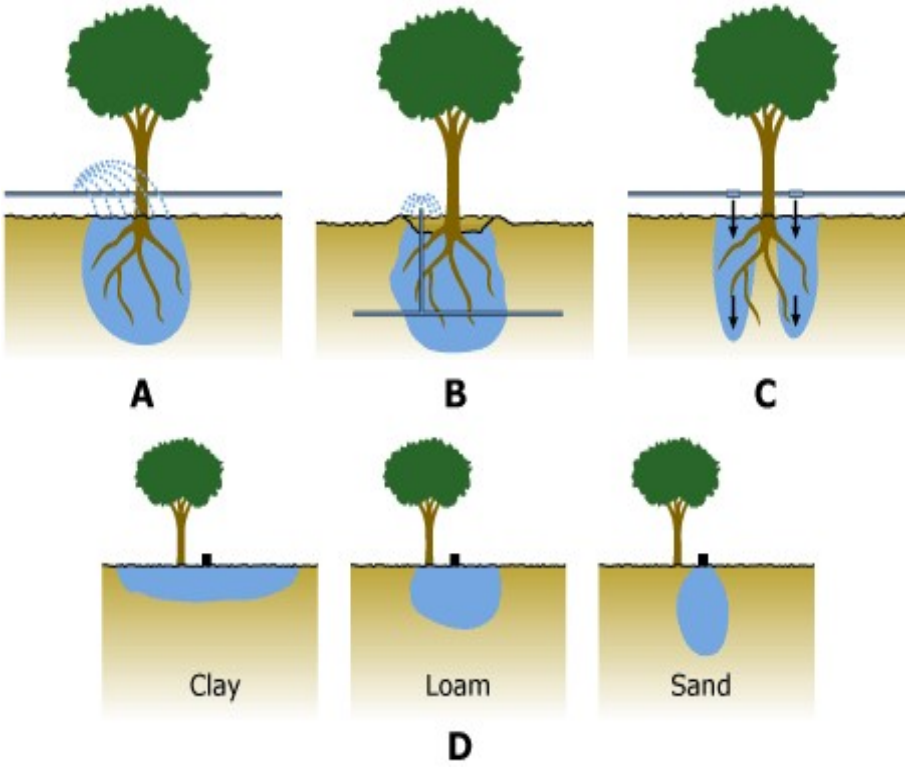
เอกสารประกอบการสอน

การประเมินผลการทำงาน ของระบบชลประทานแบบไมโคร

Performance Evaluation of Micro Irrigation System



ผศ.นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ธันวาคม 2552

สารบัญ

หน้า

1. บทนำ 1

1.1 นิยามระบบชลประทานแบบไมโคร 1

1.2 ส่วนประกอบของระบบชลประทานแบบไมโคร 1

1.3 วัตถุประสงค์การประเมินผลการทำงานของระบบ 2

2.การประเมินผลการทำงานของระบบชลประทานแบบไมโครในสนาม 3

2.1 การวัดค่าความดันใช้งาน 3

2.1.1 การวัดค่าความดันใช้งานของระบบสปริงเกลอร์ 3

2.1.2 การวัดค่าความดันใช้งานของระบบชลประทานแบบไมโคร 3

2.2 การวัดค่าอัตราการจ่ายน้ำ 4

2.2.1 การวัดค่าอัตราการจ่ายน้ำของระบบสปริงเกลอร์ 4

2.2.2 การวัดค่าอัตราการจ่ายน้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร 7

2.3 การประเมินค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ 8

2.3.1 นิยามของความสม่ำเสมอในการให้น้ำ 8

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความสม่ำเสมอในการให้น้ำ 9

2.3.3 วิธีการตรวจสอบค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ โดยระบบสปริงเกลอร์ 10

2.3.4 การคำนวณค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ โดยระบบสปริงเกลอร์ 11

2.3.5 การคำนวณค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ โดยระบบชลประทานแบบไมโคร 13

3. การประเมินค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำของ ITRC 26

3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความสม่ำเสมอจากการพิจารณาของ ITRC 26

3.2 การรวมเอาปัจจัยต่าง ๆเข้ามาคิดเพื่อใช้ประเมินค่าความสม่ำเสมอของทั้งระบบ 27

3.3 การใช้สัญลักษณ์ DU แทน EU 27

3.4 การเก็บข้อมูลและการคำนวณค่า DUlq ตามแต่ละปัจจัย 27

4. การประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำ 32

4.1 ประสิทธิภาพการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร 32

4.2 ค่าการให้น้ำสูงสุด 32

4.3 สมการประสิทธิภาพการให้น้ำระบบชลประทานแบบไมโคร 33

4.4 การประเมินค่าประสิทธิภาพการให้น้ำจากค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ 33

สารบัญ หน้า

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสม่ำเสมอในการให้น้ำและประสิทธิภาพในการให้น้ำ 38

5. เอกสารอ้างอิง 38

ภาคผนวก-ประวัติการประเมินเกี่ยวกับระบบชลประทานแบบไมโคร 39

บทที่ 1 บทนำ

1.1 นิยามระบบชลประทานแบบไมโคร

การชลประทานแบบไมโคร หรือเรียกให้ตรงตามหน้าที่ของระบบว่า การให้น้ำด้วยระบบชลประทานแบบไมโคร หมายถึงวิธีการให้น้ำแก่ต้นพืชโดยอาศัยตัวระบบและวิธีการให้น้ำที่มีลักษณะเป็นการให้น้ำแก่พืชด้วยอัตราการไหลน้อยๆ ให้น้ำบ่อยๆ การส่งน้ำผ่านระบบทำด้วยค่าความดันไม่สูงมาก ตำแหน่งที่ปล่อยน้ำให้กับต้นพืชจะอยู่บริเวณเขตรากโดยอาจเป็นบนผิวดินหรือใต้ผิวดินก็ได้ พื้นที่เปียกน้ำอันเนื่องมาจากหัวจ่ายน้ำครอบคลุมพื้นที่ไม่กว้างมากไปกว่าเขตทรงพุ่มของต้นพืช ระบบให้น้ำแก่พืชที่มีลักษณะดังกล่าวข้างต้นจะถือว่าเป็นระบบชลประทานแบบไมโคร (Micro Irrigation Systems) ในปัจจุบันที่ใช้อยู่มี 2 ประเภทขึ้นอยู่กับชนิดของหัวจ่ายน้ำที่ใช้ คือ

ระบบน้ำหยด (Drip or Trickle Irrigation System)

ระบบไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์ (Micro-sprinkler and Spray)

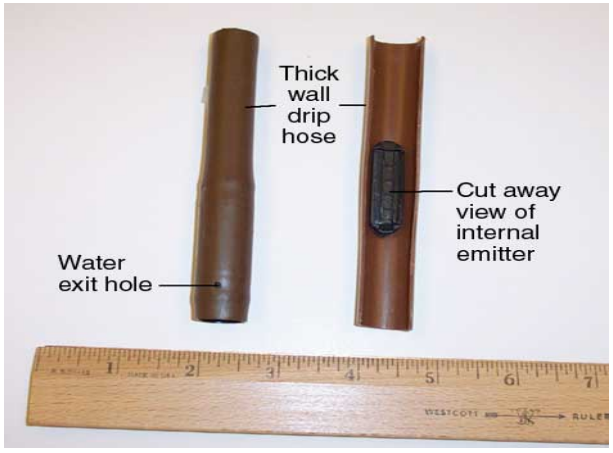
ระบบให้น้ำแบบ Bubbler

1.1.1 ระบบน้ำหยด เป็นระบบให้น้ำแก่ต้นพืชโดยอาศัยอุปกรณ์หัวจ่ายน้ำซึ่งออกแบบให้ปล่อยน้ำออกมาเป็นหยดน้ำทีละหยดอย่างต่อเนื่อง หัวจ่ายน้ำแบบหยดเมื่อพิจารณาตามลักษณะการติดตั้งของหัวจ่ายน้ำที่ติดอยู่กับท่อส่งน้ำ แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือแบบติดตั้งให้ติดกับผิวท่อด้านนอก (Pointsource) และแบบติดตั้งไว้ภายในท่อหรือเป็นส่วนหนึ่งของท่อส่งน้ำไปเลย (Linesource)

