บทปฏิบัติการ
วิชา 02207321 การออกแบบระบบชลประทานในไร่นา

การทดลองและการนำผลไปใช้งาน
สำหรับการชลประทานระดับไร่นา
(Testing and Application for On-farm Irrigation Practice)

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

2555

เอกสารประกอบการสอนวิชา

02207321 การออกแบบระบบชลประทานไร่นา

ปฏิบัติการเรื่อง การวัดน้ำด้วยรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ (Cut- throat Flume)

---

1. ทฤษฎี

รางวัดน้ำแบบไม่มีคอ (Cut Throat Flume) เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นรางน้ำเปิด สำหรับนำไปใช้ทำการติดตั้งในร่องน้ำ โดยวางทอดตามแนวยาวไปตามทางน้ำเพื่อให้น้ำในทางน้ำไหลผ่านรางวัดน้ำแบบไม่มีคอนี้ (ภาพที่ 1-1) จากนั้นทำการวัดค่าความลึกของน้ำในตัวรางวัดน้ำทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำ เพื่อนำไปใช้คำนวณหาค่าอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านรางวัดน้ำโดยสูตรที่พัฒนาขึ้นตามทฤษฎีการไหลของน้ำในทางน้ำเปิด กรณีมีการเปลี่ยนแปลงรูปตัดของทางน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การไหลแบบอิสระและการไหลแบบท่วม (Free and Submerged Flow)

เมื่อมีการไหลของน้ำผ่านบริเวณคอของรางวัดน้ำที่มีลักษณะแคบลง ทำให้สภาพการไหลผ่านรางวัดน้ำอาจเป็นได้ใน 2 ลักษณะคือ สภาพการไหลแบบอิสระและสภาพการไหลแบบท่วม สภาพการไหลแบบอิสระเกิดเมื่อมีการไหลผ่านบริเวณคอของรางวัดน้ำไปแล้วเกิดภาวการณ์ไหลแบบวิกฤติ (critical flow) ขึ้นบริเวณห่างออกไปเป็นระยะเพียงเล็กน้อยไปทางด้านท้ายน้ำของคอ ทำให้มีลักษณะแบบไหลเร็วและตื้น เรียกว่า **การไหลแบบอิสระ** ในกรณีนี้อัตราการไหลที่ผ่านคอของรางวัดน้ำ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความลึกของน้ำในรางวัดน้ำทางด้านเหนือน้ำของคอแต่เพียงอย่างเดียว หรือเป็นไปตามสมการ

$$Q_f = f(h_u) \quad \text{.....(1.1)}$$

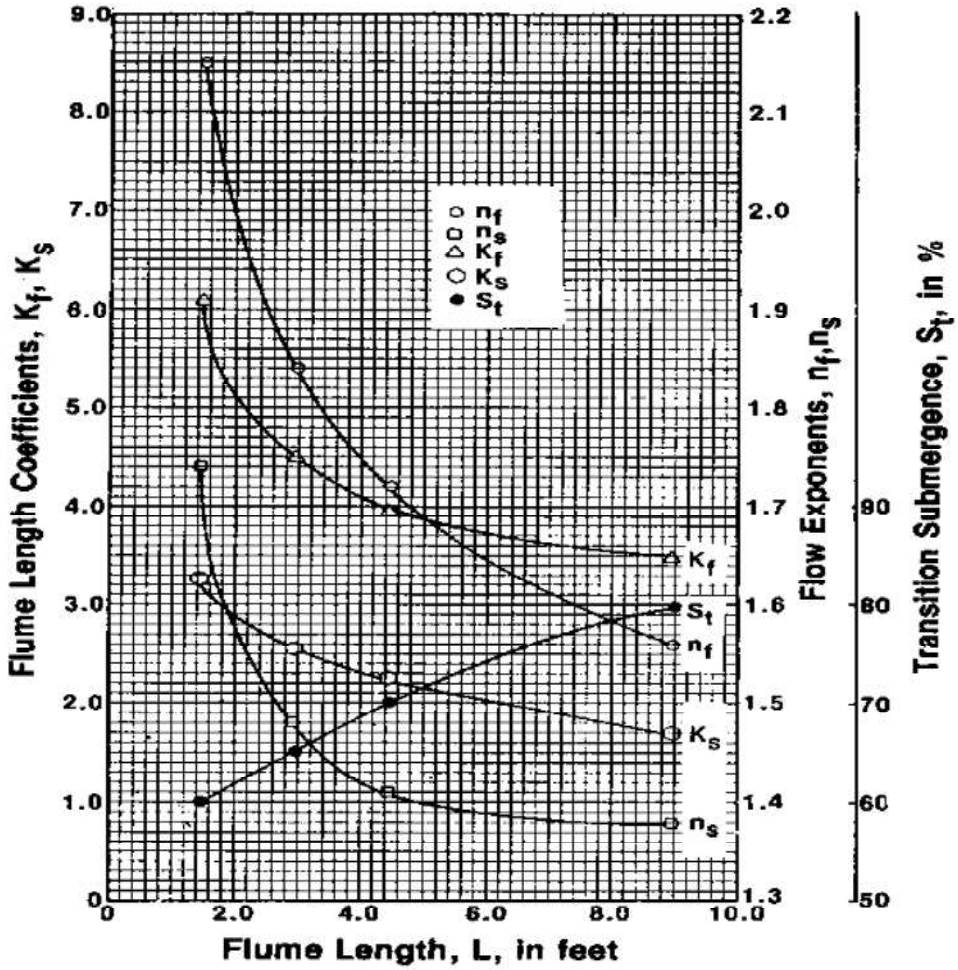
เมื่อ Q_f = อัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำ

h_u = ความลึกน้ำในรางวัดน้ำด้านเหนือน้ำ

เมื่อความลึกของการไหล ในรางน้ำทางด้านท้ายของคอมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความเร็วการไหลลดลงจนมีค่าน้อยกว่าค่าความเร็ววิกฤติ สภาพการไหลลักษณะนี้เรียกว่า **การไหลแบบท่วม** ซึ่งเมื่อความลึกของการไหลทางด้านท้ายของคอเพิ่มขึ้น Δh_d จะส่งผลให้ความลึกของน้ำในรางทางด้านเหนือน้ำของคอเพิ่มขึ้นΔh_u (Δh_u จะน้อยกว่าค่า Δh_d)กรณีนี้อัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับทั้งความลึกของน้ำในรางทั้งด้านเหนือน้ำ, h_u และท้ายน้ำ, h_d และค่าอัตราส่วนระหว่างความลึกของน้ำด้านท้ายกับด้านเหนือน้ำ, S ตามสมการ

$$Q_f = f(h_u - h_d, S) \quad \text{.....(1.2)}$$

$$S = \frac{h_d}{h_u} \quad \text{.....(1.3)}$$



ภาพที่ 1-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรางน้ำ กับ ค่าสัมประสิทธิ์

1.2 ทฤษฎีสำหรับคำนวณอัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำ

การไหลแบบอิสระ(Free Flow)

จะทราบว่าเกิดการไหลแบบอิสระ โดยการตรวจสอบค่า St (Transition Submergent) หากพบว่าค่า S (สมการที่ 1-3) มีค่ามากกว่าค่า St แสดงว่าการไหลผ่านรางวัดน้ำเป็นแบบท่วม เมื่อเกิดการไหลแบบอิสระ สูตรที่ใช้ในการคำนวณอัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำจะเป็น

$$Q = C_f h_u^{n_f} \qquad \text{.....(1-4)}$$

Q = อัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำ (cubic feet per second (1 cfs =0.0283 cubic metres/sec))

C_f = สัมประสิทธิ์การไหลแบบอิสระ เป็นฟังชันของความยาวรางและความกว้างคอ (Throat Width)

$$C_f = k_f W^{1.025} \quad \text{.....(1-5)}$$

K_f = สัมประสิทธิ์ความยาวของรางน้ำ

W = ความกว้างของคอรางน้ำ (ฟุต) (1 foot = 0.3048 metres)

n_f = ค่าเลขยกกำลัง(Exponent)

h_u = ความลึกของน้ำในราง (ฟุต)วัดจากพื้นราง ทางด้านเหนือน้ำ

ค่า k_f และค่า n_f หาได้จากกราฟภาพที่ 1-1 อย่างไรก็ตามเพื่อให้การวัดน้ำที่ได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ค่าอัตราส่วน h_u/L ควรจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.33 เนื่องจากพบว่าด้วยการไหลที่ให้อัตราส่วนมากกว่านี้ ความถูกต้องในการวัดจะลดลงเนื่องจากความเร็วการไหลบริเวณปากทางจะเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการไหลแบบปั่นป่วนบริเวณดังกล่าวความลึกที่วัดได้จะไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง

การไหลแบบท่วม(Submerge Flow)

เมื่อคำนวณค่า S แล้วพบว่าสภาพการไหลเป็นแบบท่วม (เมื่อ $S > St$) จะคำนวณอัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำ ตามสูตร

$$Q = \frac{C_s (h_u - h_d)^{n_f}}{(-\log S)^{n_s}} \quad \text{.....(1-6)}$$

$\mathbf{S}$ = the 'submergence', ($\mathbf{h_d/h_u}$) (ทศนิยม)

$\mathbf{C_s}$ = the 'submerged flow' coefficient; and

$\mathbf{n_s}$ = the 'submerged flow' exponent.

h_d = ความลึกน้ำด้านท้าย (ฟุต)

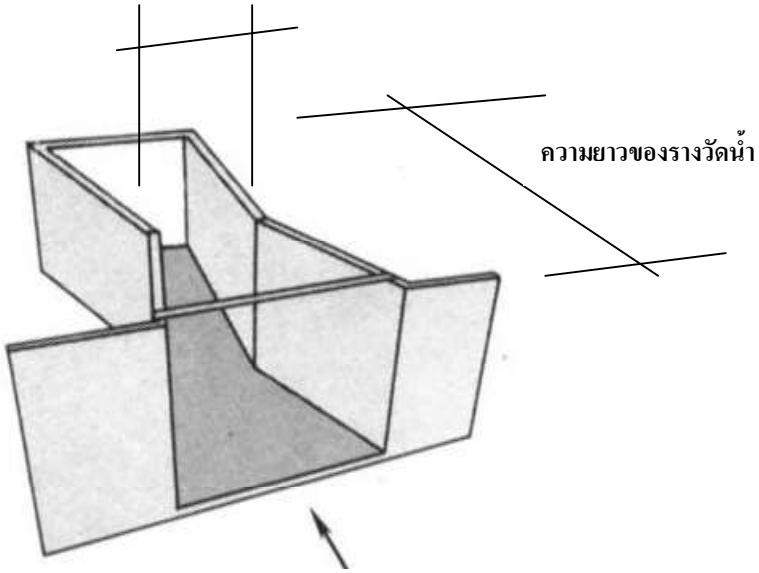
ค่า C_s มาจากสูตร

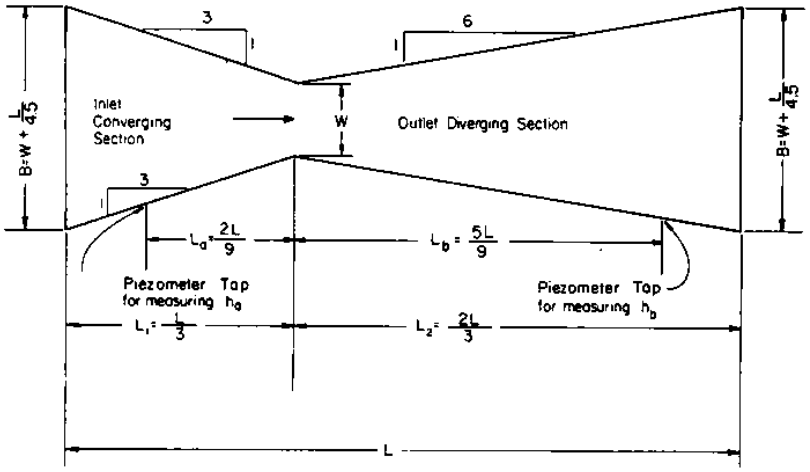
$$C_s = K_s W^{1.025} \quad \text{.....(1-7)}$$

