

## บทที่ 6

# ปริมาณความชื้นและน้ำในดิน

### วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และเข้าใจรวมทั้งสามารถตอบคำถามหรืออธิบายสิ่งต่อไปนี้ได้

1. อธิบายความหมายของปริมาณความชื้นในดินได้
2. อธิบายความหมายของน้ำในดินได้
3. อธิบายความสำคัญของปริมาณความชื้นและน้ำในดินได้
4. สามารถบอกวิธีการหาค่าความชื้นของดินได้
5. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินกับสภาพทางภูมิศาสตร์ของกลุ่มน้ำได้
6. อธิบายลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำในดินได้
7. สามารถคำนวณหาค่าปริมาณความชื้นของดินในพื้นที่กลุ่มน้ำได้

### สาระสำคัญ

#### 1. ความสำคัญ

ความสำคัญของปริมาณความชื้นและน้ำในดินจะส่งผลอย่างมากในการวางแผนการจัดการลุ่มน้ำใด ๆ ทั้งนี้ เนื่องจากเมื่อฝนตกลงมาสู่พื้นดินแล้วน้ำฝนที่ตกลงมาจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนหนึ่งจะถูกรองรับไว้ด้วยสิ่งปกคลุมต่าง ๆ บนพื้นดินและกลายเป็นน้ำไหลบ่าหน้าดิน ซึ่งในที่สุดก็จะไหลลงมารวมกันอยู่ในลำน้ำหรือแหล่งสะสมน้ำต่าง ๆ บนผิวดิน เช่น แ่งน้ำ คลอง หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ ฯลฯ เป็นต้น น้ำส่วนแรกนี้เป็นส่วนของน้ำผิวดิน ซึ่งมักจะอยู่ในลุ่มน้ำอย่างสั้น ๆ ชั่วคราว และในที่สุดก็จะไหลออกจากลุ่มน้ำไป โดยทั่วไปน้ำผิวดินจะมีมากในฤดูฝน ส่วนในฤดูแล้งน้ำส่วนนี้จะน้อยมาก น้ำอีกส่วนหนึ่งที่เมื่อ

ฝนตกลงมาสู่พื้นดินแล้วจะซึมลงสู่ดินเบื้องล่าง อัตราการซึมน้ำลงสู่ใต้ดินจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถในการซึมน้ำของดินเป็นสำคัญ ถ้าดินมีความสามารถในการซึมน้ำมาก โอกาสที่น้ำจะซึมลงสู่ดินก็จะมีมาก แต่ถ้าดินมีความสามารถในการซึมน้ำน้อย โอกาสที่น้ำจะซึมลงสู่ดินก็จะมีน้อยตามไปด้วย น้ำที่ซึมลงสู่ดินชั้นล่างด้วยกระบวนการซึมน้ำ ( Infiltration ) ของดิน น้ำส่วนนี้จะสะสมอยู่ในช่องว่างของดินที่มีขนาดต่าง ๆ กัน น้ำส่วนที่อยู่ในช่องว่างของดินขนาดเล็ก ( Micropore ) จะทำให้ดินมีความชุ่มชื้น ซึ่งจะยังประโยชน์โดยตรงต่ออัตราการเจริญเติบโตของพืชพรรณต่าง ๆ ส่วนน้ำที่อยู่ในช่องว่างของดินขนาดใหญ่ ( Macropore ) จะถูกสะสมไว้แล้วมีการเคลื่อนที่ตามแรงดึงดูดของโลก นั่นคือ จะมีการไหลของน้ำใต้ดิน ( Percolation ) จากที่สูงไปสู่ที่ต่ำไปสู่ระดับน้ำใต้ดิน ( Water table ) ในที่สุด นอกจากน้ำในส่วนดังกล่าวซึ่งเป็นส่วนใหญ่แล้วน้ำในดินยังสามารถอยู่ในรูปของส่วนประกอบของแร่ธาตุในดิน ( Chemical-combined water ) นอกจากนั้นยังมีน้ำที่ห่อหุ้มผิวหน้า เม็ดดิน เคลือบผิวหน้า เม็ดดินเอาไว้ด้วยแรงดึงดูดระหว่างเม็ดดินกับน้ำ ( Adhesion force ) เมื่อน้ำเกาะเคลือบผิวหน้าดินทั่วแล้วน้ำก็จะเกาะเคลือบผิวต่อ ๆ กันไปเป็นรัศมีกว้างออกไปด้วยแรงดึงดูดระหว่างน้ำกับน้ำ ( Cohesion force ) แรงที่น้ำดึงดูดกันนี้จะค่อย ๆ ลดน้อยลงตามระยะทางของรัศมีที่แผ่วงกว้างออกไป น้ำที่อยู่ใกล้หรือที่ผิวหน้าดินจะมีแรงมากที่สุดและจะถูกดูดให้เพิ่มทางรัศมีมากขึ้น แรงทั้งสองก็จะลดลงจนทำให้ต้องเคลื่อนที่ระบายออกไปในที่สุด

วัตถุประสงค์หลักในการจัดการลุ่มน้ำก็เพื่อต้องการให้น้ำกินน้ำใช้อย่างพอเพียงและมีคุณภาพดีตลอดปี ในฤดูฝนปริมาณน้ำอาจจะมีมากเกินไปเกินความต้องการ แต่ในฤดูแล้ง ปริมาณและคุณภาพของน้ำจะมีปัญหา น้ำจากแหล่งใต้ดินจะเป็นตัวการสำคัญที่มีอิทธิพลต่อระดับน้ำในฤดูแล้งมาก ทั้งนี้เพราะแหล่งที่มาของน้ำที่หล่อเลี้ยงให้มีระดับน้ำอยู่ในเกณฑ์น่าพอใจของลำน้ำสายต่าง ๆ ในฤดูแล้งนั้น เกือบทั้งหมดมาจากแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งได้มาจากการเก็บสะสมน้ำ

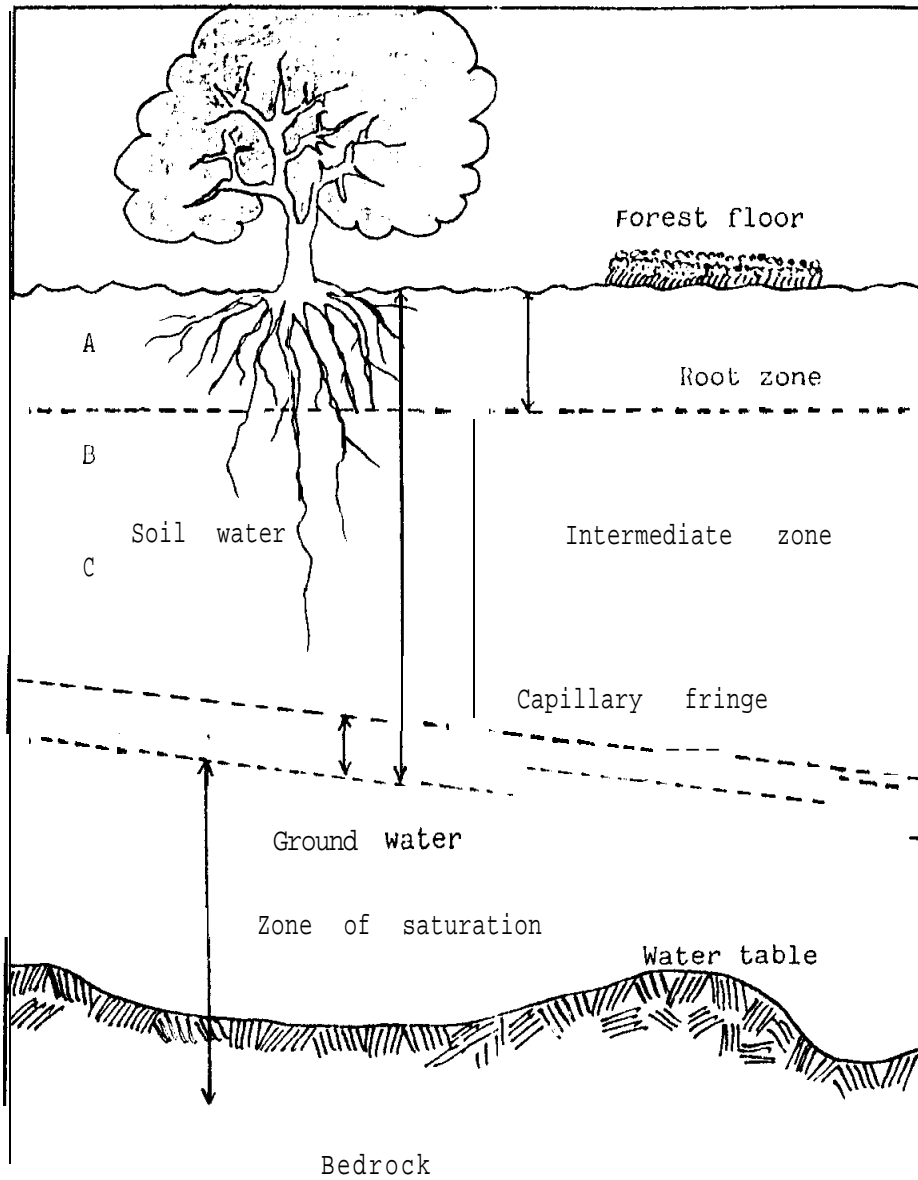
ของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำนั้น อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินนั้นขึ้นอยู่กับน้ำในดินเพียงสองลักษณะใหญ่ ๆ คือ น้ำที่ฉาบอยู่ตามเม็ดดินและน้ำที่อยู่ตามช่องว่างของดิน ส่วนน้ำที่อยู่ในลักษณะของส่วนประกอบของแร่ธาตุในดินจะมีบทบาทน้อยมาก การทำลายป่าไม้ตลอดจนการเปิดพื้นที่ให้โล่งปราศจากพืชคลุมดินเป็นการทำลายความสามารถในการอุ้มน้ำของดินโดยตรง เพราะเมื่อดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำและซึมน้ำได้น้อย เมื่อฝนตกลงมาน้ำส่วนใหญ่จะไหลอยู่บนผิวดินและไหลลงสู่ลำน้ำ ในที่สุดก็จะระเหยออกจากลุ่มน้ำไปอย่างไร้ประโยชน์ หากปริมาณฝนมีมากกว่าความสามารถในการรับน้ำของลำน้ำหรือปริมาณฝนมีมากกว่าความจุของลำน้ำ ผลที่ปรากฏก็คือ เกิดภาวะน้ำท่วมภายหลังฝนตกหนัก หลังจากฝนหยุดแล้วเพียงระยะเวลาอันสั้นก็จะเกิดภาวะแห้งแล้งเข้ามาแทนที่ ทั้งนี้เพราะดินได้ถูกซึบความชื้นไว้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นในระหว่างที่ฝนตก เนื่องจากดินเสื่อมคุณภาพทำให้อัตราการซึมน้ำของดินต่ำ จึงมักเกิดภาวะน้ำท่วมและภาวะแห้งแล้งสลับกันอยู่เสมอ โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ถูกทำลาย ในพื้นที่ลุ่มน้ำที่สภาพป่าธรรมชาติ หังอุคนตมภูวณจะมีน้ำไหลอยู่ในลำน้ำสาขาลงกอยู่เสมอน้ำเสมอตลอดปี

## 2. น้ำใต้ดิน

น้ำใต้ดิน (Ground water หรือ Phreatic water) หมายถึงน้ำที่อยู่  
ในเขตของการอิ่มตัว ( Zone of saturation ) ของดิน เป็นน้ำที่อยู่ใต้ระดับน้ำ  
ใต้ดิน ( Water table ) ซึ่งอยู่ระหว่างเขตการหายใจ ( Zone of aeration )  
ของรากพืชกับเขตของการอิ่มตัวของดิน โดยทั่วไปน้ำใต้ดินจะแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตาม  
เขตที่อยู่ของน้ำใต้ดิน

### 2.1 น้ำที่อยู่ในเขตของเศษหิน

น้ำที่อยู่ในเขตของเศษหิน ( Zone of fraction ) เป็นน้ำส่วนที่เป็น



รูปที่ 6.1 แสดงน้ำในดินระดับต่าง ๆ  
 (ที่มา : นวัตกรรม เรื่องพานิช, 2514)

ส่วนประกอบของแร่ธาตุในดิน รวมทั้งน้ำที่เกาะอยู่ตามผิวของตะกอนสะสมของหินชั้น  
ประเภทต่าง ๆ ในทางปฏิบัติพบว่า น้ำในส่วนนี้มีปริมาณน้อยมากไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ  
หรือสภาพอื่น ๆ ของน้ำใต้ดิน

## 2.2 น้ำที่อยู่ในเขตของการหายใจของพืช

น้ำที่อยู่ในเขตของการหายใจของพืช ( Zone of aeration )  
เป็นน้ำที่อยู่ในเขตของส่วนประกอบที่เป็นอากาศ ดิน และน้ำ ซึ่งเป็นส่วนที่มีความจำเป็น  
ต่อการเจริญเติบโตของพืช แนวเขตนี้สามารถแบ่งออกได้เป็นสามส่วนดังนี้