แบบติดตั้งกับผิวท่อด้านนอก (Pointsource) การติดตั้งหัวจ่ายลักษณะแบบนี้ผู้ออกแบบติดตั้งสามารถเลือกกำหนดตำแหน่งของหัวจ่ายได้ตามความเหมาะสมโดยการนำเอาหัวจ่ายมาเจาะยึดติดกับผิวด้านนอกของท่อส่งน้ำ หัวน้ำหยดชนิดนี้มีลักษณะสลายพลังงานการไหลของน้ำโดยการให้น้ำไหลในทางแคบเป็นระยะทางไกลและให้มีการไหลเป็นเกลียวก่อนที่จะพุ่งออกมาสู่อากาศภายนอก หัวน้ำหยดชนิดนี้สามารถลดความดันน้ำที่มีค่าสูงบริเวณต้นทางจนกระทั่งมีค่าเกือบเป็นศูนย์ที่บริเวณปลายทางออกของหัวปล่อยน้ำ หัวน้ำหยดชนิดนี้บางรุ่นสามารถถอดออกเพื่อทำความสะอาดได้ โดยทั่วๆไปหัวน้ำหยดชนิดนี้จะให้อัตราการให้น้ำระหว่าง 0.50 — 2.0 ลูกบาศก์เมตร ต่อ ชั่วโมง

แบบติดตั้งไว้ภายในท่อหรือเป็นส่วนหนึ่งของท่อส่งน้ำ(Linesource) หัวน้ำหยดชนิดนี้เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถวซึ่งมีระยะไม่ห่างกันมาก หัวน้ำหยดชนิดนี้มี 2 ประเภทคือแบบผนังท่อบางและหนา (thin wall drip line and thick wall drip hose) แบบผนังท่อบางเป็นการนำเอาหัวจ่ายที่หล่อไปพร้อมกับผนังท่อบริเวณด้านในหรือนำมาติดด้วยกาวกับผนังท่อด้านใน ท่อสำหรับหัวน้ำหยดชนิดนี้มีหลายขนาดด้วยกันรวมทั้งมีความหนาของผนังท่ออยู่หลายขนาด ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายและอัตราการจ่ายน้ำที่ต่างกันไป

สำหรับแบบผนังท่อหนานั้นเป็นการพัฒนาจากแบบท่อผนังบางเพื่อให้เกิดความแข็งแรงขึ้น หัวจ่ายน้ำจะทำการหล่อติดหรือนำมาติดด้วยกาวไว้ที่ผนังด้านในของท่อ แบบนี้จะมีความทนทานต่อการใช้งานมากขึ้นเนื่องจากผนังท่อมีความหนามากกว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจะเหมือนกับแบบผนังท่อบาง ที่แตกต่างไปจากแบบท่อผนังบางก็คือระยะห่างระหว่างหัวจ่ายจะมีค่า



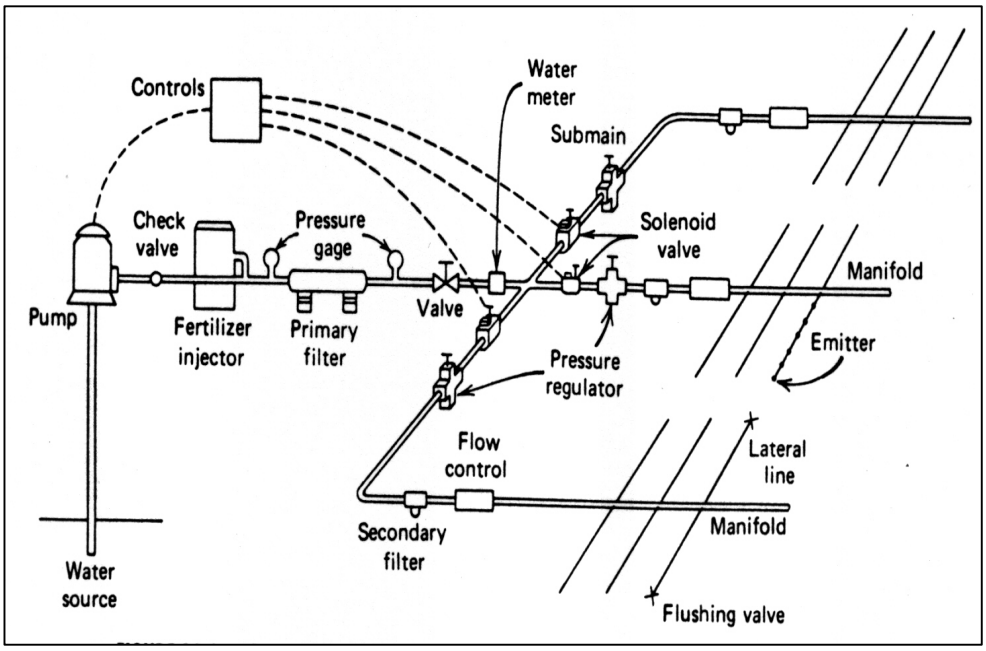
ภาพที่ 1-1 หัวน้ำหยดแบบติดตั้งภายในท่อผนังหนา

มากกว่าแบบผนังบางและจะรองรับแรงดันการส่งน้ำที่สูงกว่าแบบผนังบาง ท่อน้ำหยดชนิดนี้นิยมวางบนผิวดินและทำการม้วนเก็บเมื่อสิ้นสุดฤดูกาลเก็บเกี่ยว

1.1.2 ระบบไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์ ระบบให้น้ำแบบนี้มีชื่อเรียกตามลักษณะของหัวจ่ายน้ำที่จ่ายน้ำออกมาโดยการฉีดพ่นน้ำเป็นฝอยหรือละอองออกมาข้างนอก และจากรูปแบบที่ถูกกำหนดไว้ว่าน้ำที่ถูกพ่นออกมาจะมีรูปร่างต่างๆกัน ทำให้มีการเรียกหัวจ่ายน้ำต่างๆกันออกไปอีกเช่น มินิสเปรย์ ไมโครสเปรย์ เจ็ท และแบบหัวปั่น (Spinners)

1.2 ส่วนประกอบของระบบชลประทานแบบไมโคร

ในระบบการชลประทานแบบไมโครนั้น มีส่วนประกอบที่ทุกระบบต้องมีเหมือนกัน ดังนี้ (ภาพที่1-2)



ภาพที่ 1-2 ส่วนประกอบของระบบชลประทานแบบไมโคร

1) เครื่องสูบน้ำ

2) ตัวกรอง (Filter)

3) ท่อและอุปกรณ์ประกอบเช่นข้อต่อ ข้องอ ข้อลด/ขยาย ท่อแยกต่าง ๆ

4) อุปกรณ์ควบคุม เช่นวาล์วประเภทต่าง ๆ

5) หัวจ่ายน้ำ (Emitters)

6) ชุดควบคุม (Controller) (กรณีเป็นระบบอัตโนมัติ)

1.3 วัตถุประสงค์การประเมินผลการทำงานของระบบ

เมื่อมีการติดตั้งระบบเป็นที่เรียบร้อยแล้วและมีการใช้งานระบบเพื่อทำการให้น้ำแก่แปลงเพาะปลูก จำเป็นต้องมีการติดตาม(Monitoring) และประเมินผล (Evaluation) การทำหน้าที่ของระบบให้น้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

-ให้ทราบว่าระบบชลประทานที่กำลังใช้งานอยู่นั้นมีการทำงานเป็นไปตามเงื่อนไขการออกแบบที่ต้องการ

-ทราบถึงความผิดปรกติของระบบและสาเหตุเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

-ลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นแก่ตัวระบบในเชิงเทคนิคกรณีระบบทำงานผิดปรกติและ

-เป็นการช่วยให้ผลผลิตที่จะได้จากการเพาะปลูกเป็นไปตามที่ต้องการ

เพื่อให้ทราบลักษณะการทำงานของระบบชลประทานแบบไมโคร จะทำการตรวจวัดผลการทำงานของระบบ 4 ชนิดด้วยกัน คือ

1. ตรวจวัดค่าความดันใช้งานของระบบ (Operating Pressure)

2. ตรวจวัดค่าอัตราการไหลที่ได้จากหัวจ่าย (Application Rate)

3. ตรวจวัดค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Water Application Uniformity)

4. ตรวจวัดประสิทธิภาพการให้น้ำ (Water Application Efficiency)