ค่า K_s อ่านจากกราฟภาพที่ 1-1

1.2 ลักษณะของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ

ความกว้างของคอ





ภาพที่ 1-2 รางวัดน้ำแบบไม่มีคอ

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อให้นิสิตมีความเข้าใจถึงรูปร่าง ขนาด และลักษณะของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ(Cut-throat Flume)

2.2 เพื่อให้นิสิตมีความรู้และเข้าใจถึงวิธีการวัดน้ำโดยใช้รางวัดน้ำแบบไม่มีคอ

2.3 เพื่อให้นิสิตมีความรู้และเข้าใจถึงทฤษฎีที่ใช้คำนวณอัตราการไหลที่ได้จากรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ

3. วิธีการทดลอง

3.1 ทำการติดตั้งรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ โดยมีหลักการคือให้ระดับของท้องรางอยู่ในแนวราบ หากต้องการติดตั้งรางน้ำแล้วเกิดการไหลแบบอิสระ (Free Flow) ทางน้ำที่ต่อจากท้ายรางออกไปควรจะมีระดับของท้องทางน้ำนั้นอยู่ต่ำกว่าระดับท้องของรางน้ำแบบไม่มีคอ แต่อย่างไรก็ตามจะต้องทำการตรวจสอบทางทฤษฎีทุกครั้งว่าสภาพการไหลที่ได้นั้นเป็นแบบอิสระหรือแบบท่วม ก่อนที่จะนำค่าของข้อมูลที่วัดได้ไปแทนค่าลงในสูตร

3.2 ปล่อยน้ำเข้าสู่รางวัดน้ำโดยใช้ท่อไซฟอนรับน้ำจากแหล่งน้ำเพื่อให้ไหลผ่านมายังรางวัดน้ำ

3.3 รอจนกว่าน้ำไหลเลยผ่านรางวัดน้ำไปทางด้านท้ายน้ำและระดับน้ำภายในรางวัดน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลง

3.4 ทำการบันทึกข้อมูลทั้งหมดที่จำเป็น ลงในตารางที่กำหนดให้

3.5 เพิ่มหรือลดจำนวนท่อไซฟอนที่รับน้ำจากแหล่งน้ำ

3.6 ทำการทดลองซ้ำตามข้อ 3.3 และ 3.4

4. การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 คำนวณปริมาณน้ำไหลผ่านท่อไซฟอน จากสูตรที่กำหนดให้ (กรณีไม่มีข้อมูลไม่ต้องคำนวณ)

4.2 คำนวณอัตราการไหลผ่านรางวัดน้ำ ตามสูตรและทฤษฎีที่กำหนดให้

5. แนวทางการสรุปผลการทดลอง

5.1 ลักษณะการไหลที่ผ่านรางวัดน้ำเป็นแบบไหลอิสระ หรือ ไหลแบบท่วม(free or submerge flow)

5.2 ปริมาณการไหลที่ได้จากการวัดโดยรางวัดน้ำ เปรียบเทียบกับ ปริมาณการไหลผ่านไซฟอน

5.3 ข้อสังเกตอื่น ๆที่ได้จากการทดลอง

6. ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

การวัดอัตราการไหลด้วยรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ (Cut- throat Flume)

สถานที่ตรวจวัด……..
วันที่ตรวจวัด……
ผู้ดำเนินการตรวจวัด……..
……
……..

ขนาดรางวัดน้ำที่ใช้…….
ลักษณะอื่นๆของสภาพพื้นที่/การติดตั้ง……
……

ครั้งที่	hd	hu	S	St	Type of flow	Q

หมายเหตุ : ระวังเรื่องหน่วยที่ใช้ เมื่อนำไปแทนค่าสูตร

เอกสารประกอบการสอนวิชา

02207321 การออกแบบระบบชลประทานไร่นา

ปฏิบัติการเรื่อง การวัดอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดินโดยใช้ Double Ring Infiltrometer

---

1. ทฤษฎี

1.1 นิยาม

อัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration Rate) หมายถึงความสามารถในการที่น้ำเคลื่อนที่ผ่านทะลุผิวดินลงไปด้านล่าง วัดเป็นอัตราการไหลในหน่วยความลึก(เป็นมิลลิเมตร)ที่น้ำซึมหายไปใต้ผิวดินในหนึ่งหน่วยเวลา(เป็นวินาที)ยกตัวอย่างเช่น อัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดินมีค่า 15 มม.ต่อ ชั่วโมง มีความหมายว่าน้ำที่ขังบนผิวดินลึกเท่ากับ 15 มม.จะซึมหายลงดินไปหมดจะใช้เวลาเท่ากับ 1 ชั่วโมง

โดยธรรมชาติอัตราการไหลซึมในระยะแรกจะมีค่าสูงจากนั้นจะลดลงเรื่อย ๆจนเมื่อเวลาผ่านไปเมื่อสภาพดินมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆจนกระทั่งอิ่มตัวค่าอัตราการไหลซึมจะมีค่าคงที่ และจะเรียกว่า อัตราการไหลซึมพื้นฐาน(Basic Infiltration Rate) ซึ่งค่าอัตราการไหลซึมพื้นฐานสำหรับดินชนิดต่าง ๆเท่าที่ได้มีการทดลองไว้มีค่าแนะนำตามตารางที 1

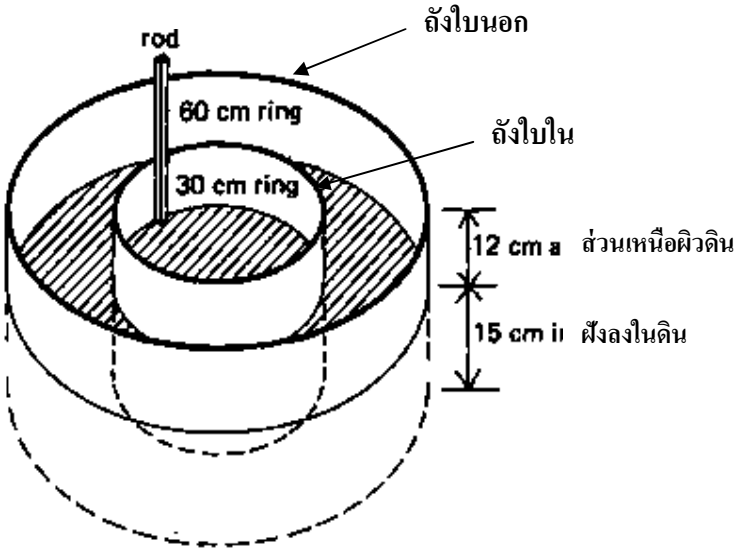
ตารางที่ 1 ค่าอัตราการไหลซึมพื้นฐานสำหรับดินชนิดต่าง ๆ

ชนิดดิน	ค่าอัตราการไหลซึมพื้นฐาน (มม.ต่อ ชั่วโมง)
ดินทราย (Sand)	มากกว่า 30
ดินร่วนปนทราย(Sandy Loam)	20 - 30
ดินร่วน (Loam)	10 - 20
ดินร่วนปนดินเหนียว(Clay Loam)	5 - 10
ดินเหนียว(Clay)	1 -5

อิทธิพลที่มีผลต่อค่าอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน

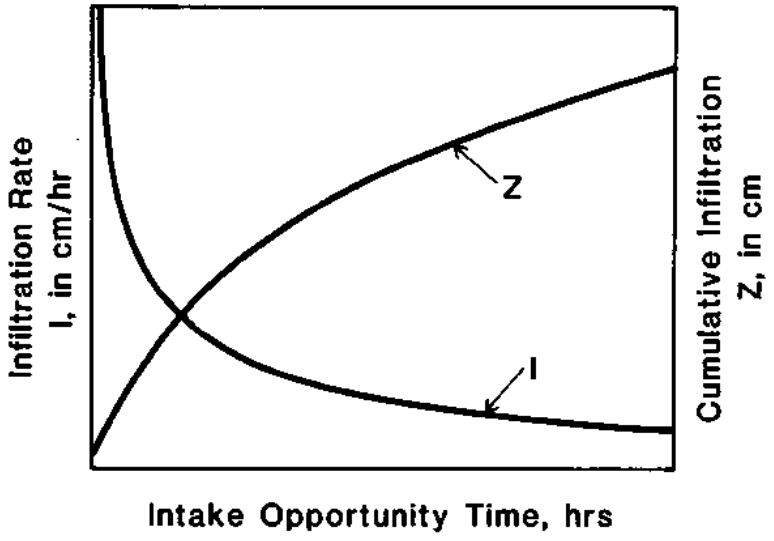
1. ชนิดดิน
2. โครงสร้างของดิน
3. ความลึกน้ำที่ขังบนผิวดิน
4. ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ
5. สภาพการปิดผิวหน้าดิน
6. รอยแตกระแหงของผิวหน้าดิน
7. การไถพรวนดิน
8. ปริมาณของเกลือในดินและน้ำ

1.2 รูปร่างของถังวัดอัตราการซึมแบบถังคู่



ภาพที่ 2-1 ถังวัดอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบถังคู่

1.3 สมการที่ใช้อธิบายลักษณะการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน(Infiltration Function)



ภาพที่ 2-2 กราฟของอัตราการไหลซึมผ่านผิวดิน กับ การไหลซึมผ่านผิวดินสะสม

จากกราฟตามภาพที่ 2-2 สามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ในปัจจุบันมีด้วยกันหลายทฤษฎี แต่ที่นิยมใช้กันมากคือสมการของ Kostiakov-Lewis ดังนี้

$$Z = k\,t^{a} \qquad \text{.....(2-1)}$$

เมื่อ Z = ความลึกการไหลซึมสะสม หน่วยเป็นความลึกของน้ำ

t = เวลาที่น้ำไหลซึมผ่านผิวดินตั้งแต่เริ่มต้น

k and **a** = empirical constants.