### 2.2.1 เขตที่เกี่ยวกับดินและน้ำ ( Belt of soil water )

เป็นน้ำใต้ดินที่มักจะมีการกล่าวถึงอยู่เสมอ โดยทั่วไปจะมีอยู่ในระดับผิวน้ำของดินลึกลงไป  
จนถึงชั้นที่มีรากพืชเจริญเติบโตอยู่ เป็นชั้นที่พืชจะนำความชื้นหรือนำน้ำจากดินไปใช้ เมื่อ  
กล่าวถึงความชื้นของดินมักจะมีความหมายถึงน้ำใต้ดินที่อยู่ในเขตนี้เป็นส่วนใหญ่

### 2.2.2 เขตที่อยู่ใต้เขตที่เกี่ยวกับดินและน้ำ ( Intermediate belt )

เป็นน้ำใต้ดินที่อยู่ถัดจากเขตที่เกี่ยวกับดินและน้ำลงไปจนถึงเขตของการอิมตัวของดินเบื้องล่าง  
น้ำใต้ดินในเขตนี้จะประกอบด้วยน้ำที่อยู่ในช่องว่างในดินสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดึงดูดของโลก  
เรียกว่า "Gravitational water" นอกจากนั้นยังประกอบด้วยน้ำที่ใกล้จุกอิมตัว  
ที่ถูกยึดไว้ด้วยแรงดึงดูดระหว่างเม็ดดินกับน้ำผสมกับแรงตึงผิว ( Capillary force )  
สำหรับในส่วนล่างสุดติดกับระดับน้ำใต้ดินนี้จุกอิมตัวใกล้เคียงกับเขตของการอิมตัวเบื้องล่าง  
น้ำในส่วนนี้เรียกว่า " Capillary fringe " ซึ่งอาจมีระยะอยู่สูงจากระดับน้ำใต้ดิน  
ตั้งแต่ 2-8 ฟุตหรือมากกว่า ทั้งนี้ระดับน้ำของน้ำใต้ดินส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะความหยาบหรือ  
ละเอียดของชั้นดินและชั้นหิน ซึ่งประกอบขึ้นเป็นโครงสร้างทางธรณีวิทยาในบริเวณนั้น ๆ ด้วย

### 2.2.3 น้ำที่อยู่ในเขตของการอิ่มตัว (Zone of saturation)

เป็นเขตของน้ำใต้ดินที่อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งปกติจะมีน้ำอยู่เต็มช่องว่างของดิน น้ำส่วนนี้จะ เป็นน้ำส่วนที่หลุดออกจากแรงดึงดูดไม่ว่าจะเป็นแรงที่เกิดจาก เม็ดดินกับน้ำหรือแรงที่เกิดจากน้ำกับน้ำ น้ำในส่วนนี้เป็นน้ำที่ถูกดึงดูดให้ เคลื่อนที่โดยแรงดึงดูดของโลก เป็นน้ำส่วนเกินที่ไหลจากน้ำส่วนที่ถูกดินและน้ำยึดไว้ น้ำในส่วนนี้จะรวมน้ำส่วนที่เป็นแหล่งของน้ำบาดาลเข้าไว้ด้วย ในทางปฏิบัติอาจพบน้ำใต้ดินในลักษณะที่เหมือนกับน้ำในเขตของการอิ่มตัวนี้ในชั้นที่เป็นเขตของการหายใจของพืช ซึ่งทำให้เข้าใจผิดได้ว่าเป็นชั้นของการอิ่มตัว ข้อเท็จจริงก็คือ อาจเป็นน้ำใต้ดินที่ขังอยู่ในแอ่งที่เป็นชั้นหินที่น้ำซึมผ่านไม่ได้ มักจะพบเสมอในฤดูฝนซึ่งมีน้ำมาก พอถึงฤดูแล้งสภาพการณ์ดังกล่าวก็จะหายไป

### 3. ความชื้นในดิน

ความชื้นในดิน ( Soil moisture ) เป็นน้ำที่อยู่ภายในดิน ( Soil - water ) ซึ่งหมายถึงน้ำที่อยู่ในส่วนของน้ำที่อยู่ในเขตการหายใจของพืช เมื่อฝนตกน้ำบางส่วนจะไหลไปตามผิวหน้าดินแล้วลงสู่ลำน้ำ น้ำอีกส่วนหนึ่งจะถูกดินดูดซับไว้แล้วค่อย ๆ ไหลซึมลงสู่ดินเบื้องล่างลงไป การซึมน้ำได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติโดยตรงของดิน ดินที่มีช่องว่างในดินมาก ดินร่วนซุยมีอินทรีย์วัตถุมากหรือดินที่มีสิ่งปกคลุมดี โอกาสที่น้ำจะซึมลงไปในดินที่มีสภาพเหล่านี้จึงมีมาก น้ำเหล่านี้จะเข้าไปอยู่ตามช่องว่างของอนุภาคของดินที่ไหลจากนั้นจะไหลลึกลงกลายเป็นน้ำใต้ดินไป น้ำส่วนที่อยู่ในช่องว่างของดินขนาดใหญ่ ( Gravitational water ) จะไหลไปรวมกับน้ำใต้ดินหรือไหลไปตามด้านข้างของลำน้ำ ( Lateral flow ) ส่วนน้ำที่อยู่ในช่องว่างในดินขนาดเล็ก ( Capillary water ) จะไม่ไหลไปจากดินในสภาพธรรมดาเป็นน้ำที่ให้ประโยชน์แก่พืช ทำให้เกิดความชุ่มชื้นในดิน ทำให้สภาพของดินเกิดสิ่งที่เรียกว่า "Field capacity" ซึ่ง

หมายถึง ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดินหลังจากน้ำถูกระบายออกไปโดยแรงดึงดูดของโลก หรือหมายถึงความชื้นในดินหลังจากที่ฝนหยุดตกแล้ว 2-3 วัน นั่นคือเมื่อดินอิ่มตัวด้วย น้ำแล้วปล่อยให้ระเหยออกไปประมาณ 2-3 วัน หรือใช้ความชื้นประมาณ 1/3 ของ บรรยากาศบังคับให้น้ำระบายออก น้ำที่เหลือในดินคือความชื้นที่ "Field capacity" ค่าน้ำที่อยู่ในดินที่เป็นจุดแบ่งว่าถ้ามีน้ำน้อยกว่านี้แล้วพืชจะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Wilting coefficient) ซึ่งหมายถึง ถ้ามีน้ำมากกว่านี้พืชก็จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จากการศึกษาพบว่า น้ำส่วนนี้เป็นน้ำส่วนที่เหลืออยู่ในดินภายหลังจากที่ใช้ ความชื้นประมาณ 31 บรรยากาศบังคับให้น้ำออกจากดิน สำหรับน้ำในดินที่ถูกยึดไว้ด้วย แรงระหว่างอนุภาคของดินและน้ำ (Hygroscopic water) พืชก็ไม่สามารถนำไป ใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน ดังนั้น น้ำส่วนที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Available water) คือ น้ำที่อยู่ในช่องว่างของดินขนาดเล็กทั้งหมดหรือน้ำที่อยู่ในดินตั้งแต่ความชื้น ที่ต่ำสุดที่พืชจะนำไปใช้ได้ นอกจากนั้นน้ำบางส่วนที่พืชนำมาใช้อาจจะมาจากน้ำที่อยู่ในช่อง- ว่างในดินขนาดใหญ่ ซึ่งถ้ามีมากเกินไปแล้วอาจจะทำให้เขตการหายใจของพืชลดลง ทำให้ พืชจมน้ำตายได้ อย่างไรก็ตาม ค่า "Field capacity" ในทางปฏิบัติจะกำหนดได้ ยากขึ้นอยู่กับสภาพของดินโดยทั่วไปด้วย ค่าของความชื้นที่มีลักษณะที่หาได้ใกล้เคียงกัน (Moisture equivalent) ได้จากน้ำในดินขนาดสูง 1 ซม. ปล่อยให้อิ่มตัวแล้ว กำจัดน้ำออกด้วยแรงเหวี่ยงประมาณ 1,000 เท่าของแรงดึงดูดโลก สำหรับปริมาณความ ชื้นที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Permanent wilting percentage) เป็นปริมาณความชื้นในดินที่ 15 บรรยากาศซึ่งโดยทั่วไปพืชที่ขึ้นอยู่จะเหี่ยวแห้งและตายใน ที่สุด สำหรับการหาค่า Field capacity สามารถหาได้จาก การเอาดินใส่ในน้ำแล้ว ใส่ในหลอดแก้ว 3 หลอดทิ้งไว้ 48, 60 และ 72 ชม. ตามลำดับ จากนั้นนำไปหาค่า ความชื้นของดิน ค่าเฉลี่ยความชื้นของดินที่ได้จะเป็นค่า Field capacity ของดิน นั้น ๆ

#### 4. การวัดหาค่าความชื้นในดิน

การวัดหาค่าความชื้นในดินมีความจำเป็นเนื่องจากในการจัดการลุ่มน้ำจะต้องประมาณค่าปริมาณน้ำในดินในเขตของการหายใจของพืชให้ได้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการลุ่มน้ำต่อไป อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีความหลากหลายมาก การวัดหาค่าความชื้นในดินจึงจำเป็นต้องทำการวัดในหลาย ๆ จุดในลุ่มน้ำมาเฉลี่ยกันเพื่อให้ได้ตัวแทนค่าความชื้นที่ดีที่สุด วิธีการวัดหาค่าความชื้นในดินมีวิธีการหาที่สำคัญดังนี้

##### 4.1 วิธีการนำดินมาหาค่าน้ำหนัก

วิธีการนำดินมาหาค่าน้ำหนัก ( Gravimetric method ) เป็นการนำดินที่ได้สุ่มตัวอย่างนำมาชั่งแล้วทำการอบแห้ง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักดินแห้งใหม่น้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของน้ำ

ในเมื่อ  $P_w$  คือ ความชื้นของดินคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก ดังนั้นน้ำหนักของน้ำที่หายไปต่อน้ำหนักของดินแห้งโดยคิดเป็นร้อยละจะเป็นความชื้นของดินโดยน้ำหนัก

$$P_w = \frac{\text{Wet weight} - \text{Oven dry weight}}{\text{Oven dry weight}} \times 100$$

วิธีการนี้เหมาะสมสำหรับแปลงตัวอย่างขนาดเล็ก ๆ หรือเพื่อใช้ตรวจสอบค่าความชื้นของดินกับวิธีการแบบอื่น การเก็บตัวอย่างต้องทำการเก็บตัวอย่างบ่อยครั้งอาจทำความเสียหายให้กับพื้นที่ลุ่มน้ำได้

##### 4.2 การใช้เครื่องมือวัดความชื้นของดิน

การใช้เครื่องมือวัดความชื้นของดิน ( Tensionmeter method ) เหมาะสำหรับดินที่มีเนื้อค่อนข้างละเอียด เช่น ดินเหนียว เป็นต้น ลักษณะทั่วไปของเครื่องมือ



เป็นหลอดแก้วยาวบรรจุด้วยน้ำ ปลายด้านที่ฝังลงไปในตัวดินมีรูพรุนให้น้ำซึมผ่านเข้าออกได้ ถ้าดินมีความชื้นน้อยน้ำในหลอดแก้วก็จะซึมลงสู่ดินเพื่อรักษาระดับแรงดัน ( Pressure ) ให้เท่ากัน การวัดแรงกดดันอาจใช้หน่วยเป็นมิลลิบาร์ ซึ่งค่าแรงกดดันนั้นจะมีมากในระดับที่ชื้นอยู่กับระดับความชื้นในดินขณะนั้น วิธีการนี้จะทำให้รู้ค่าความชื้นในดินในความดันที่ 1 บรรยากาศ

#### 4.3 วิธีการใช้ตัวนำไฟฟ้า

วิธีการใช้ตัวนำไฟฟ้า ( Electrical conductance method หรือ Electrical resistance method ) เป็นวิธีการวัดความชื้นของดินโดยใช้หลักการการเป็นตัวนำไฟฟ้า เนื่องจากค่าของการเป็นตัวนำไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปตามความชื้นของดิน ถ้าความชื้นในดินมีน้อยค่าการเป็นตัวนำไฟฟ้าจะต่ำ แต่ถ้าความชื้นในดินมีมากผลที่ได้จะตรงกันข้าม วิธีการคือฝังตัวนำไฟฟ้าที่อาจทำด้วยขี้ผึ้งหรือไฟเบอร์กลาสลงไปในดิน ตัวนำนี้จะดูดหรือคายความชื้นออกให้เท่ากับความชื้นในดินรอบ ๆ ข้าง ค่าประจุไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงจะต่อเข้ากับเครื่องวัด วิธีการนี้จะต้องมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับค่าความต้านทานที่อ่านได้จากเครื่องวัด เพื่อที่จะได้ค่าความชื้นใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด วิธีการนี้เหมาะสำหรับวัดความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชมากกว่าที่จะหาปริมาณน้ำในดิน

