดยมีอัตราการจ่ายน้ำที่ต้นทาง 25.0 ลิตร/วินาที และมีเฮดที่ต้นทาง 10 เมตร

วิธีทำ

หาเฮดที่ระยะแบ่งเป็นเท่า ๆ กัน คือ ทุก ๆ 20 เมตร ใช้สมการ 5.5 คำนวณที่ละค่าดังนี้ เช่นที่ระยะ 1 = 20 เมตร หา Hl จากสมการ 5.3 และ 5.4 คือ

$$\Delta H_l = \left[5.35\ \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}}\ L\right]\left[1-(1-l/L)^{2.852}\right]$$

แทนค่า

$$= \left[(5.35 \times \frac{25^{1.852}}{10.26^{4.871}} \times 100)\right]\left[1-(1-\frac{20}{100})^{2.852}\right]$$

$$H_{20} = 2.46 \times .47 = 1.16 \text{ เมตร}$$

หรือเขียนความสะดวกทำเป็นตารางดังนี้

l	Pi	- Hl	+ SoL	= Pl
0	10	0	0	10
20	10	1.16	0.40	9.24
40	10	1.89	0.80	8.91
60	10	2.28	1.20	8.92
80	10	2.43	1.60	9.17
100	10	2.46	1.80	9.34

ถ้าการใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่ปรับอัตราการไหลที่หัวไม่ได้อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำจะสม่ำเสมอแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับเฮดที่เปลี่ยนแปลงภายในท่อเป็นสำคัญ

สำหรับข้อแนะนำในการวางท่อนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ความลาดเทของพื้นที่ ปกติแล้วท่อแขนงจะวางตามชั้นความสูง (Contour) ถ้าเป็นไปได้ท่อประธานย่อยจะวางไปตามความลาดเทของพื้นที่

ท่อประธานย่อยก็คำนวณคล้ายท่อแขนง โดยพิจารณาว่าท่อแขนงเหมือนหัวปล่อยน้ำ การสูญเสียเฮดทั้งหมดของท่อประธานย่อยควรจะต้องรวมถึงเครื่องกรอง ประตูน้ำ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ การสูญเสียเฮดของท่อประธานย่อยควรจะประมาณ 10 ถึง 15 % ของเฮดใช้การและควรใกล้เคียงกับการสูญเสียเฮดเนื่องจากความฝืดในท่อแขนง

อย่างไรก็ตามถ้าการใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่ปรับอัตราการไหลได้นั้น ที่ต้นทางของท่อแขนงควรจะติดตั้งประตูน้ำเพื่อควบคุมปริมาณน้ำในแต่ละแถว ก็จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพดีขึ้น แต่ถึงไม่ใช้ก็ไม่มีอะไรเสียหายมากนัก เพียงแต่อาจไม่สะดวกในการควบคุมน้ำเท่านั้น และการหาขนาดของท่อประธานย่อยก็ใช้ข้อกำหนดที่แนะนำว่า ความเร็วของน้ำไม่ควรเกิน 2 เมตรต่อวินาที ซึ่งสามารถหาความเร็วของน้ำในท่อได้จากสมการ

$$V = 12.7 \frac{Q}{D^2} \quad \text{..... 5.7}$$

และหาขนาดของท่อประธานย่อยจากข้อกำหนดดังกล่าวจากสมการ

$$D = 2.52\ Q^{0.5} \quad \text{..... 5.8}$$

เมื่อ

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

ตัวอย่างที่ 5.2 หาขนาดที่เหมาะสมของท่อประธานย่อย ซึ่งใช้ท่อ PVC เชื่อต่อไปใช้กับพื้นที่เพาะปลูก ด้วยหัวปล่อยน้ำที่ใช้เป็นชนิดปรับอัตราการไหลได้ และต้องใช้ท่อประธานย่อยยาว 100 เมตร โดยคำนวณอัตราการจ่ายน้ำที่ต้นทางได้ 10.0 ลิตร/วินาที

วิธีทำ

ถ้าใช้ท่อขนาดเดียว โดยกำหนดให้ความเร็วในท่อไม่เกิน 2 เมตรต่อวินาที ก็สามารถหาขนาดของท่อที่เล็กที่สุดได้จากสมการ 5.8 คือ

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

แทนค่า

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

$\therefore$ ท่อประธานย่อยควรจะเริ่มด้วย 3 นิ้ว

เนื่องจากท่อประธานย่อย ส่วนมากใช้ท่อ PVC และมักจะบอกขนาดเป็นนิ้ว ฉะนั้นเพื่อความรวดเร็วในการพิจารณาขนาดท่อ เมื่อทราบอัตราการไหลโดยอาศัยตามรางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แนวทางการพิจารณาเลือกขนาดท่อประธานย่อย

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

5.3 <u>การออกแบบท่อประธาน</u> สำหรับระบบการให้น้ำแบบหยดชนิดง่าย ๆ ที่ท่อประธานจะทำการส่งน้ำให้แก่พื้นที่เพียงหนึ่งหรือสองแปลง การออกแบบท่อประธานก็จะไม่เป็นปัญหามากนัก ขนาดของท่อประธานที่ต้องการ ก็จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำทั้งหมดที่ไหลอยู่ในท่อ ความยาวของท่อ และค่าของพลังงานที่มากที่สุดที่ยอมให้ลดลงได้ ซึ่งจะเกี่ยวกับการหาขนาดของเครื่องสูบน้ำและพลังงานที่ใช้ เพราะท่อประธานขนาดเล็กก็ต้องใช้เครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ ถ้าใช้ท่อขนาดใหญ่ ก็มีการเสียพลังงานน้อยลงก็อาจใช้ปั๊มเล็กลงได้ เช่นกัน และมีข้อแนะนำสำหรับความเร็วของน้ำในท่อประธานไม่ควรเกิน 1.5 เมตรต่อวินาที ส่วนพลังงานที่ลดลงหาได้จากสมการ 5.1 หรือหาได้จากรูปที่ 5.2 ภาพสำหรับการออกแบบท่อประธานของระบบการให้น้ำแบบหยด

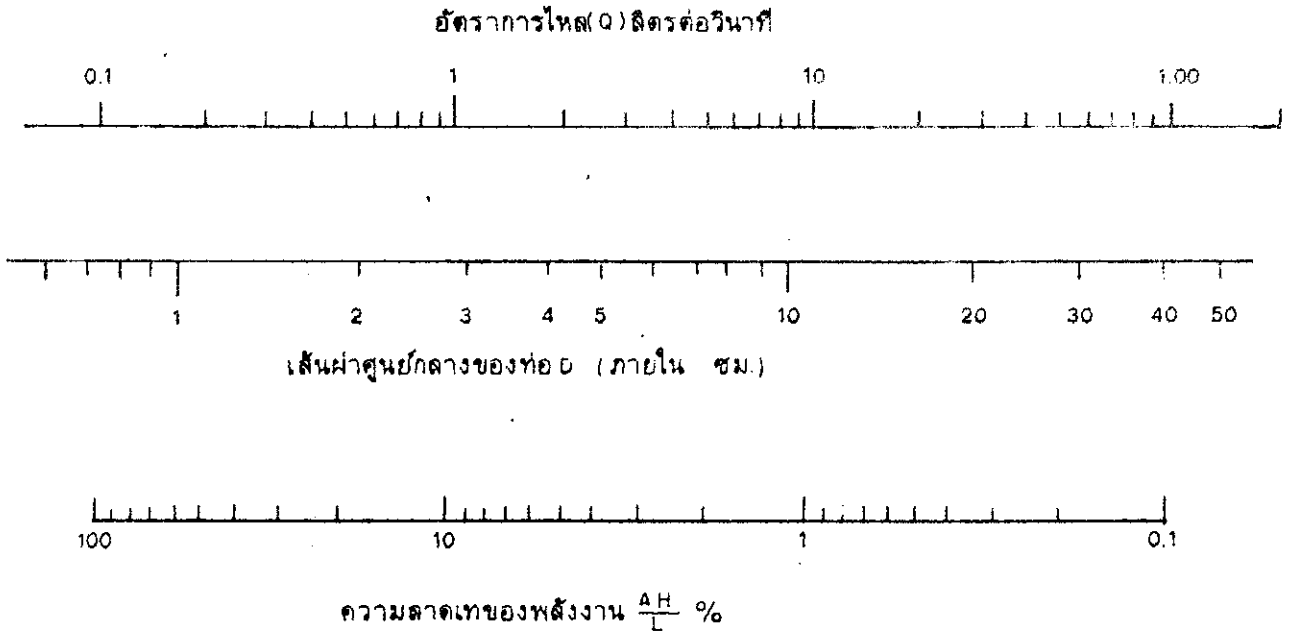
สำหรับการหาขนาดของท่อประธานจากข้อกำหนดความเร็วไม่ควรเกิน 1.5 เมตร /วินาที จะได้สมการคือ

$$D = 2.91\ Q^{0.5} \qquad \text{..... 5.9}$$

ในเมื่อ

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อประธาน ซม.

Q = อัตราการไหลของน้ำในท่อประธาน ลิตร/วินาที



รูปที่ 5.2 ภาพสำหรับการออกแบบท่อประธานของระบบการให้น้ำแบบหยด

ตัวอย่างที่ 5.3 หาขนาดของท่อประธานและเฮดที่ลดลงโดยให้ท่อประธานจ่ายน้ำให้แก่พื้นที่ทั้งหมดด้วยอัตราการไหลของน้ำ 40 ลิตรต่อวินาที ท่อยาว 80 เมตร

วิธีทำ

หาขนาดของท่อจากสมการ 5.9

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

แทนค่า

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

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

หาเฮดที่ลดลง (ΔH) โดยอาศัยรูปที่ 5.2

เมื่อ $Q = 40$ ลิตร/วินาที $D = 19.4$ ซม. $L = 80$ เมตร

จะได้ $\frac{\Delta H}{L} = \frac{0.8}{100}$

$$\therefore H = \frac{0.8 \times 80}{100} = 0.64 \text{ เมตร}$$

ถ้าใช้ท่อขนาด 6" (14.8 ซม.) จะได้ $\frac{\Delta H}{L} = \frac{3.6}{100}$

$$\Delta H = \frac{3.6 \times 80}{100} = 2.88 \text{ เมตร}$$

ตารางที่ 5.2 แนวทางการพิจารณาเลือกขนาดท่อประธาน

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

5.4 สรุปการคำนวณออกแบบหาขนาดของท่อ

หลักเบื้องต้นของการออกแบบระบบการให้น้ำแบบหยดก็คือ การแสดงถึงความแตกต่างของปริมาณน้ำที่ส่งเข้าไปในท่อแขนงของแต่ละท่อประธานย่อย หรือที่ส่งออกจากหัวปล่อยน้ำของแต่ละท่อแขนง ซึ่งจะต้องทำการหาความแตกต่างของเฮดในท่อว่ามีค่าเท่ากับเท่าใด ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำที่ถูกส่งเข้าไปในท่อแขนงหรือที่ถูกส่งออกจากหัวปล่อยน้ำ จะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของแรงดันในท่อ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากแรงเสียดทานภายในท่อ และความลาดเทของพื้นที่

ในการออกแบบท่อแยกประธานและท่อแขนงโดยใช้ Nomograph ที่พัฒนามาจากหลักของศาสตร์เบื้องต้น ทำให้สามารถทำการออกแบบระบบการให้น้ำได้อย่างรวดเร็วในสนาม หรืออาจจะใช้ตรวจสอบระบบการให้น้ำที่กำลังดำเนินการใช้อยู่ว่ามีข้อบกพร่องอย่างไร นอกจากนั้นยังมีการพัฒนา Nomograph สำหรับออกแบบท่อประธานของระบบการให้น้ำ ซึ่งสามารถที่จะนำมาใช้ในการออกแบบได้อย่างรวดเร็ว ถึงแม้ว่าขนาดของท่อประธานที่หาได้โดยวิธีการนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าที่ดีที่สุดก็เพียง 2 เปอร์เซนต์เท่านั้น ซึ่งนับได้ว่าจะมีผลกระทบต่อค่าลงทุนของระบบการให้น้ำน้อยมาก

5.5 การคำนวณหาขนาดของเครื่องสูบน้ำ

ข้อมูลที่ต้องการสำหรับการหาขนาดของเครื่องสูบน้ำได้แก่ อัตราการไหลของน้ำที่ต้องการทั้งระบบ และผลรวมของเฮดทั้งหมดที่คำนวณได้ สำหรับเครื่องสูบน้ำนั้นแยกเป็นตัวปั๊มน้ำและเครื่องให้กำลังงานอันได้แก่ เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

ฉะนั้นขั้นแรกในการคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำนั้นจะต้องคำนวณหาอัตราการไหลทั้งหมดของระบบที่ออกแบบไว้แล้ว ซึ่งก็ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ดูตัวอย่างที่ 3.5

ขั้นที่สองต้องคำนวณหาผลรวมของเฮดทั้งหมดที่มีในระบบอันได้แก่

1. เฮดที่ต้องการที่หัวปล่อยน้ำ เมตร
2. เฮดการสูญเสียในท่อแขนงเนื่องจากความฝืด หาได้จากสมการที่ 4.3 หรือรูปที่ 4.3 เมตร
3. เฮดการสูญเสียในท่อประธานย่อยเนื่องจากความฝืด หาได้จากสมการ 4.3 5.3 หรือรูปที่ 4.3 เมตร

4. เฮดการสูญเสียเนื่องจากข้อต่อต่าง ๆ (ประมาณไม่เกิน 1.0 ม.)

5. เฮดการสูญเสียในท่อประธานเนื่องจากความผืด หาได้จากสมการ 5.1 หรือรูปที่ 5.2 เมตร

6. เฮดการสูญเสียในเครื่องกรองน้ำ (ประมาณ 2-4 เมตร)

7. ระดับน้ำที่ต้องดูดขึ้นหรือระดับผิวดินถึงเครื่องสูบน้ำ เมตร

8. ระดับความสูงต่ำของพื้นที่ ถ้าสูงขึ้นก็บวก ถ้าต่ำลงก็เอาไปลบ เมตร

9. การสูญเสียเฮดอื่น ๆ (คิดประมาณ 10 %)

เมื่อหาเฮดทั้งหมดได้แล้วก็เอามารวมกันเป็นผลรวมของเฮดทั้งหมดที่ต้องการ หลังจากนั้นก็สามารถคำนวณหาขนาดของเครื่องสูบน้ำที่ต้องการได้ดังสมการ

$$HP = \frac{1}{75} Q(\text{ลิตร/วินาที}) \times H \text{ (เมตร)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 5.10$$

หรือ

$$HP = \frac{1}{270} Q \ (\text{ม}^3/\text{ชม.}) \times H \text{ (เมตร)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots 5.10$$

ในเมื่อ

HP = กำลังของเครื่องที่จะฉุดปั๊มน้ำ แรงม้า

Q = อัตราการไหลของน้ำทั้งหมด ลิตร/วินาที หรือ $\text{ม}^3/\text{ชม.}$

H = ผลรวมของเฮดทั้งหมด เมตร

ถ้ากำลังของเครื่องที่ใช้เป็นมอร์เตอร์ไฟฟ้า มักจะบอกเป็นกิโลวัตต์ (Kw) ซึ่งเทียบกันได้คือ

1 HP = 0.746 Kw. หรือ

1 Kw = 1.34 HP.

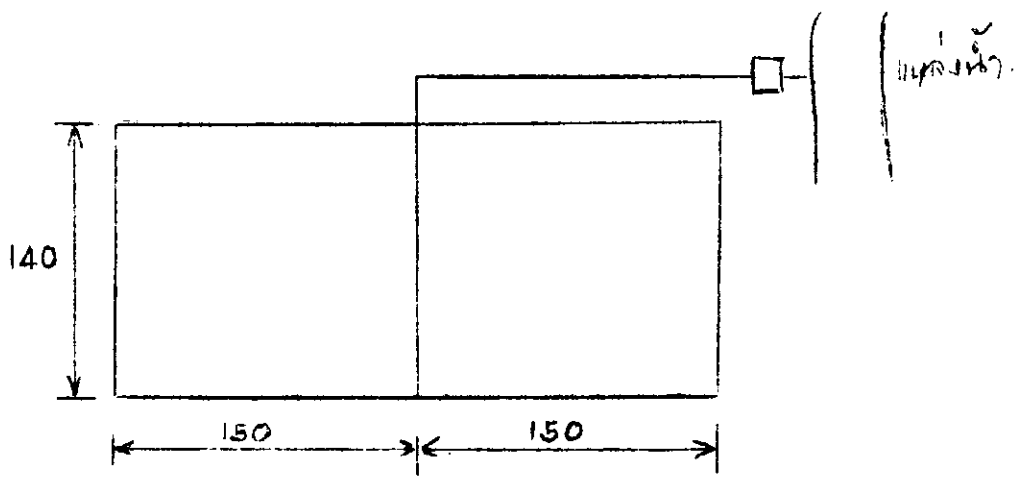
แต่เนื่องจากปั๊มและเครื่องที่ใช้ฉุด ไม่สามารถทำงานได้ประสิทธิภาพ 100 % ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะสามารถทำงานโดยคิดประสิทธิภาพดังนี้