ผลการทำงานของระบบชลประทานแบบไมโครทั้ง 4 ชนิดข้างต้นล้วนมีความสัมพันธ์กัน การวัดค่าอย่างใดอย่างหนึ่งจะสามารถนำไปใช้ประเมินค่าอีกอย่างหนึ่งได้ แต่อาจไม่สามารถบ่งบอกถึงต้นเหตุที่มาของปัญหานั้น ๆได้ทั้งหมด ดังนั้นบางครั้งจึงมีความจำเป็นต้องตรวจวัดค่าหลายค่าในสนาม ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป อย่างไรก็ตามเนื่องจากระบบการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ มีวิธีการตรวจวัดและประเมินผลการทำงานบางอย่างเหมือนกับระบบการชลประทานแบบไมโคร ดังนั้นในบางหัวข้อจะมีการกล่าวถึงการประเมินผลการทำงานของระบบให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ควบคู่ไปด้วย

บทที่ 2.การประเมินผลการทำงานของระบบชลประทานแบบไมโครในสนาม

(Field Evaluation of Micro irrigation System Performance)

การประเมินผลการทำงานของระบบชลประทานแบบไมโครในสนาม จะมีการวัดผลการทำงานของระบบ 4 อย่างดังได้กล่าวไปแล้ว คือ ค่าความดันใช้งาน (Operating Pressure) อัตราการให้น้ำ (Application Rate) ค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Uniformity) และประสิทธิภาพการให้น้ำ(Efficiency) การประเมินผลเหล่านี้ควรทำอย่างน้อยปีละครั้งเพื่อติดตามผลการทำงานของระบบ และจะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบเพื่อที่จะได้ทำการบำรุงรักษาต่อไป

2.1 การวัดค่าความดันใช้งาน (Measuring of Operating Pressure)

ระบบชลประทานแบบไมโครที่ออกแบบและติดตั้งไว้อย่างดีจะมีการติดตั้งอุปกรณ์วัดความดันไว้ตามจุดที่สำคัญในระบบ เช่นบริเวณจุดออกจากเครื่องสูบน้ำ บริเวณจุด 2 จุดทั้งด้านขาเข้าและขาออกจากเครื่องกรอง และบริเวณจุดต้นทางในแต่ละโซนของพื้นที่ให้น้ำ การตรวจวัดค่าความดันจะใช้เป็นข้อมูลติดตามดูความผิดปรกติของระบบได้ ยกตัวอย่างเช่น ความดันต่ำของระบบอาจเกิดการผิดปรกติที่เครื่องสูบน้ำ ได้แก่เครื่องสูบน้ำมีการสึกหรอ ความเร็วรอบของใบพัดต่ำเกินไป ระดับน้ำของแหล่งน้ำลดลงมาก หรืออาจเกิดจากการผิดปรกติขึ้นภายในระบบเช่นท่อแตก มีการให้น้ำพร้อม ๆกันในหลาย ๆโซน เป็นต้น

2.1.1) การวัดค่าความดันใช้งานของระบบสปริงเกลอร์

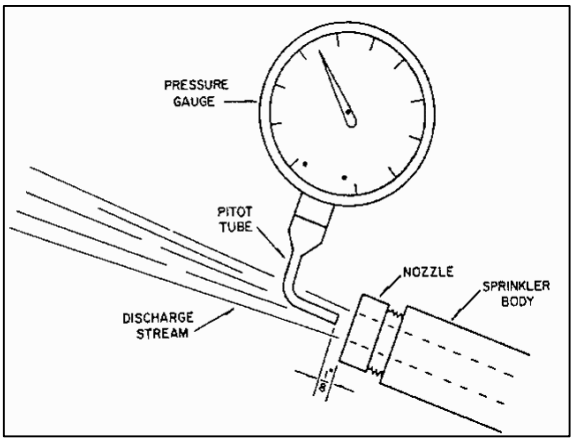
ในการจ่ายน้ำจากหัวฉีดของระบบสปริงเกลอร์ หากความดันมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ขนาดของเม็ดน้ำที่ออกจากหัวฉีดมีค่าเล็กลง (เป็นฝอยมากขึ้น) เกิดสภาพเป็นหมอก การหมุนของหัวฉีดจะผิดปรกติ บริเวณพื้นที่ใกล้กับหัวฉีดจะได้รับปริมาณน้ำสูงกว่าบริเวณอื่น ในขณะเดียวกันหากความดันต่ำเกินไปรูปแบบการเปียกน้ำของพื้นที่จะมีลักษณะเป็นรูปโดนัท (วงแหวน) กล่าวคือ บริเวณใกล้กับหัวฉีดน้ำจะได้รับน้ำน้อย จะเห็นว่าหากความดันใช้งานของระบบมีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าความดันที่บริษัทผู้ผลิตออกแบบไว้ จะส่งผลต่อความสม่ำเสมอในการให้น้ำขึ้นทันที

การตรวจสอบค่าความดันของระบบควรกระทำเป็นระยะ โดยการใช้มาตรวัดความดันที่ต่อด้วยท่อขนาดเล็ก (Pitot Tube) แล้วทำการเสียบวัดความดันที่หัวฉีดน้ำ (Nozzle) โดยให้ปลายท่อของมาตรวัดอยู่ห่างจากปลายของหัวฉีดประมาณ 1/8 นิ้ว (ดังภาพที่ 2-1) ปรับตำแหน่งของมาตรวัดจนกระทั่งค่าความดันที่อ่านได้ให้ค่ามากสุด จึงทำการอ่านค่าความดันที่ได้นั้น

2.1.2) การวัดค่าความดันใช้งานของระบบชลประทานแบบไมโคร

การตรวจวัดค่าความดันใช้งานในระบบชลประทานแบบไมโคร กระทำคล้ายกับระบบสปริงเกลอร์โดยใช้มาตรวัดความดันที่ต่อด้วยท่อชนิดอ่อนซึ่งมีข้อต่อพร้อมที่จะไปต่อเชื่อมกับหัวจ่ายน้ำ (Emitter) การติดตั้งมาตรวัดความดันเพื่อใช้วัดที่หัวจ่ายน้ำหัวใดหัวหนึ่งจะไม่ส่งผลต่ออัตราการจ่ายน้ำหรือความดันในเส้นท่อสายซอยเส้นนั้นหากท่อเส้นนั้นมีหัวจ่ายน้ำติดตั้งอยู่

มากกว่า 10 หัวขึ้นไป อย่างไรก็ตามมีมาตรวัดความดันบางแบบซึ่งผู้ผลิตออกแบบให้มีท่อที่มีลักษณะแหลมเหมือนเข็มสามารถแทงเจาะเข้าไปวัดความดันในเส้นท่อได้เลย วิธีนี้เหมาะสำหรับท่อที่มีผนังท่อไม่แข็ง



ภาพที่ 2-1 การวัดค่าความดันใช้งานที่หัวสปริงเกลอร์

มากและมีความหนาของผนังท่ออย่างน้อย 0.04 นิ้ว วิธีนี้เมื่อทำการดึงมาตรวัดออกผนังท่อจะปิดทำให้น้ำไม่รั่วซึมออกมา นอกจากนี้แนะนำให้ทำการวัดค่าความดันบริเวณต้นท่อและปลายท่อเพื่อตรวจสอบค่าความดันที่สูญเสียในช่วงความยาวท่อสายนั้น

2.2 การวัดค่าอัตราการจ่ายน้ำ (Measuring of Application Rate)

การที่จะกำหนดเวลาในการให้น้ำ จำเป็นต้องทราบอัตราการจ่ายน้ำของหัวจ่ายน้ำ การตรวจวัดอัตราการจ่ายน้ำที่แท้จริงในสนามอยู่เป็นประจำจึงมีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการเพื่อตรวจสอบว่าการจ่ายน้ำมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ ทั้งนี้การตรวจวัดอัตราการจ่ายน้ำควรกระทำฤดูกาลละหนึ่งครั้งเป็นอย่างน้อย

2.2.1 การวัดค่าอัตราการจ่ายน้ำของระบบสปริงเกลอร์

อัตราการจ่ายน้ำจากหัวฉีดน้ำของระบบสปริงเกลอร์ระบุเป็นค่าความลึก(นิ้ว หรือ มม.) ต่อ เวลา (ชั่วโมง) ซึ่งหมายถึงความลึกของน้ำที่พื้นที่รับน้ำนั้นจะได้รับในช่วงเวลาหนึ่ง เทคนิคการตรวจวัดอัตราการจ่ายน้ำในระบบสปริงเกลอร์ทำได้ 3 วิธีคือ

-วัดปริมาณน้ำทั้งหมดที่จ่ายเข้าสู่พื้นที่ให้น้ำพื้นที่ใด ๆแล้วคำนวณอัตราการจ่ายน้ำโดยคิดตามพื้นที่