#### 4.4 การวัดโดยใช้สารกัมมันตภาพรังสี

การวัดโดยใช้สารกัมมันตภาพรังสี ( Nuclear method ) เป็นการวัดความชื้นในดินโดยใช้สารกัมมันตภาพรังสี ( Radioactive elements ) ลงสู่ดิน เช่น การวัดปริมาณไฮโดรเจนในดินด้วยนิวตรอน ( Neutron ) ถ้าดินมีความชื้นมาก หมายถึง ค่าที่แร่รังสีสะท้อนกลับเข้าเครื่องวัดมาก เนื่องจากไฮโดรเจนในดินมีความ

สัมพันธ์กับน้ำในดินมาก ดังนั้น การวัดไฮโดรเจนจึงเท่ากับการวัดน้ำนั่นเอง การทำการวัด การเคลื่อนที่ของแร่จึงวัดเป็นหน่วย cpm. ( Count per minute ) วิธีการนี้ นับว่าได้ผลถูกต้องมากกว่าวิธีการอื่น ๆ และสามารถทำได้รวดเร็ว ทำให้การประมาณค่า การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในดินถูกต้องมากขึ้น

### 5. การหาปริมาณความชื้นและน้ำในดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ

การหาปริมาณความชื้นและน้ำในดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปการแสดงปริมาณ ความชื้นในดินจะแสดงออกในรูปของปริมาณเป็นร้อยละโดยน้ำหนักหรือโดยปริมาตร ลักษณะ การแสดงปริมาณความชื้นดังกล่าวอาจเหมาะสมสำหรับการกสิกรรมมากกว่าการจัดการลุ่มน้ำ ในการจัดการลุ่มน้ำนั้นปริมาณน้ำภายในดินทั้งหมดต้องพิจารณาจากส่วนประกอบต่าง ๆ ของดิน ทั้งหมด ซึ่งปริมาตรของดินก้อนหนึ่ง ๆ ( V ) อันประกอบด้วยปริมาตรของดินทั้งที่เป็นสาร อินทรีย์และสารอนินทรีย์ทั้งที่เป็นของแข็ง (  $V_s$  ) ทั้งที่เป็นปริมาตรของของเหลวคือน้ำ (  $V_w$  ) และทั้งส่วนที่เป็นปริมาตรของอากาศ (  $V_a$  ) จะให้ความสัมพันธ์ว่า

$$V = V_s + V_w + V_a$$

การแสดงค่าความชื้นและน้ำในดินอาจต้องการทราบอัตราส่วนระหว่างน้ำหนัก ดินแห้งต่อปริมาตรของดินในท้องถิ่น (Bulk density หรือ B.D.) หน่วยเป็นน้ำหนัก ต่อหน่วยปริมาตร

$$\text{นั่นคือ } B.D. = \frac{\text{Weight of dry soil}}{\text{Volume of that soil}} \quad (\text{gm./cm.}^3)$$

ในเมื่อความชื้นของดินโดยน้ำหนัก ( Pw ) และความชื้นของดินโดยปริมาตร ( Pv ) จะให้ความสัมพันธ์ว่าปริมาณความชื้นของดินโดยปริมาตรเท่ากับปริมาณความชื้นของดินโดยน้ำหนักคูณด้วยค่าอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักดินแห้งต่อปริมาตรของดินนั้น

$$\text{นั่นคือ } Pv = Pw \times B.D.$$

ถ้ากำหนดให้ H คือ ระบายความลึกของดินและ A คือ ขนาดพื้นที่ลุ่มน้ำ นั่นคือ ปริมาตรของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำจะเท่ากับระบายความลึกของดินคูณด้วยพื้นที่ลุ่มน้ำ สำหรับการจัดการลุ่มน้ำไม่นิยมแสดงค่าความชื้นในดินเป็นร้อยละโดยน้ำหนักหรือร้อยละโดยปริมาตร แต่จะนิยมคิดเป็นปริมาณในรูปความสูงต่อพื้นที่ โดยกำหนดให้ h คือ ปริมาณน้ำในดินที่คิดเป็นความสูง จะให้ความสัมพันธ์ว่า

$$h = \frac{Pw}{100} \times B.D. \times H$$

ในเมื่อ Pw = ปริมาณความชื้นในดินโดยน้ำหนัก (คิดเป็นร้อยละ)

B.D. = ค่า Bulk density (กรัม/ซม.<sup>3</sup>)

H = ระบายความลึกของดิน (ซม.)

ด้วยความสัมพันธ์นี้ h คือ ความสูงของน้ำต่อหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำที่คิดจากอัตราร้อยละของความชื้นในดินในลุ่มน้ำที่คำนวณหา จะสามารถคิดเป็นปริมาณน้ำในลุ่มน้ำนั้นได้ โดยคูณเข้ากับพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด

### 5.1 ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณความชื้นของดินในลุ่มน้ำ

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณความชื้นของดินในลุ่มน้ำเพื่อประยุกต์ค่า

ปริมาณความชื้นของดินที่จะมีผลต่อการพัฒนาแหล่งน้ำต่อไป โดยสมมุติข้อมูลตามสิ่งที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้

5.1.1 พื้นที่ลุ่มน้ำหนึ่งมีขนาด 100 ตารางกิโลเมตร ระดับความสูงอยู่ระหว่าง 600 - 1,300 เมตร จากระดับน้ำทะเล

5.1.2 ทำการวัดค่าความชื้นของดินทั่วทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ จำนวน 10 หลุม ที่หลุม  $M_1, M_2, M_3 \dots M_{10}$  ตามลำดับ แต่ละหลุมทำการวัดความชื้นของดินที่ระดับความลึกต่าง ๆ กัน คือที่ระดับ 0-5, 5-20, 20-50, 50-100 และ 100-120 เซนติเมตร ตามลำดับ ได้ค่าความชื้นตามข้อมูลในตารางที่ 6.1 และรูปที่ 6.2

5.1.3 รูปด้านข้างของชั้นดินในลุ่มน้ำ คินลึก 120 เซนติเมตร ดินชั้น A ดินชั้น B และดินชั้น C มีความลึก 50, 50 และ 20 เซนติเมตร ตามลำดับ ค่า Bulk density โดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.0, 1.2 และ 1.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ

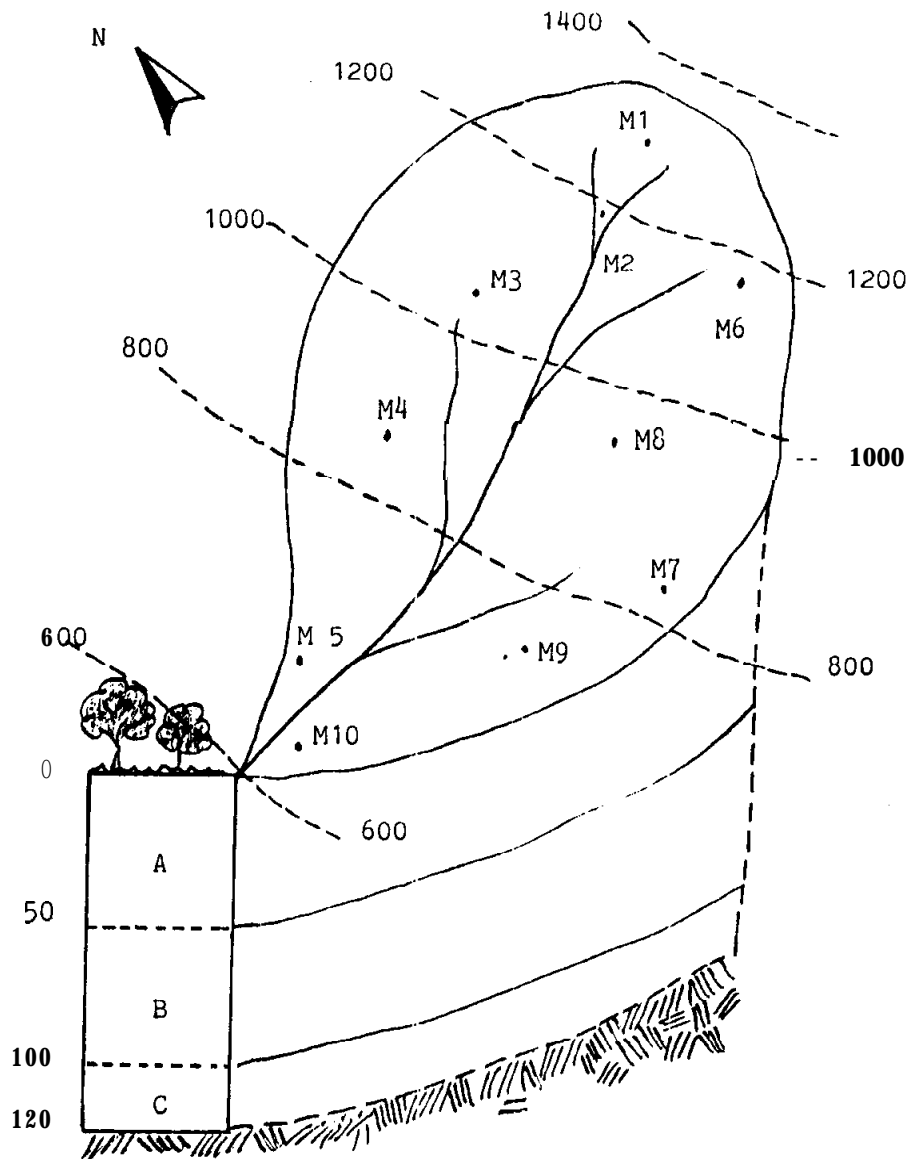
## 5.2 การคำนวณหาปริมาณน้ำในดิน

การคำนวณหาปริมาณน้ำในดินที่คิดเป็นความสูงต่อพื้นที่ตามความลึกของดินในแต่ละหลุมที่ทำการตรวจวัดพร้อมทั้งค่าเฉลี่ยตลอดทั้งลุ่มน้ำ นอกจากนั้นจากผลการคำนวณสามารถหาปริมาณน้ำในดินโดยเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำกับความลึกของดิน ปริมาณน้ำในดินในแต่ละระดับความสูงจากน้ำทะเลและความลึกของดิน ปริมาณน้ำในดินของทิศด้านลาดทั้งเหนือและใต้กับความลึกของดินและปริมาณน้ำในดินชั้น A, B และ C โดยคิดเป็นความสูงต่อพื้นที่ได้ด้วย

5.2.1 หาปริมาณน้ำในดินที่คิดเป็นความสูงต่อพื้นที่ตามความลึกของดินแต่ละหลุมและหาค่าเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำ

ตารางที่ 6.1 ความชื้นเฉลี่ยรายปีของกลุ่มน้ำที่วัด ณ สถานที่และความลึกของดินที่แตกต่างกัน

สถานีวัด ความชื้น	ปริมาณความชื้นในดินระดับต่าง ๆ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)				
	0-5 ซม.	5-20 ซม.	20-50 ซม.	50-100 ซม.	100-120 ซม.
M <sub>1</sub>	24	22	20	18	17
M <sub>2</sub>	25	24	22	19	18
M <sub>3</sub>	27	26	23	20	19
M <sub>4</sub>	28	26	23	19	18
M <sub>5</sub>	30	27	25	22	21
M <sub>6</sub>	25	23	20	18	17
M <sub>7</sub>	26	25	22	20	19
M <sub>8</sub>	30	26	24	22	21
M <sub>9</sub>	32	30	28	25	23
M <sub>10</sub>	33	30	26	23	21



รูปที่ 6.2 พื้นที่ลุ่มน้ำที่กำหนดให้พร้อมทั้งสถานที่วัดความชื้นของดินและระดับความสูงของพื้นที่  
(ที่มา : เกษม จันทรแก้ว, 2526)

จากข้อมูลที่กำหนดมาให้และข้อมูลในตารางที่ 6.1 สามารถคำนวณได้

จากสูตร

$$h = \frac{P_w}{100} \times \text{B.D.} \times H$$

ในเมื่อ  $h$  = ปริมาณน้ำในดินที่คิดเป็นความสูง (ซม.)

$P_w$  = ปริมาณความชื้นในดินโดยน้ำหนัก ( % )

B.D. = ค่า Bulk density (กรัม/ซม.<sup>3</sup>)

$H$  = รัศมีความลึกของดิน (ซม.)

