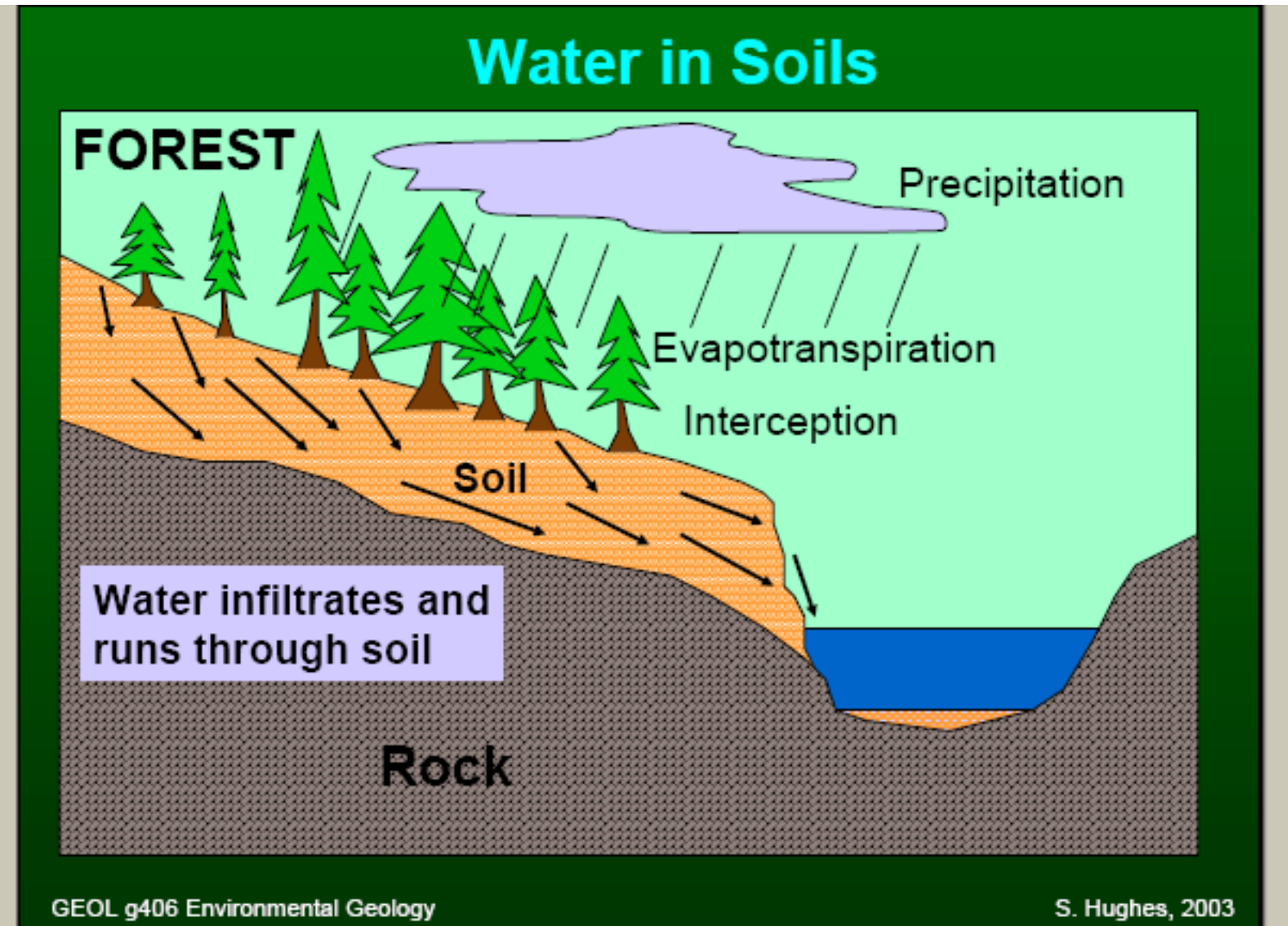


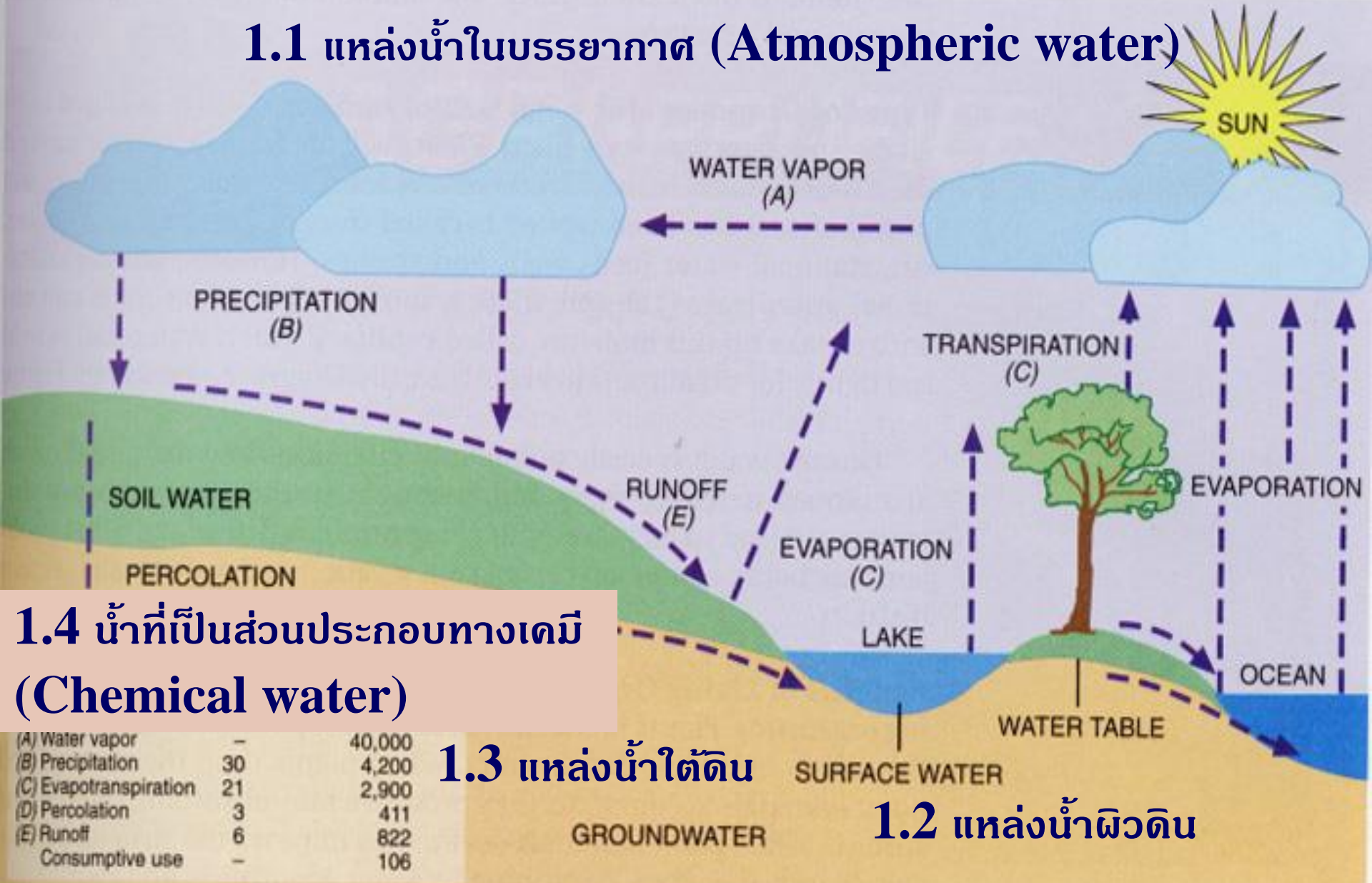
บทที่ 4 น้ำในดินและน้ำใต้ดิน



บรรยายโดย: อ. ปานชีวัน ปอนพังกา

1. ประเภทของแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

1.1 แหล่งน้ำในบรรยากาศ (Atmospheric water)



1.4 น้ำที่เป็นส่วนประกอบทางเคมี (Chemical water)

1.3 แหล่งน้ำใต้ดิน

1.2 แหล่งน้ำผิวดิน

2. ความชื้นในดิน (Soil moisture)