-วัดอัตราการไหลเฉลี่ยแล้วคิดเป็นค่าอัตราการจ่ายน้ำบนพื้นที่ที่ได้รับน้ำจากแต่ละหัวจ่ายน้ำ

-วัดอัตราการจ่ายน้ำโดยตรงจากหัวจ่ายน้ำโดยใช้กระป๋องวัดปริมาณน้ำที่ออกมาจากหัวจ่าย

ก. วิธีวัดปริมาณน้ำทั้งหมดที่จ่ายเข้าสู่พื้นที่ให้น้ำพื้นที่ใด ๆ

วิธีนี้ทำโดยการติดตั้งมาตรวัดปริมาณน้ำไว้ที่จุดทางเข้าของแต่ละพื้นที่ให้น้ำ (Irrigation Zone) เมื่อทราบอัตราการไหล (Flow Rate) ที่จ่ายเข้าสู่พื้นที่โซนหนึ่งโซนใดแล้ว ทำการแปลงค่าเป็นปริมาณน้ำที่พื้นที่นั้นจะได้รับในรูปของความลึกต่อหน่วยเวลา ได้โดย

อัตราการจ่ายน้ำ = อัตราการไหลเข้าสู่พื้นที่ ÷ ขนาดของพื้นที่ให้น้ำ

ตัวอย่าง สมมติระบบสปริงเกลอร์ระบบหนึ่งแบ่งพื้นที่ให้น้ำออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่ง (หรือโซนหนึ่ง) มีขนาดเป็น 5 ไร่ วัดอัตราการไหลเข้าสู่พื้นที่ได้เท่ากับ 45 ลบ.เมตร ต่อ ชม. จงคำนวณเป็นค่าอัตราการจ่ายน้ำซึ่งพื้นที่นี้จะได้รับในหน่วย นิ้ว ต่อ ชม.

วิธีทำ

พื้นที่ 5 ไร่ = 8000 ตร.ม.
อัตราการไหลเข้าพื้นที่ = 45 ลบ.ม.ต่อ ชม.
อัตราการจ่ายน้ำ = 45 ÷ 8000
= 0.00056 ม.ต่อ ชม.
= 0.22 นิ้ว ต่อ ชม.

ข. วัดอัตราการไหลเฉลี่ยแล้วคิดเป็นค่าอัตราการจ่ายน้ำบนพื้นที่ที่ได้รับน้ำจากแต่ละหัวจ่ายน้ำ

โดยปรกติหัวสปริงเกลอร์จะถูกวางไว้เป็นกริดขนาดกว้าง x ยาว เมื่อทราบอัตราการจ่ายน้ำจากหัวสปริงเกลอร์แต่ละหัว แล้วหารด้วยพื้นที่กริด จะได้เป็นอัตราการจ่ายน้ำ หรือ

อัตราการจ่ายน้ำ (ความลึกต่อ เวลา) = อัตราการจ่ายน้ำจากหัวสปริงเกลอร์ 1 หัว (ปริมาตร ต่อ เวลา) ÷ ขนาดพื้นที่กริด

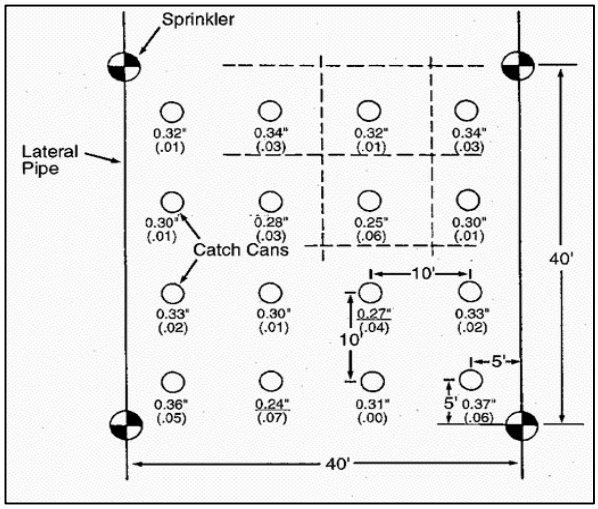
ตัวอย่าง ระยะห่างของหัวสปริงเกลอร์ มีระยะเป็น 9 x 9 ตร.ม. อัตราการจ่ายน้ำจากหัวเท่ากับ 0.68 ลบ.ม.ต่อ ชม. จงหาอัตราการจ่ายน้ำที่ได้จากหัวสปริงเกลอร์นี้ในหน่วยความลึก ต่อ เวลา

วิธีทำ

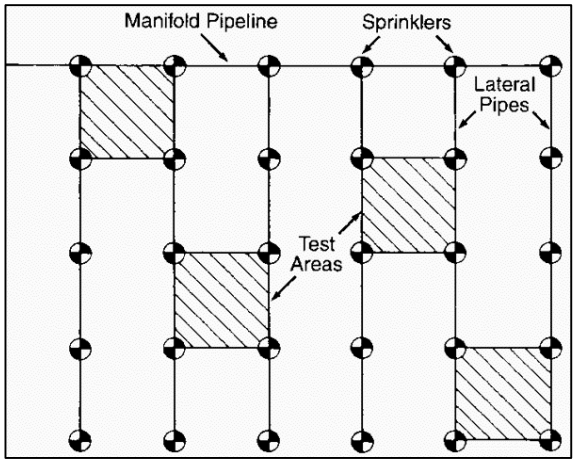
อัตราการจ่ายน้ำจากหัวฉีด = 0.68 ลบ.ม.ต่อ ชม.
พื้นที่ที่หัวฉีด 1 หัวจ่ายน้ำให้ = 81 ตร.ม.
อัตราการจ่ายน้ำ(นิ้ว ต่อ ชม.) = (0.68 x 100) ÷ (81 x 2.54)
= 0.33 นิ้ว ต่อ ชม.

ค. วัดอัตราการจ่ายน้ำโดยตรงจากหัวจ่ายน้ำ

วิธีนี้ทำโดยใช้กระป๋อง (Catch Cans) ไปวางรองรับปริมาณน้ำที่จ่ายออกมาจากหัวฉีด ค่าอัตราการจ่ายน้ำที่ได้จากหัวจ่ายมีค่าเท่ากับค่าความลึกเฉลี่ยของปริมาณน้ำจากกระป๋องเก็บน้ำ ในช่วงเวลาที่ทำการวัดน้ำนั้น มีคำแนะนำสำหรับจำนวนกระป๋องที่เก็บน้ำควรจะมีจำนวน 16 – 24 ใบ การวางตำแหน่งของกระป๋องวัดน้ำเป็นไปตามรูปแบบแสดงตามภาพที่ 3 โดยกระป๋องต้องวางให้เป็นกริดที่มีขนาดเหมือนกันทั้งพื้นที่วัด กระป๋องควรมีรูปร่างและขนาดที่เท่ากัน วางในตำแหน่งที่ไม่มีหญ้าหรือสิ่งอื่นบดบัง และควรวางอยู่บนผิวดิน แต่ในกรณีมีต้นพืชควรวางให้อยู่เหนือต้นพืชนั้น สำหรับตำแหน่งการวัดควรกระทำซ้ำ ๆในหลายจุดของพื้นที่ให้น้ำ (พื้นที่แรเงา) ตามภาพที่ 4



ภาพที่ 2-3 ลักษณะการวางกระป๋องเพื่อวัดน้ำจากหัวฉีด



ภาพที่ 2-4 ตำแหน่งที่จะทำการสุ่มวัดอัตราการจ่ายน้ำจากหัวฉีด

ตัวอย่าง จากภาพที่ 2-3 เป็นค่าปริมาณน้ำที่วัดได้จากหัวสปริงเกลอร์ เมื่อต้องการคิดเป็นค่าอัตราการจ่ายน้ำ ทำได้โดยหาค่าเฉลี่ยความลึกน้ำ แล้วหารด้วยเวลาที่ทดลองเก็บปริมาณน้ำ สมมติตามตัวอย่างนี้ เวลาเก็บข้อมูลเท่ากับ 1 ชม.

อัตราการจ่ายน้ำ จากหัวจ่าย เท่ากับ

(0.32+0.34+0.32+0.34+0.30+0.28+0.25+0.30+0.33+0.30+0.27+0.33+0.36+0.24+ 0.31+0.37) ÷ (16 x 1) = 0.31 นิ้ว ต่อ ชม.