ตัวอย่างแสดงการหาค่าความชื้นของดินในหลุม  $M_1$  ในความลึก 0-5, 5-20, 20-50, 50-100 และ 100-120 ซม.

$$\begin{aligned} \text{ที่ } 0-5 \quad h &= \frac{24}{100} \times 1.0 \times 5 \\ &= 1.20 \quad \text{ซม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ที่ } 5-20 \quad h &= \frac{22}{100} \times 1.0 \times 15 \\ &= 3.30 \quad \text{ซม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ที่ } 20-50 \quad h &= \frac{20}{100} \times 1.0 \times 30 \\ &= 6.0 \quad \text{ซม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ที่ } 50-100 \text{ h} &= \frac{18}{100} \times 1.2 \times 50 \\ &= 10.80 \quad \text{ซม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ที่ } 100-120 \text{ h} &= \frac{17}{100} \times 1.5 \times 20 \\ &= 5.10 \quad \text{ซม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลรวมของ h ทั้งหมด} &= 1.20+3.30+6+10.80+5.10 \\ &= 26.4 \quad \text{ซม.} \end{aligned}$$

$$\text{ความสูงของน้ำใน } M_1 \text{ (ลึก 120 ซม.)} = 26.4 \text{ ซม.}$$

$$\text{และค่าเฉลี่ย ( Av. ) ของ h} = \frac{26.4}{120} = 0.22 \text{ ซม.}$$

ในหลุมอื่น ๆ (  $M_2 - M_{10}$  ) ก็ใช้การคำนวณเช่นเดียวกัน  
ทั้งแสดงไว้ในตารางที่ 6.2

การหาค่าเฉลี่ย ( Av. ) ความสูงของน้ำทั้งลุ่มน้ำ โดยการเอาความสูง ( h )  
ทุกหลุมรวมกันหารด้วยจำนวนหลุม ( 10 ) แล้วเอาค่าที่ได้หารด้วยความลึกของดิน

แสดงการหาค่า Av.

$$\begin{aligned} \text{ค่าเฉลี่ยของ h ตลอดลุ่มน้ำ} &= 26.4+28.25+29.85+29+32.55 \\ &\quad +26.6+29.35+32.1+36.4+34.05 \end{aligned}$$



$$= \frac{304.55}{1200}$$

$$= 0.25 \quad \text{ชม.}$$

จากข้อมูลในตารางที่ 6.2 ที่คำนวณได้สามารถนำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำในดินโดยเฉลี่ยทั้งหมดกับความลึกของดิน จะได้กราฟตามรูปที่ 6.3 ซึ่งจะสังเกตได้ว่า ดินในชั้น B จะมีความชื้นน้อยกว่าดินในชั้น A และชั้น C

สำหรับในส่วนวิธีการหาปริมาณน้ำในดินแต่ละระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลและความลึกของดิน ทำได้โดยต้องแบ่งก่อนว่าหลุมใดอยู่ในระดับเท่าใด ในที่นี้กำหนดให้เป็นค่าระดับความสูงตามเส้นชั้นตามสูงที่อ่านได้จากรูปที่ 6.2 ดังนี้

ที่ระดับความสูง 600-800 ม. มี 3 หลุม ( $M_5$ ,  $M_{10}$ ,  $M_9$ )

ที่ระดับความสูง 800-1000 ม. มี 3 หลุม ( $M_4$ ,  $M_8$ ,  $M_7$ )

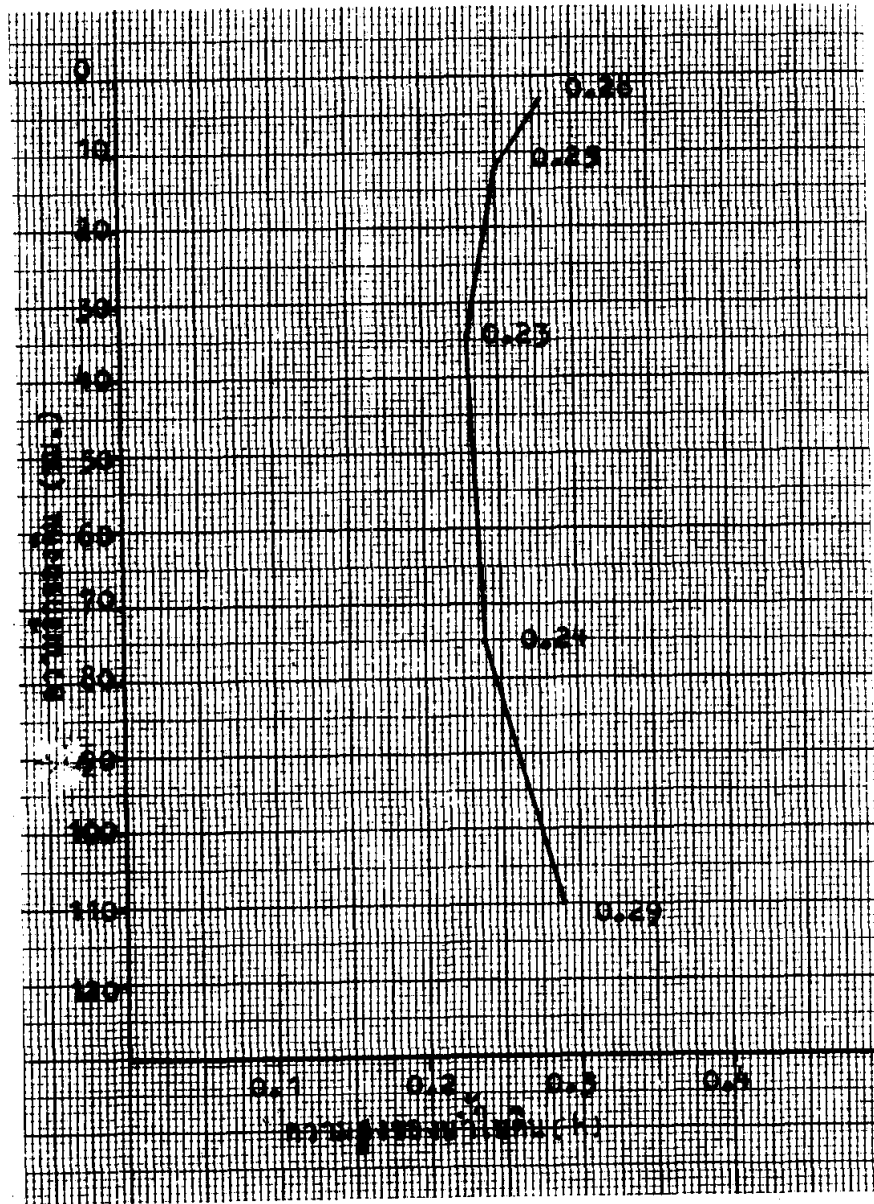
ที่ระดับความสูง 1000-1200 ม. มี 3 หลุม ( $M_3$ ,  $M_2$ ,  $M_6$ )

ที่ระดับความสูง 1200-1400 ม. มี 1 หลุม ( $M_1$ )

จากนั้นนำไปจัดเรียงข้อมูลใหม่ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.3 ซึ่งจะเป็นตารางที่แสดงปริมาณน้ำในดินแต่ละระดับความสูงจากน้ำทะเลและความลึกของดิน จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปเขียนกราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินแต่ละระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลและความลึกของดินได้ ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 6.4 จะสังเกตได้ว่า ความชื้นของดินในระดับต่ำจะมีมากกว่าความชื้นของดินในระดับสูงขึ้นไป ทั้งนี้อาจมี

ตารางที่ 6.2 แสดงปริมาณความชื้นในดินเป็นความสูงของน้ำในดิน (h)

H	0-5		5-20		20-50		50-100		100-120		$E_{cm}$	$Av_{cm}$
	Pw	h	Pw	h	Pw	h	Pw	h	Pw	h		
BD.	1.0		1.0		1.0		1.2		1.5			
M1	24	1.2	2.2	3.3	20	6	18	10.8	17	5.1	26.4	
M2	25	1.95	24	3.6	22	6.6	19	11.4	18	5.4	28.25	
M3	27	1.35	26	3.9	23	6.9	20	12	19	5.7	29.85	
M4	28	1.4	26	3.9	23	6.9	19	11.4	18	5.4	29	
M5	30	1.5	27	4.05	25	7.5	22	13.2	21	6.3	32.55	
M6	25	1.25	23	4.45	20	6	18	10.8	17	5.1	26.6	
M7	26	1.3	25	3.75	22	6.6	20	12	19	5.7	29.35	
M8	30	1.5	26	3.9	24	7.2	22	13.2	21	6.3	32.1	
M9	32	1.6	30	4.5	28	8.4	25	15	23	6.9	36.4	
M10	33	1.65	30	4.5	26	7.8	23	13.8	21	6.3	34.05	
$E_{cm}$		14.0		38.8		69.9		123.6		58.3	304.5	.25
$Av_{cm}$		.28		.25		.233		0.24		0.29		



รูปที่ 6.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินโดยเฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำ  
กับความลึกของดิน

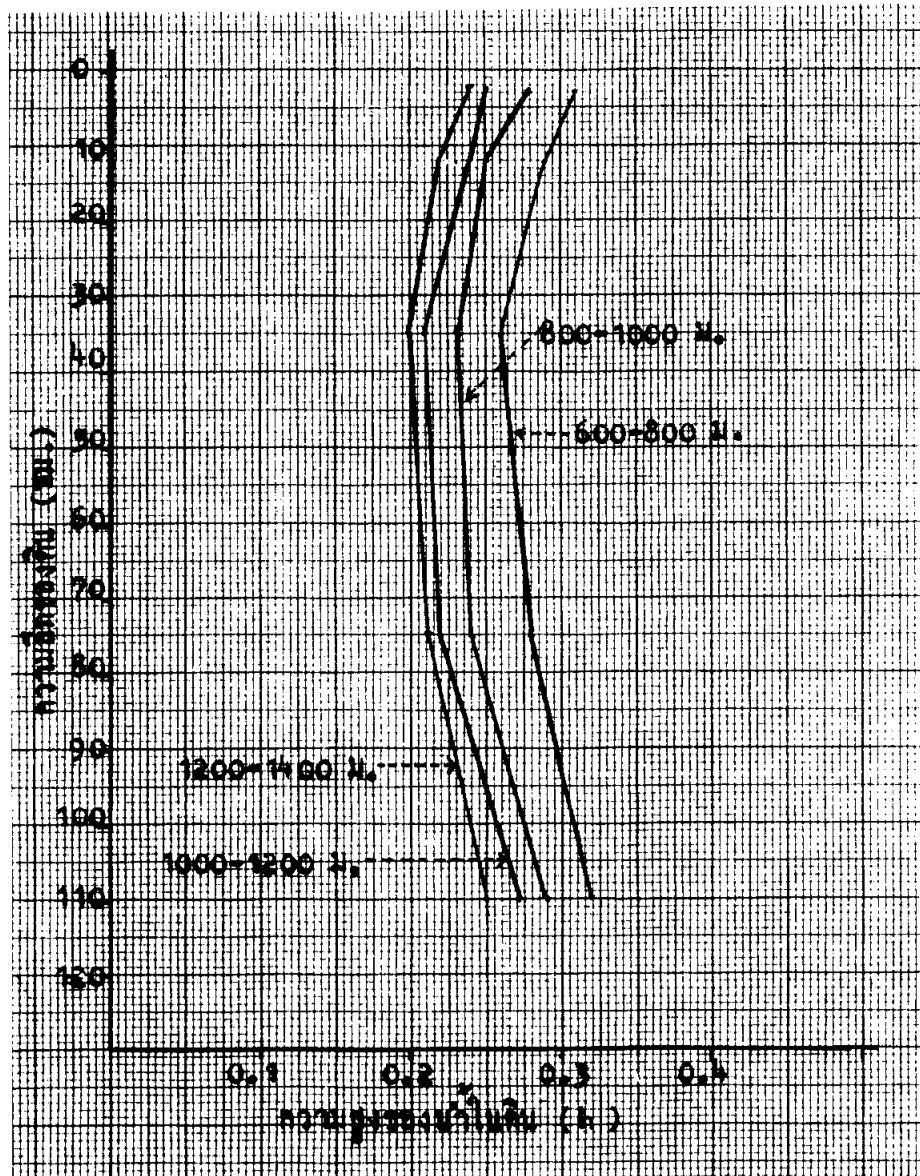
สาเหตุมาจากแรงดึงดูดของโลกทำให้เกิดการไหลของน้ำลงสู่ที่ต่ำ โดยเฉพาะน้ำที่อยู่ในช่องว่างในดินขนาดใหญ่ นอกจากนั้นก็อาจจะมีสาเหตุมาจากในที่สูงมีการระเหยมากเนื่องจากในที่สูงมีกระแสลมและความชื้นในอากาศมากซึ่งจะช่วยทำให้อัตราการระเหยของน้ำมีสูงขึ้นด้วย

สำหรับการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินกับทิศด้านลาด ( Aspect ) ทั้งเหนือและใต้กับความลึกของดินนั้น หลักการคือ ต้องทำการแบ่งหลุมที่ทำการสำรวจทั้ง 10 หลุมว่า หลุมใดอยู่ในทิศด้านลาดทางเหนือหรือใต้ จากรูปที่ 6.2 พบว่า หลุมที่หันทิศด้านลาดไปทางทิศเหนือมีอยู่ 5 หลุม คือ  $M_1$  ,  $M_2$  ,  $M_3$  ,  $M_4$  และ  $M_5$  ส่วนหลุมที่หันทิศด้านลาดไปทางทิศใต้มีอยู่ 5 หลุมคือ  $M_6$  ,  $M_7$  ,  $M_8$  ,  $M_9$  และ  $M_{10}$  จากนั้นนำข้อมูลที่คำนวณได้ในตารางที่ 6.2 ไปจัดเรียงใหม่ตามข้อมูลที่แสดงไว้ในตารางที่ 6.4 ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำในดินของทิศด้านลาดทั้งเหนือและใต้กับความลึกของดินได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6.5 จะสังเกตได้ว่า ความชื้นในดินของด้านลาดทิศเหนือมีค่ามากกว่าด้านลาดทิศใต้ สาเหตุอาจเนื่องมาจากแกนของโลกที่เอียงเล็กน้อยประมาณ  $23 \frac{1}{2}^{\circ}$  องศากับวิถีวงโคจรของโลก เมื่อโลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ในซีกโลกภาคเหนือจะได้รับแสงเฉียงเล็กน้อยเนื่องจากดวงอาทิตย์ที่ขึ้นจากทิศตะวันตกจะอยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรหรือเฉียงไปทางใต้เล็กน้อย ทำให้ด้านลาดทิศใต้ได้รับแสงมากกว่าด้านลาดทิศเหนือซึ่งทำให้อัตราการระเหยในด้านทิศใต้มีมากกว่าด้านทิศเหนือเพราะรับแสงมาก ส่วนทางด้านลาดทิศเหนือได้รับแสงน้อยกว่าจึงมีอัตราการสูญเสียน้ำจากการระเหยน้อยกว่าทำให้ค่าความชื้นในดินของด้านลาดทิศเหนือมีมากกว่าด้านลาดทิศใต้ สำหรับในซีกโลกภาคใต้ผลจะเป็นในทางตรงกันข้าม

สำหรับการคำนวณหาปริมาณน้ำโดยเฉลี่ยตลอดทั้งลุ่มน้ำ หาได้จาก

ตารางที่ 6.4 แสดงปริมาณน้ำในดินในดินในทิศทางลาดทั้งเหนือและใต้กับความลึกของดิน

ทิศทางลาด	H <sub>cm</sub>	0-5		5-20		20-50		50-100		100-120	
	BD.	1.0		1.0		1.0		1.2		1.5	
ใต้		Pw	h	Pw	h	Pw	h	Pw	h	Pw	h
	M1	24	1.26	22	3.3	20	6	18	10.8	17	5.1
	M2	25	1.35	24	3.8	22	6.6	19	11.4	18	5.4
	M3	27	1.35	26	3.9	23	6.9	20	12	29	5.7
	M4	28	1.4	26	3.9	23	6.9	19	11.4	18	3.4
	M5	30	1.5	27	4.05	25	7.5	22	13.2	21	6.3
	Av			.27		.25		0.22		.22	
เหนือ	M6	25	1.25	23	3.45	20	6	18	10.8	17	10.16
	M7	26	1.3	25	3.75	22	6.6	20	12	19	7.7
	M8	30	1.5	26	3.9	24	7.2	22	13.2	21	6.3
	M9	32	1.6	30	4.5	28	8.4	25	15	23	6.9
	M10	33	1.65	30	4.5	28	7.8	23	13.8	21	6.3
Av			.29		.26		.24		.25		0.35



รูปที่ 6.4 แสดงปริมาณน้ำในดินแต่ละระดับความสูงกับความลึกของดิน

$$h = \frac{P_w}{100} \times B.D. \times H.$$

ในเมื่อ H คือ ความลึกของดินห้่งลุ่มน้ำ = 120 ซม.

$P_w$  คือ ความชื้นเฉลี่ยตลอดห้่งลุ่มน้ำ = 21.9 เปอร์เซ็นต์

B.D. เป็นค่า Bulk density

$$\text{ห้่งลุ่มน้ำ} = \frac{1.0 \times 50 + 1.2 \times 50 + 1.5 \times 20}{120}$$

$$= 1.16$$

$$\text{ดังนั้น } h = \frac{21.9}{100} \times 1.16 \times 120$$

$$= 30.4 \text{ ซม.}$$

$$\text{ปริมาณน้ำโดยเฉลี่ยห้่งลุ่มน้ำคิดเป็นความสูงมีค่าเท่ากับ } = \frac{30.4}{120}$$

$$= 0.25 \text{ ซม.}$$

จากข้อมูลในตารางที่ 6.1 นำมาเขียนเป็นข้อมูลในตารางที่ 6.5 เพื่อใช้คำนวณปริมาณน้ำในดินในชั้น A , ชั้น B และชั้น C ตามลำดับ โดยคิดเป็นความสูงต่อพื้นที่ เนื่องจากดินชั้น A มีความลึก 50 เซนติเมตร

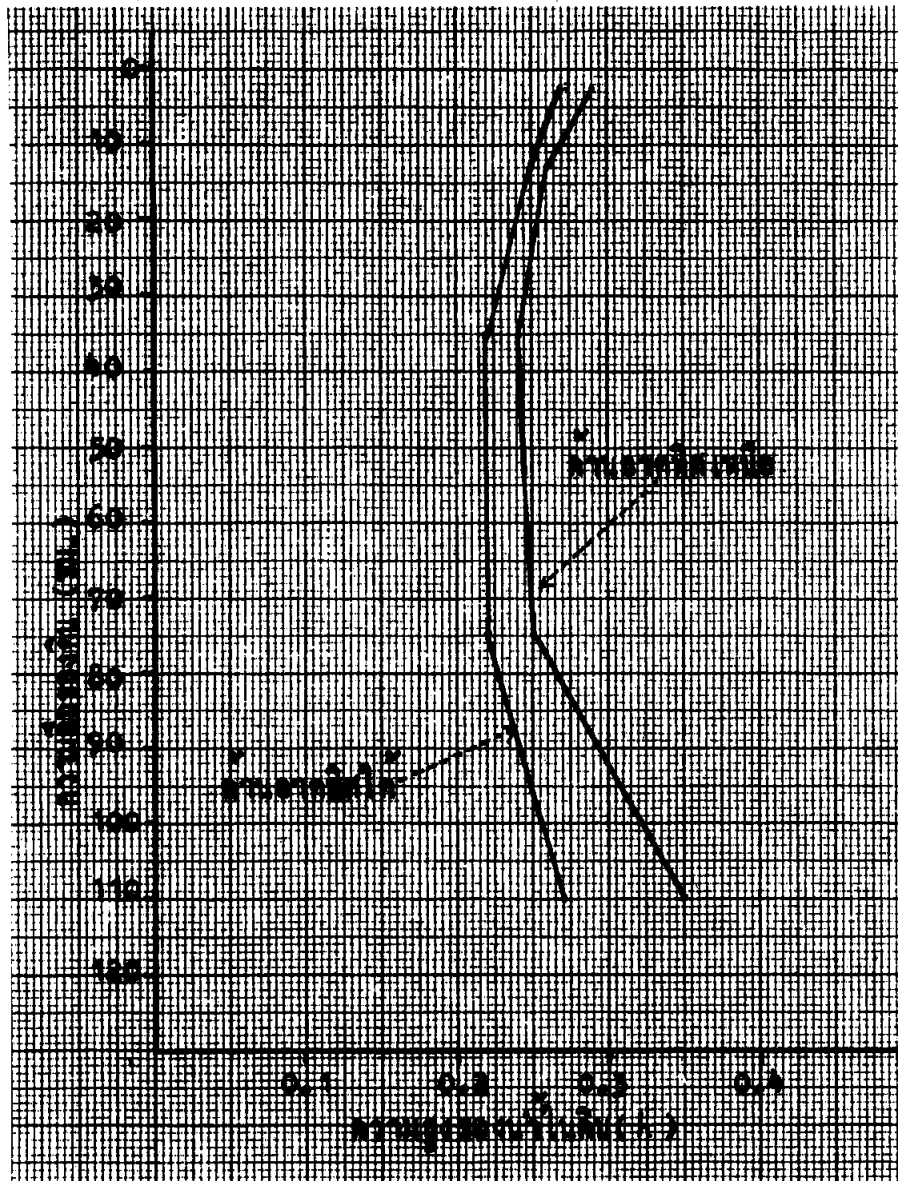
ดังนั้น ปริมาณน้ำในดินชั้น A = ปริมาณน้ำในดินคือระดับความลึก 50 ซม.

$$\text{จากสูตร } h = \frac{P_w}{100} \times B.D. \times H$$

ตารางที่ 6.5 แสดงปริมาณน้ำในดินแต่ละระดับความสูงจากน้ำทะเลและความลึกของดิน

Elevation Above Sea Level (m)	H <sub>cr.</sub> BD.	0-5		5-20		20-50		50-100		100-120	
		Pw	h	Pw	h	Pw	h	Pw	h	Pw	h
		1.0		1.0		1.0		1.2		1.5	
1200-1400	M1	24	1.2	22	3.30	26	6	18	10.8	17	5.1
	Av		0.24		0.22		0.20		.21		.25
1000 - 1200	M2	25	1.25	24	3.6	22	6.6	19	11.4	18	5.4
	M3	27	1.35	26	3.9	23	6.9	20	12	19	5.7
	M6	25	1.25	23	3.45	26	6	18	10.8	17	5.1
			1.28		3.65		6.5		11.4		5.4
	Av		0.25		0.24		0.21		0.22		0.27
		M4	28	1.4	26	3.9	23	6.9	19	11.4	18
800 - 1000	M7	28	1.3	25	3.7	22	6.6	20	12.0	19	5.7
	M8	30	1.5	26	3.9	24	7.2	22	13.2	21	6.3
			1.4		3.83		6.9		13.2		6.8
	Av		.28		.25		.23		.24		.29
		M5	30	1.5	27	4.05	25	7.5	22	13.2	21
600 - 800	M9	32	1.6	30	4.5	28	8.4	25	15.0	23	6.9
	M10	33	1.65	30	4.5	26	7.8	23	13.8	21	6.3
			1.58		4.35		7.9		14.0		6.5
	Av		.31		.29		.26		.28		.32





รูปที่ 6.5 แสดงปริมาณน้ำในดินของทิศทางลาดกับความลึกของดิน

ตารางที่ 6.6 การคำนวณปริมาณน้ำในดินชั้น A,B และ C โดยคิดเป็นความสูง  
ต่อพื้นที่

สถานีวัด ความชื้น	ปริมาณความชื้นในดินระดับต่าง ๆ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)				
	0-5 ซม.	5-20 ซม.	20-50 ซม.	50-100 ซม.	100-120 ซม.
M <sub>1</sub>	24	22	20	18	17
M <sub>2</sub>	25	24	22	19	18
M <sub>3</sub>	27	26	23	20	19
M <sub>4</sub>	28	26	23	19	18
M <sub>5</sub>	30	27	25	22	21
M <sub>6</sub>	25	23	20	18	17
M <sub>7</sub>	26	25	22	20	19
M <sub>8</sub>	30	26	24	22	21
M <sub>9</sub>	32	30	28	25	23
M <sub>10</sub>	33	30	26	23	21
Total	280	259	233	206	194
Av.	28.0	25.9	23.3	20.6	19.4

$$P_w 0 - 5 \text{ ชม.} = 28.0, H = 5, B.D. = 1 \dots (1)$$

$$P_w 5 - 20 \text{ ชม.} = 25.9, H = 15, B.D. = 1 \dots (2)$$

$$P_w 20-50 \text{ ชม.} = 23.3, H = 30, B.D. = 1 \dots (3)$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } h &= \frac{28.0}{100} \times 1 \times 5 \\ &= 1.4 \text{ ชม./} 5 \text{ ชม.} \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \frac{25.9}{100} \times 1 \times 15 \\ &= 3.885 \text{ ชม./} 15 \text{ ชม.} \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \frac{23.3}{100} \times 1 \times 30 \\ &= 6.99 \text{ ชม./} 30 \text{ ชม.} \dots \dots \dots (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณน้ำในคืนชั้น A คิดเป็นความสูง} &= 1.4 + 3.885 + 6.99 \\ &= 12.275 \text{ ชม./} 50 \text{ ชม.} \end{aligned}$$

$$\text{ปริมาณน้ำในคืนชั้น B (} P_w = 20.6, B.D. = 1.2, H = 50)$$

$$h = \frac{20.6}{100} \times 1.2 \times 50 = 12.36 \text{ ชม./} 50 \text{ ชม.} \dots (7)$$

ปริมาณน้ำในดินชั้น C (  $P_w = 19.4$  ,  $B.D. = 1.5$  ,  $H_o = 20$  )

$$h = \frac{19.4}{100} \times 1.5 \times 20 = 5.82 \text{ ซม.} / 20 \text{ ซม.} \dots (8)$$