สมการ (2-1) เป็นสมการความลึกของการซึมสะสม (ค่า Z) ส่วนสมการแสดงอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน (I) จะอยู่ในรูป

$$I = a\,k\,t^{(a-1)} \qquad \text{.....(2-2)}$$

I มีหน่วยเป็นความลึกของการซึม ต่อหน่วยเวลา

สมการที่ (2-2) ได้จากการ differentiate สมการ (2-1)

2. วัตถุประสงค์ในการทำการทดลอง

2.1 เพื่อให้นิสิตมีความเข้าใจถึงลักษณะของ Infiltrometer

2.2 เพื่อให้นิสิตมีความรู้และเข้าใจถึงวิธีการวัดการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดินโดยใช้ถังวัดอัตราการซึมแบบถังคู่

3. วิธีการทดลอง

3.1 ทำการติดตั้งถังวัดอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบถังคู่(Double Ring Infiltrometer) ให้ได้ความลึกเป็นไปตามภาพที่ 2-1 และ 2-3 และให้ขอบถังทั้ง 2 ใบอยู่ในแนวระดับโดยใช้ระดับน้ำช่างไม้วัดตรวจสอบ

3.2 ใช้แผ่นพลาสติกทึบน้ำรองก้นถังเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำซึมลงไปในดินก่อนที่จะเริ่มทำการวัด

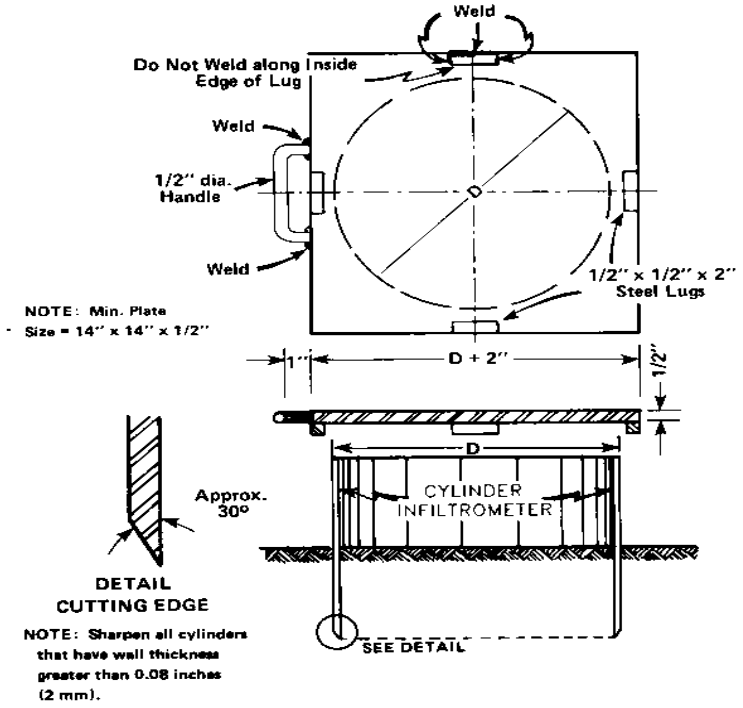
3.3 ทำการเติมน้ำลงไปในถังใบในให้มีความลึกประมาณ 20 ซม. และเติมน้ำลงถังใบนอกให้มีความลึกใกล้เคียงกับถังใบใน

3.4 ติดตั้งเครื่องมือวัดระดับน้ำในถังใบใน (hook gage) ให้เรียบร้อย

3.5 ค่อยดึงเอาแผ่นพลาสติกรองก้นถังออก แล้วเริ่มทำการอ่านค่าระดับน้ำเริ่มต้น พร้อมทั้งบันทึกเวลาเริ่มต้น จากนั้นอ่านค่าระดับน้ำทุก ๆ 1 นาที และเมื่ออัตราการลดลงของระดับน้ำเริ่มช้าลง ให้เพิ่มเวลาในการอ่านค่าระดับน้ำ

3.6 เมื่อระดับน้ำในถังใบในลดลง ให้ทำการเติมน้ำ และบันทึกเป็นระดับน้ำของการเติมน้ำครั้งใหม่ จากนั้นทำการวัดระดับน้ำกับเวลาและบันทึกลงในแบบฟอร์มต่อเนื่องไป

3.7 ทำการทดลองจนกว่าอัตราการลดลงของระดับน้ำจะมีค่าคงที่



ภาพที่ 2-3 การติดตั้งถังวัดอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดินและอุปกรณ์ประกอบ

4. การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 พล็อตกราฟระหว่างค่าความลึกน้ำที่ซึมลงในดินสะสม กับ เวลา โดยใช้โปรแกรม excel พร้อมทั้งหาสูตรความสัมพันธ์ (Z)

4.2 คำนวณค่าอัตราการไหลซึมที่ได้จากข้อมูลที่ตรวจวัดมา จากนั้นนำมา plot ลงบนกราฟ

4.3 หารูปสมการอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน (I) จากการ Differentiate สมการ Z

5. แนวทางการสรุปผลการทดลอง

5.1 อธิบายลักษณะกราฟระหว่างค่าความลึกน้ำที่ซึมลงในดินสะสม กับ เวลา

5.2 อธิบายลักษณะกราฟระหว่างค่าอัตราการซึมลงในดิน กับ เวลา

5.3 อธิบายลักษณะของสมการ(I)ที่ได้ กับกราฟที่ plot จากข้อมูลที่ทดลองมา

5.4 ให้ตอบคำถามว่า หากทำการขังน้ำอยู่บนผิวดินเป็นเวลานาน 120 นาทีจะมีปริมาณน้ำเข้าไปเก็บกักอยู่ในดินเท่าไร ?

5.5 ข้อสังเกตอื่น ๆที่ได้จากการทดลอง

6. ตารางบันทึกข้อมูล

ตารางที่ 2 บันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองวัดอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน

Site location: .... Soil type: .... Test date: ....

1 Reading on the clock	2 Time difference	3 Cumulative time	4 Water level readings before filling	 after filling	5 Infiltration	6 Infiltration rate	7 Infiltration rate	8 Cumulative infiltration
hr min sec	min	min	mm	mm	mm	mm/min	mm/hour	mm
	start = 0	start = 0						start = 0

เอกสารประกอบการสอนวิชา

207321 การออกแบบระบบชลประทานไร่นา

ปฏิบัติการเรื่อง การหาความชื้นในดิน

(Soil Moisture Content Determination)

---

1. ทฤษฎี

1.1 วิธีการและเครื่องมือวัดหาความชื้นในดิน

ในปัจจุบันมีวิธีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาค่าความชื้นในดินหลายวิธี ได้แก่

- การระบุออกมาในรูปปริมาณความชื้น(Methods to determine soil water content)

1. การตรวจสอบความชื้นโดยการสัมผัส(Feel method)
2. การเก็บตัวอย่างดินแล้วนำไปอบ (Sampling and Drying)
3. การวัดด้วยเครื่องมือนิวตรอน(Neutron attenuation probe)
4. การวัดด้วยเครื่องมือTime domain reflectometry (TDR)
5. การใช้อุปกรณ์ตรวจวัดด้วยระบบตัวคายประจุไฟฟ้าCapacitance sensors
6. การวัดด้วยอุปกรณ์ระบบตรวจจับความร้อน(Heat dissipation sensors)
7. การวัดด้วยอุปกรณ์ระบบVelocity differentiation domain (VDD)

-การวัดออกมาในรูปแรงดึงความชื้น(Methods to measure soil water potential)

1. การวัดด้วยเครื่องมือเทนซิโอมิเตอร์(Tensiometers)
2. การวัดด้วยอุปกรณ์ยิปซัมบล็อก (Gypsum blocks)
3. การวัดด้วยเครื่องมือ Granular matrix sensors
4. การวัดด้วยเครื่องมือ Psychrometers
5. การวัดด้วยเครื่องมือ Pressure plate

1.2 การหาความชื้นโดยการนำตัวอย่างดินไปอบ

เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำ แต่มีข้อจำกัดอยู่ที่ต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 1 วันจึงจะทราบผล ทำให้เกิดความล่าช้าต่อการนำผลที่ได้ไปใช้งาน การหาความชื้นโดยวิธีการเก็บตัวอย่างดินในบริเวณที่ต้องการแล้วนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 – 110 องศาเซลเซียส นานประมาณ 24 ชั่วโมง มีการบันทึกนำหนักตัวอย่างดินก่อนและหลังนำเข้าตู้อบ จากนั้นใช้ค่าผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างดินมาคำนวณเป็นปริมาณน้ำที่อยู่ในดินตัวอย่าง โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

1.2.1 การหาความชื้นในดินเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักดินแห้ง (θ_d,%)

$$\theta_d = (\text{น้ำหนักน้ำ} \div \text{น้ำหนักดินแห้ง}) \times 100$$

หรือเขียนเป็นสูตร

$$\theta_d = \frac{W_w}{W_{ds}} \times 100$$

$$W_w = W_{ws} - W_{ds}$$

เมื่อ Ww =น้ำหนักน้ำในตัวอย่างดินที่เก็บมา (กรัม)

Wws =น้ำหนักของตัวอย่างดินที่เก็บมา ก่อนเข้าตู้อบ (กรัม)

Wds =น้ำหนักของตัวอย่างดินหลังจากผ่านการอบที่อุณหภูมิ 100 -110 องศา นาน 24 ชม.

1.2.2 การหาความชื้นในดินเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักดินเปียก, θ_w

$$\theta_w = (\frac{\theta_d}{\theta_d + 1}) \times 100$$

1.2.3 การหาความชื้นในดินเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรดินแห้ง (θ_{vd},%)

$$\theta_{vd} = \frac{V_w}{V_s} \times 100$$

$$V_w = \frac{W_w}{\rho_w}$$

$$V_s = \frac{W_{ds}}{s_b}$$

จะได้ $\theta_{vd} = \theta_d \times \frac{S_b}{\rho_w}$, θ_d เป็นเปอร์เซนต์

เมื่อ Vw = ปริมาตรของน้ำที่อยู่ในดิน

Vs = ปริมาตรของดินตัวอย่างที่อบแห้ง

Ww = น้ำหนักน้ำ

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ

Wds = น้ำหนักของดินที่อบแห้ง

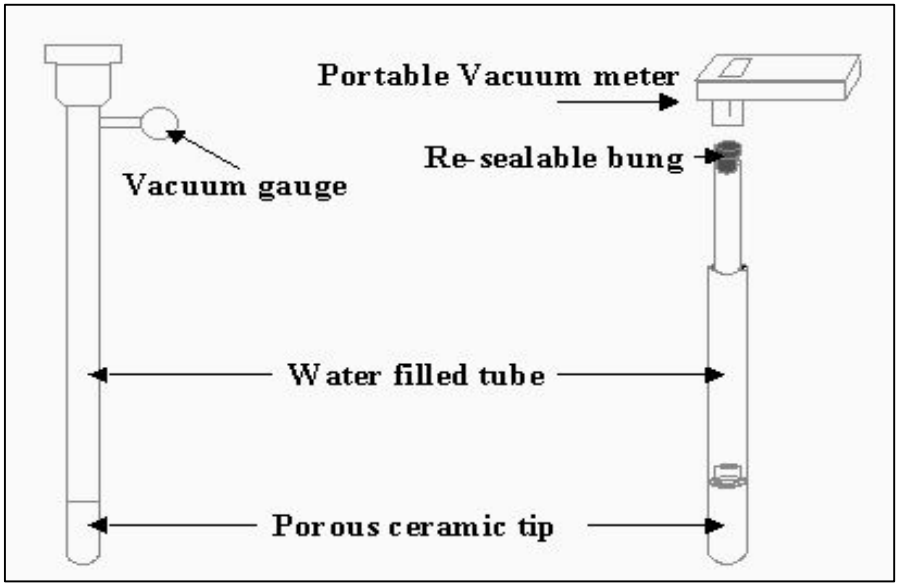
Sb = ค่า bulk density ของดิน ค่าทั่วไปโดยประมาณตามตารางที่ 2