2.1 ระบบความชื้นดิน

ระบบ หมายถึง ลักษณะเด่นหรือรูปแบบที่โดดเด่นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับความชื้นในดินในรอบปี C.W. Thornthwaite นักภูมิอากาศวิทยาได้ศึกษาและจำแนกระบบความชื้นในดินออกเป็น 8 กลุ่มด้วยกัน คือ

2.1.1 ระบบศูนย์สูตร (Equatorial Regime)

เป็นระบบความชื้นในดินที่ค่าของน้ำฝนจะสูงกว่าค่า
ศักยภาพการระเหยของน้ำจากดินและพืชตลอดปี ปริมาณ
ความชื้นที่เหลือซึ่งปรากฏออกมาในรูปของน้ำไหลผ่านผิวดิน
มากตลอดทั้งปี เช่นเดียวกัน จึงทำให้การเพาะปลูกทำได้
ตลอดทั้งปี และการเจริญเติบโตของพืชพรรณธรรมชาติมี
อัตราสูง

2.1.2 ระบบสะวันนา (Tropical Wet-Dry

Regime) ระบบนี้ความชื้นในดินตลอดปีมีค่อนข้างมาก ปริมาณน้ำฝนจะตกน้อยลงในช่วงบริเวณที่ได้รับแสงเฉียงจากดวงอาทิตย์ เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนกุมภาพันธ์ ส่วนช่วงเดือน มิถุนายนถึงเดือนกันยายน ปริมาณน้ำฝนจะมีมากทำให้ความชื้นในดินมีมาก แต่ความชื้นในดินจะขาดในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งส่งผลต่อพืชพรรณ อันเนื่องมาจากความไม่แน่นอนของลมประจำถิ่นที่พัดผ่าน

2.1.3 ระบบเมดิเตอร์เรเนียน

(Mediterranean Regime) เป็นระบบความชื้นในดินที่พบรอบ ๆ ทะเลเมดิเตอร์เรเนียน และในบริเวณชายฝั่งตะวันตกที่ตั้งอยู่ระหว่างละติจูด 30 - 50 องศา ค่าศักยภาพการระเหยของน้ำจากดินและพืชจะสูงมากในฤดูร้อน แต่การขาดแคลนความชื้นในดินปรากฏในช่วงฤดูร้อนเช่นเดียวกัน ส่วนในช่วงฤดูหนาวความชื้นในดินจะเพิ่มขึ้น แต่ไม่ถึงกับเกิดสภาพความชื้นเหลือ การเพาะปลูกในบริเวณนี้จะได้ผลดีจึงต้องอาศัยการชลประทาน เพื่อเพิ่มความชื้นในดินให้พอเพียงกับความต้องการของพืช

2.1.4 ระบบทะเลทรายร้อน

(Tropical Desert Regime)

ตามปกติแล้วความชื้นในดินระบอบนี้จะขาดแคลนเกือบตลอดทั้งปี ความจุน้ำของดินจะมีค่าใกล้เคียงศูนย์ตลอดเวลา ค่าศักยภาพการระเหยของน้ำจากดินและพืชสูงตลอดปี แต่หยาดน้ำฟ้าที่ตกลงมาค่อนข้างน้อย ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้พืชพรรณที่ปรากฏอยู่ในเขตทะเลทรายเบาบางมาก

2.1.5 ระบบทะเลทรายภาคพื้นทวีป

(Continental Desert Regime) เป็นระบบ

ความชื้นที่ปรากฏอยู่ตอนกลางของอเมริกาเหนือ หรือ ทะเลทรายในเขตอบอุ่น ตามปกติแล้วค่าของหยาดน้ำฟ้าจะต่ำกว่าค่าศักยภาพการระเหยของน้ำจากดินและพืชตลอดทั้งปี ดังนั้นสภาพทั่วไปของความชื้นในดินจึงขาดแคลน จะมีความชื้นลงไปเพิ่มเติมในดินบ้างในช่วงฤดูหนาว แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยไม่พอเพียงกับความต้องการของพืช

2.1.6 ระบบความชุ่มชื้นภาคพื้นทวีป (Continental Humid Regime) เป็นระบบ

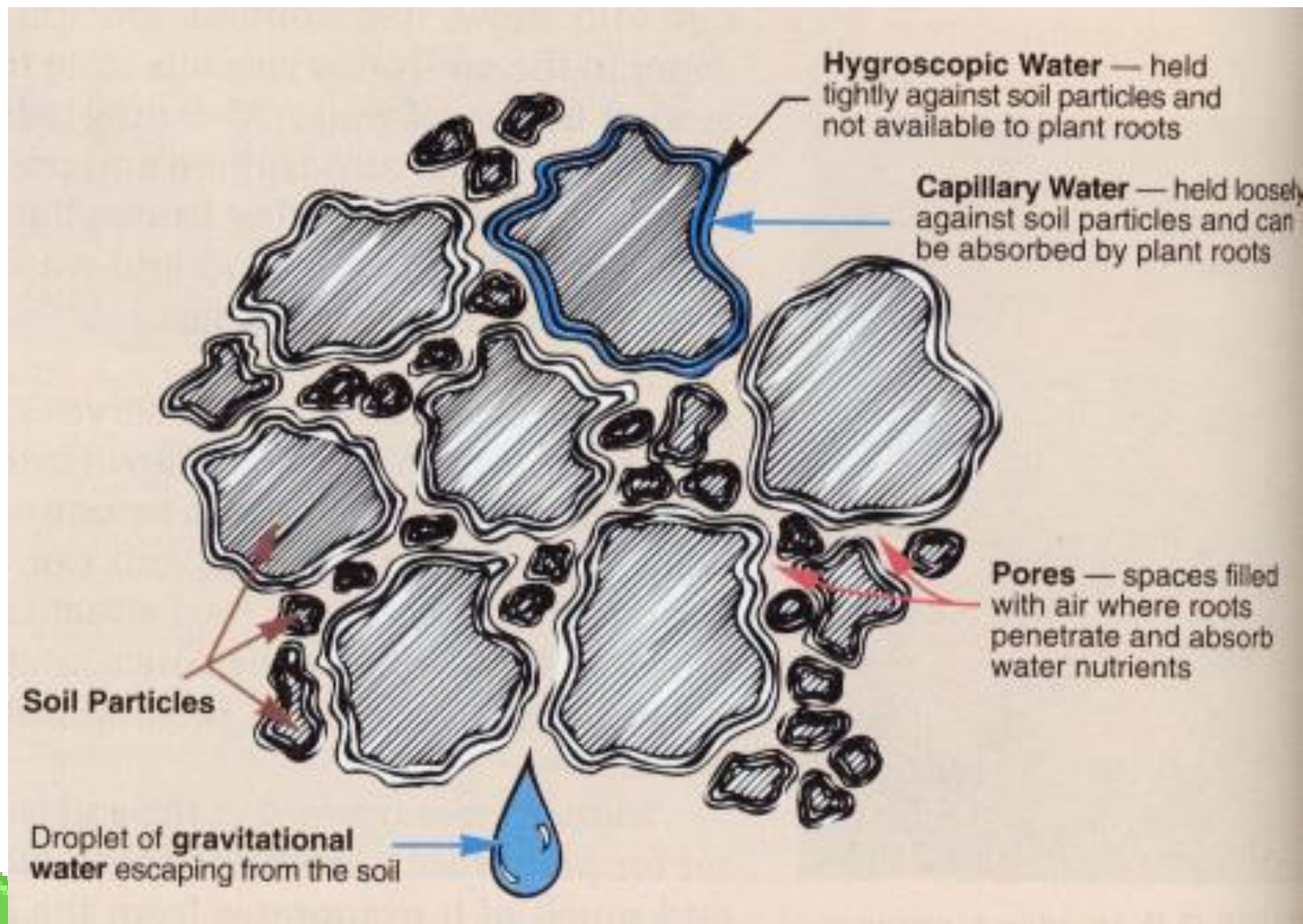
ความชื้นในดินอยู่ติดกับระบบเมดิเตอร์เรเนียน ตักยภาพการระเหยของน้ำจากดินและพืชสูงกว่าปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่ตกลงมาในระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม ดังนั้นความชื้นในดินขาดจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยในช่วงฤดูร้อน ส่วนปริมาณน้ำเหลือจะเกิดในฤดูใบไม้ผลิ ส่วนช่วงฤดูหนาวค่าการระเหยของน้ำจากดินและพืชมีค่าใกล้เคียงระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์