## 6. ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำในดินกับสภาพทางกายภาพของดินในลุ่มน้ำ

ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำในดินกับสภาพทางกายภาพของดินในลุ่มน้ำ เกิดจากขนาดของอนุภาคของดินที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปอนุภาคของเนื้อดินแบ่งออกเป็นขนาดต่าง ๆ 5 ชนิด คือ Gravel, Course sand, Fine sand, Silt และ Clay สำหรับอนุภาคของ Clay ละเอียดยิ่งสุดมักจะละลายน้ำอยู่ในรูปสารแขวนลอย แยกออกจากน้ำได้ยากกว่าอนุภาคของ Gravel และ Sand คำว่า เนื้อดิน (Soil texture) หมายถึง ส่วนสัมพันธ์ของอนุภาคของดินทั้ง 5 ชนิดที่มีอยู่ในดินนั้น ๆ สำหรับโครงสร้างของดิน (Soil structure) หมายถึง การจัดเรียงตัวของอนุภาคของดินในรูปใดรูปหนึ่ง โดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านเนื้อดิน อินทรีย์วัตถุและกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินนั้น ตัวอย่างเช่น Fine sand จะประกอบด้วยเม็ดทรายขนาดเล็กไม่จับกันเป็นรูปร่างแน่นอน จึงไม่มีโครงสร้าง แต่เมื่อนำ Clay หรืออินทรีย์วัตถุที่มีขนาดเล็ก ๆ ก้อนหนึ่งมารวมกับเม็ดทรายขนาดเล็กดังกล่าว โอกาสที่จะจับตัวกันเป็นโครงสร้างที่แน่นอนก็เป็นไปได้ การจับตัวกันของอนุภาคของดินจะทำให้ขนาดของช่องว่างในดินเปลี่ยนแปลง เมื่อโครงสร้างของดินดีขึ้นทำให้เกิดมีรูเล็ก ๆ ในดินเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดช่องว่างในการระบายน้ำและอากาศสำหรับระบบรากของพืช ดินจะมีความสามารถในการขึ้นน้ำและมีอัตราการซึมต่อเนื่องของดินลงสู่ใต้ดินดีขึ้น ความหนาแน่นของดินมีผลมากต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เนื่องจากดินที่มีเนื้อหยาบมักจะสามารถในการอุ้มน้ำต่ำกว่าดินที่มีเนื้อละเอียด ทั้งนี้เพราะดินที่มีเนื้อละเอียดมีรูพรุนหรือช่องว่างในดินขนาดเล็ก ( Micropore ) ทำให้

เกิดแรงดึงดูดสูง น้ำจึงไม่สามารถระบายออกไปได้ง่าย สำหรับดินที่มีเนื้อหยาบนั้น มีรูพรุนหรือช่องว่างในดินขนาดใหญ่ ( Macropore ) เป็นส่วนใหญ่ทำให้มีแรงดึงดูดน้อย โอกาสที่น้ำจะระบายออกไปเป็นไปได้ง่ายกว่า แต่อย่างไรก็ตามอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเม็ดดิน ( Specific surface ) ก็มีผลช่วยเสริมให้อัตราการอุ้มน้ำของดินดีขึ้นหรือเลวลงได้ ดินที่มีพื้นที่ผิวมากก็จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้มากกว่าดินที่มีพื้นที่ผิวน้อย เมื่อปริมาตรของดินเท่ากัน โดยทั่วไปดินที่มีเนื้อละเอียดมักจะมียุทธศาสตร์ระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเม็ดดินมากกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ ดังนั้น ดินที่มีเนื้อละเอียดจึงสามารถดูดซับน้ำจากผิวหน้าดินได้ดีกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ

## 7. พลังงานของน้ำในดิน

พลังงานของน้ำในดินเป็นพลังงานที่ช่วยยึดเหนี่ยวหรือดึงดูดให้น้ำเหลืออยู่ในดิน ซึ่งถ้าหากภายในดินไม่มีพลังงานในการยึดเหนี่ยวหรือดึงดูดน้ำไว้แล้ว น้ำที่อยู่ในดินจะไหลออกจากดินอย่างรวดเร็วทั้งหมด เมื่อดินได้รับน้ำจนอิ่มตัวแล้ว น้ำส่วนหนึ่งจะไหลออกจากดินด้วยแรงดึงดูดของโลก แต่ในกรณีที่ดินไม่ได้อิ่มตัวด้วยน้ำ การเคลื่อนที่ของน้ำในดินจะเกิดขึ้นได้จากแรงอย่างอื่นที่ไม่ใช่แรงดึงดูดของโลก ในขณะที่น้ำในดินลดปริมาณลงน้ำที่เหลือในดินจะเกาะตัวกันแน่นด้วยแรงยึดเหนี่ยวหรือแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับดิน ( Adhesion ) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับน้ำด้วยกัน ( Cohesion ) ซึ่งเมื่อรวมแรงทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วเรียกว่า "Capillary force" นั่นคือ เมื่อปริมาณน้ำในดินลดลงจะเป็นการเพิ่มแรงดังกล่าวให้มากขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำในดินโดยเฉพาะดินที่ยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำจะขึ้นอยู่กับแรงนี้ โดยเคลื่อนที่จากบริเวณที่มี Capillary force ต่ำไปสู่ที่มี Capillary force สูง ในกรณีของน้ำใต้ดิน กำลังงานที่ทำให้น้ำจำนวนหนึ่งเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งภายในดินไปสู่ทิศทางหนึ่งที่มีกำลังงาน

น้อยกว่า ( Gravity potential ) ซึ่งโดยปกติหมายถึง แรงดึงดูดของโลกและ  
มักมีทิศทางไหลลงสู่ระดับน้ำใต้ดิน ( Water table ) ที่อยู่เบื้องล่างแรงดันที่  
ทำให้น้ำเคลื่อนที่ขึ้นแม้ออกได้ 2 ลักษณะคือ แรงดันที่มีค่าเป็นบวก ( + ) ( Pressure  
head potential ) เช่น ความดันบริเวณที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำหรือความดันบริเวณต่ำ  
กว่าระดับน้ำใต้ดิน อีกลักษณะคือ แรงดันที่มีค่าเป็นลบ ( - ) ( Capillary  
potential ) เช่น ความดันบริเวณที่ดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำหรือความดันบริเวณที่อยู่เหนือ  
ระดับน้ำใต้ดิน

แรงดันที่มีค่าเป็นลบจะอยู่ในบริเวณที่ดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งยังผลให้เกิดแรง  
ยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินกับน้ำและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำกับน้ำ  
เมื่อแรงทั้งสองประกอภกันจะทำให้เกิดแรงดึงผิวหรือแรงดึงดูด ( Tension or  
Suction ) ในระหว่างช่องว่างเล็ก ๆ ของดิน แรงดังกล่าวนี้จะเป็นแรงที่ทำให้มีน้ำ  
คงอยู่ในดินในชั้นดินที่ยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ แรงนี้จะหมดไปเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

สำหรับแรงดันที่มีค่าเป็นบวกจะเกิดอยู่ในที่ที่น้ำซึ่งอยู่บนผิวดิน รวมตลอดถึงทั้ง  
ลำน้ำเช่นเดียวกับแรงดันของน้ำที่อยู่ใต้ระดับน้ำใต้ดิน ทั้งนี้ โดยใช้มาตรฐานความกดตัน  
เป็น 1 บรรยากาศ

## 8. การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน

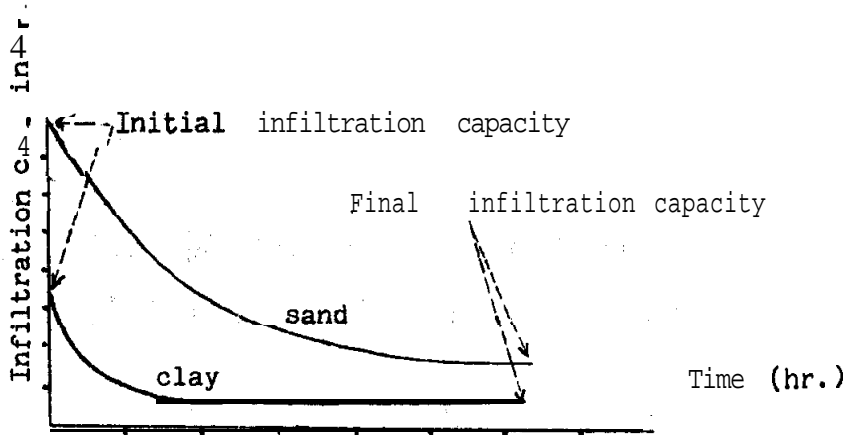
การเคลื่อนที่ของน้ำในดินจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีพื้นที่ 2 แห่งที่มีแรงดันที่ทำให้เกิด  
พลังงาน ทำให้น้ำจำนวนหนึ่งเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งแตกต่างกัน น้ำจะเคลื่อนที่  
จากบริเวณที่มีแรงดันสูงสุด ( Highest potential ) ไปยังบริเวณที่มีแรงดันต่ำสุด  
( Lowest potential ) หมายถึง โดยปกติแล้วน้ำจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีน้ำปริมาณ

ที่มากกว่าไปสู่บริเวณที่มีปริมาณน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตาม น้ำอาจจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีน้ำน้อยไปสู่บริเวณที่มีน้ำมากได้ ถ้าหากศักย์ภาพของกำลังงาน (Potential energy) ซึ่งเป็นแรงดันน้ำยังไม่สมดุลกัน ทั้งนี้ เนื่องจากมีแรง 3 แรงเข้ามาเกี่ยวข้องในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน นั่นคือ แรงดันทั้งหมดที่จะทำให้น้ำเคลื่อนที่ต้องประกอบด้วยแรงดันที่ทำให้น้ำเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง (Pressure potential) แรงดันที่เกิดจากแรงดึงดูดของโลก (Gravity potential) ซึ่งทำให้น้ำไหลลงสู่เบื้องล่าง แรงสุดท้ายคือ แรงดันซึ่งเกิดจากความแตกต่างในความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในดิน (Osmotic potential) ซึ่งโดยทั่วไปน้ำจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายต่ำ (High - osmotic potential) ไปสู่บริเวณที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูง (Low osmotic potential) แรงที่เกิดจากความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในดินนี้มีความสำคัญค่อนข้างน้อยในแง่ของอุทกวิทยาและการจัดการลุ่มน้ำ นอกจากจะเป็นเครื่องชี้ถึงในเรื่องของความเป็นกรดเป็นด่างหรือคุณภาพของดินในลุ่มน้ำ

การเคลื่อนที่ของน้ำในดินจะเกิดขึ้นอยู่เสมอ เนื่องจากปริมาณฝนตกในที่ต่าง ๆ มีอัตราแตกต่างกันประกอบกับพื้นผิวมีการระเหยอยู่ตลอดเวลา สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้แรงดันมีความแตกต่างกันอยู่ตลอดเวลา น้ำในดินจะไม่เคลื่อนที่หากแรงดันของน้ำในดินในที่ต่าง ๆ กันมีความสมดุลกัน น้ำในดินจึงเคลื่อนไหวเมื่อมีแรงดันแตกต่างกันดังกล่าว ขบวนการที่น้ำซึมผ่านผิวดิน (Infiltration) และขบวนการที่น้ำไหลลึกลงไปในดิน ต่อเนื่องจากขบวนการน้ำซึมผ่านผิวดิน (Percolation) ทั้งสองขบวนการเป็นการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ซึ่งโดยปกติจะไหลลงสู่เบื้องต่ำลงสู่ระดับน้ำใต้ดินในที่สุด เมื่อฝนตกลงมาสู่พื้นดินน้ำส่วนหนึ่งจะไหลอยู่บนผิวดินลงสู่ลำน้ำต่าง ๆ ซึ่งถือว่าเป็นน้ำที่ไหลอยู่ชั่วคราว น้ำอีกส่วนหนึ่งจะไหลซึมลงสู่ดินชั้นล่าง ซึ่งอัตราการซึมน้ำนั้นจะมากน้อยอย่างไรขึ้นอยู่กับ

คุณสมบัติของดินและสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ โดยทั่วไปแล้วดินที่มีช่องว่างในดินมากหรือ ดินที่มีรูพรุนมากอัตราการขึ้นน้ำจะสูง ในทางตรงกันข้ามดินที่มีช่องว่างในดินน้อยหรือดิน แน่นจะมีอัตราการขึ้นน้ำค่อนข้างต่ำ น้ำจะไหลซึมลงดินที่ยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำด้วยแรงยึด ระหว่างดินกับน้ำและแรงยึดระหว่างน้ำกับน้ำด้วยกัน ประกอบกับแรงดึงจากแรงดึงดูด ของโลกจะช่วยส่งให้น้ำเคลื่อนที่ลงสู่เบื้องล่างลึกลงไป ในดินลงสู่ระดับน้ำใต้ดินเร็วขึ้น ในระยะเริ่มแรกที่น้ำเริ่มซึมลงสู่ใต้ดิน แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของดินกับน้ำและ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของน้ำกับน้ำด้วยกันจะมีความสำคัญมาก แต่ในระยะต่อ ๆ ไป เมื่อดินถูกซึมน้ำไ้มากขึ้นทุกทีและน้ำไหลซึมลึกลงไป แรงยึดเหนี่ยวดังกล่าวจะค่อย ๆ ลดลงจนสุดท้ายเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน หลังจากนั้นจะอาศัยแรง ดึงดูดของโลกเป็นสำคัญ อัตราสูงสุดที่น้ำสามารถไหลซึมลงสู่ดิน ( Infiltration capacity ) และอัตราที่น้ำไหลลงสู่ดินจริง ๆ ในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ( Infiltration rate ) เป็นสิ่งที่ต้องศึกษาในการจัดการลุ่มน้ำ เพราะน้ำในดิน จะเป็นส่วนสำคัญในการหล่อเลี้ยงลำน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับน้ำในฤดูแล้ง ปัจจัยที่มี ผลต่ออัตราการที่น้ำซึมผ่านผิวดินมีอยู่หลายองค์ประกอบด้วยกัน องค์ประกอบที่สำคัญได้แก่ ปริมาณความชื้นของดินก่อนเกิดขบวนการที่น้ำซึมผ่านผิวดิน คุณสมบัติทางฟิสิกส์หรือคุณสมบัติ ทางกายภาพของดิน กิจกรรมต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตในดิน พืชพรรณธรรมชาติและสภาพป่า ที่คลุมดิน ตลอดจนความสามารถในการรองรับน้ำของดินชั้นบนและคุณภาพของน้ำ เป็นต้น ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลโดยตรงต่ออัตราการที่น้ำซึมผ่านผิวดินว่าจะเป็นไปได้มากน้อย เพียงไร เมื่อฝนตกลงสู่พื้นดินอัตราสูงสุดที่น้ำสามารถไหลซึมลงสู่ดินตามตัวอวบข้างในกราฟ รูปที่ 6.6 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบระหว่างอัตราสูงสุดที่น้ำสามารถไหลซึมลงสู่ดินของดินเหนียวและดินทราย จะสังเกตเห็นได้ว่า ในระยะเริ่มแรกเมื่อฝนตก ขบวนการที่น้ำซึมผ่านผิวดินจะเกิดขึ้นได้ในอัตราที่ค่อนข้างรวดเร็วมาก อัตราการขึ้นน้ำผ่านผิวดินนี้จะลดลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป เมื่อดินถูกซึมน้ำมากขึ้นตามลำดับ จนกระทั่งถึงจุดที่





รูปที่ 6.6 แสดงการไหลซึมของน้ำในดินเหนียวและดินทราย  
(ที่มา : นวัตกรรม เรื่องพานิช, 2514)

อัตราการซึมผ่านผิวดินคงที่ (Final infiltration capacity) อย่างไรก็ตามพบว่า ดินทรายมีอัตราการซึมผ่านผิวดินได้มากกว่าดินเหนียว เนื่องจากดินทรายมีขนาดของช่องว่างในดินที่ใหญ่กว่า แต่ในที่สุดแล้วอัตราการซึมผ่านผิวดินในระยะสุดท้ายจะไม่ค่อยแตกต่างกันมากนัก ในระหว่างที่น้ำกำลังซึมผ่านผิวดินลงไถ่มี น้ำบางส่วนที่ซึมผ่านอยู่ในดินชั้นบนจะถูกดึงดูดด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของดินกับน้ำและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของน้ำกับน้ำ บวกกับแรงดึงดูดของโลก ทำให้น้ำที่ไหลซึมผ่านผิวดินจะถูกดึงดูดให้ไหลเคลื่อนที่ลงสู่พื้นดินเบื้องล่างตามชั้นต่าง ๆ ของดินลงสู่ระดับน้ำใต้ดินในที่สุดโดยทั่วไปภายหลังจากฝนหยุดตก 1-2 วัน น้ำภายในดินจะถูกทำให้เคลื่อนที่ลงไปในดินที่ลึกลงไป ทั้งจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและแรงดึงดูดของโลก จนกระทั่งทำให้ความชื้นในดินมีมากกว่าบนพื้นผิวดิน สิ่งเหล่านี้โดยทั่วไปจะสามารถสังเกตเห็นได้ด้วยเส้นกราฟที่แสดงอัตราสูงสุดที่น้ำสามารถไหลซึมลงสู่ดิน จะเห็นได้ว่า ภายใต้นานหลังจากฝนหยุดตก น้ำที่ดินชั้นบนถูกซึบเอาไว้จะไหลต่อเนื่องลงสู่ใต้ดินลึกลงไป

การวัดหาอัตราการที่น้ำซึมผ่านผิวดิน ( Measurement of infiltration ) สามารถหาได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "Infiltrometer" ซึ่งหลักการวัดโดยใช้แปลงทดลองขนาดเล็ก ๆ แทนพื้นที่ลุ่มน้ำจริง ๆ ดังนั้น วิธีการนี้จึงเหมาะสมที่จะใช้ในห้องทดลองมากกว่าทำในสถานที่จริง โดยกำหนดค่าให้พื้หน้าใส่แปลงทดลองแทนการที่ฝนตกโดยปรับอัตราการพื้หน้าให้มีความหนักเบาและระยะเวลาเท่า ๆ กับปริมาณฝนจริงในภูมิภาคประเทศ แล้วทำการวัดอัตราการที่น้ำซึมผ่านผิวดินต่อหน่วยเวลาโดยใช้สูตร

$$\text{Total infiltration} = \text{Precipitation} - \text{Runoff}$$

วิธีการนี้สามารถประมาณค่าอัตราการที่น้ำซึมผ่านผิวดินได้โดยการเปรียบเทียบจากแปลงตัวอย่างที่ทำการทดลองกับพื้นที่ลุ่มน้ำจริง การหาค่าอัตราการที่น้ำซึมผ่านผิวดินแบบนี้ใช้ได้ในช่วงจำกัดและมีข้อจำกัดมาก ดังนั้น การหาอัตราการที่น้ำซึมผ่านผิวดินที่ดีกว่าการใช้ Infiltrometer ก็คือ วิธีการวิเคราะห์จากกราฟน้ำไหลหรือไฮโดรกราฟ วิธีการวิเคราะห์จากไฮโดรกราฟสามารถหาอัตราสูงสุดที่น้ำสามารถไหลซึมลงสู่ดินโดยใช้สูตรเดียวกับวิธีแรก การวิเคราะห์ไฮโดรกราฟจะดูความสูงของน้ำที่ไหลอยู่บนผิวดิน ( Runoff ) โดยทำหน้าที่เป็นความสูง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการวัดโดยวิธีวิเคราะห์จากไฮโดรกราฟนี้จะไม่ใช้ค่าการที่น้ำซึมผ่านผิวดินโดยแท้จริง เพราะยังมีน้ำส่วนอื่นที่ยังไม่ได้นำมาพิจารณาด้วย เช่น น้ำพืชยึดและน้ำที่ขังอยู่บนผิวดิน เป็นต้น แต่เนื่องจากเป็นการยุ่งยากมากหากจะแยกค่าน้ำทั้งสองออกจากอัตราการที่น้ำซึมผ่านผิวดินทั้งหมด ดังนั้น จึงถือว่า ค่าที่ได้เป็นที่น่าเชื่อถือ วิธีการวิเคราะห์จากไฮโดรกราฟนี้ใช้ได้ดี ในการหาอัตราการที่น้ำของลุ่มน้ำขนาดเล็ก ๆ สำหรับลุ่มน้ำขนาดใหญ่ซึ่งมีความซับซ้อนมากอาจต้องใช้ค่าเฉลี่ยแทน

การเคลื่อนที่ของน้ำในดินสามารถสรุปได้ว่ามีอยู่สองลักษณะใหญ่ ๆ คือ เป็นทั้ง

การเคลื่อนที่ในส่วนของชั้นดินที่แห้งไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ ( Unsaturation flow ) และการเคลื่อนที่ในส่วนของชั้นดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ( Saturation flow ) ในระยะเริ่มต้นที่ฝนตกลงมาใหม่ ๆ พื้นดินแห้งไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ การเคลื่อนที่ของน้ำแบบนี้จะอยู่ใน ส่วนของน้ำที่อยู่ในเขตของการหาใจของรากพืช น้ำจะไหลเคลื่อนที่ไปด้วยแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างอนุภาคของ เม็ดดินกับน้ำและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของน้ำกับน้ำ นั่นคือน้ำ จะเคลื่อนที่จากที่ที่มีปริมาณความชื้นมากไปสู่บริเวณที่มีปริมาณความชื้นน้อยกว่า ลักษณะของ การเคลื่อนที่จะเป็นไปทุกทิศทาง ส่วนใหญ่จะเกิดอยู่ในชั้นดินที่มีช่องว่างในดินขนาดเล็ก ระยะทางของการเคลื่อนที่ของน้ำประเภทนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของรูดิน ( Capillary tube ) ซึ่งเป็นตัวกำหนดความใกล้เคียงของการเคลื่อนที่ เนื่องจากในการเคลื่อนที่นั้นจะมีแรงต่อต้าน การเคลื่อนที่ ( Attractive force ) ของน้ำอยู่ด้วย น้ำในดินในลักษณะนี้จะหยุดไหล เมื่อแรงทั้งสองเท่ากัน ภายหลังจากที่ฝนตกอยู่มาดินจะได้รับน้ำมากขึ้นจนกระทั่งน้ำเต็มรู พรุนหรือเต็มช่องว่างในดินทั้งหมด คราวนี้ น้ำในดินจึงจะไหลในรูปของลักษณะการเคลื่อนที่ ในส่วนของชั้นดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ปัจจัยที่ควบคุมการไหลหรือการเคลื่อนที่ของน้ำในลักษณะนี้ คือแรงดึงดูดของโลก ( Gravity force ) และค่าความชันของของเหลว ( Hydraulic gradient ) เป็นส่วนใหญ่ การเคลื่อนที่ของน้ำในดินในส่วนที่ดินอิ่มตัว ด้วยน้ำนั้นจะมีผลโดยตรงต่อระดับน้ำใต้ดิน ปริมาณการเคลื่อนที่ของน้ำด้วยแรงดึงดูดในลักษณะนี้ จะมีความแตกต่างกันออกไปตามชนิดของดิน ดินที่มีเนื้อหยาบจะมีการเคลื่อนที่มากกว่าดินที่ ละเอียด โดยปกติแล้วทั้งชั้นดินและหินต่างก็มีส่วนช่วยให้น้ำซึมผ่านได้ ในขณะที่เดียวกันก็ สามารถที่จะเก็บหรือกักขังน้ำไว้ได้มากเช่นกัน

## 9. สรุป

ในการจัดการลุ่มน้ำถือว่าดินคืออ่างเก็บน้ำธรรมชาติ เพื่อส่งน้ำหล่อเลี้ยงให้

น้ำอยู่ในลำน้ำได้ตลอดปี ตามปกติแล้วดินจะสามารถดูดเก็บน้ำได้ในสามลักษณะใหญ่ ๆ  
คือ น้ำส่วนที่เป็นองค์ประกอบของแร่ธาตุในดิน ( Chemical combined water )  
น้ำในส่วนนี้จะมีความหนืดที่สุดในการจัดการลุ่มน้ำ เนื่องจากมีปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำในส่วนอื่น ๆ ลักษณะที่สองดินจะอุ้มน้ำโดยที่หุ้มผิวหน้าของเม็ดดิน นั่นคือ ดินซึ่งประกอบไปด้วยอนุภาคของเม็ดดินขนาดต่าง ๆ จะถูกห่อหุ้มในลักษณะของฟิล์มด้วยน้ำ ลักษณะที่สามคือน้ำส่วนที่เก็บกักไว้ในช่องว่างของดิน ( Soil pore ) ซึ่งมีทั้งช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ดินโดยทั่วไปในธรรมชาติจะมีรูพรุนหรือช่องว่างเสมอ ช่องว่างเหล่านี้จะเป็นที่อยู่ของน้ำและอากาศ การที่น้ำจะถูกเก็บกักไว้ในดินมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถในการซึมผ่านผิวน้ำดิน ( Infiltration ) และการซึมไหลต่อเนื่องลงสู่เบื้องล่างลงสู่ระดับน้ำใต้ดิน ( Percolation ) นั่นคือ เมื่อน้ำซึมผ่านลงไปดินแล้วน้ำจะห่อหุ้มผิวหน้าเม็ดดินด้วยแรงดึงดูดระหว่างเม็ดดินกับน้ำ เมื่อน้ำฉาบเคลือบผิวหน้าเม็ดดินทั่วแล้วน้ำก็จะซอกซอนฉาบเคลือบต่อไปเป็นรูปรัศมีของน้ำเป็นชั้น ๆ ด้วยแรงดึงดูดระหว่างน้ำกับน้ำด้วยกันเอง แรงดึงดูดเหล่านี้จะมีอยู่ตามระยะห่างหรือตามเส้นรัศมีที่เพิ่มขึ้น นั่นคือ น้ำที่อยู่ใกล้ผิวน้ำดินจะมีแรงดึงดูดมากที่สุด เมื่อน้ำนั้นถูกดูดให้เพิ่มรัศมีมากขึ้นแรงก็จะลดลงจนไม่สามารถดึงดูดน้ำไว้ได้ในที่สุดก็ต้องระบายออกไป เมื่อดินสามารถดึงดูดน้ำได้สูงสุดก็ต่อเมื่อแรงดึงดูดของโลกเท่ากับแรงดึงดูดของน้ำในวงรัศมีนอกสุดของดิน ถ้าแรงดึงดูดของโลกมีมากกว่าแล้วจะทำให้น้ำถูกระบายออกไป น้ำในส่วนที่เม็ดดินดึงดูดไว้เนื่องจากมีแรงมากกว่าแรงดึงดูดของโลกเรียกว่า "Retention" ส่วนน้ำที่อยู่ในส่วนที่แรงดึงดูดของดินมีค่าน้อยกว่าแรงดึงดูดของโลกหมายถึงดินไม่สามารถดูดน้ำนั้นไว้ได้ต้องระบายออกไป เรียกว่า "Detention" ขนาดของช่องว่างในดินหรือรูดินหรือรูพรุนของดินจะมีความหนาแน่นมากต่อน้ำที่ถูกเก็บไว้ในดิน น้ำส่วนที่เก็บไว้ในดินไม่ถูกกระทบออกไปตามแรงดึงดูดของโลก ( Retention storage ) เป็นน้ำส่วนที่อยู่ในช่องว่างในดินขนาดเล็ก ส่วนน้ำที่จะถูก