1.3 กรณีใช้เครื่องมือวัดหาแรงดึงความชื้น Tensiometer

1.3.1 **หลักการทำงานของ Tensiometer**

เมื่อเติมน้ำลงใน Tensiometer จนเต็ม (ภาพที่ 1) และนำไปฝังลงในดินตรงจุดที่ต้องการวัดแล้ว ความชื้นในวัสดุพรุนจะปรับตัวเองให้อยู่ในสภาวะสมดุลกับดินที่อยู่รอบ ๆ ถ้าดินที่อยู่รอบกระเปาะพรุนแห้งกว่าคือมีแรงดึงความชื้นสูงกว่าแรงดึงความชื้นของกระเปาะพรุน น้ำจะเคลื่อนที่จากกระเปาะพรุนสู่ดินที่แห้งอยู่รอบ ๆ ทำให้เกิดสูญญากาศขึ้นภายในหลอดแก้ว ซึ่งจะอ่านค่าได้จากเกจสูญญากาศหรือมาโนมิเตอร์ ยิ่งถ้าดินแห้งมากน้ำในหลอดแก้วจะถูกดูดออกไปมาก ทำให้เกิดสูญญากาศมากขึ้น ในทางกลับกันถ้าดินมีความชื้นสูง คือ แรงดึงความชื้นของดินน้อยกว่าแครงดึงความชื้นในกระเปาะพรุน น้ำจะถูกดูดกลับเข้าไปในกระเปาะพรุนทำให้สูญญากาศในหลอดแก้วลดลง

ค่าที่อ่านได้จากเกจวัดความดันของเทนซิโอมิเตอร์ จะสามารถแปลผลเป็นความหมายของความชื้นได้ตามตารางที่ 1



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของ Tensiometer

ตารางที่ 1 ความหมายของระดับความชื้น เมื่ออ่านจากมาตรวัดของ tensiometer

ค่าที่อ่านได้	ความหมาย
0-8	ดินมีความชื้นสูง(เปียกมาก) มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
8	ดินมีความชื้นที่ระดับความชื้นชลประทาน (Field capacity)
8-35	ดินมีความชื้นอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช
35-50	พืชอาจมีการขาดน้ำบ้างเล็กน้อย (Mild Stress) สำหรับดินประเภทที่ระบายน้ำดี
> 50	ดินแห้งมาก ส่งผลต่อผลผลิตของพืช
ที่มา : Irrigation Management Using Tensiometer; WWW.derm.gld.gov.au/rwue/	

1.4 การอบดินในเตาไมโครเวฟ แทนการใช้เตาอบทั่วไป

จะเห็นว่าหากนำเอาดินตัวอย่างไปอบด้วยเตาอบทั่วไปที่อุณหภูมิ 105-110 องศาเซลเซียสจะใช้เวลานานกว่าจะอบจนไล่ความชื้นออกไปหมด มีการแนะนำให้ใช้เตาไมโครเวฟมาใช้แทน ดังวิธีการต่อไปนี้

-นำตัวอย่างดินเข้าสู่เตาไมโครเวฟ เปิดให้เครื่องทำงานนาน 10 นาที

-นำตัวอย่างดินออกมาชั่งและนำกลับเข้าเตาอบ เปิดให้ทำงานอีก 5 นาที แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนักใหม่อีกหน หากน้ำหนักเปลี่ยนไปจากเดิม ให้นำเข้าไปอบในเตาอีกอย่างน้อย 5 นาที แล้วนำออกมาชั่งน้ำหนัก เปรียบเทียบน้ำหนักกับเมื่อชั่งก่อนหน้าหากน้ำหนักคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ถือว่าน้ำออกจากดินหมดแล้ว หากน้ำหนักเปลี่ยนไปให้นำเข้าเตาอบอีก ทำซ้ำเช่นนี้จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ จึงหยุด โดยทั่วไปหากอบในเตาไมโครเวฟ จะใช้เวลาประมาณ 20 นาที อย่างไรก็ตามหากอบดินในเตาไมโครเวฟนานเกินไป เมื่อน้ำระเหยไปหมด อนุภาคดินจะร้อน สารอินทรีย์ทั้งหลายที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในดินจะสลายตามไปทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้

2. วัตถุประสงค์ของปฏิบัติการ

1) เพื่อให้มีความเข้าใจถึงความหมายของความชื้นในดิน (Soil Moisture Content)และประโยชน์ของค่าความชื้นในดินไปใช้ด้านการจัดการน้ำชลประทาน

2) เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจถึงวิธีการตรวจวัดค่าความชื้นในดิน 1 – 2 วิธี

3) เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจถึงการคำนวณค่าความชื้นในดินทั้งในรูปปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักและโดยปริมาตร

3. วิธีการทดลอง

3.1 ในการปฏิบัติการครั้งนี้จะทำการตรวจวัดหาค่าความชื้นในดิน 2 วิธีคือ

-โดยการเก็บตัวอย่างดินแล้วใช้การอบแห้ง (Gravimetric Method)

-โดยใช้อุปกรณ์วัดแรงดึงความชื้นในดิน (Tensiometers)

3.2 เลือกบริเวณที่จะทำการตรวจวัดหาค่าความชื้นในดิน

3.3 ทำการเก็บตัวอย่างดิน และติดตั้งอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

3.3.1 กรณีใช้การเก็บตัวอย่างดิน

-ใช้สว่านเจาะดินพร้อมเก็บตัวอย่างดิน(Soil Core Sampler) เก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0.10 , 0.30 , และ 0.60 ม. (เปลี่ยนความลึกได้ตามความเหมาะสม)

-เก็บตัวอย่างดินใส่กระป๋องเก็บตัวอย่าง เก็บในภาชนะที่มีการป้องกันไม่ให้ความชื้นระเหยออกไปจากตัวอย่างดินเป็นอย่างดี

-นำตัวอย่างดินมาชั่งน้ำหนัก บันทึกข้อมูลเป็นน้ำหนักของดินเปียก

-นำตัวอย่างดินเข้าสู่เตาอบที่อุณหภูมิระหว่าง 105 -110 องศาเซลเซียส นาน 16- 24 ชั่วโมง
หลังจากนั้นนำเอาตัวอย่างดินออกจากตู้อบและนำไปชั่งน้ำหนักทันที บันทึกเป็นน้ำหนักดินแห้ง

-เจาะดินโดยใช้สว่านเจาะให้มีความลึกที่ 0.10 , 0.30 , และ 0.60 ม. ให้อยู่ในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน และใกล้เคียงกับบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปอบแห้ง จากนั้นนำเอา Tensiometer ที่จัดเตรียมไว้พร้อมทำการวัด ใส่ลงไปในรูเจาะ อ่านค่าแรงดึงความชื้นที่มิเตอร์ของเครื่องมือ บันทึกข้อมูล

4. การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ข้อมูลจากการอบดิน

4.1.1 จากข้อมูลน้ำหนักดินเปียกและน้ำหนักดินแห้ง จากการอบ นำมาคำนวณหาน้ำหนักน้ำในดินจาก

น้ำหนักน้ำในดิน (กรัม) = น้ำหนักดินเปียก – น้ำหนักดินแห้ง

4.1.2 แปลงน้ำหนักน้ำในดินที่ได้ให้เป็นน้ำหนักน้ำในหน่วย น้ำหนักเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง(ต่อไปนี้จะเรียกว่า ความชื้นของน้ำหนักดินแห้ง) จากสูตรต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง

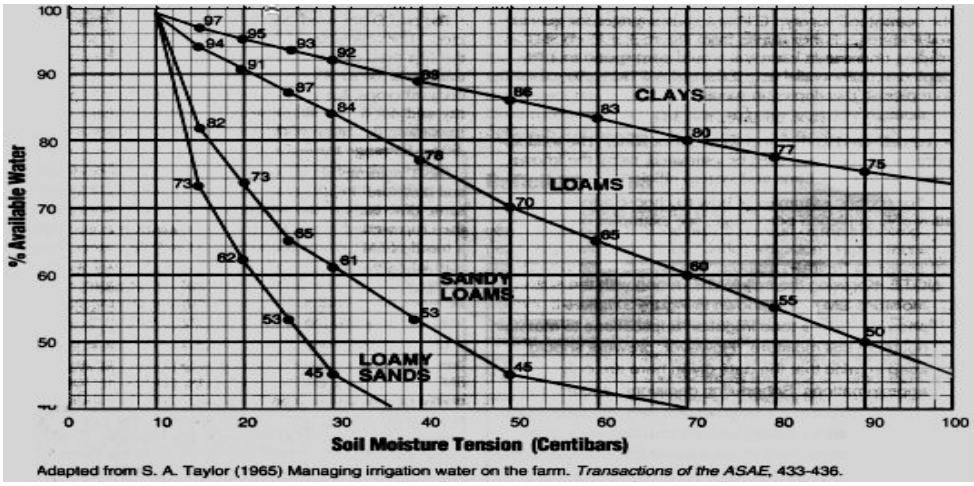
ตารางที่ 2 แสดงค่า ความหนาแน่นเฉลี่ยของดิน (Average Bulk density ,Sb) ค่าความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Wilting Point) และค่าความชื้นที่เป็นประโยชน์(Available Moisture)ของดิน (หากดินเพิ่งมีการไถพรวน ให้ลดค่าความหนาแน่นจากตารางลง เท่ากับ 0.10)

Texture	Bulk Density (g/cm^3)	Average Wilting Point (by volume)	Plant Available Water (Inches/Ft)
Sandy loam	**1.60**	**0.057**	**1.66**
Silt Loam	**1.45**	**0.119**	**2.00**
Loam	**1.50**	**0.097**	**2.40**
Sandy clay loam	**1.45**	**0.137**	**1.66**
Clay loam	**1.45**	**0.157**	**1.90**

4.2 ข้อมูลจาก **Tensiometer**

3.2.1 อ่านค่าแรงดึงความชื้นที่ได้จากมาตรวัดของ Tensiometer

3.2.2 นำค่าแรงดึงความชื้นที่อ่านได้จาก Tensiometer หาค่าความชื้นในดิน โดยอ่านจากกราฟ ภาพที่ 2 เมื่อทราบชนิดของดินบริเวณที่ทำการทดลอง



ภาพที่ 2 ตัวอย่าง ความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงความชื้นกับความชื้นที่มีอยู่ของดินชนิดต่างๆ

(ที่มา : Ted W. Tyson, *Extension Agricultural Engineer* **Larry M. Curtis**, *Extension Agricultural Engineer* **,** www.aces.edu/dept/irrig/ANR-647.php **(Alabama Irrigation and water resource ,Auburn University ,College of Agriculture)**

5. แนวทางการสรุปผลการทดลอง

5.1 เปรียบเทียบค่าความชื้นที่ได้จากวิธีอบแห้ง กับ จากวิธีการใช้ Tensiometer พร้อมทั้งวิจารณ์ผลที่ได้

5.2 หาเหตุผลเพื่อสรุปว่าวิธีการไหนที่จะให้ค่าความชื้นในดินได้ถูกต้องมากกว่ากันเพราะอะไร

5.3 ข้อสรุปอื่น ๆที่ได้จากการทดลอง

6 เอกสารอ้างอิง

1. Joel Schneekloth, Extension Water Resource Specialist Troy Bauder, Extension Water Quality Specialist Israel Broner, Extension Irrigation Specialist Reagan Waskom, Extension Water Resource Specialist,Measurement of Soil Moisture,CoroladoStateUniversity www.ext.colostate.edu/drought/soilmoist.html
2. Black C.A. 1965 Method of Soil Analysis: Part I Physical and mineralogical properties ,American Societies of agronomy,Madison.Wisconsin.USA
3. Ian Goodwin, Tatura How to use tensiometers AG0298 September, 2000 department of primary industries www.land.vic.gov.au/DPI/nreninf.nsf/childdocs/