2.1.7 ระบบชุ่มชื้นชายฝั่งตะวันตก (Wet West Coastal Regime) เป็นระบบความชื้นที่ปรากฏอยู่ในเขต
อบอุ่นชายฝั่งตะวันตกของทวีป โดยเฉพาอย่างยิ่งในแถบยุโรป
ตะวันตก ลักษณะทั่วไปของค่าหยาดน้ำฟ้า และศักยภาพการระเหย
ของน้ำจากดินและพืชจะแตกต่างกันไม่มากนัก ในฤดูร้อนค่าของ
หยาดน้ำฟ้าจะลดลง ในทางตรงกันข้ามค่าศักยภาพการระเหยของ
น้ำจากดินและพืชจะเพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ยแล้วความชื้นในดินของ
ระบบนี้จะเหลือตลอดทั้งปี จึงเป็นผลทำให้การเพาะปลูกกระทำ
ได้ตลอดทั้งปีเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าในระบบความชื้น
แบบชุ่มชื้นชายฝั่งตะวันตก ปริมาณน้ำที่ไหลลงมาตามลำน้ำจะ
สม่ำเสมอตลอดทั้งปี จึงสะดวกในการนำมาใช้ในการเดินเรือ และ
ผลิตพลังงานไฟฟ้าอย่างพอเพียง

2.1.8 ระบบอาร์กติก (Arctic Regime)

เนื่องจากพื้นดินปกคลุมด้วยน้ำแข็งตลอดระยะเวลา 9 เดือน (กันยายน - พฤษภาคม) ดังนั้น ค่าศักยภาพการระเหยของน้ำจากดินและพืชจึงเป็นศูนย์ แต่ในช่วงฤดูร้อนที่เหลืออีกประมาณ 3 เดือน ค่าศักยภาพการระเหยของน้ำจากดินและพืชจะสูงกว่าค่าของหยาดน้ำฟ้า

2.2 ประเภทของน้ำในดิน



2.2.1 น้ำซึม

(gravitational water or drainage water)

หมายถึงน้ำที่อยู่ในช่องว่างรอบ ๆ อนุภาค น้ำส่วนนี้สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในดิน น้ำส่วนนี้มีประโยชน์ต่อพืชในระยะสั้น ๆ ก่อนจะไหลต่อไปตามแรงโน้มถ่วงของโลกได้ ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ชะล้างธาตุอาหารลงตามความลึกของดิน

2.2.2 น้ำซับ (capillary water)

หมายถึง น้ำที่อนุภาคดินดูดซับไว้ด้วยแรงที่มากกว่าแรงโน้มถ่วงของโลก **น้ำส่วนนี้พืชสามารถนำไปใช้ได้**

2.2.3 น้ำเยื่อ (hygroscopic water)

หมายถึงน้ำที่อนุภาคดินยึดไว้เป็นฟิล์มบาง ๆ รอบอนุภาค เมื่อนำดินมาผึ่งลมจนแห้ง ความชื้นที่เหลืออยู่มีค่าใกล้เคียงกับน้ำส่วนนี้ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดินกับน้ำมีค่าสูงจนรากพืชไม่สามารถนำน้ำส่วนนี้มาใช้ได้

2.3 การดูดยึดน้ำของดิน (Soil water retention)

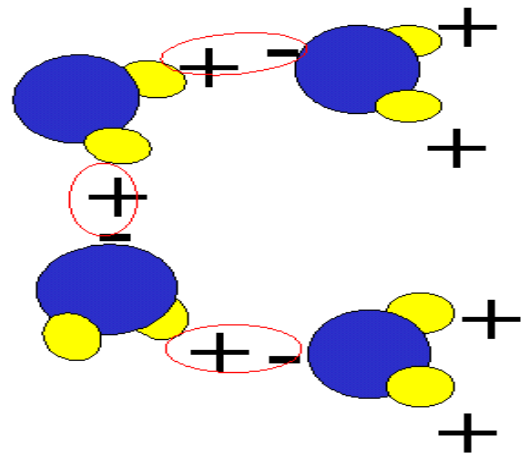
2.3.1 แรง (force) มี 2 แรง

A. adhesion

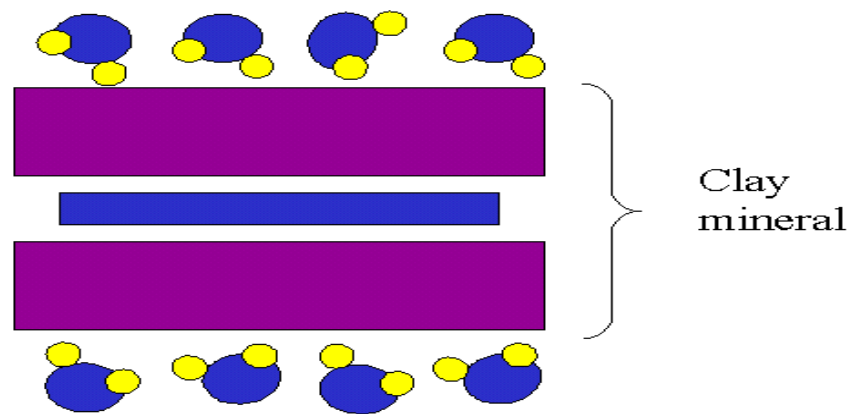
เป็นการดูดกันระหว่างสารที่ต่างกัน เม็ดดิน กับ น้ำ

B. Cohesion

เป็นการดูดกันระหว่างสารที่เหมือนกัน น้ำ กับ น้ำ



Cohesion



Adhesion

Cohesion and adhesion- result from polarity and hydrogen bonding

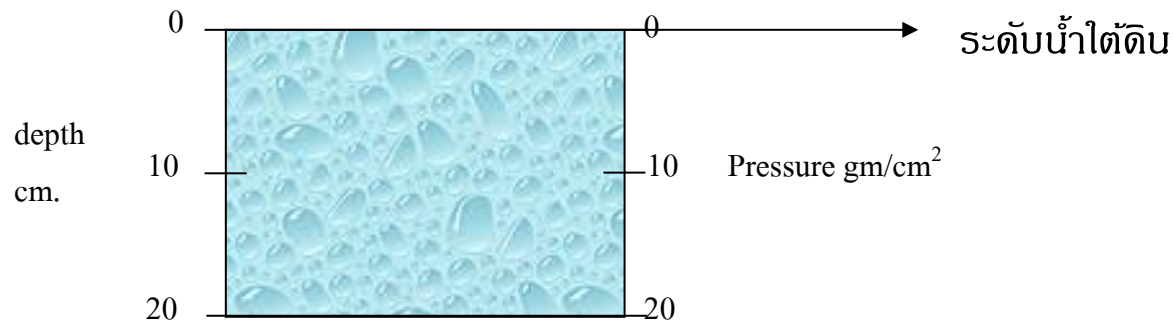
ความแตกต่างระหว่าง แรง cohesion และ adhesion

<u>น้ำ cohesion ในดิน</u>	<u>น้ำ adhesion ในดิน</u>
1.H-bond (หลวม) 2.ของเหลวรอบๆอนุภาคดิน และในช่องว่างขนาดเล็กในดิน 3. มีพลังงานสูง 4.available สำหรับพืช 5.เคลื่อนที่ได้ช้ามาก จากที่ที่เป็นฟิล์มที่หนาที่สุด และมีความเครียด(soil moisture tension) ต่ำไปยังที่ที่มีฟิล์มที่บางกว่าและมีความเครียดที่สูงกว่า	1.electrical forces (เหนียวแน่น) 2.รูปผลึก ฟิล์มบางๆ 3.เคลื่อนที่ได้ช้า และมีความพลังงานต่ำ 4.unavailable สำหรับพืช 5.เป็นน้ำที่มีอยู่ในดินโดยทั่วไป ทำให้เคลื่อนย้ายออกไปจากดินโดยการอบ