ปั๊มน้ำ	80 %
เครื่องยนต์	60 %
มอร์เตอร์ไฟฟ้า	90 %

หรือสรุปประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำที่เป็นเครื่องยนต์ก็จะมีประสิทธิภาพ 50 % ถ้าเป็นชนิดใช้มอร์เตอร์ไฟฟ้าจะมีประสิทธิภาพ 70 %

ฉะนั้นก่อนจะเลือกขนาดของปั๊มจะต้องเอาประสิทธิภาพไปหาแรงม้าที่คำนวณได้ก่อน จึงจะไปบอกผู้ขายได้ว่าต้องการเครื่องกี่แรงม้า แต่โดยทั่วไปแล้วถ้าเราบอกอัตราการไหลของน้ำที่ต้องการ (Q) กับเฮดทั้งหมดที่ต้องการ (H) ผู้ขายก็จะบอกได้ว่าควรจะใช้กี่แรง โดยวิธีคำนวณดังที่กล่าวมาแล้วหรือก็ดูจากตารางคู่มือของเครื่องสูบน้ำที่โรงงานผู้ผลิตเครื่องสูบน้ำทำขึ้น

<u>ตัวอย่าง 5.4</u> พื้นที่ปลูกมะม่วงขนาดกว้าง 300 เมตรยาว 140 เมตร โดยปลูกมะม่วงให้มีระยะห่าง 5x5 เมตร สมมุติ มะม่วงโตเต็มที่แล้ว และต้องการให้น้ำทุกวัน วันละ 5 ซม. พื้นที่ที่ปลูกอยู่ อ. บางเลน จ. นครปฐม หัวปล่อยน้ำที่ใช้เป็นชนิดปรับอัตราการไหลได้ เครื่องกรองน้ำใช้แบบตะแกรงเบอร์ 155



<u>วิธีทำ</u>

ประเมินอัตราการใช้น้ำของมะม่วงเฉลี่ยต่อวัน 4 มม./วัน

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

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

ท่อประธานย่อยจะมีท่อแขนงสองด้านรวม $2 \times \frac{140}{5} = 56$ สาย

ใช้หัวปล่อยน้ำ 4 หัวต่อระยะห่าง 1 ต้น โดยปล่อยน้ำวันละ 5 ชม.

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

หาอัตราการไหลของท่อแขนงแต่ละสาย $= 30 \times 4 \times 5 = 600$ ลิตร/ชม.

หรือ $= 0.17$ ลิตร/วินาที

จากตารางที่ 4.1 เลือกขนาดท่อแขนง 12 หรือ 14 มม. ในที่นี้ขอเลือก 14 มม. เพื่อว่าต้องการให้น้ำเฉียงวันละ 2 ชม. ก็จะใช้ท่อขนาดนี้ได้

หาการสูญเสียเฮดเนื่องจากความฝืด จากสมการ 4.3

$$H1 = 5.35 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} L$$

แทนค่า

$$\Delta H1 = 5.35 \times \frac{0.17^{1.852}}{1.4^{4.871}} \times 150 = 5.85 \text{ เมตร}$$

หาขนาดของท่อประธานย่อยสมมุติใช้ 4 ขนาด โดยหาอัตราการไหลของน้ำผ่านท่อประธานย่อยในแต่ละช่วง โดยเริ่มจากทางปลายของท่อประธานย่อย โดยอาศัยตารางที่ 5.1 ช่วยในการพิจารณาเลือกขนาด

สมมุติขนาดท่อประธานย่อยเล็กที่สุดใช้ ϕ 1" ซึ่งสามารถนำน้ำได้ด้วยอัตรา 1.50 ลิตร/วินาที

$\therefore$ จะสามารถจ่ายให้ท่อแขนงได้ $= \frac{1.5}{0.17} = 8.8$ สาย คิด 8 สาย

ฉะนั้นท่อ ϕ 1" ส่วนปีกยาว $= 5 \times \frac{8}{2} = 20$ เมตร

<u>ขนาดท่อประธานย่อยช่วงที่ 2</u> จากปลายใช้ ϕ $1\frac{1}{2}$" ซึ่งสามารถนำน้ำได้ด้วยอัตรา 3.00 ลิตร/วินาที ซึ่งจะเหลือ 3-1.5 ลิตร/วินาที

$\therefore$ จะสามารถจ่ายน้ำให้ท่อแขนงได้ 8 สาย เช่นกัน

ฉะนั้นใช้ท่อ ϕ $1\frac{1}{2}$" ยาว = $5 \times \frac{8}{2}$ = 20 เมตร

<u>ขนาดท่อประธานย่อยช่วงที่ 3</u> จากปลายใช้ ϕ 2" สามารถนำน้ำได้ด้วยอัตรา 4.5 ลิตร/วินาที ซึ่งจะเหลือ 4.5 - 3 = 1.5 ลิตร/วินาที

∴ จะสามารถจ่ายน้ำให้ท่อแขนงได้ 8 สาย

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

<u>ขนาดท่อประธานย่อยช่วงที่ 4</u> จากปลายใช้ ϕ 3" สามารถนำน้ำได้ด้วยอัตรา 10 ลิตร/วินาที จึงเ

จึงเหลือ 10 - 4.5 = 5.5 ลิตร/วินาที

∴ จะสามารถจ่ายน้ำให้ท่อแขนงได้ = $\frac{5.5}{0.17}$ = 32 สาย

ฉะนั้นใช้ท่อ ϕ 3" ยาวได้ = $5 \times \frac{32}{2}$ = 80 เมตร

ดังนั้นท่อประธานย่อยจะใช้ดังนี้

ท่อขนาด	ϕ 3"	ยาว	80	เมตร
ท่อขนาด	ϕ 2"	ยาว	20	เมตร
ท่อขนาด	ϕ $1\frac{1}{2}$"	ยาว	20	เมตร
ท่อขนาด	ϕ 1"	ยาว	20	เมตร
	รวม		140	เมตร

หาการสูญเสียเฮดเนื่องจากความฝืดของท่อประธานย่อยคือ

$$\Delta H\ 1" = 5.35 \times \frac{1.5^{1.852}}{3.0^{4.871}} \times 20 = 1.07 \text{ เมตร}$$

$$\Delta H\ 1\frac{1}{2}" = 5.35 \times \frac{3^{1.852}}{4.4^{4.871}} \times 20 = 0.60 \text{ เมตร}$$

$$\Delta H\ 2" = 5.35 \times \frac{4.5^{1.852}}{5.4^{4.871}} \times 20 = 0.47 \text{ เมตร}$$

$$\Delta H\ 3" = 5.35 \times \frac{2.52^{1.852}}{8.0^{4.871}} \times 80 = 1.10 \text{ เมตร}$$

รวม HL = 3.20 เมตร

ท่อประชานใช้ขนาด ϕ 3" หาการสูญเสียเฮดจากสมการ 5.1

$$Hf = 15.27 \times \frac{2.52^{1.852}}{8.0^{4.871}} \times 150 = 5.9 \text{ เมตร}$$

หาขนาดของเครื่องสูบน้ำ จากสมการ 5.10

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

เฮดที่ต้องการที่หัวปล่อยน้ำ	=	4.0	เมตร
เฮดสูญเสียที่ท่อแรนง	=	5.85	เมตร
เฮดสูญเสียที่ท่อประชานย่อย	=	3.20	เมตร
เฮดสูญเสียที่ท่อประชาน	=	5.9	เมตร
เฮดสูญเสียเนื่องจากข้อต่อต่าง ๆ	=	1.0	เมตร
เฮดสูญเสียเนื่องจากเครื่องกรอง	=	3.0	เมตร
สมมุติพื้นที่ราบ	=	0	เมตร
รวม	=	22.95	เมตร
เฮดสูญเสียอื่น ๆ	=	2.05	เมตร
รวมทั้งสิ้น	=	25.00	เมตร

ดังนั้น

$$HP = \frac{1}{75} \times \frac{2.52 \times 25}{0.5} = 6.34 \text{ แรง}$$

ใช้เครื่องสูบน้ำมีเฮด (H) = 25 เมตร อัตราการไหล (Q) = 10 ลิตรต่อวินาที

เครื่องยนต์ 7 แรงม้าหรือมอเตอร์ไฟฟ้า 3.5 Kw.

บทที่ 6 ปัญหาการอุดตันหัวปล่อยน้ำและการป้องกัน

สำหรับการชลประทานแบบหยดเป็นที่ทราบกันแล้วว่า มีการให้น้ำด้วยอัตราการไหลที่ละน้อย ๆ โดยผ่านหัวปล่อยน้ำที่มีรูให้น้ำออกขนาดเล็กมาก โดยปกติหัวปล่อยน้ำที่นิยมใช้จะมีอัตราการไหลประมาณ 1-10 ลิตร/ชม. และขนาดของรูที่ให้น้ำออกเล็กกว่า 1.5 มม. หรือโดยเฉลี่ยประมาณ 0.8 มม. ฉะนั้นการอุดตันของหัวปล่อยน้ำจึงเป็นปัญหาสำคัญที่สุดของระบบการให้น้ำแบบนี้ ถ้าหัวปล่อยน้ำมีการอุดตันจนปิดที่น้ำไม่ไหลออกเลยนั้น สังเกตุง่ายมาก แต่หัวที่เริ่มมีการอุดตันเป็นบางส่วนซึ่งทำให้อัตราการไหลต่ำ ๆ ลดลงนั้นสังเกตุยากมาก ต้องเสียค่าใช้จ่ายและแรงงานมากในการตรวจตราอย่างสม่ำเสมอทุกหัว เพื่อแก้ไขทำความสะอาด หรือแม้กระทั่งต้องเปลี่ยนหัวใหม่ และปัญหาการอุดตันนี้เป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพของระบบหรือความสม่ำเสมอของการให้น้ำลดลงจากที่ได้กำหนดไว้ในตอนออกแบบ ทำให้พืชได้รับน้ำไม่เพียงพอกับความต้องการ เป็นเหตุให้ผลผลิตลดลงหรือเกิดอันตรายกับพืชได้ ปัญหาการอุดตันของหัวปล่อยน้ำนี้เป็นปัญหาหลักและพบบ่อยมากสำหรับการชลประทานแบบหยด ซึ่งการอุดตันนี้อาจเกิดจากสาเหตุได้หลายประการ

อย่างไรก็ตามการหาวิธีป้องกันที่เหมาะสมและประหยัดนับว่าเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญมาก

6.1 สาเหตุของการอุดตัน

โดยทั่ว ๆ ไปการอุดตันที่หัวปล่อยน้ำ เกิดจากสาเหตุใหญ่ ๆ แยกได้เป็น 3 จำพวก คือ

1) ตะกอนของแข็งที่แขวนลอยมากับน้ำ เรียกการอุดตันทางการภาพ (Physicel clogging) ซึ่งอาจจะมีขนาดของอนุภาคแตกต่างกัน เช่น โคลน ตะกอนทราย รวมทั้งเศษวัสดุต่าง ๆ รวมทั้งเศษพลาสติกที่อาจมีขึ้นในตอนเจาะหรือติดต่อเป็นต้น

2) จากการจับตัวและตกตะกอนทางเคมี เรียกการอุดตันทางเคมี (chemical clogging) อันได้แก่พวกหินปูนแคลเซี่ยม แมกนีเซี่ยม เมื่อกสนิมเหล็ก และพวกกำมะถันเป็นต้น

3) จุลินทรีย์และสารอินทรีย์ในน้ำ เรียกการอุดตันทางชีวภาพ (biological clogging) อันได้แก่พวกตะไคร่ ลูกน้ำ ไดอะตอม ฟังไจ แบคเตเรียต่าง ๆ และอะไรก็ตามที่มีชีวิตเล็ก ๆ ในน้ำเป็นต้น

สำหรับ 2 สาเหตุหลังส่วนมากแก้ไขได้โดยการปรับปรุงสภาพน้ำทางเคมี คือ ใช้สารเคมีเข้าช่วย สำหรับปัญหาแรกสามารถแก้ไขได้โดยการกรอง ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมกันมาก และการอุดตันนั้นอาจจะเกิดจากสาเหตุปัจจัยสองประเภทหรือมากกว่าในเวลาเดียวกันก็ได้ สิ่งหนึ่งที่ควรจะกำนึงถึงเป็นประการแรกคือ อุปกรณ์ที่ใช้กับชลประทานแบบหยด ควรจะต้องเลือกใช้วัสดุที่เป็นสีดำ เพื่อป้องกันการเจริญของพวกตะไคร่น้ำและลดการเจริญหรือพัฒนาตัวของพวกแบคทีเรียต่าง ๆ

สำหรับปัญหาของสาเหตุต่าง ๆ จะกล่าวรวม ๆ กันเท่าที่พบบ่อย ๆ ในระบบการให้น้ำแบบนี้อันได้แก่

สาเหตุจากตะกอนของแข็งที่แขวนมากับน้ำชลประทานที่นำมาจากแหล่งน้ำผิวดินที่สกปรก อาจจะนำทรายและตะกอนผ่านเข้าไปในหัวปล่อยน้ำ หรือทรายอาจจะมาจากบ่อน้ำบาดาลหรืออาจจะเข้ามาตอนติดตั้งหรือทำการซ่อมแซมท่อ นอกจากนี้ตะกอนแจะโคลนอาจจะเข้ามาตอนที่น้ำถูกระบายออกหลังจากหยุดการให้น้ำ เป็นเหตุให้หัวปล่อยน้ำที่วางอยู่บนผิวดินดูดน้ำที่เป็นโคลนผ่านเข้าไปทางหัวปล่อยน้ำ และยังมีปัญหาจากเศษพลาสติกซึ่งเกิดจากการไม่ระมัดระวังในการเจาะหรือตัดชิ้นส่วนประกอบของระบบที่เป็นพวกพลาสติกก็ทำให้หัวอุดตันได้เช่นกัน

สาเหตุจากพวกตะไคร่สามารถเข้ามากับแหล่งน้ำที่เป็นบ่อเปิด หรือทางน้ำผิวดิน มันจะขยายตัวได้ดีในน้ำนิ่งที่มีแสงแดดพอเพียง และมีสารอาหาร นอกจากนี้มันยังสามารถเจริญเติบโตได้ภายในท่อ ถ้าแสงแดดผ่านผนังท่อเข้าไปได้บ้าง (มักจะเกิดกับท่อ PVC ชนิดบางที่ไม่ได้ฝังใต้ผิวดิน)

สาเหตุจากตะกอนเมือกเหล็กสามารถพัฒนาจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียเหล็ก ซึ่งเพาะตัวในน้ำ ถึงแม้ว่าในน้ำจะมีส่วนประกอบของเหล็กน้อยกว่า 1 ppm (บ่อบาดาลบางแห่งปรากฏว่ามีเชื้อพวกแบคทีเรียเหล็กเหล่านี้) ตะกอนเมือกกำมะถันสามารถเกิดจากสาเหตุเดียวกันกับตะกอนเมือกเหล็กในน้ำที่มีส่วนประกอบของสารกำมะถัน แต่สาเหตุดังกล่าวนี้มักจะไม่ค่อยมีปัญหากับแหล่งน้ำผิวดิน แต่มักจะเกิดกับแหล่งน้ำใต้ดิน

สาเหตุจากแหล่งน้ำที่มีส่วนประกอบของสารหินปูน โดยเฉพาะแหล่งน้ำใต้ดินที่อยู่ในชั้นหินปูน จะมีหินปูนเกาะที่ผิวและที่ส่วนปลายของหัวปล่อยน้ำเมื่อน้ำมีการระเหยและตกตะกอนนอกจาก

นี้ ปัญหาของการตกตะกอนของปุ๋ยเคมี สาเหตุจากสารประกอบที่ฉีดผสมเข้าไปในระบบหลังจากผ่านเครื่องกรองหรือจากน้ำยาปุ๋ยซึ่งตกตะกอนเมื่อผสมกับสารเคมีตัวอื่น ๆ ในน้ำชลประทาน

ปัญหาโดยทั่วไปของการอุดตันดังที่กล่าวมานี้ สามารถจะขจัดได้โดยการกรองที่เหมาะสมของแต่ละสาเหตุและประกอบด้วยอาศัยเทคนิคบางอย่างที่ไม่ซับซ้อนเข้าช่วย เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ตามที่ต้องการ เช่น อาจต้องใช้วิธีทางเคมีง่าย ๆ เข้าช่วยดังจะได้กล่าวถึงต่อไป