7. ภาคผนวก

7.1 การอ่านค่าแรงดึงจากเครื่องมือวัด Tensiometer

ค่าที่อ่านได้จากเกจวัดเทนซิโอมิเตอร์ จะเป็นค่าแรงดึงความชื้นของดิน หน่วยอาจเป็นเซนติบาร์ (100 เซนติบาร์ = 1 บาร์ = 1 atm) เมื่อใดก็ตามที่เกจอ่านได้ 0 หมายความว่าขณะนั้นดินอยู่ในสภาพอิ่มตัว ค่าที่อ่านได้ระหว่าง 10 – 25 เซนติบาร์ หมายถึงดินมีปริมาณความชื้นที่จุดชลประทาน (Field capacity) (ค่าล่างเป็นพวกดินทราย ค่าบนเป็นของพวกดินเหนียว ดินเนื้อละเอียด) หากอ่านได้ระหว่าง 70 – 80 เซนติบาร์ หมายถึงดินมีความแห้ง อย่างไรก็ตามเทนซิโอมิเตอร์ไม่สามารถอ่านค่าได้สูงกว่า 85 เซนติบาร์

7.2 ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลและคำนวณ

ตัวอย่างที่ (1)	นน.ดินเปียก+นน.กระป๋อง (กรัม) (2)	นน.ดินแห้ง+กระป๋อง (กรัม) (3)	นน.น้ำ (กรัม) (2-3)	ความหนาแน่นน้ำ (4)	Bulk density ของดิน (5)	ค่าความชื้นของนน.ดินแห้ง (6)	ค่าความชื้นของนน.ดินเปียก(%) (7)	ค่าความชื้นของปริมาตรดินแห้ง(%) (8)

เอกสารประกอบการสอนวิชา

207321 การออกแบบระบบชลประทานไร่นา

ปฏิบัติการเรื่อง การวัดอัตราการไหลโดยใช้เครื่องวัดกระแสน้ำ (Current Meter)

1.ทฤษฎี

1.1 ชนิดของเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ

เครื่องมือที่ใช้วัดหาความเร็วของกระแสน้ำในทางน้ำ ปัจจุบันมีหลายประเภท ดังนี้คือ

1) แบบใบพัด (Anemometer and propeller velocity meter) เป็นชนิดที่นิยมใช้มากสุดในงานชลประทาน อาศัยหลักการหมุนของใบพัดเมื่อปะทะกับกระแสน้ำ จากนั้นจึงค่อยแปลงเป็นความเร็วของการไหลอีกทีหนึ่ง

2) แบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic velocity meters) เป็นเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้ากับความเร็วของกระแสน้ำ ข้อดีของเครื่องมือชนิดนี้คือผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจะเป็นค่าความเร็วของการไหล

3) แบบใช้หลักการหักเหของคลื่นแสงหรือเสียง (Doppler velocity meters) เป็นการวัดหาความเร็วกระแสน้ำโดยดูการเปลี่ยนแปลงของค่าความถี่คลื่นแสงหรือเสียง หากเป็นชนิดใช้ลำแสงเลเซอร์ จะใช้ตัวกำเนิดแสงที่เรียกว่าอุปกรณ์ Laser doppler velocimeter (LDV) หากใช้คลื่นเสียงอุปกรณ์ต้นกำเนิดที่เรียกว่า Acoustic Doppler velocimeter (ADV)

4) แบบดูการเคลื่อนไหวของกระแสน้ำ(Optical strobe velocity meters) ผู้ที่พัฒนาเครื่องมือชนิดนี้คือ USGS (US. Geological Survey) และ California Department of Water Resource เป็นการทำงานโดยอาศัยการดูการเปลี่ยนแปลงของทิศทางการไหลของกระแสน้ำผ่านเลนส์ที่ปรับมุมไปมาได้

1.2 หลักการทำงานของเครื่องวัดแบบใบพัด(Anemometer and propeller velocity meter)

การวัดอัตราการไหลด้วยเครื่องวัดหาความเร็วของกระแสน้ำ อาศัยหลักการนับรอบของใบพัดของเครื่องวัดเทียบกับเวลาที่นับได้ แล้วแปลงเป็นความเร็วของการไหล (ในปัจจุบันมีเครื่องวัดความเร็วที่อาศัยหลักการอย่างอื่นนอกจากการนับรอบการหมุนของใบพัด เช่นใช้คลื่นแม่เหล็ก เป็นต้น) ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบการหมุนของใบพัดกับความเร็วของกระแสน้ำของเครื่องวัด โดยทั่วไปอยู่ในรูปสมการ

$$V = aN + b$$

เมื่อ V คือ ความเร็วของการไหล ณ ความลึกที่จุดวัด

a ,b คือ ค่าคงที่ (ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องวัดแต่ละตัว)

N คือ จำนวนรอบที่ใบพัดหมุน ต่อ หน่วยเวลา

1.3 ข้อกำหนดของการวัด

การกำหนดตำแหน่งของการหย่อนใบพัดของเครื่องวัด มีหลักการคือ จะทำการกำหนดความลึกของการหย่อนใบพัด ตามความลึกของทางน้ำดังนี้

-หากน้ำในคลองลึกไม่เกิน d = 0.60 เมตร ให้หย่อนใบพัดไปวัดที่จุดเดียว คือที่ความลึก 0.60d จากผิวน้ำ เมื่อ d คือความลึกของน้ำ

-หากน้ำในคลองลึกd อยู่ระหว่าง 0.61-1.00 เมตร ให้หย่อนใบพัดไปวัดที่ 2 จุด คือที่ความลึก 0.20d และ 0.80d จากผิวน้ำ เมื่อ d คือความลึกของน้ำ

-หากน้ำในคลองลึกd อยู่ระหว่าง 1.01-2.50 เมตร ให้หย่อนใบพัดไปวัดที่ 3 จุด คือที่ความลึก 0.20d 0.60d และ 0.80d จากผิวน้ำ เมื่อ d คือความลึกของน้ำ

-หากน้ำในคลองลึกตั้งแต่ 2.51 เมตร ขึ้นไป ให้หย่อนใบพัดไปวัด 4 จุด คือที่ความลึก 0.2d 0.40d 0.60d และ 0.8d (ในแนวเดียวกันทางดิ่ง)จากผิวน้ำ เมื่อ d คือความลึกของน้ำ

1.4 การหาค่าความเร็วเฉลี่ยตามแนวตั้ง

จากค่าความเร็วของการไหลในแต่ละจุดที่ได้มาจากการวัด กรณีแต่ละแนวตั้งของการวัดมีค่าความเร็วมากกว่า 1 จุด จะต้องมีการเฉลี่ยค่าความเร็วให้เหลือเพียงแนวตั้งละ 1 จุดเท่านั้น วิธีการเฉลี่ยเป็นดังสมการ

กรณีวัด 2 จุด

$$\overline{V} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

กรณีวัด 3 จุด

$$\overline{V} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

กรณีวัด 4 จุด

$$\overline{V} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}{4}$$

1.5 การคำนวณอัตราการไหล

ดังที่ทราบมาข้างต้นแล้วว่าผลที่ได้จากการใช้เครื่องวัดก็คือความเร็วของกระแสน้ำที่จุดใด ๆที่หย่อนเครื่องวัดลงไป ดังนั้นขั้นตอนต่อไปก็คือต้องนำความเร็วที่ได้มาคำนวณให้เป็นอัตราการไหล โดยใช้สมการ

$$Q = A \times V$$

เมื่อ A คือพื้นที่หน้าตัดของน้ำ

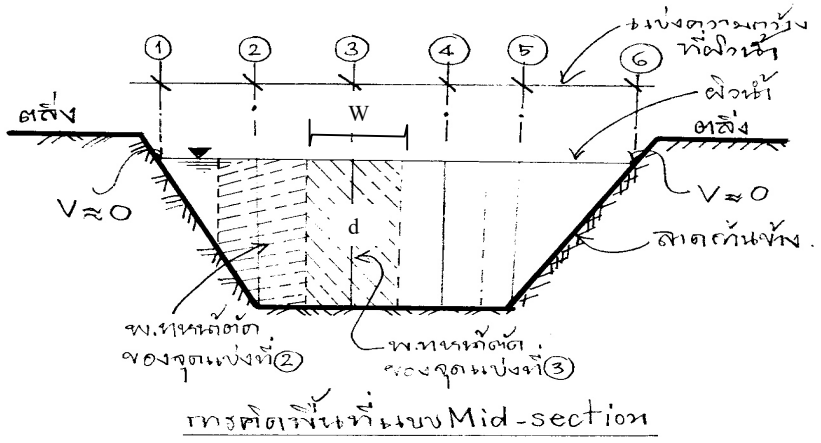
V คือ ความเร็วเฉลี่ยของน้ำบนพื้นที่หน้าตัดนั้น

ในการคำนวณอัตราการไหลจากค่าความเร็วที่ได้ มีวิธีการคำนวณ 2 วิธีด้วยกันคือ

-วิธีใช้พื้นที่รูปตัดที่จุดกึ่งกลาง (Mid –Section)

-วิธีใช้พื้นที่รูปตัดระหว่างเส้นแบ่ง (Mean-Section)

(ก) วิธีใช้พื้นที่รูปตัดที่จุดกึ่งกลาง (Mid –Section) หมายถึงการคิดพื้นที่หน้าตัดการไหลย่อย ๆ ระหว่าง(คร่อม)แนวเส้นแบ่งช่วงกว้างของผิวน้ำ เพื่อนำไปใช้คูณกับความเร็วเฉลี่ยจากจำนวนจุดทั้งหมดที่วัดได้ในแนวเส้นนั้น ๆ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การคิดพื้นที่ส่วนย่อยแบบ Mid Section

วิธีการคำนวณโดยวิธีนี้เริ่มจาก เมื่อทำการวัดความเร็วจากแต่ละแนวแบ่ง (1 ,2,3,4,5และ6) แล้วเสร็จให้ทำการเฉลี่ยความเร็วของแต่ละแนวแบ่งให้เหลือเพียงค่าเดียว จากนั้นคำนวณพื้นที่หน้าตัดย่อย โดยอาศัยสูตรพื้นที่รูปเหลี่ยมทั่วไป ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 1 นั้น ต่อไปคำนวณอัตราการไหลย่อย จากสูตร

$$Q1 = A1 \times V1$$

$$Q2 = A2 \times V2$$

.

$$Qn = An \times Vn$$

เมื่อ $Q_{1,2,3\ldots n}$ คือ อัตราการไหลย่อยที่ผ่านพื้นที่ย่อย $A_{1,2,3\ldots n}$