2.3.2 ความดันของน้ำ water pressure

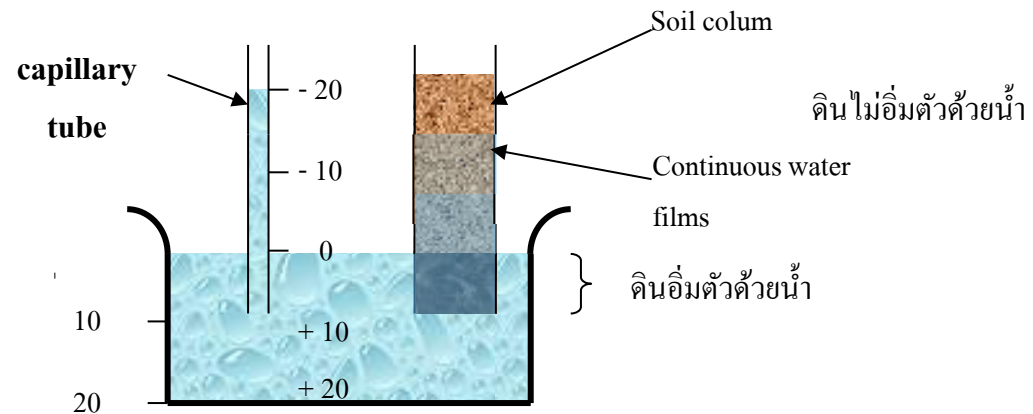
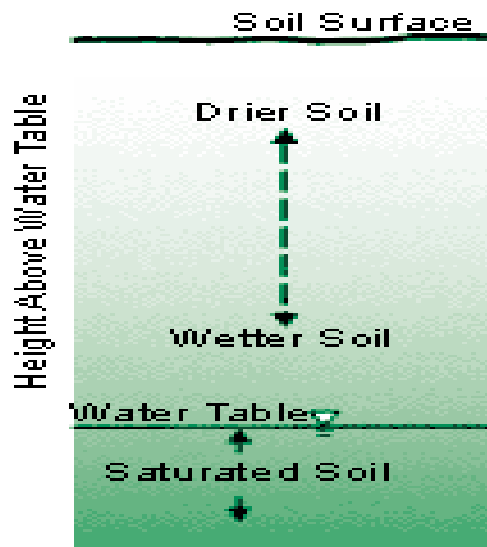
A. ในดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ

ความดันของน้ำ คือ แรงผลัก หรือแรงกดน้ำต่อหนึ่งหน่วยเนื้อที่



ความดันของน้ำจะค่อย ๆ ลดลง จนกระทั่งถึงผิวน้ำ
หรือ ความดันของน้ำจะเพิ่มขึ้นตามความลึกของน้ำ
ที่ผิวน้ำ หรือระดับน้ำใต้ดินความดัน = 0

B. ความดันของน้ำ water pressure ในหลอดแก้ว (capillary tube) หรือในดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ



ความดันของน้ำจะค่อย ๆ ลดลงจากก้นบึงเกอร์ จนกระทั่งถึงผิวหน้า หรือระดับน้ำใต้ดินความดัน = 0 แล้วจะค่อย ๆ ตีกลับมากขึ้น ซึ่งดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำค่าความดันของน้ำจะมีค่า ตีกลับ

C. ความเครียดของน้ำในดิน (soil moisture tension)

ความเครียดของน้ำในดินหมายถึง แรงดึงต่อหนึ่งหน่วยเนื้อที่ เป็นแรงประเภทเดียวกันกับความดันของน้ำ แต่มีทิศทางตรงข้ามกัน

ความเครียดของน้ำในดิน = ความดันของน้ำในดิน x (-1)

เห็นได้ว่า ความเครียด ติดลบ หน่วยเป็นบรรยากาศ แต่ความดัน กรัม/ตร.ซม.

1 บรรยากาศ (atm) = 1.0133 บาร์

= 1.0133 x 10⁸ ดายน์/ ตร.ซม.

= 33 ฟุต(น้ำที่สูงขึ้นไปในคอลัมน์)

= 1036 เซนติเมตร(น้ำที่สูงขึ้นไปในคอลัมน์)

= 1036 กรัม/ตร.ซม.

= 14.7 ปอนด์/ตารางนิ้ว

สรุป

1. น้ำในดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำนั้นจะมีความดันเป็นลบ หรือเป็นน้ำที่อยู่ภายใต้แรงดูดยึดของดิน (tension)
2. ความดันของน้ำในดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำนั้นจะมีค่าลดลง เมื่อมีระยะสูงขึ้นจากผิวของระดับน้ำใต้ดินมากขึ้น
3. น้ำในดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำในดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำแล้วจะพบว่า มีความดันที่ต่ำกว่าและมีพลังงานที่ต่ำกว่า
4. การเคลื่อนที่ของน้ำในดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำนั้น ส่วนใหญ่จะเนื่องมาจากแรง capillary tension กล่าวคือ น้ำจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความเครียด (tension) ต่ำไปยังที่ที่มีความเครียดที่สูงกว่า

แรง (driving force)

ความเคียดของน้ำต่ำ

(ความดันที่มีค่าเป็นลบน้อย)

ดินเปียก

ความเคียดของน้ำสูง

(ความดันที่มีค่าเป็นลบมาก)