2.2.2 การวัดค่าอัตราการจ่ายน้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร

ลักษณะการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร มีลักษณะการจ่ายน้ำจากหัวจ่ายน้ำเป็นจุด ๆแยกออกจากกัน (ไม่เปียกทั่วทั้งพื้นที่เหมือนได้รับจากหัวฉีดของระบบสปริงเกลอร์) ด้วยลักษณะอย่างนี้ทำให้การวัดอัตราการจ่ายน้ำ (Discharge Rate) จากหัวจ่าย (Emitter) แต่ละหัวในรูปของหน่วยปริมาตร ต่อ เวลา ทำได้ง่ายกว่าการวัดอัตราการให้น้ำ (Application Rate) ในหน่วย ความลึก ต่อ เวลา เหมือนในระบบสปริงเกลอร์ ประโยชน์ที่ได้จากการทราบอัตราการจ่ายน้ำของหัวจ่ายจะนำมาใช้ในการกำหนดการให้น้ำและจัดการให้น้ำ วิธีการวัดอัตราการจ่ายน้ำจากหัวจ่ายคล้ายกับการวัดอัตราการให้น้ำจากหัวสปริงเกลอร์ กล่าวคือ

-วัดปริมาณน้ำที่ถูกจ่ายเข้าสู่โซนให้น้ำ จากนั้นนำเอาจำนวนหัวจ่ายทั้งหมดในโซนให้น้ำที่กำลังพิจารณาไปหาร จะได้อัตราการจ่ายน้ำจากหัวจ่าย

ยกตัวอย่างเช่น ขณะกำลังทำการให้น้ำกับพื้นที่โซน A ซึ่งมีจำนวนหัวแบบมินิสเปรย์ติดตั้งอยู่ทั้งหมด 200 หัว ทำการวัดอัตราการไหลที่ต้นทางของโซนให้น้ำได้เท่ากับ 18 ลบ.ม. ต่อชั่วโมง อัตราการจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวมินิสเปรย์ในโซนนี้มีค่าเท่ากับ

= (18 ลบ.ม.ต่อ ชม.) ÷ 200 หัว

= 0.09 ลบ.ม. ต่อ ชม.

= 90 ลิตร ต่อ ชม.

-โดยการสุ่มวัดปริมาตรน้ำจากหัวจ่าย แล้วหารด้วยเวลาที่ทำการวัดน้ำ ยกตัวอย่างเช่น จากพื้นที่ให้น้ำของโซน A ทำการสุ่มตรวจวัดอัตราการจ่ายน้ำจากการวัดปริมาตรและจับเวลาจากหัวมินิสเปรย์ 20 หัว ได้ข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2-1 ตัวอย่างการตรวจวัดปริมาตรน้ำจากระบบชลประทานแบบไมโคร

หัวจ่ายที่	ปริมาตรที่วัดได้ (ลิตร)	เวลาที่ใช้วัด (นาที)	อัตราการจ่ายน้ำ (ลิตร ต่อ ชม.)
1	4.0	5	48.0
2	5.0	5	60.0
3	4.0	5	48.0
4	4.5	5	54.0
5	4.5	5	54.0
6	4.2	5	50.4
7	4.1	5	49.2
8	4.3	5	51.6
9	3.9	5	46.8
10	4.0	5	48.0
11	3.9	5	46.8
12	4.1	5	49.2
13	4.2	5	50.4
14	4.3	5	51.6
15	4.6	5	55.2
16	4.4	5	52.8
17	4.2	5	50.4
18	4.0	5	48.0
19	4.0	5	48.0
20	4.0	5	48.0
เฉลี่ย			50.52

2.3 การประเมินค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Uniformity)

2.3.1.นิยามของความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ หมายถึง การที่ทั่วทั้งพื้นที่ที่มีการให้น้ำด้วยระบบชลประทานใดๆ ได้รับปริมาณน้ำในอัตราที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด หากแต่ละจุดได้รับปริมาณน้ำที่มีค่าแตกต่างกันไป สภาพอย่างนี้ถือว่ามีความสม่ำเสมอในการให้น้ำไม่ดี หรืออาจเรียกว่า ไม่สม่ำเสมอ

เนื่องจากในการให้น้ำด้วยระบบชลประทานแบบไมโคร พื้นที่จะได้รับน้ำในลักษณะแยกกันเฉพาะแห่งตามบริเวณที่มีหัวปล่อยน้ำ (Emitters) ติดตั้งอยู่เท่านั้น ทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบว่าแต่ละแห่งได้รับน้ำเท่าไรแล้วนำไปเปรียบเทียบกันเพื่อดูความสม่ำเสมอ ต่างจากการให้น้ำแบบผิวดิน (Surface Irrigation)ที่มีลักษณะเปียกน้ำทั่วทั้งพื้นที่และให้น้ำหลากไปบนผิวดิน ทำให้มีความยุ่งยากต่อการตรวจสอบความสม่ำเสมอในการให้น้ำเพิ่มขึ้น

จะเห็นว่าเมื่อมีการให้น้ำไม่ว่าจะเป็นระบบชลประทานแบบไมโครหรือแบบผิวดินก็ตาม การจะดูว่าการให้น้ำมีความสม่ำเสมอมากน้อยอย่างไร สามารถหาได้จากการตรวจสอบปริมาณน้ำที่ได้รับในแต่ละจุดแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน หากแตกต่างกันมากก็แสดงว่าความสม่ำเสมอไม่ดี ในขณะเดียวกันหากแต่ละจุดได้รับปริมาณน้ำที่ใกล้เคียงกัน แสดงว่ามีความสม่ำเสมอดีนั่นเอง

2.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

ในการให้น้ำแก่พืชโดยใช้ระบบสปริงเกลอร์ (Sprinkler) ความสม่ำเสมอ จะมีค่าสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังนี้

1. ขนาดท่อที่เลือกใช้ ทั้งท่อสายประธาน(Main) ประธานย่อย (Submain or Manifold) หรือสายซอย (Lateral) ขนาดท่อที่ใช้หากออกแบบไว้ไม่เหมาะสมเช่นเล็กไปหรือใหญ่ไป จะมีผลต่อความดันน้ำภายในท่อนั้นและส่งผลต่อเนื่องไปยังปริมาณน้ำที่จะถูกจ่ายออกไปยังหัวจ่ายน้ำ ตรงไหนที่มีความดันมาก จะมีปริมาณน้ำออกมากเช่นเดียวกันหากจุดไหนมีแรงดันน้อยอัตราการจ่ายน้ำจากหัวจ่ายจะน้อยตามมา ดังนั้นผู้ออกแบบจำเป็นต้องเลือกขนาดท่อให้สอดคล้องกันทั้งระบบเพื่อให้ความดันน้ำแต่ละจุดภายในท่อมีขนาดที่ไม่แตกต่างกันมากเกินไป

2. การเลือกหัวจ่ายน้ำและความดันใช้งานที่ไม่เหมาะสม การเลือกหัวจ่ายน้ำที่มีขนาดและค่าความดันใช้งาน(Working Pressure) ซึ่งไม่สอดคล้องกับความดันที่มีอยู่ในระบบ จะทำให้ได้อัตราการจ่ายน้ำไม่เป็นไปตามที่ต้องการดังที่บริษัทผู้ผลิตระบุไว้

3. การกำหนดระยะห่างระหว่างหัวฉีดน้ำ (Nozzle) การกำหนดระยะห่างระหว่างหัวฉีดน้ำมีผลต่อการทับซ้อนกัน (Overlap) ของพื้นที่เปียกน้ำ หากวางห่างมากเกินไปการซ้อนทับกันของพื้นที่เปียกน้ำจะน้อยทำให้ปริมาณน้ำที่ได้รับบริเวณดังกล่าวน้อยลง

4. อิทธิพลจากลม เมื่อมีกระแสลมพัด เม็ดน้ำที่ถูกปล่อยออกมาจากหัวฉีดน้ำจะถูกพัดพาให้ไปตกบริเวณด้านท้ายของกระแสลม ทำให้บริเวณดังกล่าวได้รับน้ำมาก และบริเวณด้านเหนือลมได้รับน้ำน้อยลง

5. เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของระบบให้น้ำ เช่นเกิดการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ การทำงานของอุปกรณ์ควบคุมความดันเปลี่ยนไป เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงของอุปกรณ์เหล่านี้ส่งผลต่ออัตราการจ่ายน้ำในแต่ละจุดหรือในแต่ละเส้นท่อที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เหล่านั้นทำให้ได้อัตราการจ่ายน้ำที่แตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณของพื้นที่ให้น้ำ