$V_{1,2,3\ldots n}$ คือความเร็วเฉลี่ยของแนว 1,2,3...n ตามลำดับ

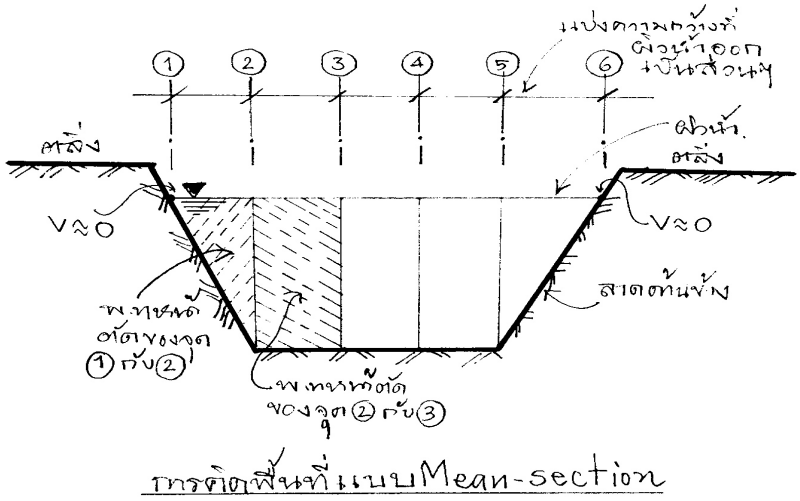
A1,2,3.. = พื้นที่ย่อย ๆ คำนวณจาก

$$A = Wxd$$

จากนั้นคำนวณอัตราการไหลของทางน้ำ จาก

$$Q = Q_1+Q_2+Q_3\ldots+Qn$$

(ข)วิธีใช้พื้นที่รูปตัดระหว่างเส้นแบ่ง (Mean-Section) หมายถึงการคิดพื้นที่หน้าตัดส่วนย่อยจากพื้นที่ระหว่างเส้นแบ่งความกว้างผิวน้ำ แล้วนำไปคูณกับความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากความเร็วของแนวเส้นแบ่งซ้ายและขวาของพื้นที่ย่อย ๆนั้น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การคิดพื้นที่ส่วนย่อยแบบMean Section

วิธีนี้พื้นที่ย่อยคำนวณจากพื้นที่ระหว่างเส้นแบ่ง เช่นพื้นที่ระหว่าง 1-2 , 2-3 , 3-4 .....เป็นต้น ส่วนความเร็ว ใช้ค่าความเร็วเฉลี่ยจากแนวแบ่งที่ขนานกับพื้นที่นั้น ๆ จากสูตร

$$Q_1 = A_1 \times V_{1-2}$$

$$Q_2 = A_2 \times V_{2-3}$$

.

.

$$Q_n = A_n \times V_{(1-n)-n}$$

เมื่อ $Q_{1,2,3...n}$ คือ อัตราการไหลผ่านพื้นที่ย่อย $A_{1,2,3...n}$

V_{1-2} คือ V ที่เฉลี่ยจากแนว 1 กับ 2 (กล่าวได้อีกอย่างหนึ่งคือเฉลี่ยความเร็วจากแต่ละแนวไปเป็นความเร็วเฉลี่ยของพื้นที่ย่อย นั่นเอง) จากนั้นรวมQ ย่อยทั้งหมด จะได้เป็น Q ของหน้าตัดทางน้ำนั้น

A = พื้นที่ย่อย คำนวณตามสูตรรูปร่างของพื้นที่ย่อยนั้น ๆ

2. วัตถุประสงค์ในการทำการทดลอง

1.เพื่อให้นิสิตเข้าใจถึงลักษณะและวิธีการใช้เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ

2.เพื่อให้นิสิตเข้าใจถึงวิธีการนำข้อมูลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือมาทำการคำนวณเป็นอัตราการไหล

3. วิธีการทดลอง

1.กำหนดบริเวณของทางน้ำใดทางน้ำหนึ่งเพื่อใช้เป็นสถานที่ทดลองวัด ลักษณะทางน้ำบริเวณดังกล่าวควรอยู่ห่างจากอาคารชลประทานพอสมควร การไหลมีลักษณะราบเรียบ ไม่ปั่นป่วน และหากต้องการความสะดวกเพิ่มขึ้นควรใช้ตรงบริเวณที่มีสะพานพาดผ่านอยู่แล้วเพื่อใช้เดินข้ามระหว่างทำการวัด

2.วัดความกว้างของผิวน้ำจากฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งหนึ่ง ทำเครื่องหมายไว้บนสะพานที่พาดผ่านนั้น โดยใช้ด้ามจับของเครื่องวัด (Rod) เป็นอุปกรณ์ช่วยหย่อนหาตำแหน่งในแนวดิ่ง

3.หาตำแหน่งของก้นทางน้ำตรงจุดที่ชนกับลาดด้านข้าง ทั้ง 2 ฝั่ง กำหนดตำแหน่งไว้ ถือเป็นความกว้างของก้นทางน้ำ

4.ทำการแบ่งความกว้างทางน้ำที่วัดได้ออกเป็นส่วน ๆ เพื่อความละเอียดและถูกต้องของอัตราการไหลที่จะคำนวณได้ ควรแบ่งให้แต่ละส่วนมีขนาดไม่ใหญ่เกินไป (ดูภาพที่ 1 หรือ 2 เพื่อความเข้าใจ)

5.แต่ละส่วนแบ่งทำการวัดความลึกของน้ำ(จากผิวน้ำ) บันทึกข้อมูลลงในตาราง จากนั้นดูว่าแต่ละแนวต้องวัดที่ความลึกกี่จุด

6.หย่อนเครื่องวัดให้จุดศูนย์กลางใบพัดอยู่ ณ ความลึกตามที่กำหนด เริ่มนับรอบและจับเวลาโดยในแต่ละจุดควรวัดซ้ำกัน 3 ครั้งแล้วมาหาค่าเฉลี่ยของจำนวนรอบ ต่อ หน่วยเวลา ของแต่ละจุด ทำลักษณะนี้ไปจนครบทุกแนวของการแบ่ง

4. การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล

1.ในการคำนวณต้องวาดรูปทางน้ำพร้อมทั้งระบุค่าความกว้างความลึกของน้ำที่วัดได้ประกอบด้วยทุกครั้ง

2.นำค่าความเร็วรอบของใบพัด ไปแทนค่าในสูตร เพื่อคำนวณเป็นความเร็วของกระแสน้ำ

3.จากค่าความเร็วที่ได้ คำนวณเป็นอัตราการไหลโดยวิธี Mid Section และ Mean Section

5. แนวทางการสรุปผลการทดลอง

1.สังเกตว่าความเร็วที่วัดได้ในแต่ละจุด มีค่าแตกต่างกันอย่างไร บริเวณใดที่มีความเร็วมากและน้อย

2.ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการไหลที่ได้จากทั้ง 2 วิธีเป็นอย่างไร

3.วิจารณ์ผลการทดลองด้านอื่น ๆ

6. ตารางบันทึกข้อมูล

ตารางกรอกข้อมูล การวัดน้ำชลประทาน โดยเครื่องวัดน้ำ (Current Meter)

บริเวณที่วัดน้ำ.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

กลุ่มที่.....คำนวณโดยวิธี ☐ mean section ☐ mid section

ระยะจากจุดเริ่มต้น (ม)	ความลึกน้ำ (ม)	ความลึกของจุดที่วัด	จำนวนรอบ	เวลา (วินาที)	ความเร็ว (ม./วิ)			ความลึกเฉลี่ย (ม)	ความกว้างของส่วนย่อย (ม)	พท.ส่วนย่อย (ตร.ม.)	อัตราการไหล (ลบ.ม./วิ)
					ที่จุดหย่อนเครื่อง	เฉลี่ยในแนวดิ่ง	เฉลี่ยในช่อง				

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ม. เกษตรศาสตร์

เอกสารประกอบการสอนวิชา

02207321 การออกแบบระบบชลประทานไร่นา

ปฏิบัติการเรื่อง การตรวจวัดคุณภาพน้ำเพื่อการชลประทาน

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อให้นิสิตมีความรู้ ความเข้าใจวิธีการเก็บข้อมูลตัวอย่างน้ำ และการใช้เครื่องมือวัดค่าสมบัติที่บ่งบอกถึงคุณภาพน้ำ

1.2 เพื่อให้นิสิตเข้าใจถึงประโยชน์ของการวัดคุณภาพน้ำต่อการนำไปใช้งาน

2. วิธีการทดลอง

2.1 แบ่งนิสิตออกเป็นกลุ่มย่อย

2.2 กำหนดสถานที่สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำ มอบหมายให้แต่ละกลุ่ม

2.3 เก็บตัวอย่างน้ำแล้วนำมาตรวจวัดหรือวิเคราะห์ค่าดังนี้

-วัดค่าความเป็นกรด ด่าง (ค่า pH)

-วัดค่าการนำไฟฟ้า(Electric Conductivity , EC)

-วัดค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand)

- วัดค่าความขุ่น (Turbidity)

2.4 การตรวจวัดคุณภาพน้ำของแต่ละวิธีให้ปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานของแต่ละเครื่อง

3. การคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 จัดทำตารางสรุปผลของคุณภาพน้ำที่ได้จาการตรวจวัดของแต่ละจุด

3.2 เขียนขั้นตอนการปฏิบัติงานตั้งแต่การเก็บตัวอย่าง เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ไปจนถึงผลที่ได้

3.3 ให้ค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมถึงค่ามาตรฐานเกี่ยวกับคุณภาพน้ำเพื่อการชลประทาน พร้อมแหล่งอ้างอิงของข้อมูลนั้น

4. แนวทางการสรุปผลการทดลอง

4.1 คุณภาพน้ำตัวอย่างที่ได้เป็นอย่างไร เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

4.2 วิจารณ์ถึงสาเหตุหรือปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพน้ำในแต่ละแห่ง

5. ภาคผนวก

5.1 ชนิดของตัวอย่างน้ำ

1)ชนิดของตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ตัวอย่างแยก (Grab or Catch Sample) ตัวอย่าง รวมแบบ Composite และตัวอย่างรวมแบบ Integrated และอธิบายได้ดังนี้

1.1 ตัวอย่างแยก (Grab or Catch Sample) หมายถึง ตัวอย่างที่เก็บ ณ เวลา และสถานที่หนึ่งแล้วนำมาวิเคราะห์เป็นตัวอย่าง ๆไป ตัวอย่างชนิดนี้จะเป็นตัวแทนของน้ำเฉพาะเวลาและจุดที่เก็บเท่านั้น หากน้ำมีคุณภาพค่อนข้างจะคงที่ ตัวอย่างแยกเพียงอย่างเดียว อาจใช้เป็นตัวแทนได้เลย

1.2 ตัวอย่างรวมแบบ composite หมายถึง ส่วนผสมของตัวอย่างแยกที่ทำการเก็บ ณ จุดเดียวกันแต่ต่างเวลากัน มีประโยชน์สำหรับกรณีที่ต้องการทราบความเข้มข้นเฉลี่ย

1.3 ตัวอย่างรวมแบบ Integrated หมายถึง ส่วนผสมของตัวอย่างแยกที่เก็บจากจุดต่าง ๆ กันในเวลาเดียวกันหรือเวลาที่ใกล้เคียงที่สุด ตัวอย่างประเภทนี้จะเป็นตัวแทนของน้ำได้ดีที่สุด เนื่อง จากต้องเก็บตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของจุดต่าง ๆในส่วนตัด (Cross Section) ของถังบำบัดซึ่งเป็นสัดส่วนกับอัตราไหล

5.2 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำมีความสำคัญต่อผลการวิเคราะห์มาก หากเก็บตัวอย่างไม่ถูกต้องจะทำให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้ไม่ถูกต้องไปด้วย การเก็บตัวอย่างน้ำควรมีแบบแผนที่แน่นอน และควรมีการบันทึกรายละเอียดต่าง ๆ ครบถ้วนตามสมควร เพราะถ้าไม่มีรายละเอียดเพียงพอแล้ว การค้นหาหรือวินิจฉัยขั้นแรกอาจครอบคลุม หรือถ้าตัวอย่างไม่เป็นตัวแทนของแหล่งน้ำที่แท้จริงก็อาจให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดได้