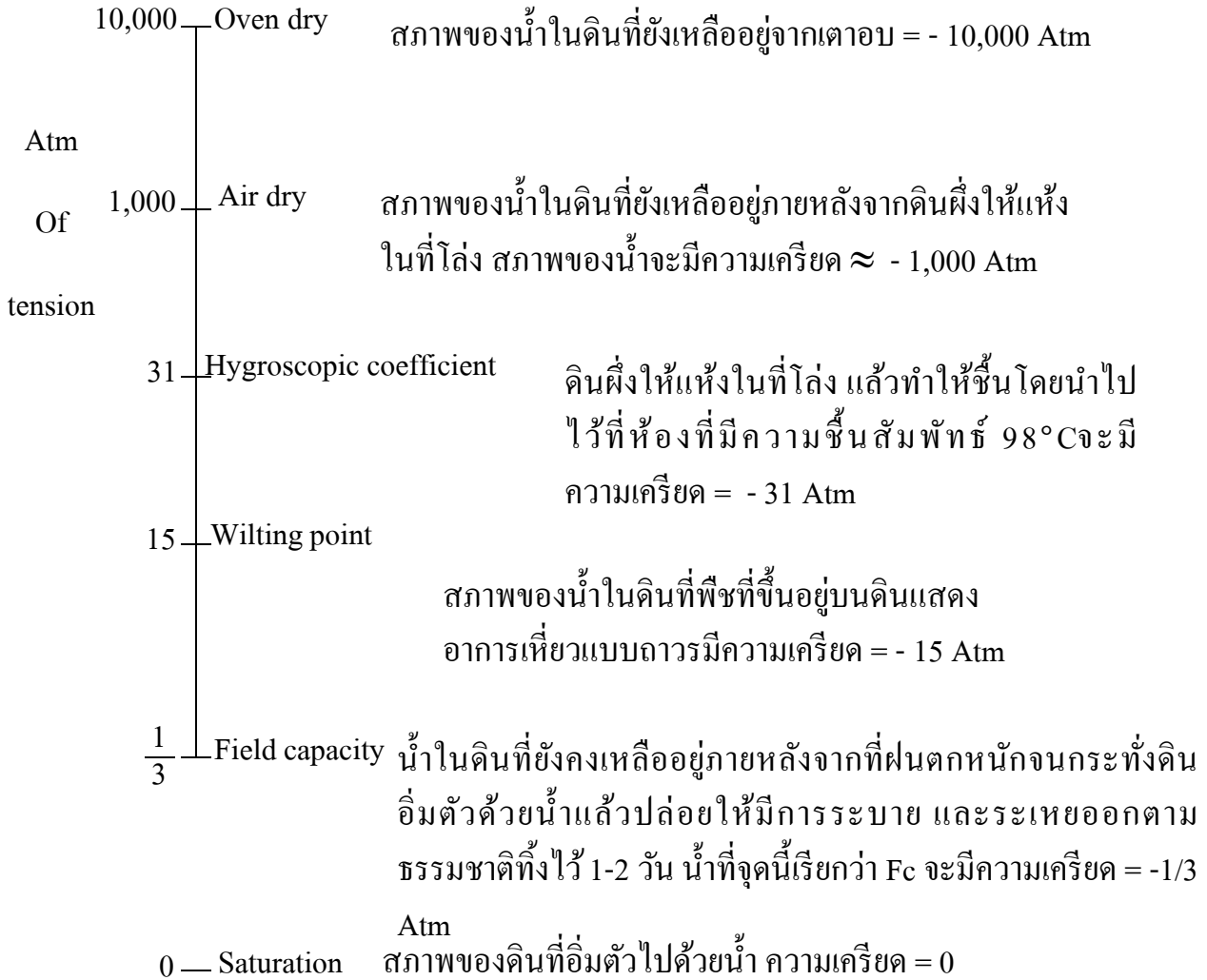
ดินชื้น

ดินแห้ง

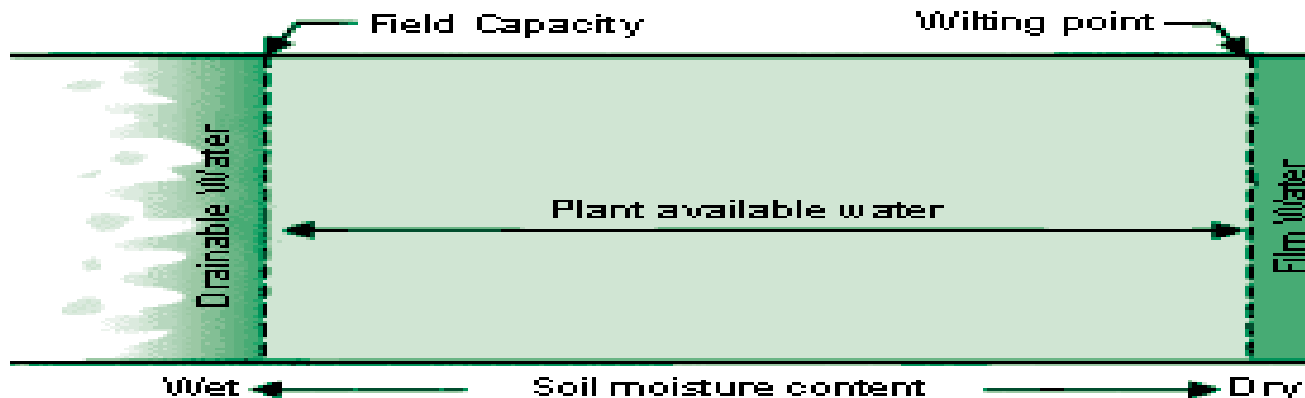
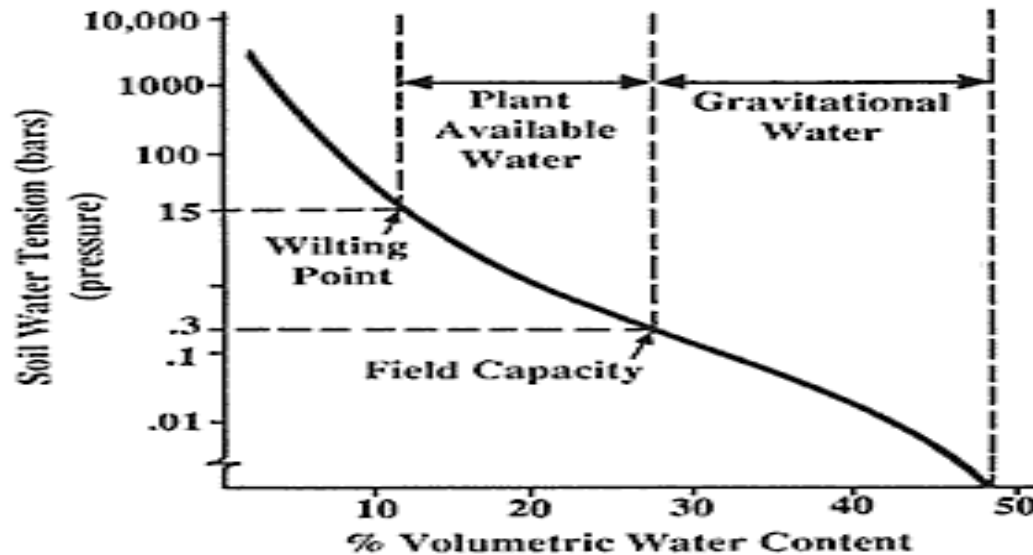
ทิศทางการไหลของน้ำ



2.3.3 สภาพต่างๆของน้ำในดิน (soil moisture constants)



เส้นอัตรลักษณ์ คือเส้นความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำกับแรงดูดยึดของก้อนดิน



Plant available water and drainable water in relation to field capacity and wilting point

2.4. การแสดงปริมาณน้ำในดิน

soil water content expression

แสดงได้ 3 รูป

2.4.1 แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ (percentage of moisture %P) ซึ่งแบ่งออกเป็น

A. เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (%by weight, %P_w)

$$\%P_w = M_w / M_s \times 100$$

M_w = มวลของน้ำ, M_s = มวลของดินที่แห้งสนิท

B. เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (%by volume, %P_v)

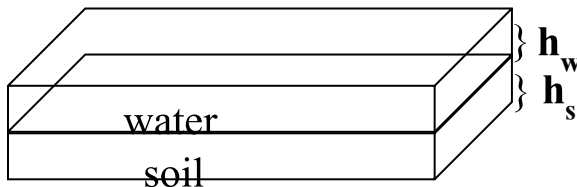
$$\%P_v = V_w / V_b \times 100$$

V_w = ปริมาตรของน้ำในดิน, V_b = ปริมาตรรวม (V_s + V_p)

$$\%P_v = \rho_b \times \%P_w, \rho_b = \text{ความหนาแน่นรวม}$$

2.4.2 ความลึก(ความสูง)ของระดับน้ำ depth of water h_w

หมายถึง ปริมาณน้ำในดินหลังจากสกัดออกมาจากดินแล้ว ในความลึกที่กำหนดแล้วเทกลับลงไปใหม่อีกครั้งหนึ่ง โดยไม่ให้น้ำไหลซึมลงไปในดิน ความสูงของน้ำที่ได้คือ ปริมาณน้ำในดิน ที่แสดงความลึกของน้ำในดิน



$$h_w = \frac{\%P_v h_s}{100}$$

2.5 การวัดระดับน้ำในดิน

measuring soil moisture

เพื่อให้ทราบว่า ดินในขณะนั้นจะมีปริมาณน้ำอยู่เป็นจำนวนมากน้อยเท่าใด และเพียงพอแก่ความต้องการพืชหรือไม่

การวัดระดับน้ำในดินทำได้ 2 วิธี

2.5.1 การวัดโดยตรง (direct methods)

A. Gravimetric method

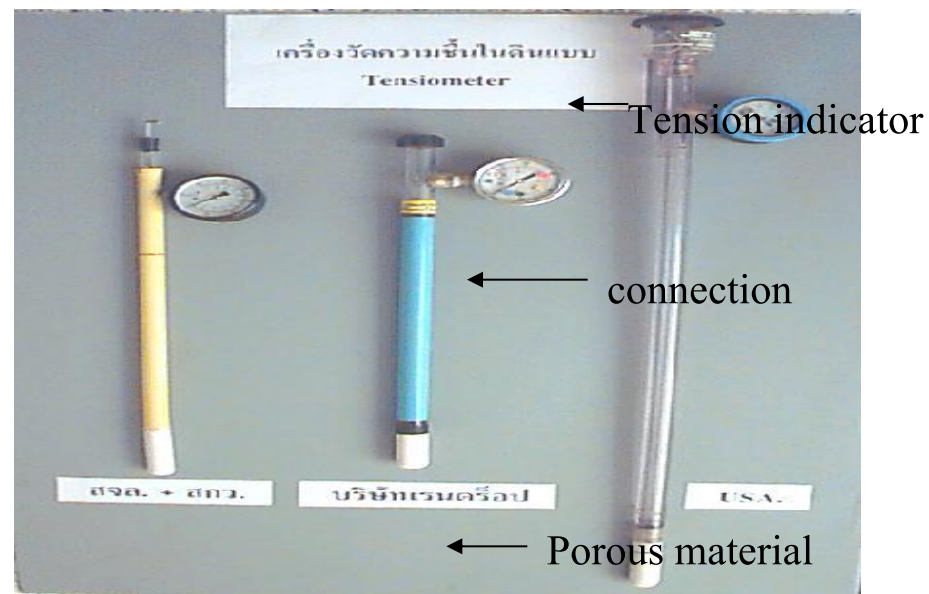
$$\%P_w = \frac{(\text{น้ำหนักดินชื้น} - \text{น้ำหนักดินแห้ง}) \times 100}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}}$$