ส่วนปัญหาอื่นที่ยุ่งยากกว่านี้ และการแก้ปัญหาที่จะต้องทำการศึกษาเฉพาะแห่งนี้ จะไม่ขอกล่าวในที่นี้

6.2 การป้องกันการอุดตันของหัวปล่อยน้ำ

ก่อนอื่นขอแนะนำว่าถ้าจะให้ได้ผลดี ควรจะนำน้ำไปวิเคราะห์ก่อนที่จะออกแบบระบบเพื่อจะหาความเหมาะในการออกแบบระบบป้องกันการอุดตัน โดยทั่วไปแล้วการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับป้องกันการอุดตันตั้งแต่ตอนเริ่มติดตั้งระบบจะเป็นการประหยัดกว่า ที่จะทดลองใช้ไปก่อนและแก้ไขปัญหาเมื่อเกิดการอุดตันแล้วภายหลัง การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อจะหาส่วนประกอบอนุภาคของแข็งในน้ำ จำนวนอินทรีย์ อนินทรีย์ และสารประกอบเคมีต่าง ๆ ว่ามีมากน้อยเพียงใดนั้น สำหรับช่วงขนาดอนุภาคของแข็งมีการกำหนด ตามมาตรฐานขนาดของอนุภาคเม็ดดินที่แบ่งชั้นตามระบบของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA) ดังที่แสดงในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 การแบ่งชั้นขนาดของอนุภาคเม็ดดินที่สอดคล้องกับขนาดตะแกรง

ชนิดของดิน	ขนาดอนุภาค		ขนาดเบอร์ตะแกรง
	มม.	ไมครอน	
ทรายหยาบมาก	1.00-2.00	1,000-2,000	18-10
ทรายหยาบ	0.50-1.00	500-1,000	35-18
ทรายปานกลาง	0.25-0.50	250-500	60-35
ทรายละเอียด	0.10-0.25	100-250	160-60
ทรายละเอียดมาก	0.05-0.10	50-100	270-160
ตะกอน	0.002-0.05	2-50	
ดินเหนียว	< 0.002	< 2	

1 มม. = 1,000 ไมครอน

สำหรับมาตรฐานการวิเคราะห์น้ำชลประทานนั้นเพื่อหาค่า

1) ขนาดอนุภาคของแข็ง

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

3) ความกระด้าง

4) จำนวนเหล็ก

5) สารพวกกำมะถัน

6) แบคทีเรียเหล็ก

มีข้อแนะนำว่าเมื่อใช้น้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน การให้ความสนใจพิเศษในการตรวจสอบข้อ (4) ถึงข้อ (5) เมื่อ EC 1.0 mmhos/cm แนะนำให้ตรวจสอบข้อ (2) ถึง (3) อย่างไรก็ตามสำหรับระบบที่ใช้กับพื้นที่ใหญ่ ๆ ค่าลงทุนในการตรวจสอบถือว่าน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าลงทุนทั้งหมด ก็ควรจะมีการตรวจสอบทุกรายการ

สมาคมการจัดการน้ำด้านการเกษตรได้มีการแสดงการจำแนกคุณภาพน้ำที่ใช้กับชลประทานแบบหยดไว้ดังนี้ โดยแบ่งความรุนแรงเป็นค่าตัวเลขจากน้อย (0) จนถึงค่ามาก (10)

ตารางที่ 6.2 แสดงระดับความรุนแรงจากสาเหตุการอุดตันต่าง ๆ

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

สำหรับวิธีการป้องกันปัญหาการอุดตันของหัวปล่อยน้ำนั้น สามารถแยกเป็น 3 ประเภทใหญ่ คือ

(1) ประเภทการกรองด้วยวิธีการต่าง ๆ

(2) ประเภทการใช้สารเคมีเข้าช่วย

(3) ประเภทการควบคุมทางจุลชีวะ

6.3 ประเภทของเครื่องกรอง

การกรองที่เพียงพอต้องการตลอดทั้งกระบวนการของน้ำที่ส่งเข้ามาในระบบ ขนาดของอนุภาค ซึ่งสามารถผ่านเข้ามาในระบบได้ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของหัวปล่อยน้ำ (ผู้ผลิตควรระบุให้ทราบหรือตรวจสอบดูเอาเอง) โดยทั่ว ๆ ไปมีข้อแนะนำว่าจะยอมให้อนุภาคผ่านได้นั้นจะต้องมีขนาดเล็กกว่าช่องหรือรูที่ให้น้ำออกของหัวปล่อยน้ำไม่น้อยกว่า 10 เท่า เพราะอนุภาคทั่ว ๆ ไป อาจก่อตัวกันเป็นกลุ่มและขวางทางน้ำออกได้ สิ่งนี้มักจะเกิดกับพวกอนุภาคอินทรีย์วัตถุที่มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับน้ำ และเหตุผลอีกข้อคือ อนุภาคอนินทรีย์วัตถุที่หนักกว่าน้ำ เช่น ทรายละเอียด และละเอียดมาก มีแนวโน้มที่จะตกตะกอนสะสมในเขตการไหลอย่างเอื่อย ๆ ภายในหัวปล่อยน้ำ ซึ่งจะเกิดผลการอุดตันอย่างช้า ๆ สิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้คือ อาจต้องใช้ตะแกรงขนาดเบอร์ 155 ซึ่งมีขนาดของรูตะแกรง 0.10 มม. เพื่อที่จะใช้กับหัวปล่อยน้ำที่มีรูทางน้ำไหลออกขนาด 1 มม. ฉะนั้นขีดความสามารถของการกรองที่ต้องการจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำ และชนิดของหัวปล่อยน้ำที่เลือกใช้ วิธีการต่าง ๆ ที่จะใช้กรองอนุภาคของแข็งออกจากน้ำ ซึ่งที่ใช้ทั่ว ๆ ไปสำหรับการให้น้ำแบบหยด มีหลายแบบคือ

(1) เครื่องกรองด้วยตะแกรง

(2) เครื่องกรองด้วยชั้นกรวดทราย

(3) เครื่องกรองแบบใช้ช่องน้ำ หรือโฟม

(4) เครื่องกรองแบบให้น้ำไหลเวียงวน

(5) บ่อสักน้ำปิ่งตกตะกอน

6.3.1 เครื่องกรองด้วยตะแกรง

เป็นวิธีการกรองที่ถือว่าธรรมดาและใช้มากที่สุด เพื่อขจัดและป้องกันอนุภาคของแข็งที่แขวนมากับน้ำ ตะแกรงดังกล่าวอาจจะทำด้วยลวดทองเหลืองหรือวัสดุอื่น ๆ ที่ไม่เป็นสนิมและมี

ความหนาแน่นของใยอ่อนและเหล็กใสอบเป็นต้น รูที่เกิดระหว่างเส้นลวดในตะแกรงเรียกว่าร่องเปิด และเป็นสิ่งที่ใช้กำหนดขนาดความละเอียดของตะแกรง คือ นับจำนวนร่องเปิดต่อความยาวของตะแกรง 1 นิ้ว เช่น ตะแกรงเบอร์ 120 หมายถึงในความยาว 1 นิ้ว นั้นจะมีรูเรียงกันอยู่ 120 รูเป็นต้น ซึ่งค่าโดยประมาณอาจเทียบได้ดังนี้

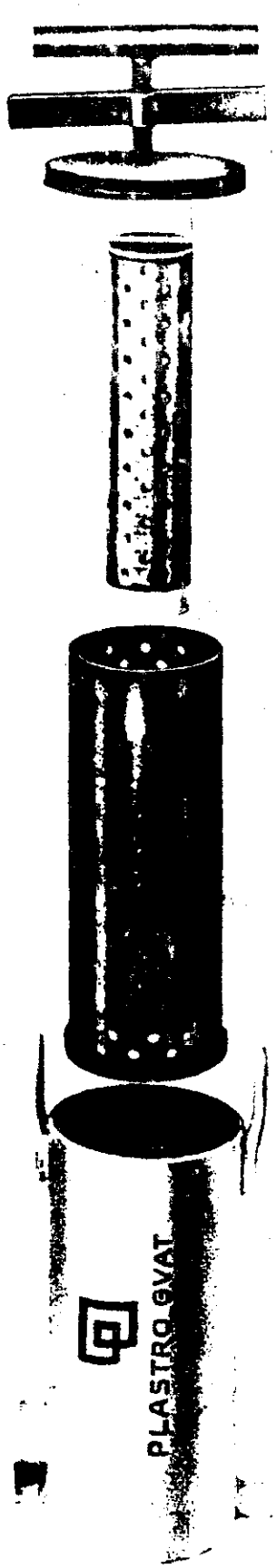
เบอร์ตะแกรง x ขนาดของรูเป็นไมครอน ≃ 15,000 เพื่อความเข้าใจดีขึ้นจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เบอร์ตะแกรงกับขนาดของรูตะแกรงดังแสดงในตารางที่ 6.3

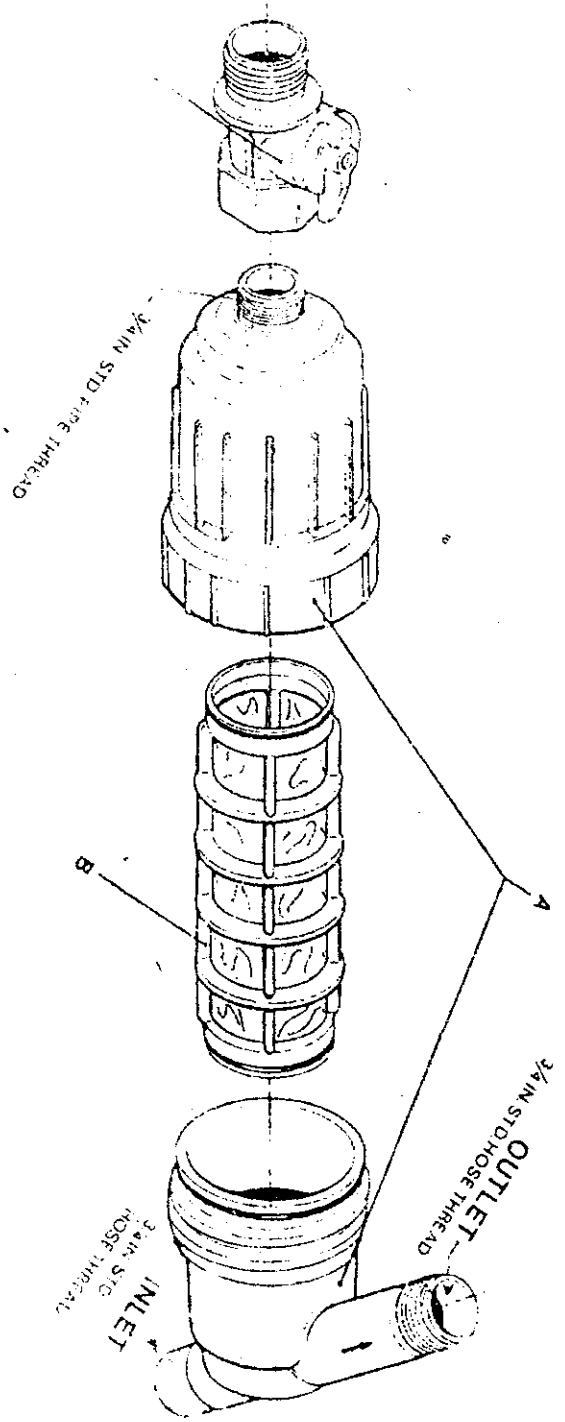
ตารางที่ 6.3 ขนาดเบอร์ตะแกรงเทียบกับขนาดรูตะแกรง

ขนาดเบอร์ตะแกรง	ขนาดรู		ใช้งานกับ	ขนาดเบอร์ตะแกรง	ขนาดรู		ใช้งานกับ
	มม.	ไมครอน			มม.	ไมครอน	
4	3.5	3500	ฉีดฝอย	60	0.25	250	ฝอยละเอียด
6	2.5	2500	ฉีดฝอย	75	0.20	200	ฝอยละเอียด
10	1.5	1500	ฉีดฝอย	120	0.13	130	ระบบหยด
12	1.2	1200	ฉีดฝอย	155	0.10	100	ระบบหยด
20	0.8	800	ฉีดฝอย	200	0.08	20	ระบบหยด
30	0.5	500	ฉีดฝอย	450	0.022	22	น้ำดื่ม
50	0.3	300	ฝอยละเอียด				

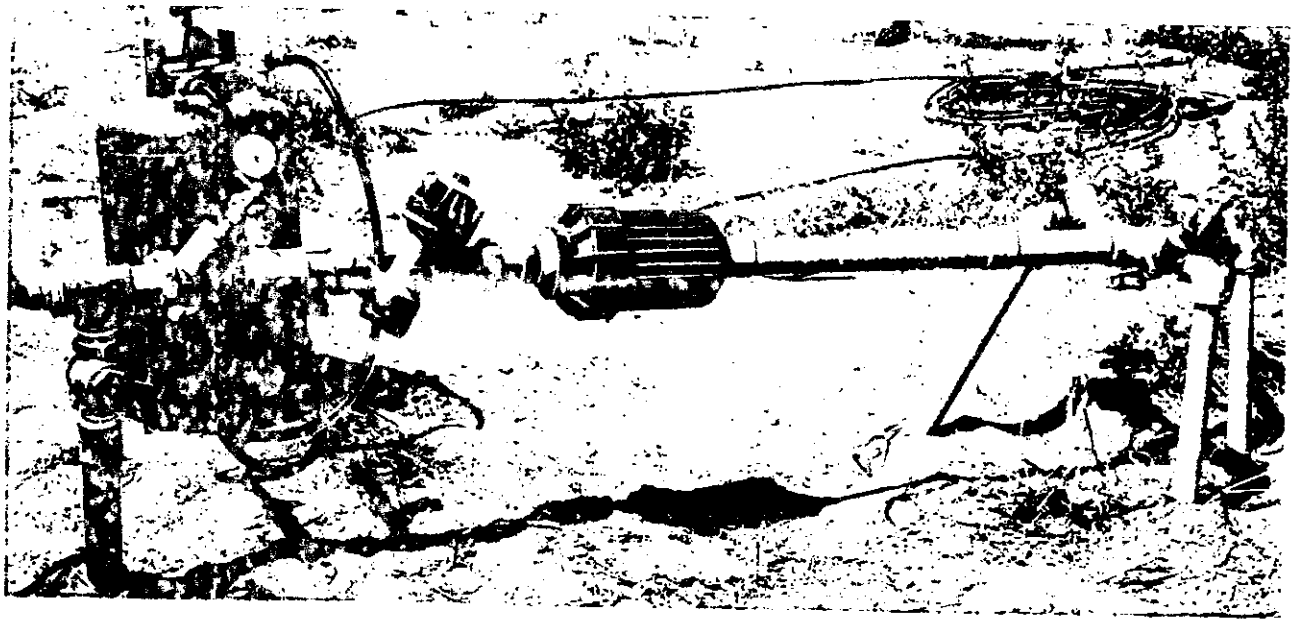
ขนาดของรู และจำนวนพื้นที่ทั้งหมดของรู จะบอกถึงขีดความสามารถและขีดจำกัดในการกรอง