สำหรับการให้น้ำแก่พืชแบบน้ำหยด (Drip or Trickle) ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ จะมีค่าสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังนี้

1. การเลือกขนาดท่อที่ไม่เหมาะสม

2. การเลือกขนาดหัวจ่ายน้ำ(Emitter) ที่ไม่เหมาะสม

3. การเกิดการอุดตันที่หัวจ่ายน้ำ ความมากน้อยต่างกันของการเกิดการอุดตันของหัวจ่ายน้ำจะทำให้ความสามารถในการจ่ายน้ำแตกต่างกัน

4. หัวจ่ายน้ำเสื่อมสภาพไปตามอายุการใช้งาน ทำให้เกิดความแตกต่างกันของปริมาณน้ำที่จ่ายออกมา

5. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของระบบเช่นที่เครื่องสูบน้ำ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของอุปกรณ์ควบคุมความดัน เป็นต้น

2.3.3 วิธีการตรวจสอบค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำโดยระบบสปริงเกลอร์

การตรวจวัดในสนามทำได้โดยวัดน้ำที่ปล่อยจากหัวจ่ายน้ำโดยใช้กระป๋อง (Cans) เป็นภาชนะรับน้ำ วิธีนี้จะใช้สำหรับระบบสปริงเกลอร์ประเภทติดตั้งตายตัว โดยปรกติจะดำเนินการทดสอบในขณะที่ไม่มีลมหรือความเร็วลมน้อยมาก ขั้นตอนและวิธีการทดสอบในสนาม มีดังนี้

1.การทดสอบอาจเลือกทดสอบกับท่อสายซอยเพียง 1 สาย (ภาพที่ 2-5) หรือหัวสปริงเกลอร์เพียง 1 หัว (ภาพที่ 2-6) กรณีเลือกทดสอบกับท่อสายซอย 1 สาย จะกำหนดให้ครอบคลุมหัวสปริงเกลอร์ 4 หัว

2.เลือกบริเวณซึ่งพื้นที่ราบเรียบ อยู่ในแนวระดับไม่ลาดเอียง

3.บริเวณดังกล่าวมีสภาพการระบายน้ำที่ดี

4.ท่อสายซอยที่เลือกทดสอบควรอยู่บริเวณตรงกลางของพื้นที่

5.บริเวณต้นท่อเส้นที่จะทดลองควรมีการติดตั้งวาล์วและมาตรวัดความดันหรือวาล์วควบคุมความดันเพื่อใช้ควบคุมความดันในเส้นท่อขณะกำลังทำการวัด

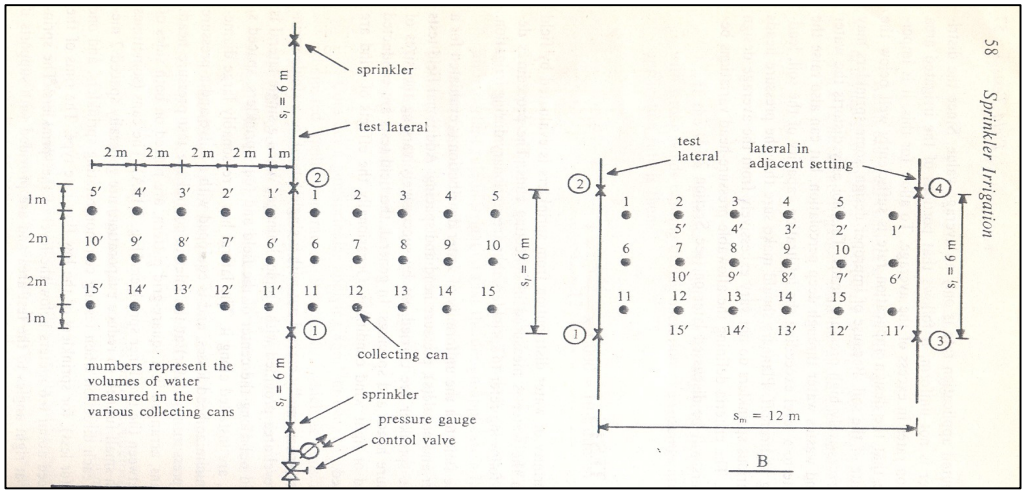
6.ในกรณีตรวจสอบกับท่อสายซอย 1 สายและหัวฉีดน้ำเป็นประเภทหมุนได้ขณะฉีดน้ำ (rotating sprinkler) กระป๋องวัดน้ำจะจัดวางเป็นลักษณะกริดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 2 x 2 ตารางเมตรหรือแคบกว่า ทั้ง 2 ฝั่งของท่อสายซอยนั้น โดยให้อยู่ภายในแนวของหัวสปริงเกลอร์ 2 หัวใน (ดูภาพที่ 5) สำหรับหัวฉีดประเภทอัตราการให้น้ำต่ำ วางเป็นกริดสี่เหลี่ยมขนาด 1x 1 ตร.ม. หรือแคบกว่า

7.ระยะเวลาของการทดสอบควรนานพอที่จะทำให้กระป๋องเก็บปริมาณน้ำได้มากพอที่จะทำการวัดปริมาตรได้อย่างถูกต้อง โดยทั่วไปจะใช้เวลา 2 ชั่วโมง

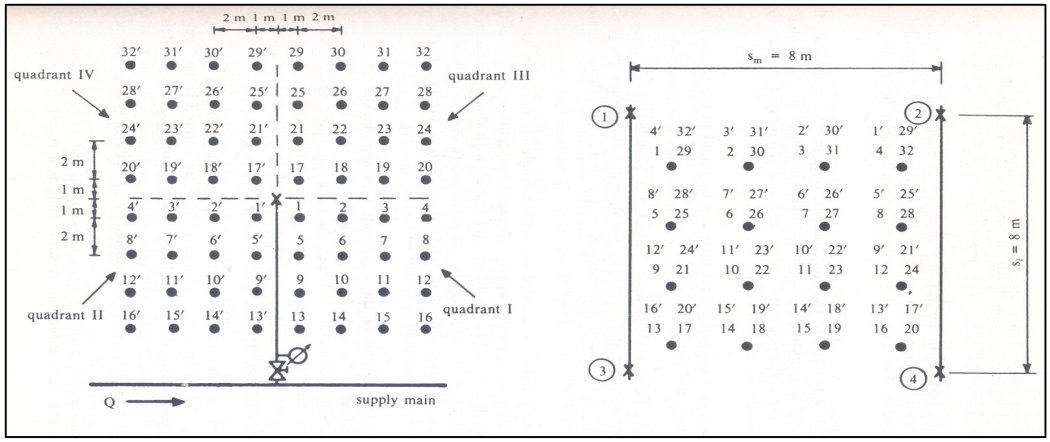
8.ควรเลือกทดสอบในช่วงเวลาที่ไม่มีลมพัดหรือขณะมีความเร็วลมน้อยมาก(ช่วงเช้าหรือบ่ายมาก ๆ)

9.กรณีทดสอบกับหัวสปริงเกลอร์ 1 หัว ตำแหน่งของหัวสปริงเกลอร์ที่จะทดสอบจะอยู่กึ่งกลางของบรรดากระป๋องวัดน้ำทั้งหลาย กระป๋องจะวางในลักษณะเป็นรูปกริดสี่เหลี่ยม (ภาพที่ 6)

10.ข้อมูลปริมาณน้ำในแต่ละกระป๋องวัด ที่จะนำมาคำนวณค่าความสม่ำเสมอจะวัดออกมาในหน่วยปริมาตร ค่าความสม่ำเสมอของการให้น้ำที่หามาได้จะเป็นตัวแทนของหัวจ่ายน้ำที่ครอบคลุมพื้นที่ระหว่างระยะห่างหัวสปริงเกลอร์ กับ ระยะห่างของท่อสายซอย (S_m x S_l)



ภาพที่ 2-5 การวัดอัตราการไหลโดยเลือกเส้นท่อ 1 สาย



ภาพที่ 2-6 การวัดอัตราการไหลโดยเลือกวัดหัวจ่ายน้ำ 1 หัว

2.3.4 การคำนวณค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำโดยระบบสปริงเกลอร์

ค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำโดยระบบสปริงเกลอร์ บ่งบอกได้จาก 2 ค่าคือค่าความสม่ำเสมอการกระจายน้ำ (Distribution Uniformity , DU) และค่าสัมประสิทธ์ความสม่ำเสมอของ Christiansen (Christiansen ‘s Uniformity Coefficient , CU) ทั้งนี้แต่ละค่ามีสูตรการคำนวณดังนี้