2.5.2 การวัดโดยทางอ้อม (indirect methods)

เป็นการใช้เครื่องมือบางชนิดสำหรับวัดปริมาณน้ำในดิน

A. Tensiometer

วัดความเคียดของน้ำในดิน



*ข้อจำกัด ต้องไม่เกิน 0.8 Atm ถึงจะวัดได้ดี

เครื่องมือสำหรับวัดความชื้น

B. Moisture block



เครื่องวัดการนำไฟฟ้า moisture meter

Gypsum มีขั้วไฟฟ้า electrode ฝัง
อยู่ 2 อัน

สายไฟเชื่อม

[www.environdata.com.au/ images/smois.jpg](http://www.environdata.com.au/images/smois.jpg)

อาศัยหลักการ น้ำเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี

อ่านค่าความนำไฟฟ้า

ชื้นมาก- นำไฟฟ้าได้มาก

ชื้นน้อย- นำไฟฟ้าได้น้อย

C. Neutron moisture meter



นิวตรอนที่ปลดปล่อยมีความเร็วสูงมาก

หลักการ สารที่มีมวลใกล้เคียงกัน โดยมวลที่มีความเร็วสูงชนกับมวลที่อยู่กับที่ ทำให้มวลที่มีความเร็วสูงกลายเป็นมวลที่มีความเร็วต่ำ

มวลที่มีขนาดใกล้เคียงกับ นิวตรอน มากที่สุดคือ ไฮโดรเจน

วัดค่า นิวตรอนความเร็วต่ำได้มาก แสดงว่า ปริมาณความชื้นดินมีมาก

D. Pressure plate and Pressure membrane apparatus

เป็นเครื่องมือสำหรับหาความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด (tension) ของน้ำในดินกับ
ปริมาณน้ำในดิน โดย

อาศัย แรงผลักหรือแรงดัน Pressure

Tension -1 Atm = Pressure 14.7 lb/inch²



www.ele.com/env/images/pres2.jpg

3. น้ำใต้ดิน

หมายถึง น้ำที่มีอยู่ในชั้นดินบนผิวโลก ชั่งอยู่ในช่องว่างระหว่างดินและหิน ซึ่งต้นกำเนิดของน้ำใต้ดินจะมาจากน้ำในบรรยากาศและจากน้ำผิวดินต่าง ๆ

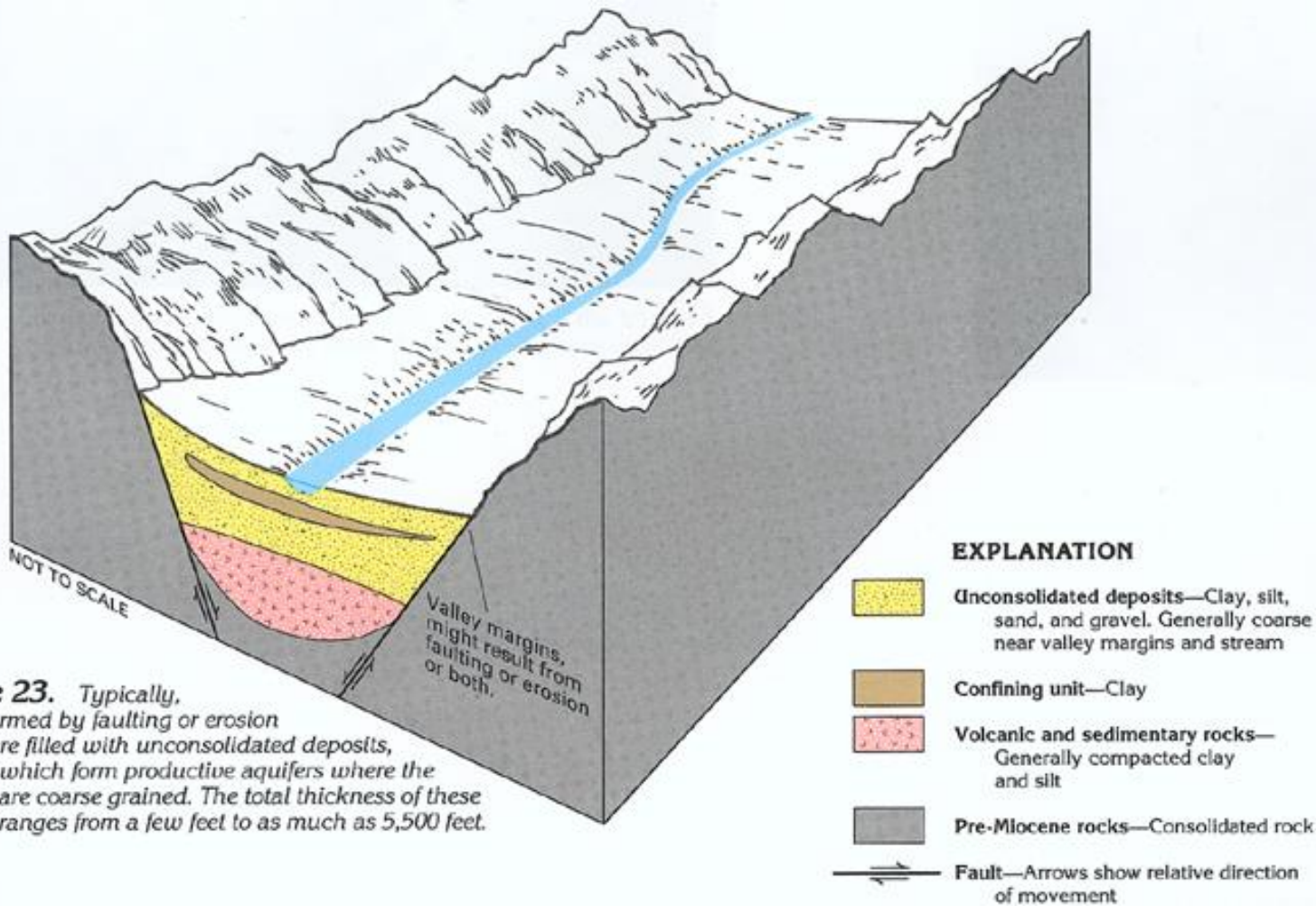
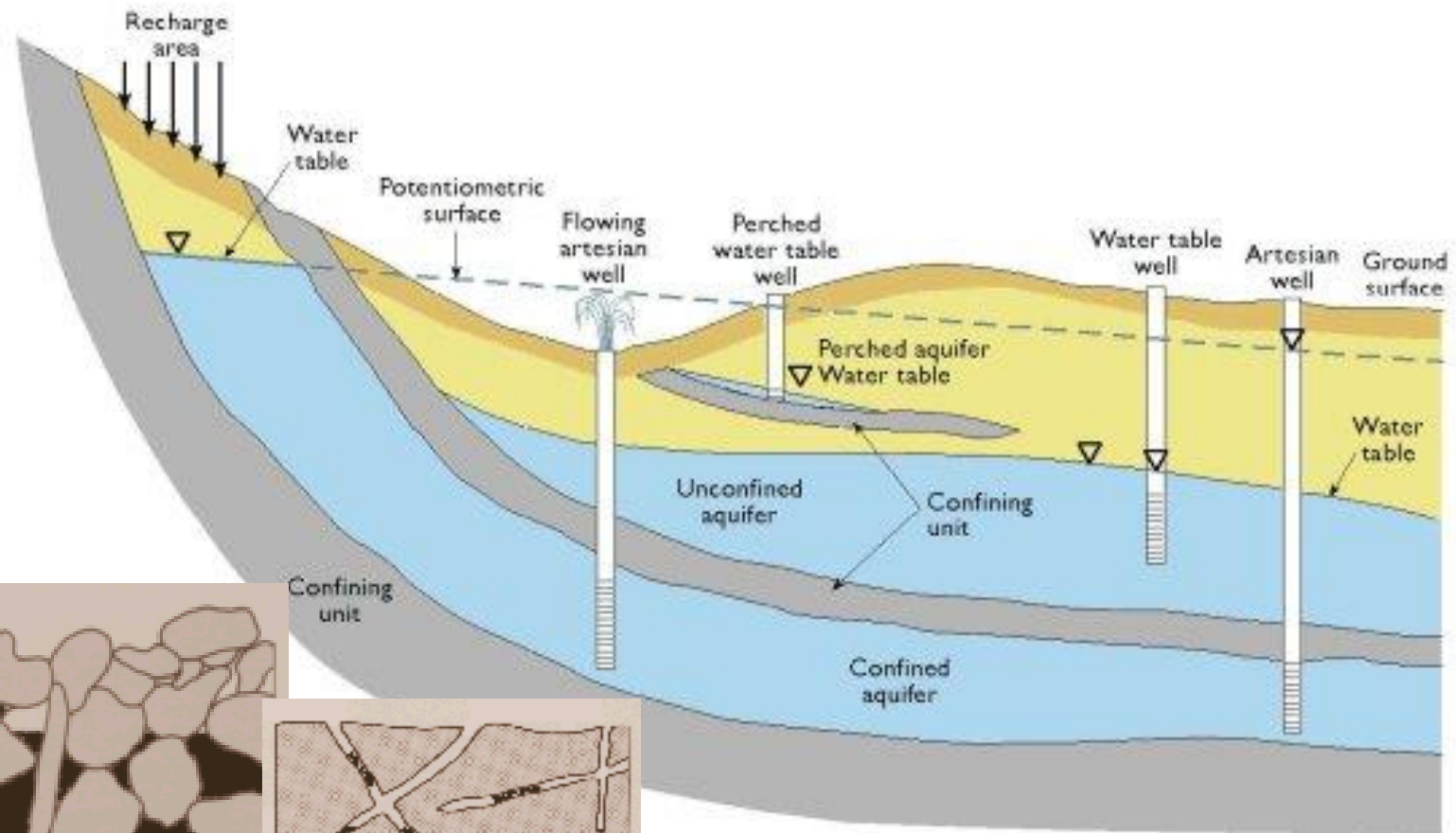