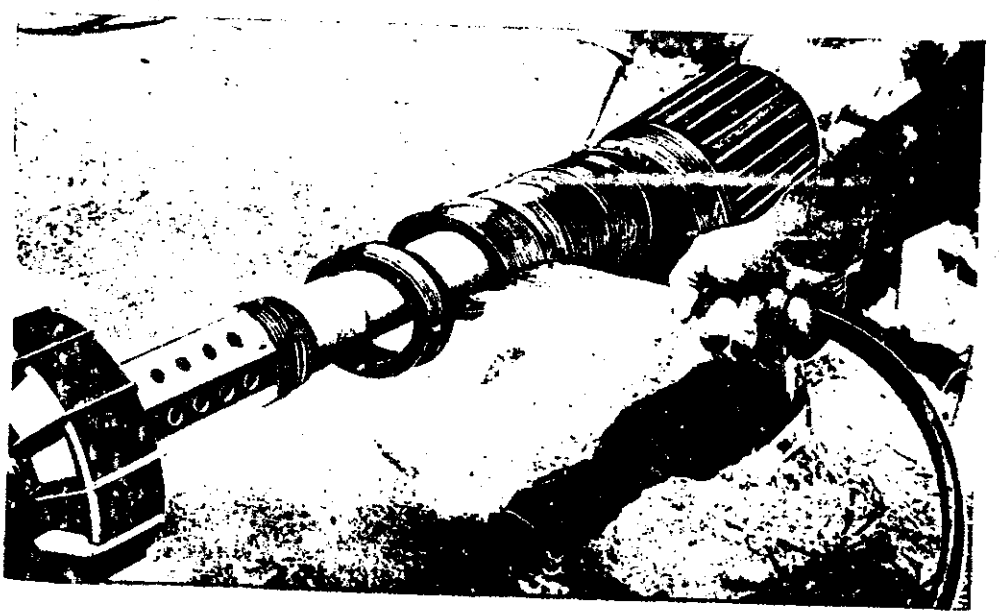
เครื่องกรองชนิดนี้จะใช้ได้ผลดีสำหรับขจัดเฉพาะอนุภาคของแข็งขนาดที่ไม่ละเอียดมากนัก สำหรับใช้กับการชลประทานแบบหยดจะใช้ตะแกรงเบอร์ 120-200 และถ้าเป็นเครื่องกรองที่มีทางน้ำเข้าใหญ่กว่า 1 นิ้ว มักนิยมใช้ตะแกรงกรองเป็นสองชั้น ที่มีขนาดเบอร์ต่างกัน ตะแกรงอันนอกใช้เพื่อขจัดอนุภาคหยาบมีเบอร์ตะแกรงน้อยกว่าส่วนอันในสำหรับขจัดอนุภาคที่ละเอียดกว่าดังแสดงในรูปที่ 6.1 การทำเช่นนี้มีข้อดีเพื่อป้องกันตะแกรงอันที่มีเบอร์ละเอียดไม่ให้เสียหายจากอนุภาคขนาดหยาบ ซึ่งบางครั้งเคลื่อนเข้ามาด้วยความเร็วสูง รูปที่ 6.2 เครื่องกรองแบบใช้วงแหวนหลาย ๆ อันอัดกัน โดยที่ในจานวงแหวนมีร่องขนาดเล็กมาก ให้น้ำผ่านได้





รูปที่ 6.1 ชุดเครื่องกรองด้วยตะแกรงสองชั้นและชั้นเดียว





รูปที่ 6.2 ชุดเครื่องแรงเป็นแทวนอัดเป็นชั้นและการอ้าง

เครื่องกรองแบบตะแกรงส่วนใหญ่ไม่เหมาะที่จะใช้ในการขจัดอนุภาคที่ละเอียดของพวกจุลินทรีย์ทั้งหลาย หรือพวกสารแขวนลอย จากการทดสอบได้แสดงให้เห็นว่า การกรองน้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน ไม่สามารถป้องกันการอุดตันได้เต็มที่นัก ถึงแม้จะใช้เครื่องกรองแบบตะแกรงต่อกันหลายชุดก็ตาม อนุภาคขนาดเล็กจำนวนมากก็ยังผ่านไปได้ จึงควรใช้กับหัวปล่อยน้ำที่มีรูค่อนข้างใหญ่จึงจะเหมาะสม

เครื่องกรองแบบตะแกรงเหมาะที่จะใช้กับน้ำค่อนข้างสะอาด เช่น น้ำจากบ่อบาดาล เครื่องชนิดนี้อาจจะติดตั้งที่ทางเข้าท่อประธานหรือท่อประธานฝอยก็ได้ บ่อยครั้งที่จำเป็นต้องใช้เครื่องกรองแบบนี้รวมกันในชุดเครื่องกรองชนิดอื่น ๆ

เครื่องกรองแบบนี้ควรทำความสะอาดบ่อย ๆ หรือพิจารณาจากความดันที่ลดลงประมาณ 3 ปอนด์ต่อตร.นิ้ว หรือกำหนดเวลาไว้แน่นอนจากการหาไว้ล่วงหน้าแล้วว่า ควรจะใช้งานกี่ ชม. ต้องทำความสะอาดครั้งหนึ่ง

<u>วิธีทำความสะอาด</u> โดยทั่วไปทำได้โดย

ก) การถอดออกล้าง คือ เอาชุดตะแกรงของเครื่องกรองถอดออกมาล้าง ทำความสะอาด ซึ่งทำได้ไม่ยาก หรืออาจจะใช้น้ำยาที่ใช้ล้างห้องน้ำช่วยทำให้สะอาดขึ้นก็ได้

ข) การฉีดล้างกลับทางแรง ๆ หลาย ๆ ครั้ง โดยการเปิดประตูน้ำที่ได้จัดทำไว้เพื่อการนี้

ค) การทำความสะอาดเองโดยอัตโนมัติ ล้างตามเวลาที่กำหนดไว้ หรือเมื่อแรงดันลดลงที่ระดับที่กำหนด เครื่องก็สามารถทำความสะอาดได้เอง

การสูญเสียความดันในเครื่องกรองที่สะอาดขึ้นอยู่กับปัจจัยสองอย่าง คือ อัตราการไหลของน้ำที่ผ่านและจำนวนของพื้นที่รูตะแกรง โดยมีข้อแนะนำสำหรับอัตราการไหลของน้ำผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ควรมีค่าน้อยกว่า 60 ลิตรต่อชม.ต่อซม.^{2} ของพื้นที่รูตะแกรง

การประเมินพื้นที่รูตะแกรงทั้งหมดทำได้โดยใช้อัตราส่วนการกรอง (filter ratio) คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดของท่อน้ำเข้าต่อพื้นที่รูตะแกรงทั้งหมด อัตราส่วนอันนี้ควรจะมีค่าอย่างน้อย 1 : 8 เมื่อใช้ตะแกรงละเอียด ๆ จะมีรูเปิดจริง ๆ (effective filter area) ประมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่ตะแกรงทั้งหมด (filter area) สำหรับตะแกรงเหล็กใช้สนิมและจะประมาณ 25 % สำหรับตะแกรงในร่อน

6.3.2 เครื่องกรองด้วยทรายและกรวด

เครื่องกรองแบบนี้สร้างขึ้นเพื่อขจัดอนุภาคขนาดละเอียด ซึ่งผ่านเครื่องกรองแบบตะแกรงได้ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพมากในการขจัดพวกอินทรีย์วัตถุและตะไคร่น้ำ เพราะมันมีพื้นที่ผิวของการกรองที่มาก นอกจากนี้บริเวณเหลี่ยมหรือมุมของทรายยังสามารถเป็นสิ่งที่จับเมือกของพวกตะไคร่ได้ดี โดยทั่วไปใช้ชั้นทรายและกรวดที่มีขนาดต่าง ๆ กันเรียงกันหลายชั้น เพื่อให้น้ำซึมผ่านและกรองในแต่ละชั้น ดังในรูปที่ 6.3 ระหว่างที่น้ำซึมผ่านอนุภาคละเอียดจะถูกขจัดออกโดยการเกาะติดกับอนุภาคทราย รวมกันเป็นก้อนมีอนุภาคใหญ่ขึ้นจะถูกกรองไว้หรือตกจมลงคล้ายลักษณะบ่อตกตะกอน การกรองวิธีนี้มีการนำไปใช้เป็นระบบกรองเบื้องต้นในพื้นที่ทั่ว ๆ ไปโดยไม่ต้องคำนึงถึงคุณภาพของแหล่งน้ำหรือชนิดของหัวปล่อยน้ำมากนัก

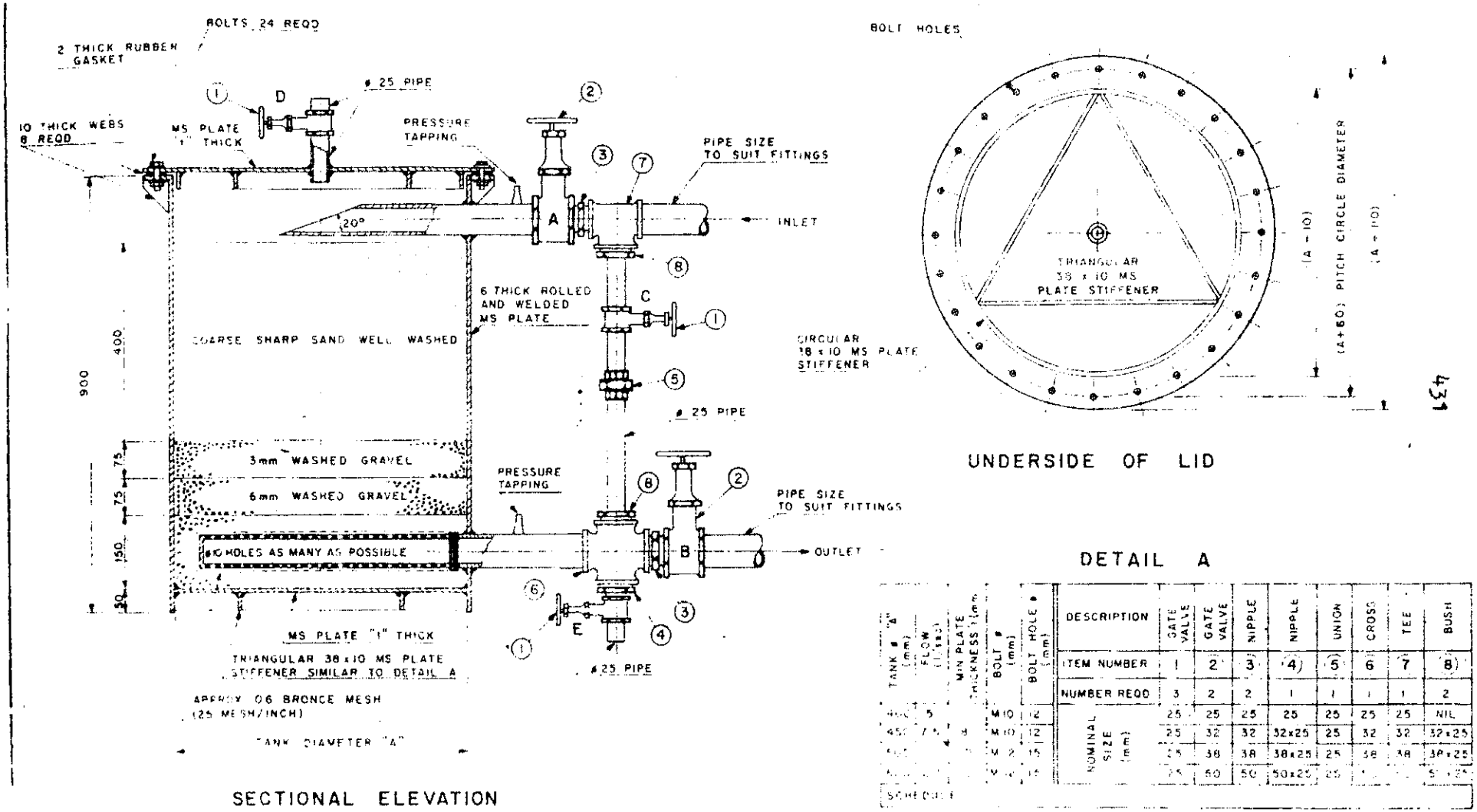
แต่อย่างไรก็ตามจะใช้ได้ผลกับอนุภาคที่เกาะกันแล้วใหญ่กว่า 20 ไมครอน และถ้าจะต้องการกรองละเอียดมากกว่านี้จะต้องใช้เครื่องกรองที่มีราคาแพงมากเกินความจำเป็น

ประสิทธิภาพของการกรองจะขึ้นอยู่กับวัสดุกรองที่ใช้ความลึกของชั้นวัสดุกรอง อัตราการไหลและความดันของน้ำที่ทางเข้าต่อ หนึ่งหน่วยพื้นผิววัสดุกรอง

เมื่อการออกแบบระบบกรองด้วยทรายและกรวดจำเป็นที่จะต้องบ่งบอกของเม็ดทรายหรือวัสดุกรองที่นำมาใช้ ซึ่งขนาดเม็ดทรายที่นิยมใช้และได้ผลคือ 0.5, 0.75 และ 1 มม. กรวดทรายจากภูเขาไฟเป็นกรวดที่เหมาะสมนำมาเป็นวัสดุกรองได้อย่างดี ตารางที่ 6.4 ได้แสดงขนาดของเม็ดอนุภาคสำหรับวัสดุต่าง ๆ ที่ใช้กรอง แต่พวก ซิลิก้าจะเป็นตัวที่ถูกใช้บ่อยที่สุด

ตารางที่ 6.4 แสดงขนาดเม็ดของวัสดุกรอง

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



TANK ø "A" (mm)	FLOW (l/sec)	MIN PLATE THICKNESS (mm)	BOLT ø (mm)	BOLT HOLE ø (mm)	DESCRIPTION	GATE VALVE	GATE VALVE	NIPPLE	NIPPLE	UNION	CROSS	TEE	BUSH
					ITEM NUMBER	1	2	3	4	5	6	7	8
					NUMBER REQD	3	2	2	1	1	1	1	2
			M10	12	NOMINAL SIZE (mm)	25	25	25	25	25	25	25	NIL
			M10	12		25	32	32	32x25	25	32	32	32x25
			M20	15		38	38	38	38x25	25	38	38	38x25
			M20	15		50	50	50	50x25	25			50x25
SCHEDULE													

รูปที่ 6.3 เครื่องกรองชนิดกรวดและทรายเป็นชั้น ๆ พร้อมรายละเอียดก่อสร้าง

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

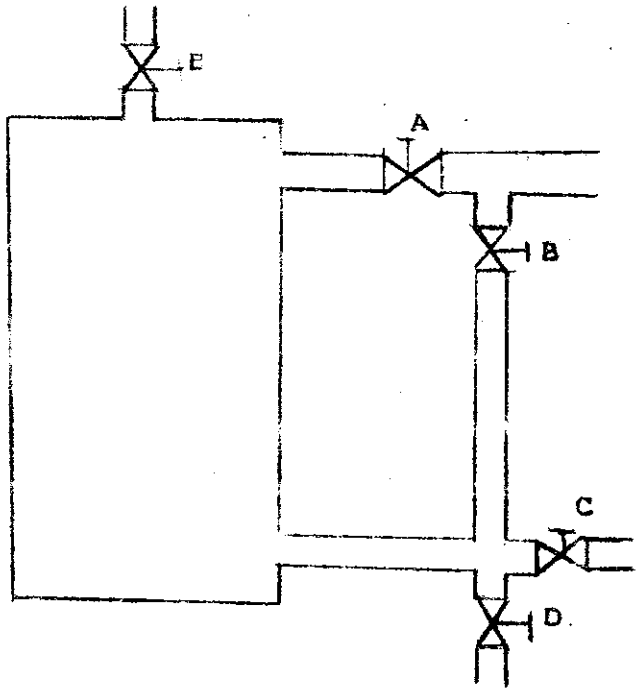
สำหรับอัตราการไหลต่อหน่วยพื้นที่ยิ่งต่ำการกรองได้ผลดีมากยิ่งขึ้น มาตรฐานของอัตราการกรองไม่ควรเกิน 0.5 ลิตร/ซม^2/ซม. สำหรับทรายที่มีขนาด 0.4 - 0.6 มม. และความหนาของชั้นทรายประมาณ 75 ซม. แต่ในปัจจุบันนิยมใช้อัตราที่สูงกว่าคือ ประมาณ 0.8 - 1 ลิตร/ซม^2/ซม. โดยใช้กับทรายหยาบ ซึ่งมีชั้นความหนาประมาณ 60-70 ซม.