การเก็บตัวอย่างน้ำที่ดีและถูกต้องควรพิจารณาสิ่งต่อไปนี้คือ

1) ภาชนะที่บรรจุตัวอย่าง (Sample container) โดยทั่วไปขวดเก็บตัวอย่างมักเป็นขวดโพลีเอทิลีน (Polyethylene) หรือขวดแก้วอย่างหนา ควรมีขนาดใหญ่ประมาณ 500 – 1000 ลบ.ซม. และมีฝาเกลียวปิดมิดชิดควรใช้ขวดที่มีปากกว้างเพื่อให้ทำความสะอาดได้ง่ายและสามารถเก็บตัวอย่างน้ำได้อย่างรวดเร็ว ปากขวดไม่ควรเล็กกว่า 5 ซม. โดยปกติขวดพลาสติกที่มีคุณภาพดีจะใช้เก็บตัวอย่างได้หมาะสมกว่าขวดแก้ว เนื่องจากมีน้ำหนักเบากว่าและไม่แตกง่าย อย่างไรก็ตามลักษณะของภาชนะที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำจะต้องเลือกให้เหมาะสมสำหรับดัชนีแต่ละชนิด ก่อนใช้ขวดเก็บตัวอย่างทุกครั้งควรล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง

การเขียนฉลากติดขวดตัวอย่าง

เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำเสร็จแล้ว ควรปิดฝาให้สนิท ปิดฉลาก (Label) ไว้ทุกใบ โดยฉลากจะต้องแจ้งข้อมูลที่จำเป็นให้ละเอียด สิ่งที่ควรบันทึกรายละเอียดไว้มีดังนี้

สถานที่เก็บตัวอย่าง
จุดเก็บตัวอย่าง อาจบอกเป็นรหัสจุดเก็บ
วัน เวลาของการเก็บตัวอย่าง
แหล่งน้ำของตัวอย่าง
วิธีการเก็บรักษา
ดัชนีต้องการวิเคราะห์
ชื่อ — สกุลของผู้เก็บตัวอย่าง

2) ขนาดหรือปริมาตรของตัวอย่าง (Sample size)

ปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่เก็บจะมากหรือน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับปริมาตรที่ใช้ในการวิเคราะห์ของแต่ละดัชนีซึ่งควรเก็บให้มากว่าที่ต้องการเล็กน้อย เพราะในกรณีที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจากการวิเคราะห์หรือต้องยืนยันผล จะได้มีน้ำตัวอย่างเพียงพอในการวิเคราะห์ซ้ำ และใน

บางครั้งต้องใช้ตัวอย่างน้ำกลั้ว (rise) ภาชนะที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย ปริมาตรที่น้อยที่สุดที่ควรเก็บของน้ำตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์แต่ละดัชนี แสดงในตารางที่ 1

3) จุดเก็บตัวอย่าง (Sample site)

การเก็บตัวอย่างน้ำซึ่งเป็นตัวแทนของน้ำทั้งหมด จะต้องคำนึงถึงจุดเก็บตัวอย่าง สิ่งที่ควรระวังในการเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำแต่ละประเภท คือ

แหล่งน้ำไหล ได้แก่ แม่น้ำ ลำธาร ห้วย คลอง หรือน้ำ ทะเล ในกรณีที่เก็บแบบจ้วง (Grab sampling) ต้องเก็บที่จุดกึ่งกลางความกว้างของแหล่งน้ำ และที่ระดับกึ่งกลางความลึก ไม่ควรเก็บใกล้ฝั่ง

แหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ หนอง บึง อ่างเก็บน้ำ ทะเลสาบ ให้เก็บที่ระดับความลึก 1 เมตร (สำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกเกินกว่า 2 เมตร) หรือให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความลึก (สำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 2 เมตร)

บ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ ในบ่อเลี้ยงปลา ควรเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึก 1 เมตร ส่วนในบ่อเลี้ยงกุ้ง ควรเก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับเหนือพื้นที่บ่อเพาะกุ้งอาศัยอยู่บริเวณพื้นก้นบ่อ

ในกรณีที่แหล่งน้ำไม่อยู่ในตำแหน่งจะจ้วงตักได้ง่าย (เอื้อมไม่ถึง) อาจใช้เชือกผูกถังพลาสติกตักตัวอย่างน้ำหรือใช้ไม้ยาวที่มีกระป๋องตักน้ำผูกปลายไม้เพื่อใช้การตักน้ำก็ได้

4) ช่วงเวลาการเก็บและการตรวจวิเคราะห์

โดยปกติแล้ว การเก็บตัวอย่างน้ำควรเป็นเวลาเดียวกันแล้วทำการตรวจวิเคราะห์ทันที เพื่อมิให้สภาพน้ำที่เก็บมาเปลี่ยนแปลงไป ถ้าเป็นการตรวจวิเคราะห์ทางกายภาพ (สี, กลิ่น, ความขุ่น, อุณหภูมิ, ความนำไฟฟ้า) ควรทำในขณะที่เก็บ หรือในทันทีที่ตัวอย่างถึงห้องปฏิบัติการ ระยะเวลาที่ยอมให้มากที่สุดที่จะเก็บตัวอย่างน้ำไว้ก่อนวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 1

5) เทคนิคการเก็บตัวอย่างน้ำ (Sampling technique)

การเก็บตัวอย่างของแต่ละดัชนีมีวิธีการและเทคนิคแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งน้ำ และขึ้นอยู่กับดัชนีที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีการเก็บบางดัชนีอาจใช้ขวดจ้วงตักได้เลย หากเก็บตัวอย่างที่มีความลึกไม่มากนัก แต่ในบริเวณที่น้ำลึกต้องใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ

เทคนิคการเก็บตัวอย่างโดยทั่ว ๆ ไป มีวิธีการดังนี้คือ

ก่อนเก็บตัวอย่าง ต้องใช้ตัวอย่างน้ำที่จะเก็บกลั้ว (rinse) ขวดเก็บตัวอย่างก่อน 2 - 3 ครั้ง ปริมาตรของตัวอย่างที่เก็บบางดัชนี เช่น ไนเตรทและฟอสฟอรัสรวม ไม่ควรเก็บตัวอย่างน้ำเต็มขวด เพราะต้องเหลือที่ว่างไว้สำหรับเติมสารเคมีรักษาสภาพ และสำหรับเขย่าให้ผสมกันก่อนทำการวิเคราะห์ ยกเว้นตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณ บีโอดี, ออกซิเจนละลาย ความเป็นด่าง และความเป็นกรด ที่ต้องเก็บตัวอย่างเต็มขวด และปิดฝาให้สนิท เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้อากาศเหลืออยู่บนผิวน้ำละลายเข้าไปในตัวอย่าง เป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนให้กับตัวอย่าง และจะทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้

ขวดเก็บตัวอย่างต้องปิดฝาอยู่ตลอดเวลา และวางหงายขึ้น อย่างวางคว่ำบนพื้น เพราะจะเกิดการปนเปื้อนได้ และเมื่อเก็บน้ำตัวอย่างแล้วต้องรีบปิดฝาขวดทันที

6) การเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง (Sample Preservation)

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาเพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพนั้นบางดัชนีต้องการวิเคราะห์ในภาคสนามเลย ได้แก่ ความเป็นกรด – ด่าง, อุณหภูมิความนำไฟฟ้าและความเป็นด่าง เพราะดัชนีเหล่านี้มีค่าเปลี่ยนแปลงได้ง่ายต้องทำการวิเคราะห์ ณ จุดเก็บตัวอย่างทันที เพื่อให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าของแหล่งน้ำนั้นจริง ๆ ส่วนดัชนีอื่น ๆ สามารถที่จะนำมาทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการได้ โดยการรักษาคุณภาพน้ำไว้ก่อน เพื่อไม่ให้ส่วนประกอบของน้ำเปลี่ยนแปลงไปทั้งทางเคมี และทางกายภาพ

วิธีการรักษาสภาพมีดังนี้

การแช่เย็นด้วยน้ำแข็ง จุดประสงค์คือ ลดการทำงานของพวกจุลินทรีย์ และลดอัตราเร็วของการเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี

การเติมสารเคมี เช่น กรดไนตริก (HNO_3) หรือกรดซัลฟุริก (H_2SO_4) เข้มข้น เป็นการรักษาสภาพน้ำตัวอย่าง โดยการควบคุม pH ($pH < 2$) วัตถุประสงค์คือ ป้องกันการดูดซับอิออนที่ผิวภาชนะ และการตกตะกอนและช่วยยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ด้วย

การเติมสารเคมีเฉพาะดัชนี รายละเอียดการรักษาสภาพตัวอย่างของแต่ละดัชนีแสดงในตารางที่ 1

7) การเก็บรักษาตัวอย่างขณะขนส่งมายังห้องปฏิบัติการ เมื่อเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว ขณะทำการขนส่งตัวอย่างมายังห้องปฏิบัติการ ต้องระวังอย่าให้ตัวอย่างนั้นโดนแสงควรมีอลูมิเนียมฟอยด์ (Aluminium foil) ปิดครอบปากขวดตัวอย่างไว้ และตัวอย่างทั้งหมดต้องแช่เย็นในภาชนะแช่เย็นที่เป็นกระติกน้ำแข็งหรือโฟมที่เรียกว่า shipment containers และควรมีวาล์วไขน้ำที่ละลายออกทิ้งได้ การใส่น้ำแข็งต้องระวังอย่าใส่จนล้นหรือมากเกินไป ควรใส่ให้เสมอกับระดับปากขวด การเก็บตัวอย่างลงในกระติกน้ำแข็งต้องเรียงอย่างเป็นระเบียบ ระวังอย่าให้ขวดตัวอย่างล้มได้

ตารางที่ 1 สรุปวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ เพื่อนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ดัชนี	ปริมาตรที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ (ลบ.ซม.)	ภาชนะที่ใช้บรรจุ	วิธีการเก็บรักษา	ระยะเวลาที่สามารถเก็บไว้ก่อนวิเคราะห์การวิเคราะห์
ความเป็นกรด	100	พลาสติก, แก้ว	แช่เย็นที่ 4 ซ.	24 ชม.
ความเป็นด่าง	100	พลาสติก, แก้ว	แช่เย็นที่ 4 ซ.	24 ชม.
บีโอดี	1,000	พลาสติก, แก้ว	แช่เย็นที่ 4 ซ.	24 ชม.