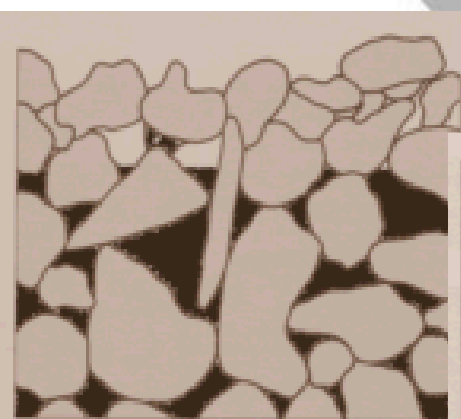
Figure 23. Typically, basins formed by faulting or erosion or both are filled with unconsolidated deposits, many of which form productive aquifers where the deposits are coarse grained. The total thickness of these deposits ranges from a few feet to as much as 5,500 feet.

การเก็บกักน้ำไว้ในหิน

- น้ำบาดาล คือ น้ำใต้ดินที่อยู่ลึกลงไปใต้ดินมาก ๆ คือลึกระหว่าง 150-200 เมตร ซึ่งขังอยู่ในชั้นของหินทราย และในรอยแตก

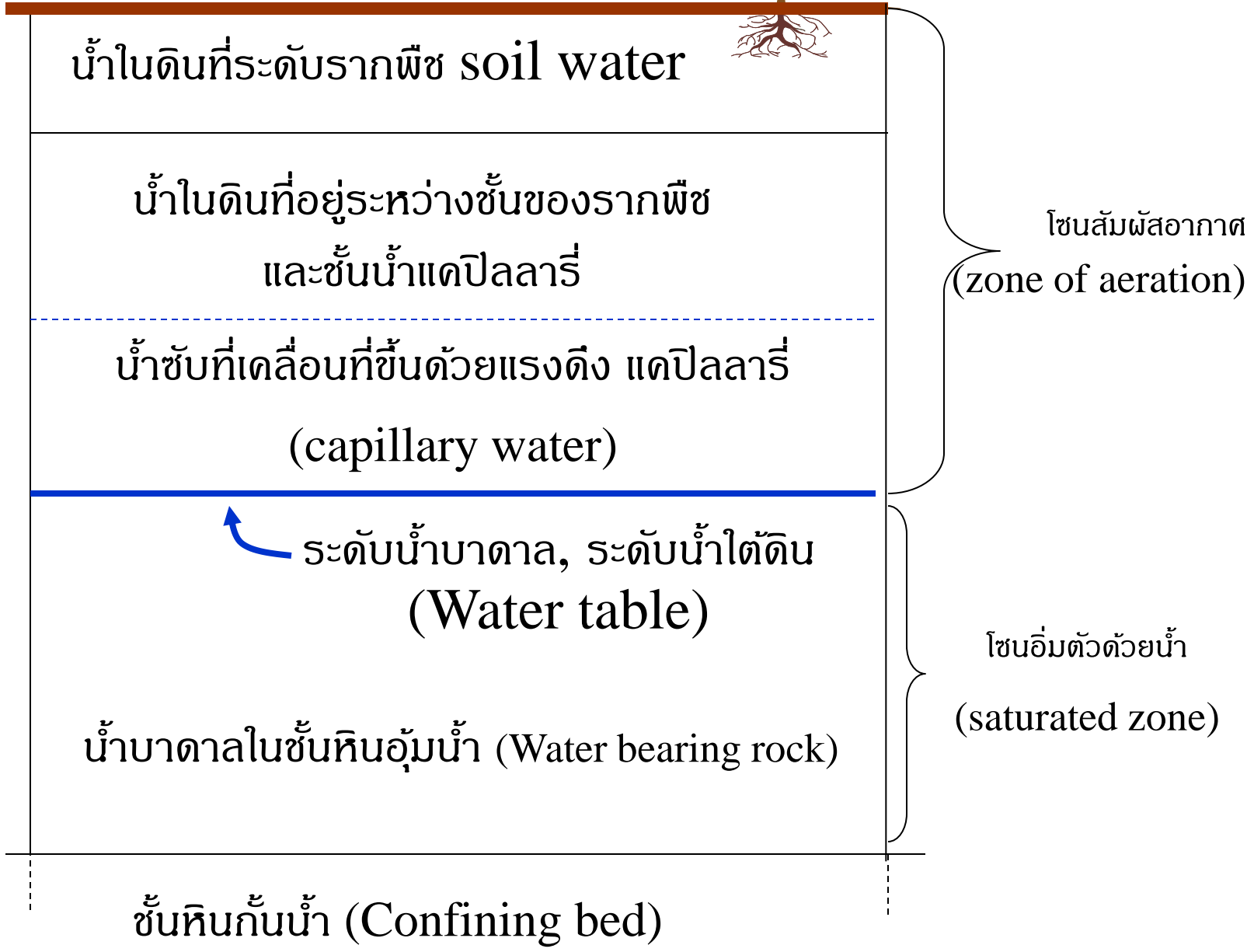
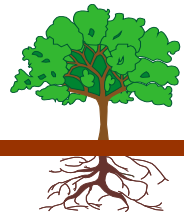