การทำความสะอาดทำได้โดยการอัดน้ำกลับทางล้างน้ำจะไหลย้อนกลับจากก้นถังขึ้นไปยังข้างบน แล้วเปิดเอาตะกอนออกทิ้งไป ดังแสดงในรูปที่ 6.4 สำหรับความถี่ของการล้างทำความสะอาดจะผันแปรจากช่วงสั้น ๆ 2-3 ซม. ถึงทุก ๆ วัน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำและสารกรองที่ใช้

อย่างไรก็ตามในทุกกรณีที่ใช้เครื่องกรองแบบทรายกรวด ควรต้องติดตั้งเครื่องกรองแบบตะแกรง เพื่อเป็นการช่วยตรวจสอบหรือเพิ่มความปลอดภัยจากอนุภาคของของแข็งที่อาจแขวนมากับน้ำ ตอนที่ทำการล้างกลับทาง และถ้าจะให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นควรจะมีการต่อเครื่องกรองแบบนี้ 2 ชุด ขนานกัน เพื่อว่าเครื่องกรองแต่ละตัวสามารถอัดน้ำล้างกลับทางโดยน้ำสะอาดของเครื่องกรองอีกตัว

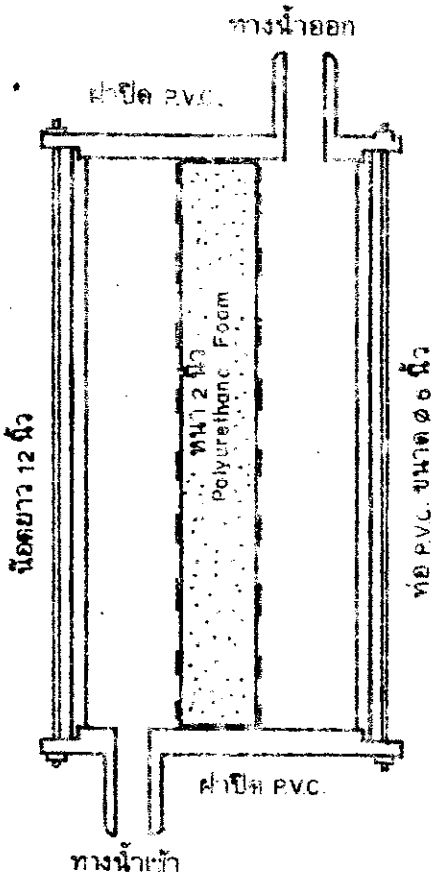
6.3.3 <u>เครื่องกรองแบบใช้ฟองน้ำหรือโฟม</u> เครื่องกรองชนิดนี้นับว่ามีราคาถูก โดยสร้างจากท่อพีวีซี และใช้ไส้กรองเป็นพวกโพลียูรีเทน โฟมหรือพวกที่เราเรียกว่าฟองน้ำ ดังในรูป 6.5 เครื่องกรองแบบนี้เหมาะที่จะใช้เป็นที่กรองขั้นสุดท้ายหรือไม่ก็ใช้กรองก่อนทางเข้าท่อประชานย่อย แต่ละสาย เพราะกรองได้ไม่มากนัก ถ้าใช้เป็นที่กรองหลักจะไม่ได้ประโยชน์เท่าที่ควร นอกจากว่าน้ำที่ส่งมานั้นค่อนข้างสะอาดจริง ๆ

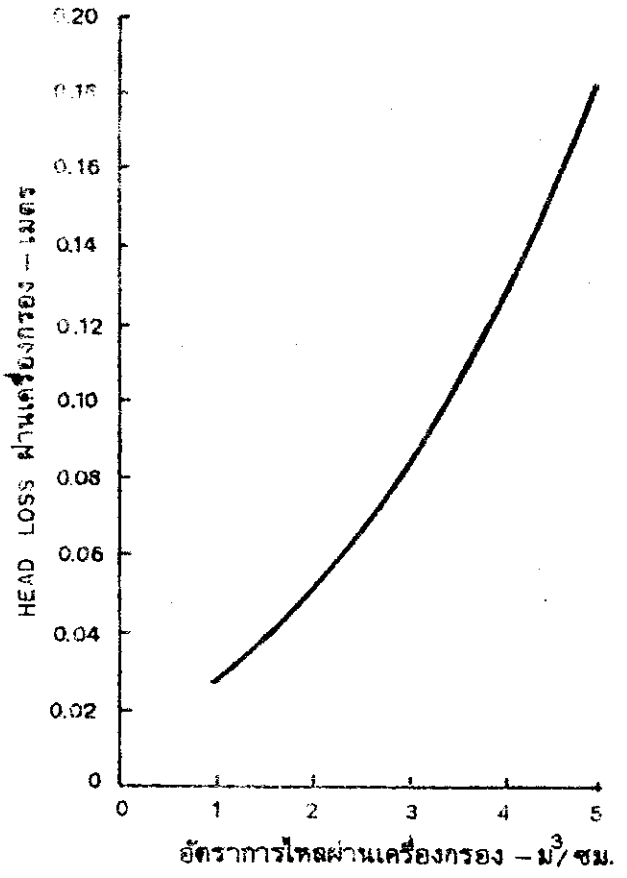
6.3.4 <u>เครื่องกรองแบบให้น้ำไหลเหวี่ยงวน</u> เครื่องกรองประเภทนี้เหมาะสำหรับการขจัดทรายจำนวนมากที่ปนมากับน้ำ รูปร่างของเครื่องกรองมีลักษณะคล้าย ๆ กรวยคว่ำลงโดยให้น้ำไหลเข้าด้านข้าง เกิดการไหลเหวี่ยงวน ส่วนทางน้ำออกอยู่ข้างบน ดังรูปที่ 6.6 หลักการของเครื่องกรองชนิดนี้คือ อาศัยน้ำเข้าด้านข้างและไหลวนจนเกิดการเคลื่อนที่เป็นแบบน้ำเหวี่ยงวนสองชนิดขึ้นภายในตัวถังกรอง คือ กระแสน้ำวนหลัก (main vortex) จะนำพาอนุภาคของของแข็งตกลงข้างล่างเพื่อระบายออกและกระแสน้ำวนรอง (secondary vortex)



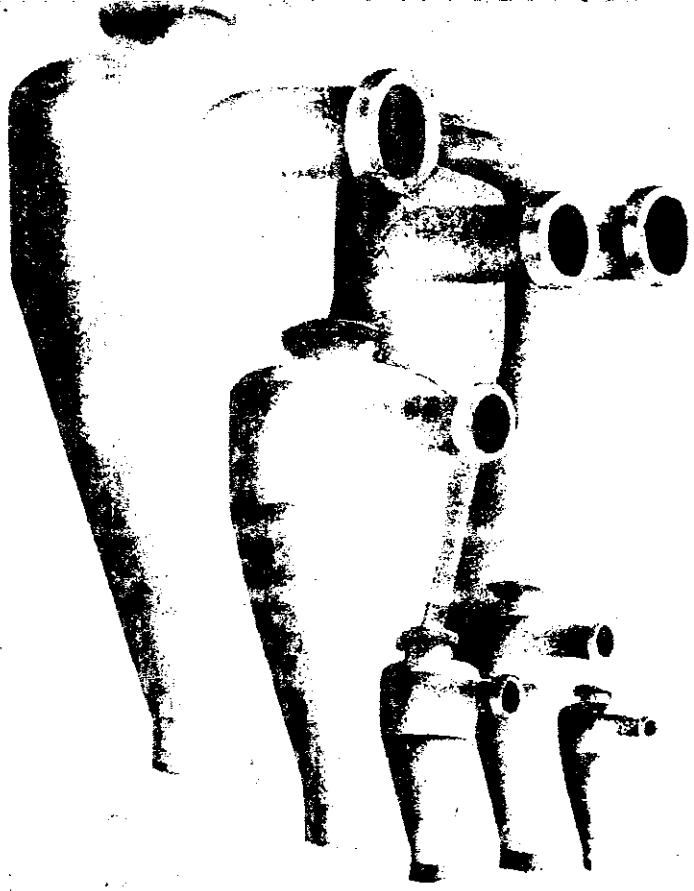
ดำเนินงานปกติ ประตูน้ำ A & C เปิด BD&E ปิด
ล้างน้ำกลับทางเพื่อล้างประตูน้ำ B & E เปิด AC&D ปิด
เปิดทิ้งน้ำที่กรอง ประตูน้ำ A & D เปิด B,C & E ปิด

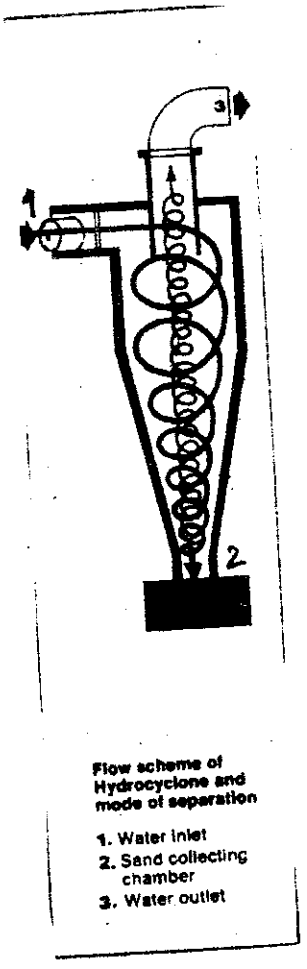
รูปที่ 6.4 รูปแบบการดำเนินงานและการล้างตะกอนออก





รูปที่ ๔.๕ เครื่องกรองชนิดใช้โฟมเป็นไส้กรองและแสดงการเสียเฮดของน้ำ





รูปที่ 6.6 เครื่องกรองแบบไซโคลน

จะยกน้ำสะอาดขึ้นสู่ทางออกข้างบน เครื่องกรองชนิดนี้ถึงแม้มีขนาดเล็กก็สามารถกรองทรายขนาดใหญ่ได้เป็นอย่างดี แต่ไม่สามารถจะขจัดพวกอินทรีย์วัตถุ หรืออนุภาคที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำได้ จึงจำเป็นต้องใช้ประกอบกับเครื่องกรองชนิดอื่น ๆ

ถ้าเป็นไปได้สำหรับน้ำที่มีคุณภาพไม่ดี ควรใช้เครื่องกรองร่วมกันทั้ง 3 ประเภท โดยให้ผ่านเครื่องกรองแบบไหลเหวี่ยงวนก่อนแล้วจึงผ่านเครื่องกรองทรายกรวดและสุดท้ายผ่านเครื่องกรองแบบตะแกรง

6.3.5 <u>การใช้บ่อพักน้ำนิ่งตกตะกอน</u> เป็นรูปแบบการกรองเพื่อให้อนุภาคของแข็งตกตะกอน ซึ่งอนุภาคขนาดที่ใหญ่กว่า 40 micron จะตกตะกอนในน้ำนิ่งใช้เวลาน้อยกว่า 1 ชม. สำหรับพื้นที่การเกษตรที่มีบ่อน้ำหรือแหล่งน้ำผิวดิน เป็นธรรมดาอยู่แล้วที่ควรจะจัดทำเป็นบ่อน้ำนิ่งเพื่อขจัดปริมาณทรายและตะกอนก่อนแล้วใช้น้ำส่วนผิวบน อย่างไรก็ตามบ่อน้ำนิ่งเพียงอย่างเดียวจะไม่เพียงพอที่จะทำให้คุณภาพน้ำดีพอตามต้องการ และจะใช้เป็นเพียงเครื่องกรองเบื้องต้นเท่านั้น ต้องใช้ประกอบกับเครื่องกรองแบบอื่นดังที่กล่าวมาแล้ว จึงจะใช้ได้

6.4 <u>การแก้คุณภาพน้ำโดยใช้สารเคมีเข้าช่วย</u> แหล่งน้ำบางแห่งที่นำมาใช้กับการชลประทานแบบหยด โดยอาศัยการกรองเพียงอย่างเดียวนั้น บางครั้งก็ไม่สามารถแก้ปัญหาการอุดตันที่เกิดขึ้นทั้งหมดของหัวปล่อยน้ำได้ ทั้งนี้เนื่องจากยังมีการตกตะกอนหรือการสะสมของอนุภาค ที่ไม่ละลายน้ำผ่านเครื่องกรองทำให้เกิดการอุดตันได้ภายหลัง เช่น

ปัญหาตะกอนสนิมเหล็ก มักจะเกิดจากแหล่งน้ำใต้ดินที่มีส่วนประกอบของเหล็กที่อยู่ในรูปของเฟอรัส สักษณะเสถียร แต่เมื่อถูกกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นรูปของสนิมเหล็ก ซึ่งไม่เสถียร จะสังเกตุเห็นเป็นตะกอนสีน้ำตาลแดง ติดที่หัวปล่อยน้ำและเป็นสาเหตุหนึ่งของการอุดตัน

6.4.1 <u>วิธีแก้ปัญหาตะกอนสนิมเหล็ก</u> ถ้าเหล็กมีปริมาณสูงกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ควรจะพยายามทำให้เหล็กตกตะกอนก่อนโดยวิธีฉีดน้ำหรือผ่านน้ำให้สัมผัสผสมกับอากาศเพื่อให้เกิดตะกอนและกรองก่อนเข้าระบบ สำหรับน้ำยาเคมีที่ช่วยป้องกันการเกิดตะกอนสนิมเหล็กได้แก่น้ำยาคลอรีนใช้ประมาณ 1 ppm. ประมาณ 20 นาที ก่อนหยุดให้น้ำ

ปัญหาการตกตะกอนของหินปูนแคลเซียมคาร์บอนเนต เพราะบางครั้งแหล่งน้ำได้มาจากน้ำใต้ดินที่อยู่ในชั้นหินปูน ประกอบด้วยแคลเซียมเป็นจำนวนมาก และจำพวกเกลือคาร์บอเนตหรือไบร์คาร์บอนเนต เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น และ pH หรือความเป็นด่างสูงจะเร่งการตกตะกอนให้เร็วขึ้น ทำให้หัวปล่อยน้ำส่วนที่ถูกแสงแดดโดยตรงอุดตันได้ง่าย

6.4.2 วิธีแก้ปัญหาตะกอนหินปูน พวกเกลือคาร์บอนเนต และไบร์คาร์บอนเนตให้ใช้กรดเกลือความเข้มข้น 0.5-1.0 เปอร์เซนต์ ใส่เข้าไปในระบบให้น้ำโดยให้น้ำมีความดันต่ำ ประมาณคิดเป็นความสูงของน้ำ 1 เมตร ใช้เวลาประมาณ 5-15 นาที เพื่อให้แน่ใจว่ามีน้ำยาผ่านทุกหัวปล่อยน้ำ หลังจากนั้นจึงใช้ความดันของน้ำที่สูงล้างอีกครั้ง อย่างน้อยประมาณ 10 นาที ทำเช่นนี้อาทิตย์ละครั้ง กรดจำนวนน้อยนี้ไม่เป็นอันตรายต่อพืช นอกจากนี้ถ้าเป็นไปได้ควรมีอุปกรณ์ป้องกันแสงแดดส่องที่รูปล่อยน้ำโดยตรง และถ้าตรวจสอบว่ามีไบร์คาร์บอนเนต ปริมาณมากกว่า 2.0 มิลลิอีควิวาเล้นท์ต่อลิตร (meq/1) ควบคู่กับมีค่า pH สูงกว่า 7.5 ไม่ควรนำน้ำนี้มาใช้กับระบบการให้น้ำแบบหยด

6.5 การควบคุมและป้องกันทางจุลชีวะ ปัญหาการอุดตันบางทีเกิดจากการต่อตัวของอินทรีย์วัตถุ ซึ่งไม่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยการกรองธรรมดา รูปแบบส่วนใหญ่ของการอุดตันมักจะเกิดจากสาเหตุของพวกแบคทีเรียชไลด์ มีลักษณะเป็นเมือกสีขาวคล้ายวุ้น นอกจากนี้ยังได้แก่เมือกน้ำตาลแดงเกิดจากแบคทีเรียของเหล็กซึ่งเกิดขึ้นได้ในน้ำใต้ดินที่มีเหล็ก 0.3 ppm และ pH 4.0 - 8.5

สาเหตุการอุดตันดังกล่าวนี้มักจะเกิดกับแหล่งน้ำใต้ดิน ส่วนการเจริญเติบโตของตะไคร่น้ำมักจะมีในแหล่งน้ำผิวดิน มันผลิตอาหารได้เองโดยใช้พลังงานจากแสงแดดและแร่ธาตุในน้ำ ส่วนพวกเมือกต่าง ๆ เป็นจุลชีวะที่อวัยวะต่อกันตามยาวที่เป็นเหตุให้เกิดแบคทีเรียต่าง ๆ ซึ่งพวกจุลชีวะเหล่านี้ไม่สามารถผลิตอาหารเองได้และไม่ต้องการแสงในการเติบโต เกิดได้ในอากาศ

การแก้ปัญหาตะไคร่และตะกอนเมือก สามารถควบคุมได้โดยวิธีการเติมคลอรีนเข้าไปผสมกับน้ำ ที่เรียกว่าคลอรีนเนชั่น (chlorination) โดยใช้ความเข้มข้น 1 ppm ต่อเนื่องกัน หรือจะเติมเข้าไป 10-20 ppm เป็นเวลา 30 นาที ก่อนหยุดส่งน้ำก็ได้ สำหรับ

อัตราคลอรีนที่แนะนำดังแสดงในตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 ข้อแนะนำการใช้ปริมาณคลอรีน

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

บทที่ 7 การติดตั้งและการดำเนินงาน

การติดตั้งระบบการให้น้ำแบบหยดไม่ใช่เรื่องยาก สิ่งสำคัญอยู่ที่ว่าจะต้องคอยดูแล และบำรุงรักษา เพื่อให้ได้รับผลประโยชน์อย่างเต็มที่ จากระบบที่ได้ออกแบบไว้อย่างดีแล้ว

บทนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการปฏิบัติและข้อแนะนำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการติดตั้ง ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบ เพื่อช่วยทำให้มั่นใจในการทำงาน ที่มีประสิทธิภาพของระบบ