ระบายออกไปตามแรงดึงดูดของโลกลงสู่ระดับน้ำใต้ดิน ( Detention storage )

คือ น้ำส่วนที่อยู่ในช่องว่างในดินขนาดใหญ่

ความหนาหรือละเอียดของเนื้อดินจะมีอิทธิพลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ดินที่มีเนื้อหยาบมักจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยกว่าดินที่มีเนื้อละเอียด เพราะเหตุว่าดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีรูพรุนหรือช่องว่างในดินขนาดเล็กจำนวนมาก ทำให้ดินละเอียดมีแรงดึงดูดสูงน้ำจึงไม่สามารถระบายออกได้โดยง่าย สำหรับดินที่มีเนื้อหยาบนั้นจะมีรูพรุนหรือช่องว่างในดินขนาดใหญ่เป็นส่วนมาก ทำให้มีแรงดึงดูดน้อยน้ำมีโอกาที่จะถูกระบายออกได้โดยง่าย แต่อย่างไรก็ตาม ลักษณะของอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเม็ดดิน ( Specific surface ) มีส่วนในการเสริมสร้างสมรรถนะในการอุ้มน้ำของดิน ดินที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเม็ดดินมากจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้มากกว่าดินที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเม็ดดินน้อยกว่า ดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีอนุภาคของเม็ดดินจำนวนมากกว่าดินที่มีเนื้อหยาบในปริมาตรเท่ากัน ดังนั้น ดินที่มีเนื้อละเอียดจึงมีอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของเม็ดดินมากกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ ดินเนื้อละเอียดจึงสามารถอุ้มน้ำได้ดีกว่าดินเนื้อหยาบ.

## 10. คำถามและกิจกรรมประกอบห้ามบท

ให้นักศึกษาคำนวณหาค่าความชื้นในดินและตอบคำถามต่อไปนี้มาให้เข้าใจ

1. กำหนดให้พื้นที่ลุ่มน้ำแห่งหนึ่งมีความหนาของดินในชั้น A , ชั้น B และชั้น C เท่ากับ 50 ซม., 50 ซม. และ 20 ซม. ตามลำดับ ค่า Bulk density ของดินชั้น A , ชั้น B และชั้น C มีค่า 1.0, 1.2 และ 1.5 ตามลำดับ ค่าปริมาณน้ำในดินคิดเป็นความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร (.25 ซม.) ต่อดินลึก 1 ซม. (H)

ถ้าปริมาณความชื้นที่อยู่ในดินหลังจากที่ถูกระบายออกไปแล้วหรือปริมาณความชื้นที่ " Field capacity " ของดินในลุ่มน้ำทุกหลุมสำรวจจะสูงกว่าค่าความชื้นเฉลี่ยรายปีร้อยละ 10 ถ้าฝนตกด้วยอัตรา 100 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง การซึมของดินประมาณ 100 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง ให้คำนวณค่าจะต้องใช้ระยะเวลาานเท่าไรน้ำในดินจึงจะมีค่าเท่ากับความชื้นที่ " Field capacity " ของดินทั้งหมด

2. การหาค่าความชื้นของดินมีกี่วิธี วิธีใดที่นักศึกษาเห็นว่าเหมาะสมที่สุด จงอธิบายเหตุผลประกอบ

## 11. เฉลย

### 1. สิ่งที่กำหนดให้

<u>ชั้นดิน</u>	<u>ค่า Bulk density</u>	<u>ความหนาของดิน (ซม.)</u>
A	1.0	50
B	1.2	50
C	1.5	20

ค่า  $h$  เฉลี่ย = 2.5 มม. (.25 ซม.)

$H$  = 1 เพราะใช้ค่า  $h$  ต่อดินลึก 1 ซม.

### การคำนวณ

ค่า Bulk density เฉลี่ยทั้งลุ่มน้ำ (B.D.) = 1.16

### จากสูตร

$$h = \frac{Pw}{100} \times B.D. \times H$$

ในเมื่อ  $h$  = ปริมาณน้ำในดินที่คิดเป็นความสูง (ซม.)

$Pw$  = ปริมาณความชื้นในดินโดยน้ำหนัก (%)

B.D. = ค่า Bulk density (กรัม/ซม<sup>3</sup>.)

$H$  = รัศมีความลึกของดิน (ซม.)

แทนค่าเพื่อหา  $P_w$  ;

$$\therefore P_w = \frac{.25 \times 100}{1.16 \times 1} = 21.5 \%$$

เมื่อ Field capacity สูงกว่า 10%

$$\text{ค่าที่ Field capacity} = 21.5 + 10 = 31.5 \%$$

หาปริมาณน้ำในดินคิดเป็นความสูงหึ่งลุ่มน้ำ

$$\begin{aligned} \text{จาก } h &= \frac{P_w}{100} \times \text{B.D.} \times H \\ &= \frac{21.5}{100} \times 1.16 \times 120 \\ &= 29.9 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

$\therefore$  h ของน้ำที่ Field capacity ของดินหนา 120 ซม. ที่ Field capacity = 31.5 %

$$\begin{aligned} \therefore h \text{ ที่ Field capacity} &= \frac{31.5}{100} \times 1.16 \times 120 \\ &= 43.8 \text{ ซม.} \end{aligned}$$

เพราะว่าความแตกต่างของ h กับ h Field capacity = 43.8 - 29.5  
= 13.9 ซม. (1390 UN.)



ดังนั้น เมื่อฝนตกด้วยอัตราเฉลี่ย 100 มม./ชั่วโมง และน้ำในดินสูง 1390 มม.

ดินมีสภาพ Field capacity เมื่อฝนตกลงมาจะใช้เวลาประมาณ

$$= \frac{1390}{100} = 13.9 \text{ หรือประมาณ } 14 \text{ ชั่วโมง}$$

นั่นคือจะต้องใช้เวลาประมาณ 14 ชั่วโมง น้ำในดินจึงจะมีค่าเท่ากับความชื้นที่ "Field capacity"

## 2. การหาความชื้นของดินมี 5 วิธี ดังนี้

1. Gravimetric method โดยเก็บดินในห้องที่มาซึ่ง จดน้ำหนัก (Wet weight) ไว้แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ  $105^{\circ} - 110^{\circ}$  ซ. เวลา 24 ชั่วโมง เป็นอย่างน้อย แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนักใหม่ น้ำหนักที่หายไปต่อน้ำหนักดินแห้งคูณด้วย 100 จะเป็นความชื้นของดินโดยน้ำหนัก (Pw)

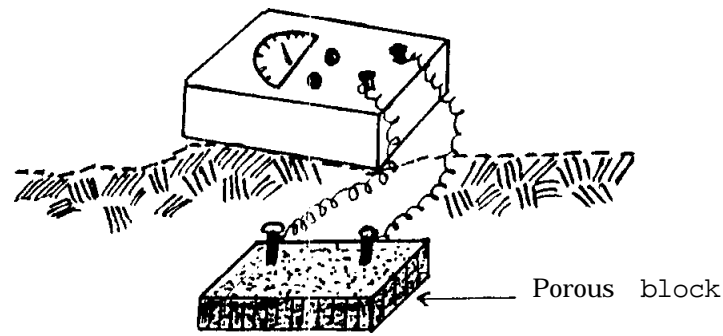
$$Pw = \frac{\text{Wet weight} - \text{Oven dry weight}}{\text{Oven dry weight}} \times 100$$

2. Tension method โดยใช้หลักของ Negative pressure โดยใช้เครื่องมือ Tension meter

- ใช้กับดินละเอียด เช่น ดินเหนียว
- ถ้าใช้กับดินป่าไม้ ซึ่งมีรูพรุนมาก เครื่อง Tension meter จะทำงานไม่ได้ผล

3. Electrical resistance method โดยใช้การนำไฟฟ้าของดินเป็นหลัก เช่น การใช้ Fibre glass method เป็นต้น ดินที่มีความชื้นมากจะนำความชื้นได้ดี

หมายถึง มีความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าได้น้อย ในดินที่มีความชื้นน้อยจะต้านทานกระแสไฟฟ้าได้ดีกว่า



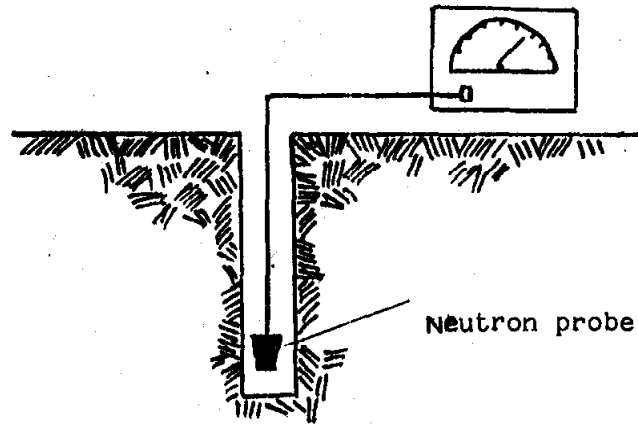
รูปที่ 6.7 การใช้ตัวนำไฟฟ้าวัดความชื้นในดิน

หลักการกว้าง ๆ คือ ใช้ตัวนำไฟฟ้าที่น้ำซึมผ่านได้ (Porous block) ซึ่งอาจทำจากฉนวนหรือไฟเบอร์กลาสมี Electrode 2 ขั้ว วางในดิน แผ่นตัวนำไฟฟ้านี้จะดูดความชื้นในดินหรือปล่อยความชื้นให้แก่ดิน ทั้งขึ้นอยู่กับ Potential gradient ระหว่าง Block และดินที่อยู่รอบ ๆ ความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าใน Porous block จะสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในดิน จากค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดนำไปเปรียบเทียบกับ Standard curve ระหว่างค่าความต้านทานกับความชื้นจะได้ค่าความชื้นออกมา

4. Soil moisture test เป็นการหาอย่างคร่าว ๆ ใช้เปรียบเทียบค่าความชื้นที่ได้จากวิธีอื่นเท่านั้น เช่น การนำดินมาซึ่งแล้วนำไปทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์ไบด์ (Calcium carbide) ในหลอดแก้วจะได้ก๊าซ Acetylene ไปต้นเครื่องวัดแล้วอ่านค่าออกมาเป็นความชื้น เป็นต้น

วิธีการนี้จะได้ค่าโดยประมาณไม่แม่นยำ

5. Nuclear method หรือ Neutron probe ใช้สารจำพวก กัมมันตภาพรังสี วัตถุประสงค์โดยสรุปคือ สารกัมมันตภาพรังสี ซึ่งจะทำปฏิกิริยาได้กับปริมาณไฮโดรเจน ( $H^+$ ) ในดินหรือปริมาณน้ำในดินนั่นเอง วิธีการฝัง Neutron probe ลงในดินระดับต่าง ๆ แล้วอ่านค่าที่ได้จากเครื่องวัด



รูปที่ ๖.๘ การใช้ Nuclear method วัดความชื้นในดิน

ค่าที่ได้จะละเอียดมาก แต่เนื่องจากเครื่องมือราคาแพงมากจึงไม่นิยมใช้  
สรุป วิธีที่ใช้มากที่สุดคือ วิธีของ Gravimetric method เพราะ  
เหตุผลต่าง ๆ ดังนี้

1. เป็นวิธีที่ง่าย
2. อุปกรณ์ราคาไม่แพง อุปกรณ์ที่สำคัญในวิธีนี้ คือ
  - เครื่องชั่งที่มีความละเอียดสูง
  - เตาอบ
3. ค่าที่ได้หากเครื่องมือดีจะเป็นค่าที่น่าเชื่อถือได้.