1) ค่าความสม่ำเสมอการกระจายน้ำ (DU) หน่วยเป็นเปอร์เซนต์

DU = (ค่าเฉลี่ยของความลึกที่มีค่าต่ำจำนวน 1ใน 4 ของค่าทั้งหมดที่ตรวจวัดมา) ÷ (ค่าเฉลี่ยของความลึกทั้งหมด) X 100

หรือ $$DU = \frac{\bar{d}_{lq}}{\bar{d}}100 \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ $\bar{d}_{lq}$ = ค่าเฉลี่ยของความลึกน้ำที่มีค่าต่ำ จำนวน 1ใน 4 ค่า

$\bar{d}$ = ค่าเฉลี่ยจากค่าความลึกน้ำทั้งหมด

2) ค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอของ Christiansen (CU)(Christiansen,1942) หน่วยเป็นเปอร์เซนต์

CU = (1- ค่าเฉลี่ยของผลต่างของความลึกแต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย÷ค่าเฉลี่ยของความลึก)100

หรือ $$CU = (1 - \frac{\sum|d_i - \bar{d}|}{\bar{d}n})100 \qquad \text{.....(2)}$$

เมื่อ d_i = ค่าความลึกน้ำจากแต่ละจุดวัด i

$\bar{d}$ = ค่าความลึกเฉลี่ย

n = จำนวนข้อมูล

ความสัมพันธ์ระหว่าง DU และ CU โดยประมาณ เป็นไปตามสมการดังนี้

$$CU = 0.63DU + 37 \qquad \text{.....(3)}$$

ตัวอย่าง ระบบสปริงเกลอร์ของพื้นที่หนึ่ง ทำการประเมินค่าความสม่ำเสมอโดยการใช้กระป๋องเก็บปริมาณน้ำจำนวน 20 กระป๋องได้ข้อมูลดังตาราง จงวิเคราะห์หาค่า ความสม่ำเสมอการกระจายน้ำ(DU) และค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ Christiansen (CU)

กระป๋องที่	ความลึกน้ำ (นิ้ว)	กระป๋องที่	ความลึกน้ำ (นิ้ว)	กระป๋องที่	ความลึกน้ำ (นิ้ว)
1	2.40	8	1.50	15	1.70
2	1.70	9	2.30	16	2.00
3	2.10	10	2.00	17	2.30
4	1.90	11	1.90	18	1.80
5	1.80	12	2.10	19	2.10
6	2.20	13	1.70	20	1.90
7	1.30	14	2.40		

วิธีทำ

(1) คำนวณค่าความสม่ำเสมอการกระจายน้ำ, DU จากสูตร

$$DU = \frac{\bar{d}_{lq}}{\bar{d}} 100$$

$\bar{d}_{lq}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าต่ำ จำนวน 1 ใน 4 ของจำนวนทั้งหมด = 5 ค่า

= (1.3 + 1.5 + 1.7 + 1.7 + 1.7) ÷ 5 = 1.58 นิ้ว

$\bar{d}$ = ค่าเฉลี่ยของความลึกทั้งหมด

= 1.96 นิ้ว

แทนค่า DU = ((1.58) x 100) ÷ 1.96

= 80.61 %

(2) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอของ Christiansen ,CU จากสูตร

$$CU = (1 - \frac{\sum |d_i - \bar{d}|}{\bar{d}n}) 100$$

$\sum |d_i - \bar{d}|$ = 4.70 นิ้ว

$\bar{d}$ = 1.96 นิ้ว

n = 20 กระป๋อง

แทนค่า CU = (1- (4.70 ÷(1.96 x 20)) x 100

= 88 %

2.3.5 การคำนวณค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำโดยระบบชลประทานแบบไมโคร

ในการประเมินเกี่ยวกับความสม่ำเสมอในการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร มีการประเมิน 3 ค่า ดังนี้ คือ

-ประเมินค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Overall Water Application Uniformity)

-ประเมินค่าความสม่ำเสมอด้านชลศาสตร์ของระบบ หรือประเมินความแปรผันของค่าความดัน (Hydraulic Uniformity or Pressure Variation)

-ประเมินค่าการแปรผันการทำงานของหัวจ่ายน้ำ (Emitter Performance Variations)

ในการประเมินควรเรียงตามลำดับตามที่กำหนดไว้ข้างต้น เนื่องจากเมื่อพบว่าค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Water Application Uniformity) มีค่าสูงอยู่แล้วก็ไม่มีความจำเป็นต้องทดสอบค่าอื่น ๆอีก แต่หากค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำที่ทดสอบออกมา พบว่ามีค่าต่ำ ต้องทำการทดสอบความสม่ำเสมอด้านชลศาสตร์ของระบบ หรือประเมินค่าการแปรผันของค่าความดัน

และประเมินค่าการแปรผันการทำงานของหัวจ่ายน้ำเพื่อให้ทราบว่าสาเหตุที่ความสม่ำเสมอต่ำนั้น เนื่องมาจากระบบมีค่าความดันแตกต่างกันมากเกินไป หรือเกิดจากหัวจ่ายน้ำเกิดการอุดตัน (Clogging) หรือไม่ ถึงทำให้การจ่ายน้ำจากแต่ละหัวไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้แก้ปัญหาได้ตรงจุด

(1) การประเมินค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

ค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร มีผลกระทบมาจาก

-การออกแบบด้านชลศาสตร์

-ลักษณะภูมิประเทศ

-ความดันใช้งาน

-ขนาดท่อ

-ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ

-การแปรผันของอัตราการจ่ายน้ำจากหัวจ่าย ซึ่งขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำ ความสม่ำเสมอเกี่ยวกับรูปร่างของหัวจ่ายที่ได้จากขบวนการผลิตของโรงงาน การสึกหรอและการอุดตันของหัวจ่าย

ในการประเมินค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร จะใช้วิธีการประเมินจากค่าความสม่ำเสมอทางสถิติ (Statistical Uniformity) ทั้งนี้การประเมินสามารถทำได้จากพื้นที่ของแนวท่อใดแนวท่อหนึ่งหรือทั้งระบบก็ได้ การประเมินทำได้โดยการเลือกสุ่มวัดปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ (Emitters) มาจำนวนหนึ่งจากทั่วทั้งพื้นที่ให้น้ำของระบบหรือพื้นที่ส่วนใดตามที่ต้องการ แล้วนำมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variations ,Vqs) ของปริมาณน้ำที่จ่ายออกมาจากหัวจ่ายที่เลือกสุ่มมา จากนั้นนำไปคำนวณเป็นค่าความสม่ำเสมอทางสถิติ, Us จากสมการ

$$U_s = (1.0 - V_{qs})100 \qquad \text{.....(4)}$$

$$V_{qs} = \frac{S_q}{\overline{q}} \qquad \text{.....(5)}$$

$$S_q = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (q_i - \overline{q})^2 \right]^{0.50} \qquad \text{.....(6)}$$

เมื่อ Us = ค่าความสม่ำเสมอทางสถิติของอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำ (%)

Vqs = สัมประสิทธ์การแปรผันของอัตราการไหลที่ได้จากหัวจ่ายน้ำที่เลือกวัดมา (ทศนิยม)

Sq = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำ

$\overline{q}$ = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำ

ตารางที่ 2 ขีดจำกัดความเชื่อมั่นที่ 95 % (95 % Confidence Limits) สำหรับค่าความสม่ำเสมอ (± %)

ค่าความสม่ำเสมอ(%) Us	จำนวนข้อมูลที่ใช้ ,n				สัมประสิทธ์การแปรผันของอัตราการไหล,Vqs
	18	36	72	144	
90	3.50	2.40	1.70	1.20	0.10
80	7.30	5.00	3.40	2.40	0.20
70	11.50	7.80	5.40	3.80	0.30
60	16.20	10.90	7.60	5.40	0.40

1.1) ความเชื่อมั่นต่อค่าที่ได้จากการประเมิน (Confidence of Evaluation)