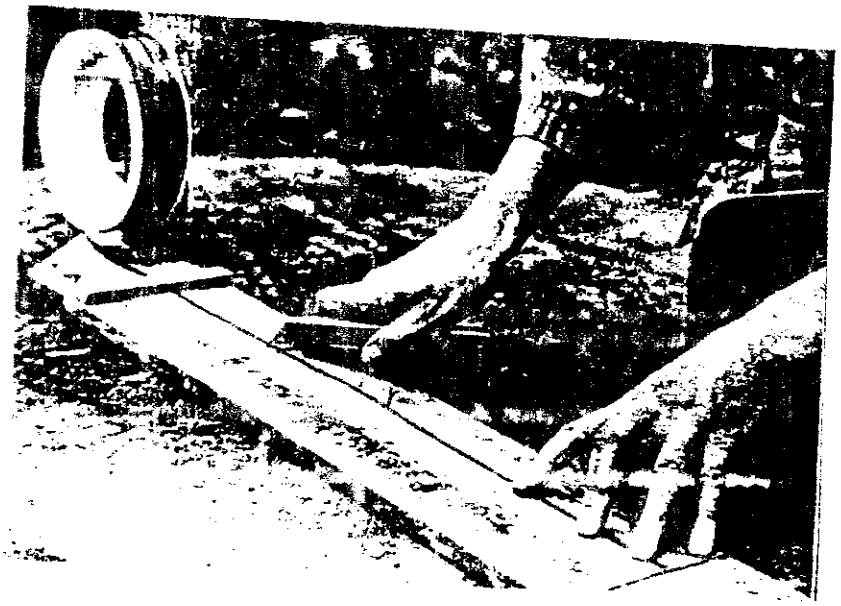
7.1 การติดตั้งหัวปล่อยน้ำแบบต่าง ๆ

7.1.1 หัวปล่อยน้ำชนิดใช้ท่อขนาดจิ๋ว (microtube)

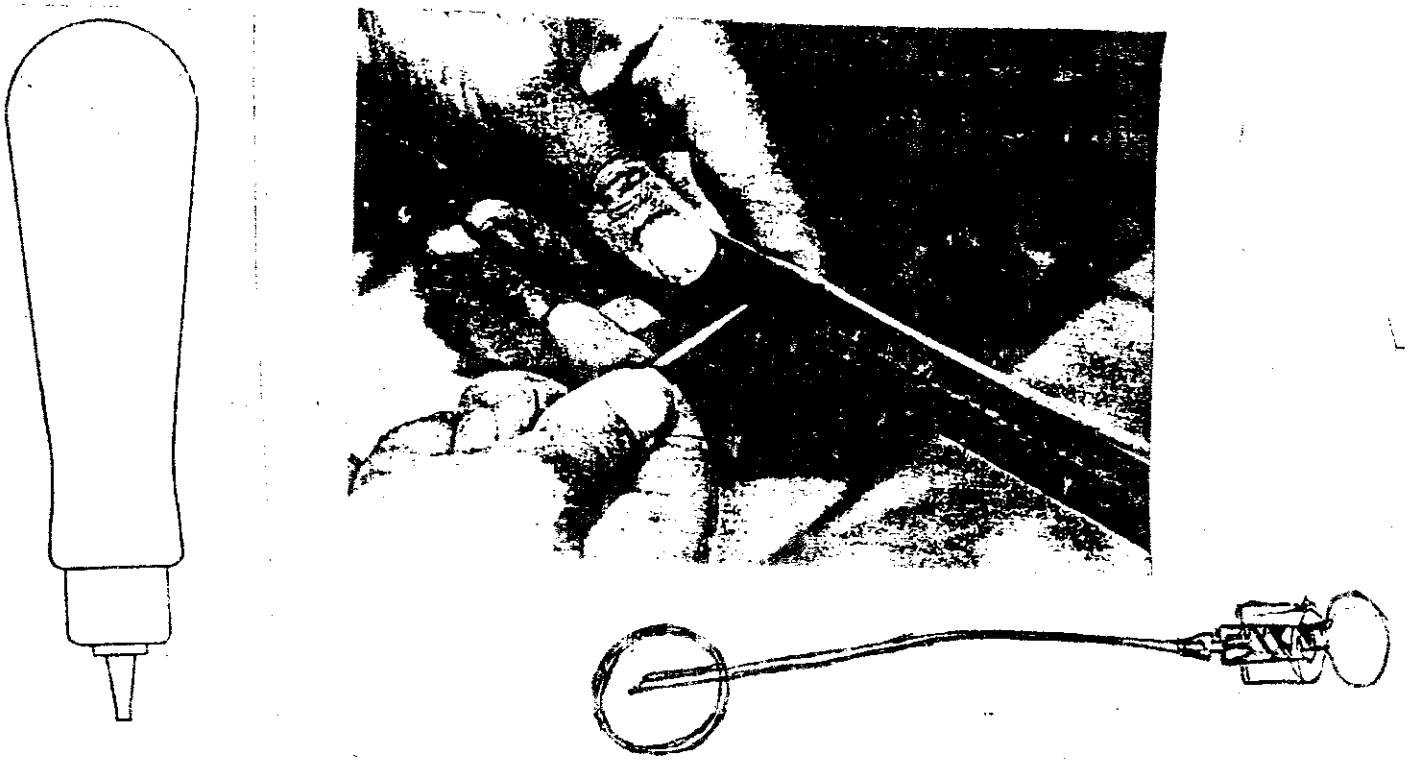
ก. การตัด ท่อขนาดจิ๋วต้องตัดให้ได้ขนาดความยาวที่ต้องการ ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน (± 1 ซม.) การตัดต้องปราณีต และจะต้องไม่ตัดให้รูปหน้าตัดของท่อเสียทรง ตัดเป็นรูปปากฉลามทำมุมประมาณ 45° เพื่อป้องกันท่อขนาดจิ๋วไม่ให้ชนผนังของท่อแขนง เมื่อต่อเสียบท่อขนาดจิ๋วเข้าไปในท่อแขนง มีดที่ใช้ตัดจะต้องมีความคม เช่น คัตเตอร์ (Cutter) หรือใบมีดโกน วิธีตัดที่ง่ายและรวดเร็ว แสดงไว้ในรูปที่ 7.1

ข. การเสียบท่อขนาดจิ๋วกับท่อแขนง เจาะรูที่ท่อแขนงด้วยเครื่องเจาะรู ซึ่งอาจจะใช้ที่เจาะรูเข็มขัดหรือเครื่องเจาะที่ทำขึ้นเฉพาะ โดยเจาะรูให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดท่อจิ๋วเล็กน้อย แล้วใช้เหล็กปลายแหลมขยายรูตัวคราว เพื่อทำให้ท่อขนาดจิ๋วเสียบเข้าได้โดยง่าย หลังจากที่เราดึงที่เจาะออก หรือมิฉะนั้นเมื่อเจาะรูแล้วจะต้องรีบเสียบท่อขนาดจิ๋วเข้าไปทันที ก่อนที่ท่อจะคืนตัวและโดยปกติเราจะเสียบท่อขนาดจิ๋วเข้าไปในรูที่เจาะจนกระทั่งปลายท่อไปสัมผัสกับผนังท่อด้านในของท่อแขนง แต่ถ้าจำเป็นอาจจะให้ความยาวส่วนใหญ่ของท่อขนาดจิ๋วอยู่ภายในท่อแขนง ส่วนที่เหลือโผล่ออกมาเล็กน้อย เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถว จะสะดวกในการวางท่อ และเก็บเมื่อสิ้นสุดฤดูกาลเพาะปลูก หรือเพื่อประโยชน์ในการเคลื่อนย้ายท่อไปให้น้ำแก่แถวอื่น เช่นการใช้กับมะเขือเทศ สตรอเบอรี่ เป็นต้น การเจาะและเสียบท่อที่ถูกวิธีจะไม่มีน้ำไหลรึม หรือท่อขนาดจิ๋วหลุดออกมาได้ ด้วยวิธีดังกล่าว สามารถทนแรงดันได้ถึง เฮด 30 เมตร หรือมากกว่า

สำหรับกรณีที่ท่อขนาดจิ๋วไม่ได้ควบคุมอัตราการไหลด้วยความยาวของท่ออย่างแท้จริง เพื่อความสะดวกในการควบคุมอัตราการไหลมักจะนิยมใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่มีเกลียวปรับอัตราการไหลได้เสียบต่อที่ปลายท่อขนาดจิ๋ว เพื่อปรับอัตราการไหลตามต้องการ ฉะนั้นความยาวของท่อจึงไม่



รูปที่ 7.1 การตัดท่อขนาดจิ๋วตามความยาวที่ต้องการ



รูปที่ 7.2 การเจาะท่อและเสียบท่อขนาดจิ๋วพร้อมกับคีมหัวปล่อยน้ำชนิดปรับอัตราการไหลได้

บทที่ 7 การติดตั้งและการดำเนินงาน

การติดตั้งระบบการให้น้ำแบบหยดไม่ใช่เรื่องยาก สิ่งสำคัญอยู่ที่ว่าจะต้องคอยดูแล และบำรุงรักษา เพื่อให้ได้รับผลประโยชน์อย่างเต็มที่ จากระบบที่ได้ออกแบบไว้อย่างดีแล้ว

บทนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการปฏิบัติและข้อแนะนำ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการติดตั้ง ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบ เพื่อช่วยทำให้มั่นใจในการทำงาน ที่มีประสิทธิภาพของระบบ

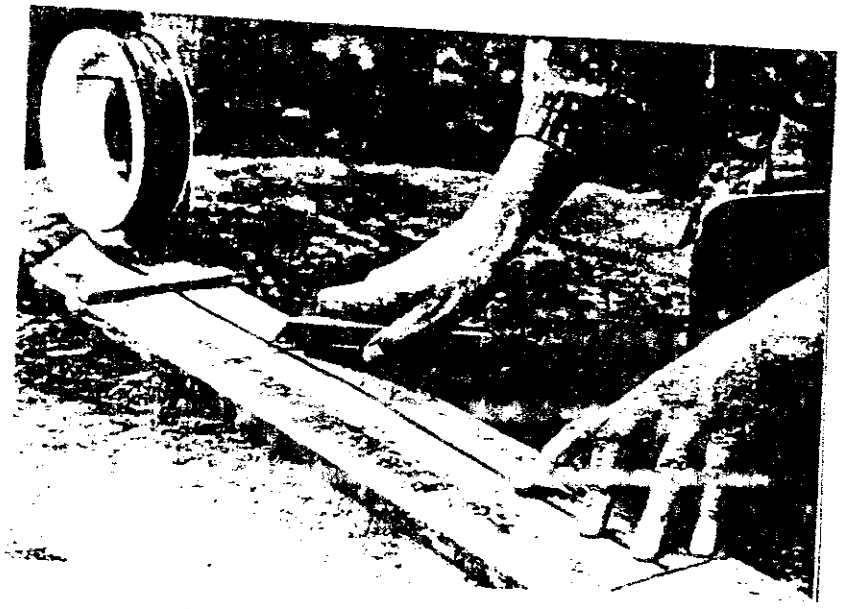
7.1 การติดตั้งหัวปล่อยน้ำแบบต่าง ๆ

7.1.1 หัวปล่อยน้ำชนิดใช้ท่อขนาดจิ๋ว (microtube)

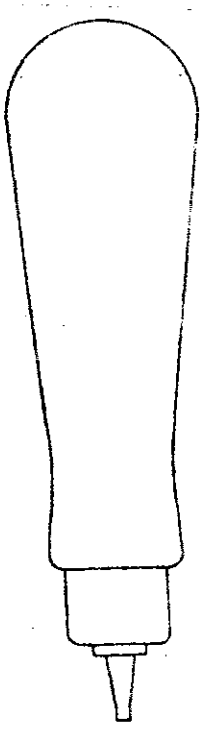
ก. การตัด ท่อขนาดจิ๋วต้องตัดให้ได้ขนาดความยาวที่ต้องการ ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน (± 1 ซม.) การตัดต้องปราณีต และจะต้องไม่ตัดในรูปหน้าตัดของท่อเสียทรง ตัดเป็นรูปปากฉลามทำมุมประมาณ 45° เพื่อป้องกันท่อขนาดจิ๋วไม่ให้ชนผนังของท่อแขนง เมื่อต่อนเสียบท่อขนาดจิ๋วเข้าไปในท่อแขนง มีดที่ใช้ตัดจะต้องมีความคม เช่น คัตเตอร์ (Cutter) หรือใบมีดโกน วิธีตัดที่ง่ายและรวดเร็ว แสดงไว้ในรูปที่ 7.1

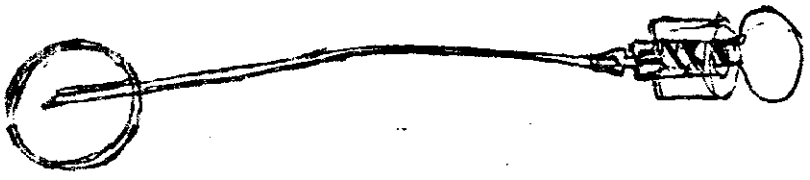
ข. การเสียบท่อขนาดจิ๋วกับท่อแขนง เจาะรูที่ท่อแขนงด้วยเครื่องเจาะรู ซึ่งอาจจะใช้ที่เจาะรูเข็มขัดหรือเครื่องเจาะที่ทำขึ้นเฉพาะ โดยเจาะรูให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดท่อจิ๋วเล็กน้อย แล้วใช้เหล็กปลายแหลมขยายรูทั่วคราว เพื่อทำให้ท่อขนาดจิ๋วเสียบเข้าได้โดยง่าย หลังจากที่เราดึงที่เจาะออก หรือมิฉะนั้นเมื่อเจาะรูแล้วจะต้องรีบเสียบท่อขนาดจิ๋วเข้าไปทันที ก่อนที่ท่อจะคืนตัวและโดยปกติเราจะเสียบท่อขนาดจิ๋วเข้าไปในรูที่เจาะจนกระทั่งปลายท่อไปสัมผัสกับผนังท่อด้านในของท่อแขนง แต่ถ้าจำเป็นอาจจะให้ความยาวส่วนใหญ่ของท่อขนาดจิ๋วอยู่ภายในท่อแขนง ส่วนที่เหลือโผล่ออกมาเล็กน้อย เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถว จะสะดวกในการวางท่อ และเก็บเมื่อสิ้นสุดฤดูกาลเพาะปลูก หรือเพื่อประโยชน์ในการเคลื่อนย้ายท่อไปให้น้ำแก่แถวอื่น เช่นการใช้กับมะเขือเทศ สตรอเบอรี่ เป็นต้น การเจาะและเสียบท่อที่ถูกวิธีจะไม่มีน้ำไหลซึม หรือท่อขนาดจิ๋วหลุดออกมาได้ ด้วยวิธีดังกล่าว สามารถทนแรงดันได้ถึง เฮด 30 เมตร หรือมากกว่า

สำหรับกรณีที่ท่อขนาดจิ๋วไม่ได้ควบคุมอัตราการไหลด้วยความยาวของท่ออย่างแท้จริง เพื่อความสดวกในการควบคุมอัตราการไหลมักจะนิยมใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่มีเกลียวปรับอัตราการไหลได้เสียบต่อที่ปลายท่อขนาดจิ๋ว เพื่อปรับอัตราการไหลตามต้องการ ฉะนั้นความยาวของท่อจึงไม่



รูปที่ 7.1 การตัดท่อขนาดจิ๋วตามความยาวที่ต้องการ





รูปที่ 7.2 การเจาะท่อและเสียบท่อขนาดจิ๋วพร้อมกับติดหัวปล่อยน้ำชนิดปรับอัตราการไหลได้