Modified after Harlan and others, 1989



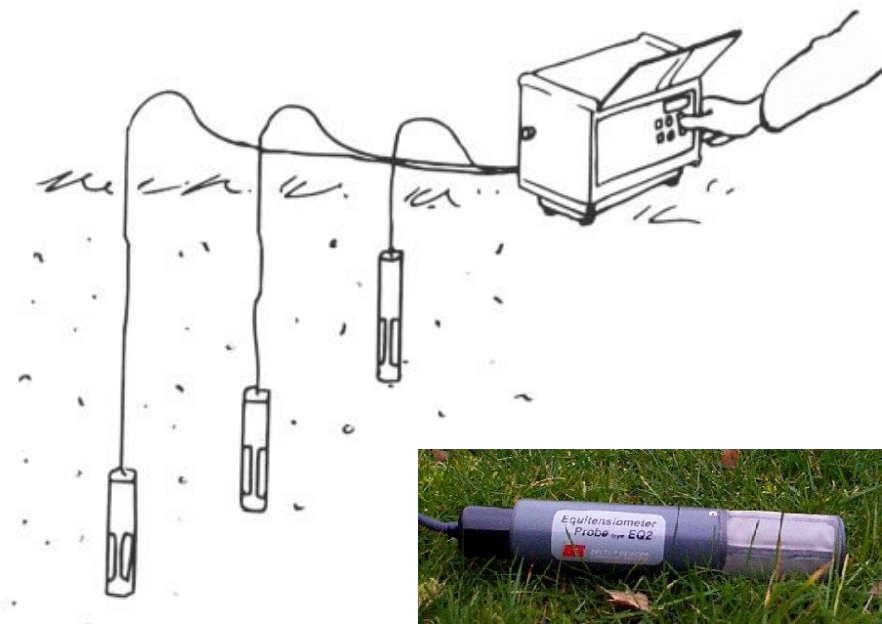
ประเภทของน้ำใต้ดิน

ผิวดิน



วิธีวัดความชื้นดิน

Tensiometer วิธีนี้ไม่ได้วัดความชื้น แต่เป็นการวัดแรงดึง (tension/ suction) ของน้ำในดิน



Tensiometers



หลักการ

วัดความชื้นในดินโดยพิจารณาวัดเป็น
ความเคียดเมตริก (**Metric
suction**) กล่าวคือบอกเป็นระดับ
พลังงาน ที่เท่ากับความสามารถดูดน้ำไปใช้
ของพืช ในขณะนั้น ๆ นั้นเอง

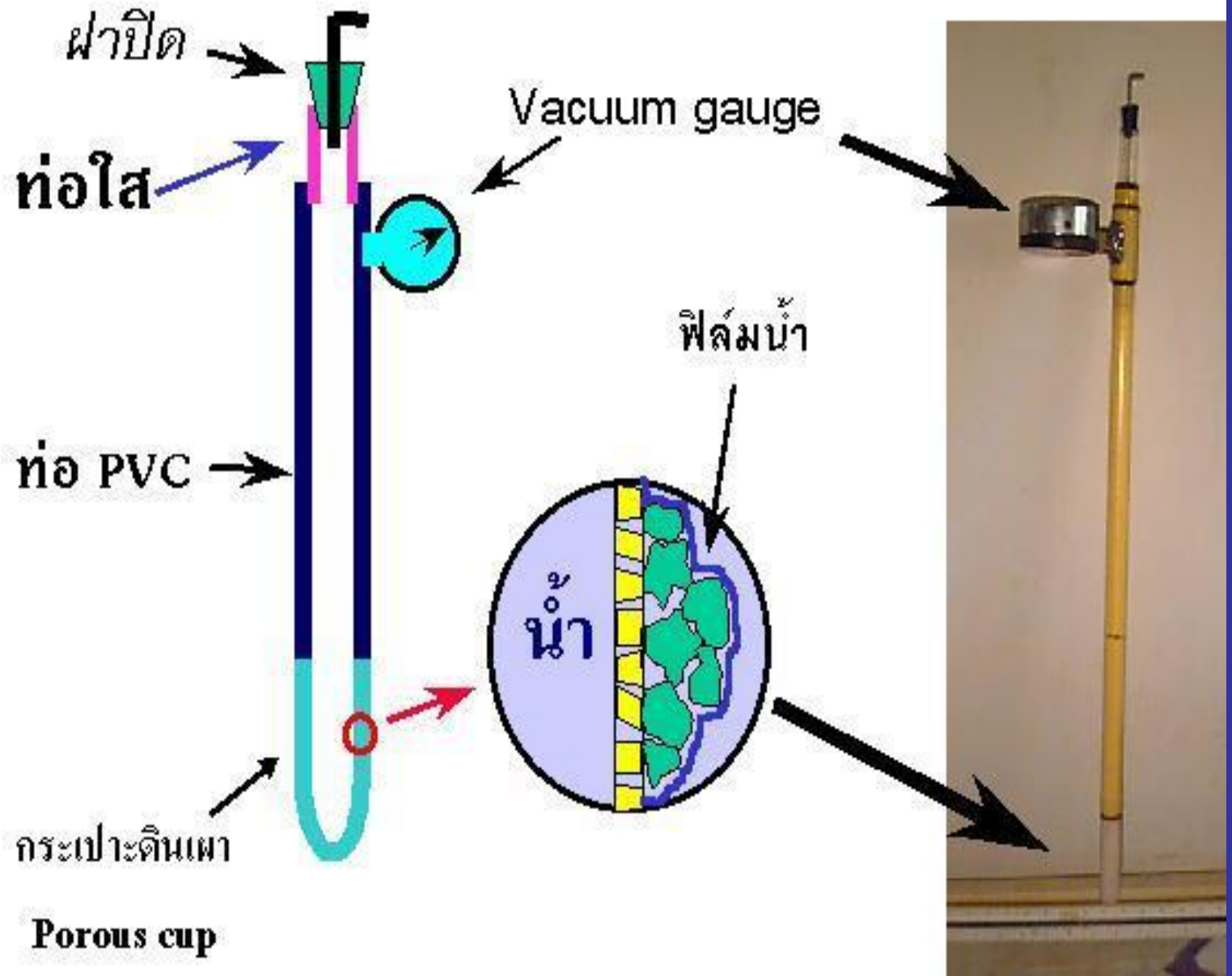
องค์ประกอบและหลักการทำงาน

Tensiometer ประกอบไปด้วย 4 ส่วน คือ

1. กะเปาะดินเผา ซึ่งจะฝังในดินตามระดับความลึกที่ต้องการวัด
2. ท่อกลวง เชื่อมระหว่างกะเปาะและเครื่องวัด (**Gage**)
3. เครื่องวัด (**Gage**) ซึ่งมีหลายรูปแบบเช่น **Vacuum Gage** ,

Manometer

4. ฝาปิด ซึ่งจะป็นทางเติมน้ำ และไล่อากาศในท่อกลวงออก



หลักการทํางาน

เมื่อไม่มีกรให้น้ำ

* น้ำในท่อกลวงจะถูกแรงดึงของดินบริเวณรอบ ๆ ดูดออกไปผ่านทางกะเปาะดินเผา ซึ่งมีรูพรุนสม่ำเสมออยู่โดยรอบ จนกว่าจะเกิดความสมดุลย์ขึ้นระหว่างความชื้นภายในและภายนอก **Tensiometer** *

เมื่อมีการให้น้ำชลประทาน หรือฝนตกลงมา

* น้ำจากภายนอกจะถูกแรงดูดของกะเปาะเข้ามาสู่ภายในท่อกลวง จนกว่าจะเกิดความสมดุลย์ขึ้นระหว่างความชื้นภายในและภายนอก **Tensiometer** เช่นกัน จนค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดเท่ากับ **0** แสดงว่าขณะนั้นดินอิ่มตัวไปด้วยน้ำแล้ว

การใช้งาน

1. การเลือกบริเวณที่ติดตั้ง

- ต้องเป็นตัวแทนของพื้นที่เพาะปลูกให้ได้มากที่สุด
- เลือกต้นพืชที่แข็งแรง และรากพืชหนาแน่นพอ
- เลือกบริเวณที่ทิศทางอยู่ในแนวที่มีแสงอาทิตย์มาก (ค่ายน้ำดี)
- ถ้ารากพืชลึกเกิน 45 ซม. ควรติดตั้ง 2 ระดับ คือ ที่ 25% และที่ 75 % ของความลึกรากพืช
- ไม่ควรติดตั้งเครื่องมือจุดเดียวทั้งแปลงเพาะปลูก
- ควรติดตั้งทิ้งไว้ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก



ข้อจำกัดและข้อควรระวัง

1. ช่วงที่แห้งที่สุดและสามารถอ่านได้จะต้องไม่ให้แรงดึงความชื้นเกิน 85 ซบ.
2. ก่อนการใช้งานควรตรวจสอบไม่ให้มีฟองอากาศภายในหลอดแก้ว
3. ควรตรวจสอบรอยร้าวที่จะเกิดขึ้นในรอยต่อของชิ้นส่วนทั้งสาม
4. ดินในบริเวณที่จะติดตั้งจะต้องไม่แห้งเกินไป