ออกซิเจนละลาย	300	แก้ว (ขวดบีโอดี)	ไม่มี	ต้องวิเคราะห์ทันที
ความกระด้าง	100	พลาสติก, แก้ว	แช่เย็นที่ 4 ซ.	7 วัน
ไนโตรเจน (แอมโมเนีย, ไนเตรท และไนโตรเจน)	400	พลาสติก,แก้ว	เติม $HgCL_2$ 40 mg/l แล้วแช่เย็นที่ 4 ซ. หรือเติม H2SO4 เข้มข้นmg/l แล้วแช่เย็นที่ 4 ซ.	24 ชม.
ความเป็นกรด — ด่าง	50	พลาสติก, แก้ว	วิเคราะห์ทันที หรือแช่เย็นที่ 4 ซ.	6 ชม.
ฟอสฟอรัสรวม	50	พลาสติก, แก้ว	แช่เย็นที่ 4 ซ.	24 ชม.
ฟอสฟอรัสละลาย	50	พลาสติก, แก้ว	กรองในขณะเก็บแล้วแช่เย็น4 ซ.	24 ชม.
ความเค็ม	200	แก้ว	วิเคราะห์ทันที หรือใช้กระดาษไขปิดให้แน่น	6 เดือน
ความขุ่น	100	พลาสติก, แก้ว	แช่เย็นที่ 4 ซ.เก็บไว้ในที่มืด	

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร

5.3 ดัชนีบ่งบอกคุณภาพของน้ำบางประการ

1. ค่า EC (Electric Conductivity) ของน้ำชลประทาน

ค่า EC ของสารละลายฯ เป็นค่าวัด เพื่อแสดงถึงความเข้มข้นของเกลือทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งเป็นค่าวัดโดยรวมไม่สามารถแยกบอกความเข้มข้นของเกลือแต่ละตัวได้ หน่วยการวัดค่า EC มีหลายหน่วยแล้วแต่เครื่องมือที่ใช้วัด

ความหมายของค่า EC

น้ำบริสุทธิ์จะมีค่าความนำไฟฟ้าเป็นศูนย์ แต่เมื่อน้ำมีเกลือละลายอยู่ เกลือเหล่านี้จะแตกตัวเป็นประจุบวก (Cation) และประจุลบ (Anion) ซึ่งประจุบวกและลบที่เกิดขึ้น จะเป็นตัวนำไฟฟ้าทำให้สารละลายที่มีเกลือที่แตกตัวได้มีค่าความนำไฟฟ้า (Electric Conductivity) ซึ่งค่านำไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำ ดังนั้น จึงสามารถใช้ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายเป็นตัวบอกปริมาณเกลือที่ละลายในสารละลาย เช่น เมื่อเกลือแกงละลายในน้ำจะแตกตัวได้

$$NaCl \text{ ----------> } Na+ + Cl-$$

น้ำตาล และยูเรีย สามารถละลายน้ำได้เหมือนกัน แต่เมื่อละลายแล้วจะไม่แตกตัว ดังนั้นก็จะไม่เพิ่มค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย จึงไม่สามารถวัดความเข้มข้นด้วยค่าการนำไฟฟ้าได้ แต่เนื่องจากปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ ส่วนใหญ่เป็นสารที่สามารถแตกตัวได้ สารที่มีประจุบวก และประจุลบทุกตัวจึงสามารถวัดความเข้มข้นโดยการวัดค่าการนำไฟฟ้าได้

ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเข้มข้นของสารละลายจะมีความสัมพันธ์แบบเป็นเส้นตรง กล่าวคือ ถ้าความเข้มข้นสารละลายเพิ่มขึ้นหนึ่งเท่าตัว ค่าการนำไฟฟ้าก็จะเพิ่มหนึ่งเท่าด้วย

ดังที่กล่าวมาแล้ว ค่าการนำไฟฟ้าบอกให้ทราบถึงปริมาณเกลือที่ละลายโดยรวมอยู่ในสารละลายไม่สามารถแยกชนิดของเกลือได้ ตัวอย่างเช่นในน้ำมีเกลือ NaCl และปุ๋ย KNO_3 ละลายรวมกันอยู่ และวัดค่า EC ได้ = 2.5 mS/cm เราไม่สามารถทราบได้ว่ามี่ NaCl อยู่เท่าใด และ มี KNO_3 อยู่เท่าใดทราบเพียงแต่ว่ามีอยู่รวมกัน มีค่า = 2.5mS/cm การเปลี่ยนค่าที่อ่านจากเครื่องวัด EC ที่มีหน่วยเป็น 1.2 mS/cm ให้เป็นความเข้มข้นสามารถทำได้โดยคูณค่า mS/cm ที่อ่านได้ด้วยค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเกลือที่ละลายอยู่ ซึ่งค่าโดยทั่วไปที่ใช้เกี่ยวกับ Fertigation คือ 850 เช่น อ่านค่า EC ของน้ำได้เท่ากับ 2.5 mS/cm ถ้าต้องการทราบความเข้มข้นเป็น ppm ก็คูณ 2.5 ด้วย 850 = 2.5x850 = 2125 ppm โดยประมาณ จากหลักการนี้เราสามารถใช้เครื่องวัด EC ตรวจสอบความถูกต้องของการละลายปุ๋ยลงในระบบน้ำได้ด้วย

2. ค่า pH ของน้ำ

pH ของน้ำจะเป็นผลจากปริมาณ และชนิดของเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งโดยทั่วไป น้ำในธรรมชาติจะมีค่า pH เป็นด่าง (>7) แต่เป็นด่างมาก หรือ น้อย ขึ้นกับ ปริมาณ และชนิดของเกลือถ้า pH ของน้ำชลประทานที่ผสมปุ๋ยสูงกว่า 7.5 จะไม่เหมาะสม ธาตุบางตัวจะตกตะกอน ความเป็นประโยชน์ลดลงโดยเฉพาะฟอสฟอรัส (P) จะตกตะกอน แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) คาร์บอเนตตกตะกอน ทำให้อุดตันระบบท่อและหัวปล่อยน้ำ ใช้กรดฟอสฟอริก , ไนตริก, ซัลฟูริก ปรับ pH ของน้ำ ให้ได้ค่าประมาณ 5 เครื่องมือที่ใช้วัดค่า pH เรียกว่า pH meter ซึ่งปกติจะมีราคาแพงกว่า เครื่องวัด EC โดยเฉพาะหัววัดของ pH meter จะมีอายุใช้งานอยู่ประมาณ 1 – 1 ปีครึ่งหลังจากนั้นค่าที่วัดได้จะคลาดเคลื่อนมากต้องเปลี่ยนหัววัดใหม่

3. ค่า BOD

คือค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ การหาค่า BOD ทำได้โดยการหาความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนละลาย หรือค่า DO (Dissolved Oxygen) ก่อนและหลังการบ่มในภาชนะปิด ซึ่งการหาค่า BOD โดยปกติแล้วจะใช้เวลาบ่ม 5 วัน ส่วนภาชนะที่ใช้บ่มคือขวด BOD ซึ่งมีลักษณะเป็นขวดสีชามีจุกแก้วปิดสนิท เพื่อป้องกันอากาศภายนอกเข้าไปภายในและไปรบกวนสภาวะภายในขวด ค่า BOD ที่ได้จะเป็นตัวบ่งบอกถึงความสกปรกของน้ำที่นำมาตรวจ และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการบำบัดน้ำได้ หลักการของการวัดค่า BOD การ

วิเคราะห์หาค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงปริมาณความสกปรกของน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ เช่น แม่น้ำลำคลอง น้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน และน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยทั่วไปการวิเคราะห์หาค่า BOD จะเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ในระยะเวลา 5 วัน ภายในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส และด้วยเหตุผลที่ออกซิเจนในอากาศนั้นสามารถละลายน้ำได้ในปริมาณจำกัดคือประมาณ 9 มิลลิกรัม/ลิตร (ในน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ดังนั้น ในการวิเคราะห์ค่า BOD ในน้ำเสียซึ่งมีความสกปรกมาก จึงจำเป็นต้องเจือจางน้ำเสียลงให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมพอดีกับปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ และเนื่องจากการวิเคราะห์ค่า BOD เป็นการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ในน้ำ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำให้น้ำมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วย เช่น ไม่มีสารพิษ แต่มีอาหารเสริมที่เพียงพอ สำหรับการเจริญเติบโตรวมทั้งต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ที่มากพอจะทำการวิเคราะห์หากไม่มีหรือมีจุลินทรีย์ปริมาณน้อยเกินไปควรเติมเชื้อจุลินทรีย์ หรือ หัวเชื้อ (seed) ลงไปเพิ่ม เพื่อให้มีจุลินทรีย์ปริมาณมากเพียงพอต่อการวิเคราะห์

ความแตกต่างระหว่าง DO และ BOD

ค่า BOD ย่อมาจาก Biochemical oxygen demand หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สารในน้ำ ถ้ามีค่ามากแสดงว่าจะเป็นน้ำเสีย

ส่วนค่า DO ย่อมาจาก Dissolved oxygen หมายถึง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ค่า DO ยิ่งน้อยจะมีสภาพเป็นน้ำเสีย

4. ค่าความขุ่นของน้ำ

ความขุ่นเป็นคุณลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของน้ำซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้กันมากพอสมควร โดยทั่วไปความขุ่นจะมีหลายประเภท ตัวอย่างเช่น Turbidity , Absolute turbidity , Jackson candle turbidity และ Nephelometric turbidity เป็นต้น โดยสามารถให้นิยามได้ดังนี้คือ

ความขุ่นคือสมบัติทางออฟติกของสารแขวนลอย(Suspension)ซึ่งทำให้แสงกระเจิงมากกวาจะผ่านสารตัวอยางนั้น สำหรับเม็ดของสารที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 1/20 ของความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ แสงที่กระเจิงไปจะมีความเข้ม ดังสมการ

$$Is = (V^2/L^4)N$$

เมื่อ L = wave length ของแสงตกกระทบ

Is = ความเข้มของแสงกระเจิง

V = ปริมาตรของเม็ดสาร

N = จำนวนของเม็ดสาร

ความขุ่นเกิดจากการที่ในน้ำมีสารที่ไม่ละลายน้ำขนาดเล็กแขวนลอยซึ่งเป็นไปได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น ดิน ทรายละเอียดมาก แพลงค์ตอน สารอินทรีย์ขนาดเล็กหรือจุลินทรีย์ เป็นต้น ถ้าในน้ำมีปริมาณสารแขวนลอยดังกล่าวอยู่ในปริมาณมากเมื่อแสงส่องมากระทบสารแขวนลอยนี้จะทำให้เกิดการหักเหของแสงกระจัดกระจายไปทำให้มองเห็นน้ำมีลักษณะขุ่น สารแขวนลอยที่อยู่ในน้ำนี้อาจจะมีหรือไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัยหรือระบบนิเวศน์วิทยาของแหลงน้ำก็ได้ สารแขวนลอยบางชนิดที่ทำให้น้ำมีความขุ่นอาจจะไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคมากนัก แต่ทำให้น้ำนั้นไม่น่าใช้ในการอุปโภคบริโภค ทำให้น่ารังเกียจและมีผลต่อระบบการนำน้ำมาใช้ประโยชน์เช่น มีผลกระทบระบบการกรองทำให้เครื่องกรองอุดตันและเสียเร็ว และมีผลต่อระบบการฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน เนื่องจากสารแขวนลอยจะห่อหุ้มจุลินทรีย์ไว้ ทำให้คลอรีนไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้ความขุ่นในแหล่งน้ำยังทำให้การสังเคราะห์แสงของพืชในน้ำเป็นไปได้ไม่เต็มที่ เนื่องจากความขุ่นจะบดบังแสงอาทิตย์ที่จะผ่านลงไปในน้ำทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำมีน้อยและมีผลต่อการมองเห็นของสัตว์น้ำด้วย แต่ก็มีสารแขวนลอยบางชนิดที่ไม่ละลายในน้ำทำให้น้ำขุ่นและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำและไม่สามารถจะนำน้ำนั้นมาเพื่อใช้ประโยชน์ได้ สารประเภทนี้ส่วนมากจะมาจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรม โรงพยาบาลและแหล่งกำเนิดสารพิษ (Hazardous Waste) ต่าง ๆ