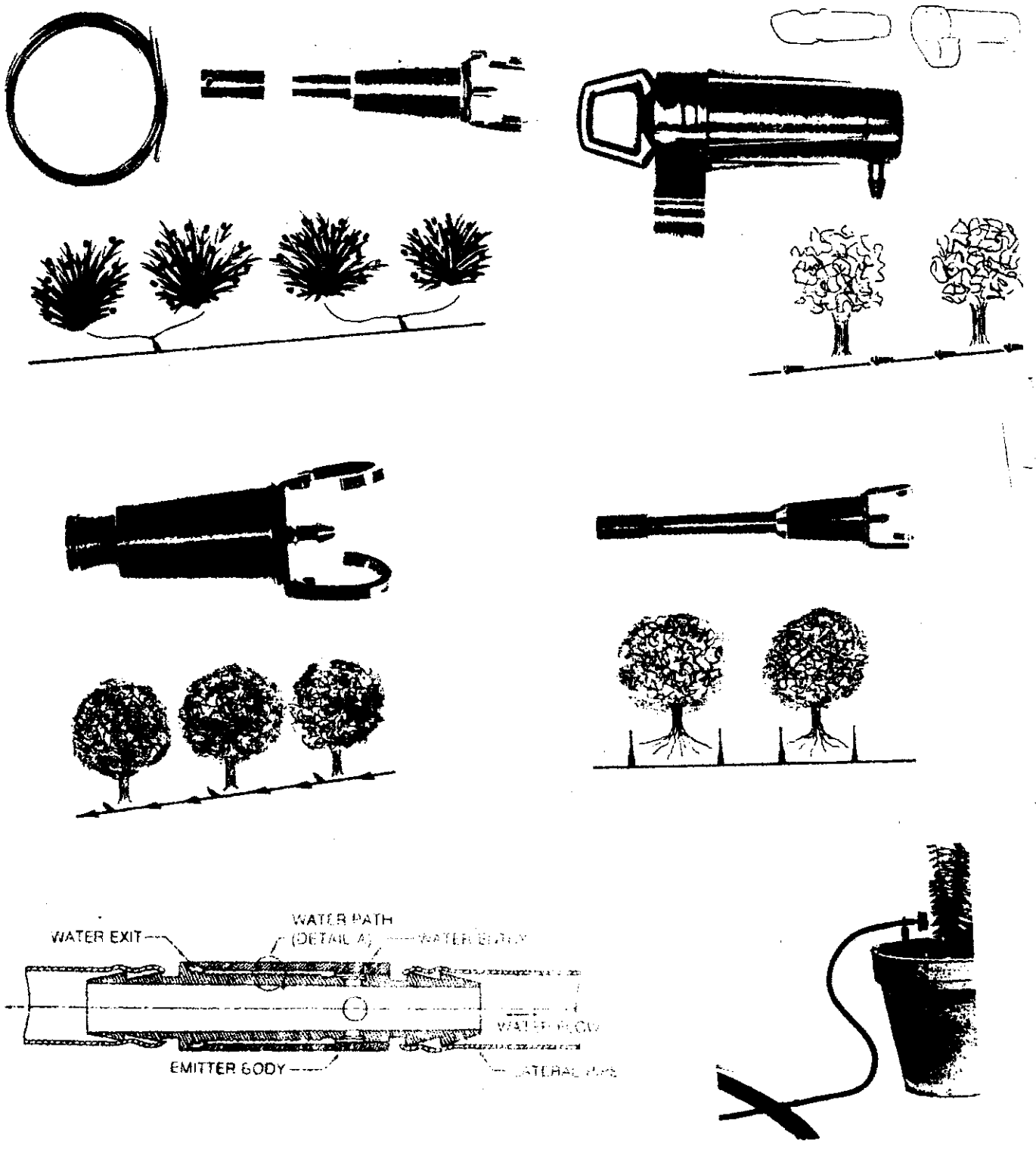
สำคัญ เพียงแต่ให้ยาวพอเหมาะสำหรับการกระจายน้ำตามจุดที่ต้องการ ปกตินิยมยาวไม่เกิน 1.00 เมตร และใช้กับพืชไม้ยืนต้นต่าง ๆ เช่น มะม่วง มะขาม เงาะ ทุเรียน ลิ้นจี่ เป็นต้น สำหรับที่หัวปล่อยน้ำชนิดนี้ควรปักตั้งเพื่อให้อยู่สูงกว่าผิวดินไม่น้อยกว่า 5 ซม. จะทำให้สามารถสังเกตุได้ว่าน้ำไหลหรือไม่ และโคลนหรือทรายจะไม่ถูกดูดเข้าไปจุดกัน เมื่อหยุดน้ำ ดังแสดงในรูป 7.2 การติดตั้งท่อขนาดจิ๋วที่มีหัวปล่อยน้ำที่ปรับอัตราการไหลได้

7.1.2 การเสียบหัวปล่อยน้ำชนิดต่อเป็นส่วนของท่อแขนง

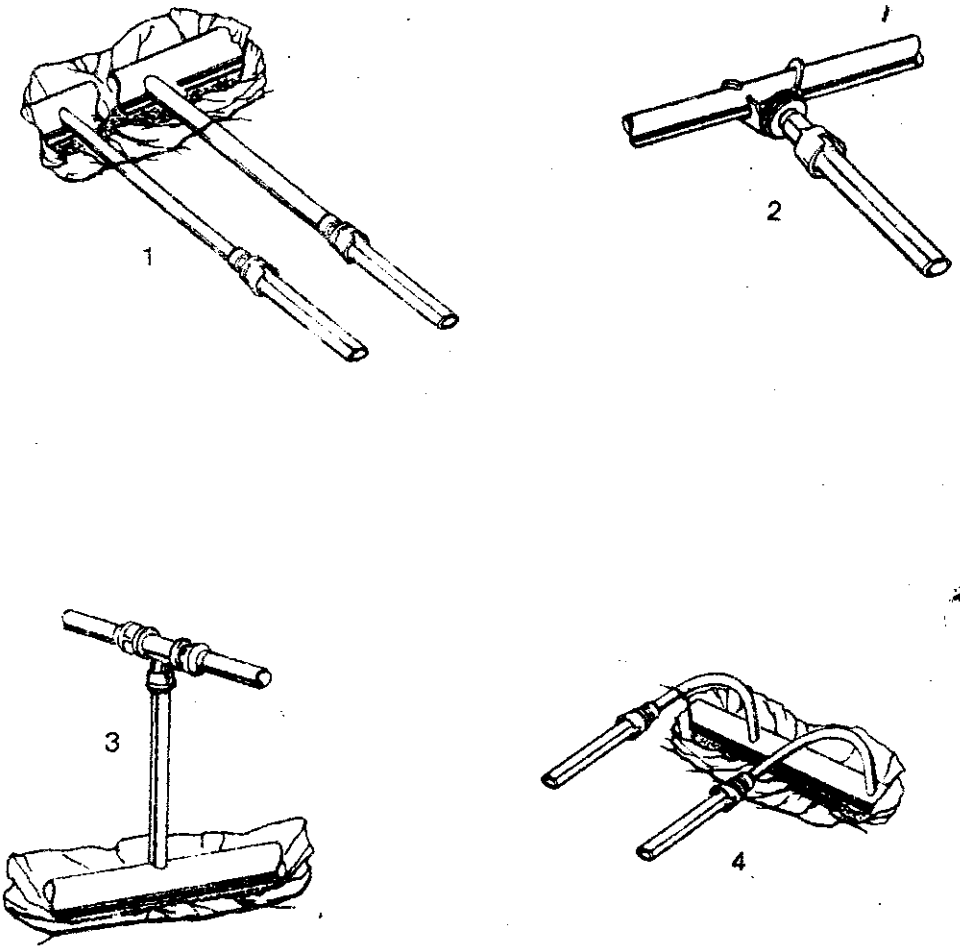
โดยทั่วไปท่อแขนงที่มีหัวปล่อยน้ำชนิดต่อเป็นส่วนของท่อแขนงจะมีระยะห่างของหัวปล่อยน้ำ ที่กำหนดไว้แล้วจากโรงงาน อย่างไรก็ดี ท่อแขนงและหัวปล่อยน้ำสามารถประกอบได้เองภายหลังตามระยะห่างที่ต้องการ โดยมีขั้นตอนดังนี้ ตัดท่อแขนงให้ได้ความยาวเท่ากับระยะห่างของหัวปล่อยที่ใช้ แล้วก็เสียบต่อหัวปล่อยน้ำเข้ากับท่อแขนง ซึ่งก็ทำได้โดยง่าย ถ้าใช้วิธีนำท่อแขนงไปอังไฟ วิธีนี้เชื่อเป็นการลดความเสียหายที่อาจเกิดจากการฉีกขาดของท่อแขนงตามแนวยาวได้อย่างมาก ความเค้นที่เกิดจากการที่เราเอาหัวปล่อยน้ำยัดใส่เข้าไปในท่อแขนงที่เป็น PE ความเค้นจะน้อยลงมาก ถ้าทำให้ท่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น ถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะลดลงหลังจากการประกอบแล้ว ความเค้นนี้ก็ไม่เพิ่มขึ้นบ่อย ๆ และเวลาต่อจะเสียบการจะต้องดูทิศทางการไหลจากหัวปล่อยน้ำให้ถูกทิศทางด้วยเพราะเป็นเรื่องสำคัญเช่นกัน

7.1.3 การเสียบหัวปล่อยน้ำชนิดที่ติดบนท่อแขนง

หัวปล่อยน้ำประเภทนี้ ต่อโดยเจาะผนังท่อและเสียบต่อเข้าไปบนท่อที่เจาะรูนั้นอย่างรวดเร็ว หลังจากที่ดึงเครื่องเจาะออกแล้ว เพราะรูยังบานอยู่จะทำให้เสียบได้ไม่ลำบากนัก หัวปล่อยน้ำบางอย่างสามารถต่อได้กับท่อแขนงที่ฝังใต้ดิน โดยใช้ท่อขนาดเล็กต่อยื่นออกมาให้อยู่เหนือผิวดิน สำหรับท่อแขนงที่เป็น PE การจะต่อท่อที่ยื่นออกมานั้น ควรใช้วิธีเจาะรูให้มีขนาดเล็กกว่าที่ต้องการเล็กน้อย แล้วใช้เหล็กเสียบแหงเข้าไปในรู เพื่อให้รูขยายตัวคราวหลังจากดันเหล็กก็เสียบท่อยื่นเข้าไปได้โดยตรง ถ้าท่อแขนงเป็น PVC จะใช้วิธีนี้ไม่ได้ จะต้องใส่แหวนยางในรูที่เจาะก่อนยัดท่อยื่น หรือหัวปล่อยน้ำเข้าไป



รูปที่ 7.3 การต่อหัวปล่อยน้ำแบบต่าง ๆ กับท่อแขนง



รูปที่ 7.4 การต่อท่อแขนงสองชั้นกับท่อประธานย่อย

รูปที่ 7.5 การเจาะท่อประธานย่อยและยึดท่อแขนง

7.1.4 การต่อท่อแขนงชนิดสองชั้นให้น้ำไหลหรือซึมออกมาแทนหัวปล่อยน้ำ

ท่อแขนงที่เป็นท่อสองชั้น และท่อน้ำซึม อาจจะต่อเข้ากับท่อประธานย่อย โดยการใช้ข้อต่อสามทางพลาสติกและที่รัดท่อ ซึ่งวิธีการทำเช่นนี้จะแพง แต่มีวิธีต่อท่อที่ดีทำง่ายและถูกกว่าวิธีดังกล่าวคือ การใช้ท่อขนาดเล็กตรงเชื่อมหรือรอยต่อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 6 ถึง 8 มม. ขึ้นอยู่กับความยาวของท่อสองชั้นที่ต่อกับท่อประธานย่อย มีข้อแนะนำในการติดตั้งคือ วางท่อประธานย่อนไปตามตัวแปลง การต่อท่อเชื่อมขนาดเล็กดังกล่าวก็ทำคล้าย ๆ กับการเสียบต่อท่อขนาดจิ๋ว ท่อแขนงสองชั้นหรือท่อน้ำซึมจะวางไปตามยาวของแถบบนผิวดิน การควบคุมการกัดเซาะบนพื้นที่ลาดเทนั้น กระทำได้โดยการวางท่อลงในร่องตื้น ๆ หรือโดยการฝังลงใต้ดินลึกประมาณ 2 ถึง 3 นิ้ว ส่วนท่อขนาดเล็กก็นำไปเสียบกับท่อชั้นในที่เจาะรูแล้ว มีอุปกรณ์ที่รัดปลายทั้งสองของท่อสองชั้นดังกล่าว ดูรูปที่ 7.4

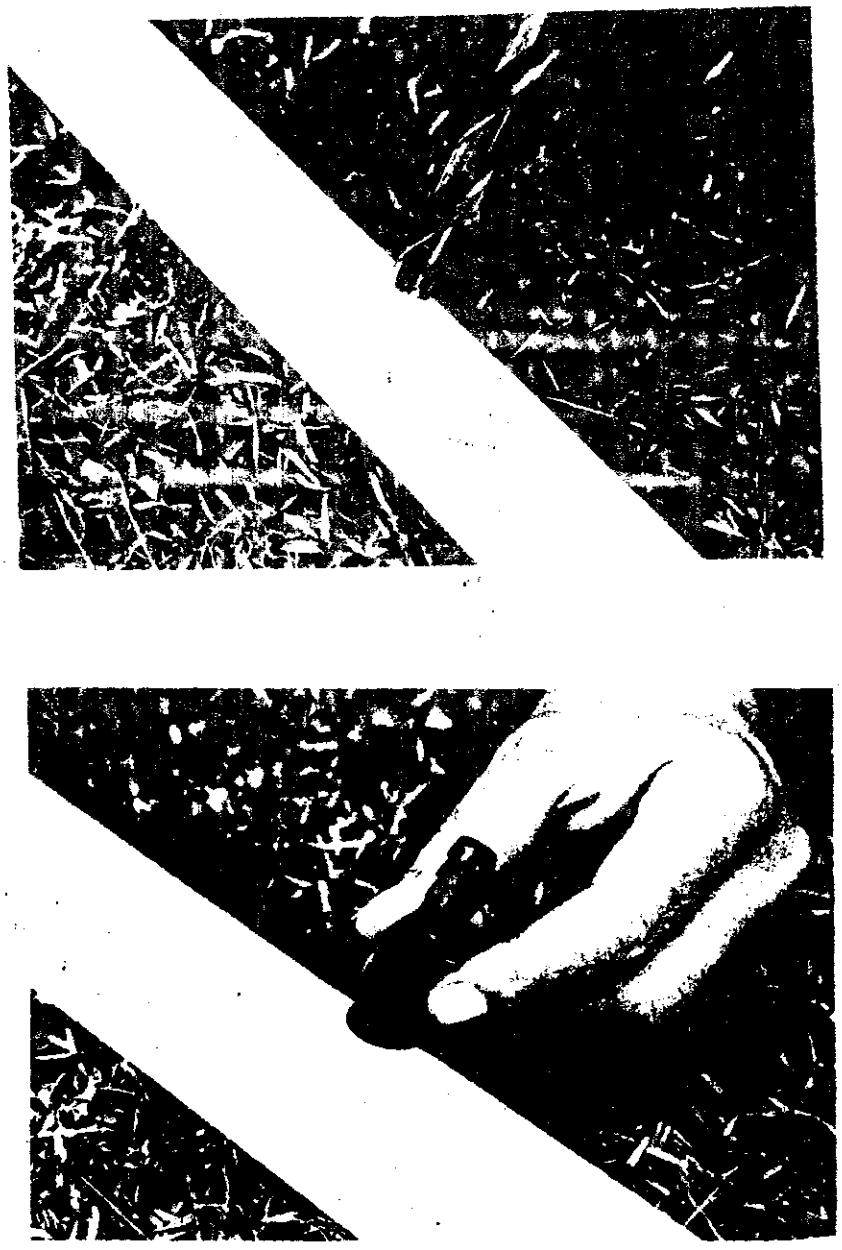
7.2 การต่อท่อแขนงกับท่อประธานย่อย

7.2.1 ท่อประธานย่อยเป็น PE

การต่อที่ง่ายที่สุด สำหรับการใช้งานที่แรงดันไม่สูง (เฮดต่ำกว่า 20 เมตร) คือการใช้ท่อแขนงเสียบต่อเข้ากับท่อประธานย่อยโดยตรง โดยการเจาะท่อประธานย่อยด้วยเครื่องเจาะไม้ หรือดอกสว่านเจาะโลหะ ให้รูที่เจาะรูมีขนาดเล็กกว่าท่อแขนงเล็กน้อย ขยายรูที่เจาะด้วยเครื่องมือที่มีลักษณะคล้ายท่อนเหล็กที่มีปลายเรียวลงเล็กน้อย เสียบเข้าไปในรูที่เจาะ เมื่อดึงที่ขยายรูออกก็ให้รีบเสียบท่อแขนงต่อกับท่อประธานย่อยอย่างรวดเร็ว ท่อแขนงต้องตัดปลายด้านที่จะเสียบ เป็นมุม 45° การต่อแบบนี้ง่ายและประหยัด แต่อย่างไรก็ตามจะใช้วิธีนี้ได้ ท่อแขนงต้องเล็กกว่าท่อประธานย่อยไม่น้อยกว่า 2.5 เท่าสำหรับการต่อโดยวิธีเสียบเข้าในที่ต่อที่ทำขึ้นเฉพาะนั้นจะมีราคาแพงกว่า แต่การใช้งานได้ดีกว่าเป็นต้น ดูรูป 7.5

7.2.2 ท่อประธานย่อยเป็น PVC

การต่อท่อแขนง PE เข้ากับท่อประธานย่อยที่เป็น PVC นั้น อาจจะใช้วิธีเจาะท่อประธานย่อยด้วยสว่านที่ใช้เจาะโลหะ ให้มีขนาดของรูเท่ากับร่องของแหวนยาง แหวนยางและข้อต่อพิเศษ จะทำให้ต่อท่อได้แน่นดังในรูป 7.6 หรือจะใช้ข้อต่อ PVC สามทางลด และส่วนของท่อลดใช้ที่ลอกท่อ PE ซึ่งทำด้วย PVC เช่นกัน ทากาวเชื่อมกับสามทาง PVC และนำ



รูปที่ 7.6 การต่อประธานย่อย PVC กับท่อแขนง PE

ท่อแขนง PE เสียบทางที่ลอกท่อ PE ดังกล่าว ถ้าท่อแขนงเป็น PVC ก็ใช้สามทาง PVC ธรรมดาต่อได้

7.3 การต่อวางท่อแขนง

โดยทั่ว ๆ ไปท่อแขนงจะวางบนผิวดิน นอกจากจำเป็นท่อแขนงก็ฝังใต้ดินได้ แต่ถ้าฝังใต้ดินหัวปล่อยน้ำควรจะต้องต่อขึ้นมาอยู่บนผิวดิน ปลายท่อแขนงอุดโดยการรัดที่ปลายท่อด้วยการใช้หวงรัดที่ปลายท่อ เพื่อเป็นการสดวกในการเปิดออกล้างที่ปลายท่อ เพราะมักจะมีตะกอนมาสะสมอยู่ หรือจะใช้ปลายอุดท่อที่ถอดดึงออกได้ หรืออาจจะใช้ซนิดที่ปลายท่อเปิดออกล้างเองได้ โดยปลายท่อจะเปิดเมื่อเริ่มและหยุดการส่งน้ำ และปลายท่อจะปิดเองเมื่อมีแรงกันในท่อเริ่มขึ้น จนดันประตูน้ำปิดตัวเอง

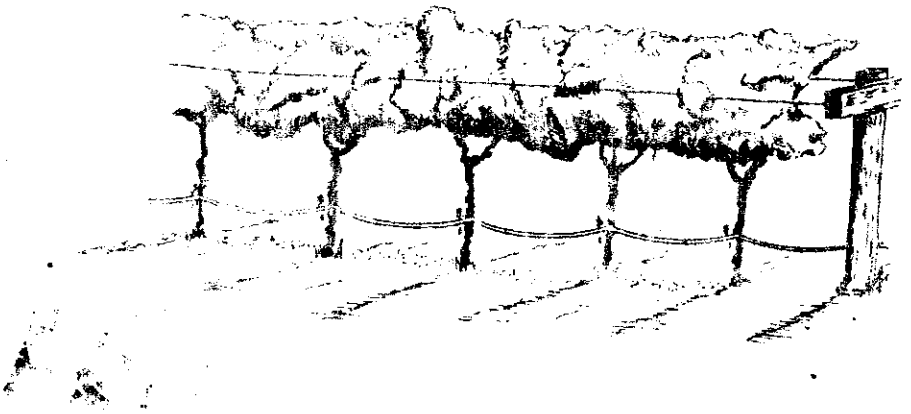
บางครั้งท่อแขนงก็อาจวางอยู่ในตำแหน่งเฉพาะที่ เช่น สำหรับใช้กับแปลงอุ่นที่มีการวางค้างโดยใช้เส้นลวดขึงให้อุ่นเอื้อย ส่วนมากแล้วจะวางท่อแขนงไปตามเส้นลวดที่ขึงเส้นล่างที่สุด แล้วรัดท่อกับลวดด้วยเศษท่อ PE ที่ใหญ่กว่าท่อแขนงเล็กน้อย ตัดเป็นท่อนสั้น ๆ ดังในรูปที่ 7.7

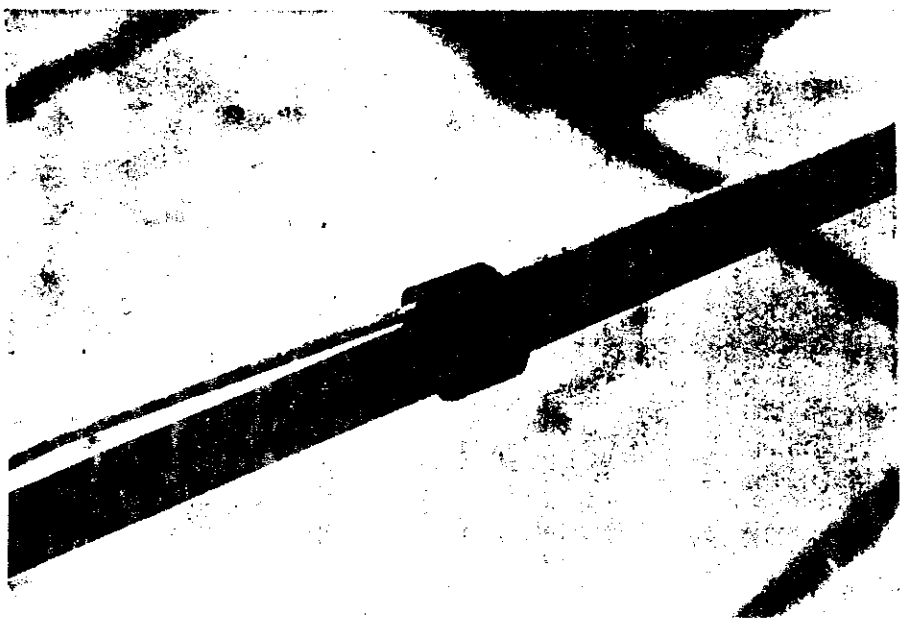
7.4 การต่อวางท่อประธานย่อย

นอกจากระบบที่มีการเคลื่อนย้ายทั้งระบบแล้วละก็ท่อประธานย่อยจะฝังใต้ดิน ถึงแม้จะใช้ระบบท่อแขนงที่มีการเคลื่อนย้ายเมื่อสิ้นสุดฤดูกาลก็ตาม แต่ท่อประธานย่อยมักจะฝังใต้ดิน โดยทั่ว ๆ ไปแล้วท่อประธานย่อยจะวางขวางทิศทางของแถวพืช ดังนั้นควรจะฝังท่อให้ลึกพอที่จะไม่ได้รับอันตรายจากการเขตกรรม หรือจากเครื่องมือเก็บเกี่ยวขนาดใหญ่ ความลึกอย่างน้อยประมาณ 40 ซม. จึงจะเหมาะสม การล้างท่อถือว่าเป็นเรื่องสำคัญในการบำรุงรักษาระบบ ฉะนั้นควรจะต้องมีประตูน้ำที่สามารถเปิดล้างน้ำออกที่จุดปลายท่อประธานย่อยได้ หรือที่จุดต่ำ ๆ ที่จะเปิดน้ำล้างออกได้

7.5 การต่อวางท่อประธาน

ท่อประธานจะนิยมวางใต้ดิน อย่างน้อยต้องฝังลึก 40 ซม. จึงจะเหมาะสมในการป้องกันท่อ





รูปที่ 7.7 การวางท่อแขวนโดยการยึงให้ลอยจากพื้นดิน

ท่อประธานที่เป็นท่อใยหิน หรือ PVC ควรจะวางให้ถูกต้อง โดยเฉพาะพื้นดินที่เป็นดินแข็งหรือหิน

ท่อ PVC ไม่ควรวางเป็นเส้นตรง ในดินที่ขุดออกแต่ละวางให้คดเคี้ยว เพื่อป้องกันการยืดและหดตัว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยเฉพาะรอนที่ยังไม่ได้ผังดิน

<u>การดำเนินงานของระบบการชลประทานแบบหยด</u>

7.6 <u>การเริ่มใช้งาน</u>

7.6.1 <u>การทำความสะอาดระบบ</u> เมื่อระบบการให้น้ำมีการติดตั้งใหม่ ๆ ทุกส่วนของระบบควรจะทำความสะอาดเสียก่อน เพื่อมิให้เกษตร หรือสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ เข้าไปทำความเสียหายต่อตัวปล่อยน้ำได้ภายหลัง ถ้ามีการใช้ระบบกรองด้วยกรวดและทราย ควรจะปล่อยน้ำทิ้งไปเสียก่อนระยะหนึ่งจนกว่าน้ำที่ออกมาจะสะอาดจริง ๆ จึงจะให้ผ่านเข้าระบบได้ ถึงแม้จะมีการล้างกรวดและทรายจนสะอาดแล้วก็ตาม

ระหว่างการปล่อยน้ำเข้าระบบครั้งแรก ควรจะเปิดประตูน้ำทุกส่วน ทั้งที่ท่อประธาน ท่อประธานย่อย ท่อแขนง และปลายท่อแขนงทุกจุด โดยปกติแล้วจะเปิดท่อประธานหรือท่อประธานย่อยทีละสายเท่านั้น เพื่อที่จะให้น้ำฉีดล้างออกแรง ๆ เพราะจะมีน้ำออกด้วยอัตราที่สูง ระบบควรจะเปิดน้ำทิ้งไว้สักระยะหนึ่ง จะนานเท่าไรขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ แต่โดยทั่ว ๆ ไปประมาณ 15 นาที หลังจากน้ำเริ่มออกจากปลายท่อสุดท้ายแล้ว หลังจากนั้นจะปิดประตูน้ำที่ระบายออกจากท่อประธานก่อน ต่อด้วยท่อประธานย่อย และสุดท้ายจึงจะเปิดที่ปลายท่อแขนงต่าง ๆ ตามลำดับ

7.6.2 <u>การให้น้ำเปียกในระยะแรก</u>

ถ้าระบบมีการติดตั้งในพื้นที่ซึ่งช่วงนั้น ความชื้นในดินต่ำกว่าความชื้นสูงสุดที่ดินเก็บน้ำให้พืชใช้ได้ (field capacity) มาก การให้น้ำชลประทานครั้งแรก ควรจะให้นานกว่าปกติที่ให้จริง ๆ ทั้งนี้เพื่อว่าเป็นการให้ดินมีส่วนเก็บน้ำสำรองไว้ให้พืชใช้ได้มากที่สุด มีข้อแนะนำว่าการให้น้ำชลประทานครั้งแรกนั้น ควรจะให้นานอย่างน้อยไม่ต่ำกว่าสองเท่าของช่วงให้น้ำปกติ ทั้งนี้เพราะว่าการกำหนดให้น้ำในช่วงปกตินั้น ให้น้ำเพียงเพื่อชดเชยส่วนที่ถูกใช้ไปเท่านั้น ดังนั้นการให้น้ำครั้งแรกนี้ นับว่าเป็นเรื่องสำคัญเพราะจะเป็นตัวกำหนดถึงแรงดึงความชื้นในดินเขตรากพืช ที่ต่างกันก่อนการให้น้ำแต่ละครั้ง สำหรับการปฏิบัติโดยทั่วไปนั้นจะดำเนินการส่งน้ำเป็นเวลา 24 ชม. หลังจากติดตั้งระบบเสร็จสมบูรณ์แล้ว รวมทั้งตอนเริ่มการให้น้ำแต่ละฤดูการลเพาะปลูกด้วย

7.7 การดำเนินงานที่ทำเป็นประจำ

7.7.1 การให้น้ำชลประทานตามปกติ ดำเนินงานให้น้ำตามกำหนดเวลาที่กำหนดไว้ และตรวจสอบปรับปรุงให้เหมาะสมตามความเป็นจริง

7.7.2 การทำความสะอาดเครื่องกรองด้วยวิธีล้างกลับทาง คุณภาพของแหล่งน้ำจะเป็นตัวบอกได้ว่าเครื่องกรองควรจะล้างกลับทางบ่อยแค่ไหน ควรจะติดตั้งเกย์บอกความดันที่ต่างกันระหว่างทางน้ำเข้าและทางน้ำออก จะทำให้ทราบได้ว่าเมื่อไรควรจะล้างเครื่องกรองได้แล้ว ปกติจะให้ความดันต่างกันไม่เกิน 3-5 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

อย่างไรก็ตามการดำเนินงานที่ดีนั้น ถึงแม้น้ำจะดูสะอาดขนาดไหนก็ควรที่จะทำการล้างเครื่องกรอง เมื่อสิ้นสุดการให้น้ำแต่ละครั้ง เพื่อเป็นการให้แน่ใจได้ว่า จะไม่มีสิ่งแปลกปลอมซึมลึกเข้าไปในวัสดุกรอง ถ้าปล่อยเอาไว้เป็นเวลานาน ๆ

7.7.3 การล้างสิ่งแปลกปลอมออกที่ปลายท่อ ควรจะเปิดปลายท่อแขนงล้างออกอย่างน้อยเดือนละครั้ง สำหรับท่อประธานย่อยควรจะเปิดปลายล้างออกบ่อย ๆ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแหล่งน้ำที่ใช้

7.8 ข้อควรระวังเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายจากน้ำกระแทกท่อ

ไม่เพียงแต่จะต้องออกแบบและติดตั้งระบบท่อต่าง ๆ ให้เหมาะสม แต่จะต้องใช้มันให้ถูกวิธีด้วย เพื่อจะได้มีสมรรถนะที่ดี วิธีที่จะลดอันตรายจากน้ำกระแทกท่อ มักจะถูกละเลยบ่อย ๆ จะเกิดน้ำกระแทกท่อขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล หรือความเร็วทางน้ำในท่ออย่างฉับพลันทันใด ความรุนแรงของน้ำกระแทก เราจะกล่าวถึงในรูปของคลื่นแรงดัน (surge) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วอย่างฉับพลันทันใดมากน้อยเพียงใด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงความเร็วควรจะทำให้ค่อยเป็นค่อยไป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงดันที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก ความเร็วของน้ำในท่อ ซึ่งย่านพื้นที่หน้าตัดรูปที่ จะเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยต่อไปนี้

- การเปิดปิดประตูน้ำ
- การเปิดปิดปั๊มสูบน้ำ (โดยเฉพาะปั๊มประเภทหอยโข่ง)
- การเคลื่อนตัวของกลุ่มฟองอากาศภายในท่อ
- การระบายอากาศอย่างฉับพลันออกจากท่อ

มันเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด ที่จะต้องใช้ระบบการให้น้ำอย่างถูกต้อง เพื่อจะได้หลีกเลี่ยงอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากน้ำกระแทรก เมื่อไม่มีน้ำอยู่ภายในท่อ จำเป็นจะต้องค่อย ๆ ปล่อยน้ำเข้าไปในท่ออย่างช้า ๆ เท่าที่จะทำได้ โดยอาศัยแนวทางปฏิบัติต่อไปนี้

1) เปิดประตูน้ำทุกตัว ยกเว้นที่ต้นเครื่องสูบน้ำอย่างช้า ๆ ฉะนั้นอัตราของน้ำจะไหลเข้าไปในท่อไม่ควรจะให้มีความเร็วเกิน 1 เมตรต่อวินาที ถ้าเครื่องสูบน้ำเกิดเดิน ๆ หยุด ๆ ขณะที่สูบน้ำ จะทำให้อัตราการไหลน้อยลง เมื่อเดินเครื่องใหม่ความเร็วสูงสุดไม่ควรเกิน 0.5 เมตรต่อวินาที

2) เมื่อน้ำเริ่มไหลออกที่ปลายท่อ มันอาจจะมีกลุ่มของฟองอากาศ ดังนั้นควรจะเดินเครื่องติดต่อกันอย่างน้อยอีก 15 นาที แล้วถ้าเป็นไปได้ควรหยุดเครื่องสูบน้ำในขณะที่ปิดประตูน้ำทั้งหมดเพื่อไม่ให้อากาศเข้าไป หลังจาก 15 นาทีแล้ว ให้เดินเครื่องใหม่อีกครั้ง และควบคุมให้อัตราการไหลนั้นน้อยลง

3) ค่อย ๆ ปิด ประตูน้ำเพื่อให้แรงดันเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนถึงแรงดันสูงสุดในการใช้งาน อย่างน้อยควรจะใช้เวลาประมาณ 10 นาที อย่างไรก็ตามถ้าระบบการให้น้ำอาจจะหยุดทำงานชั่วขณะด้วยเหตุผลใด ๆ ก็ตามที สิ่งสำคัญคือ จะต้องลดอัตราการไหลลง

4) ความดันสูงสุดในท่อนั้น จะต้องไม่เกินขนาดที่จะเป็นอันตรายต่อท่อ เวลาที่ใช้ในการปิดประตูน้ำ ไม่ควรน้อยกว่า 10 วินาที