ค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร ที่หาได้จากวิธีดังกล่าวข้างต้นอาจมีความคลาดเคลื่อนได้ ขึ้นอยู่กับความถูกต้องเที่ยงตรงของข้อมูลที่ได้จากการวัด ตารางที่ 2 เป็นค่าที่ระบุถึงขีดจำกัดของความเชื่อมั่นที่ 95 % (โอกาสผิดพลาด5ครั้งใน100ครั้ง) ของค่าความสม่ำเสมอที่หามาได้ ยกตัวอย่างเช่น หากค่าความสม่ำเสมอที่คำนวณได้จาก 18 ตัวอย่างเท่ากับ 90 % ขีดจำกัดความเชื่อมั่นของค่าความสม่ำเสมอที่ได้ตามตารางที่ 2 จะอยู่ที่ ± 3.5 % หมายความว่าหากเราประเมินได้ค่าความสม่ำเสมอเท่ากับ 90 % ค่าความสม่ำเสมอที่มีความเป็นไปได้ที่เกิดขึ้นจริงในระหว่างการให้น้ำของระบบอาจจะมีค่าตั้งแต่ 86.50 – 93.50 % ทั้งนี้จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าในกรณีที่ค่าความสม่ำเสมอมีค่ายิ่งต่ำ ค่าขีดจำกัดของความเชื่อมั่นของค่าความสม่ำเสมอจะมีค่าลดลง (ช่วงของการเกิดค่า Us ที่จะเป็นไปได้ กว้างมากขึ้น) หากต้องการให้ค่าความเชื่อมั่นมีค่าเพิ่มขึ้นจะต้องทำการเพิ่มจำนวนของตัวอย่างที่ทำการวัดข้อมูล

การประเมินความสม่ำเสมอในการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโครโดยใช้ค่าความสม่ำเสมอทางสถิตินี้ ล้วนเป็นที่ยอมรับในทางวิศวกรรมเนื่องจากเป็นการนำเอาปัจจัยที่มีผลต่อความผันแปรของอัตราการจ่ายน้ำจากหัวจ่ายมาคิดคำนวณในสมการ

1.2) การประเมินค่าการแปรผันของอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำ (Emitter Discharge Variations)

ค่าการแปรผันของอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำ เป็นการวัดถึงการแปรผันของอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำที่ติดตั้งบนแนวท่อสายใด ๆหรือตลอดทั้งระบบ การแปรผันของอัตราการไหลจะบ่งบอกอยู่ในรูปของ สัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of Variation ,V) โดยมีขั้นตอนการประเมินดังนี้

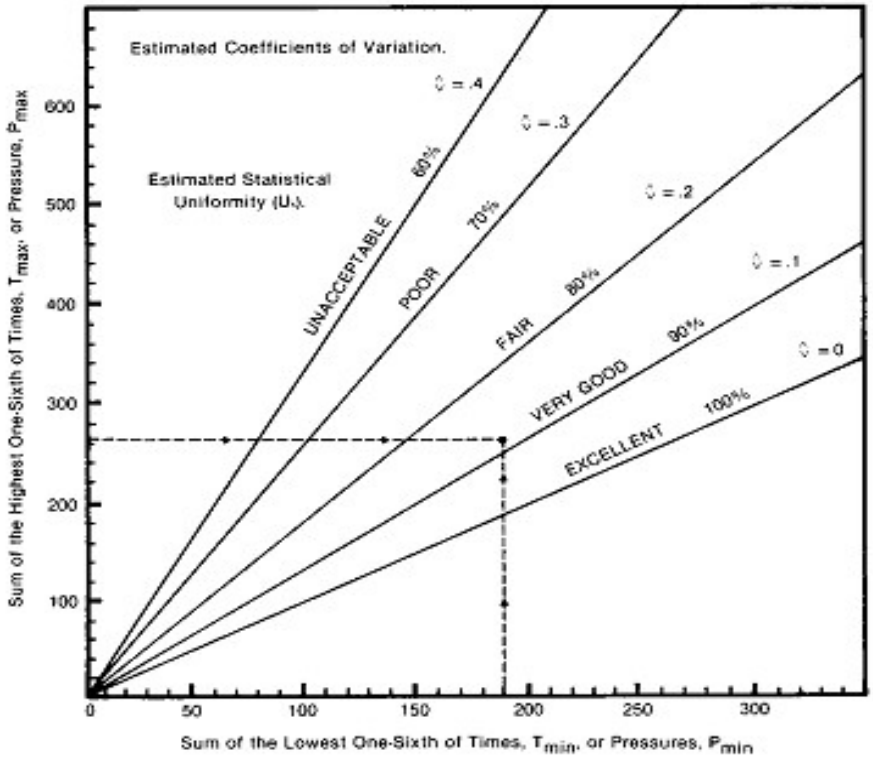
1) เลือกจำนวนตัวอย่างของหัวจ่ายที่เหมาะสม n จำนวน โดยดูจากค่าระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามตารางที่ 2 ซึ่งจะเห็นว่าจำนวนตัวอย่าง (n) ที่เลือกจากตาราง นั้นจะถูกเลือกโดยพิจารณาจากทั้งค่าความแปรผันของอัตราการจ่ายน้ำของหัวจ่าย (V) กับ ค่าความเชื่อมั่น

2) เปิดน้ำจากหัวจ่ายน้ำที่เลือกไว้ลงสู่กระป๋องวัดที่ทราบปริมาตรแน่นอน (เช่น 200 ซีซี)พร้อมทั้งบันทึกเวลาไว้

3) คำนวณอัตราการไหลที่ได้จากหัวจ่ายน้ำที่เลือกไว้ (ปริมาตร ÷ เวลา)

4) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของอัตราการไหลจากหัวจ่าย, Vqs จากสมการที่ (5) (6) และค่าความสม่ำเสมอทางสถิติ , Us จากสมการที่ (4)

1.3) การประเมินค่าความสม่ำเสมอ,U และค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน,V โดยใช้กราฟ



ภาพที่ 2-7 กราฟใช้สำหรับประเมินหาค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำของหัวจ่ายน้ำ

การเลือกสุ่มวัดปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำในพื้นที่นั้น อาจลดขั้นตอนการทำงานลงโดยแทนที่จะใช้ค่าอัตราการไหล(วัดปริมาตรและหารด้วยเวลา) เป็นเหลือเพียงใช้ข้อมูลเวลาที่เปิดหัวจ่ายน้ำเพียงอย่างเดียวโดยทำการจ่ายน้ำออกมาให้เต็มภาชนะที่เตรียมไว้ (ซึ่งทราบปริมาตรอยู่แล้ว) จากนั้นนำค่าเวลาที่บันทึกไว้ได้มาหาค่าความสม่ำเสมอ โดยอาศัยกราฟดังแสดงไว้ตามภาพที่ 2-7

ขั้นตอนและวิธีการประเมินหาค่าความสม่ำเสมอโดยอาศัยรูปกราฟตามภาพที่ 2-7 มีดังนี้

1) จากจำนวนหัวจ่ายน้ำที่เลือกสุ่มมา ปล่อยน้ำจากหัวจ่ายน้ำลงในภาชนะที่ทราบปริมาตรล่วงหน้าจนเต็มแล้วบันทึกเวลาไว้

2) จากข้อมูลเวลาที่ได้มาทั้งหมด นำค่าเวลาต่ำสุด(Tmin) จำนวน 1ใน 6 ค่าแล้วนำมารวมกัน

3) เช่นเดียวกันนำค่าเวลาสูงสุด (Tmax) มาจำนวน 1 ใน 6 ค่าแล้วนำมารวมกัน

4) นำค่าผลรวมของค่าเวลาสูงสุด (Tmax) ไปอ่านที่แกนตั้งของกราฟ ลากเส้นในออกไปแนวราบ

5) นำค่าผลรวมของค่าเวลาต่ำสุด (Tmin) ไปอ่านที่แกนนอนของกราฟ ลากเส้นขึ้นไปในแนวตั้งไปตัดกับเส้นแนวราบของข้อ 4

6) จุดตัดตกอยู่ในช่วงใดจะทราบค่าความสม่ำเสมอทางสถิติที่ได้(Estimated Statistic Uniformity) และค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันที่ได้ (Estimated Coefficients of Variation) ของระบบชลประทานแบบไมโคร นั้น

ตัวอย่าง จากผลของการวัดความดันและเวลาในการวัดปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำจำนวน 18 หัวดังแสดงตามตาราง จงประเมินค่าความสม่ำเสมอของระบบชลประทานแบบไมโครและค่าสัมประสิทธ์การแปรผันของระบบนี้

จุดวัดที่	ความดัน (psi)	เวลา (วินาที)	จุดวัดที่	ความดัน (psi)	เวลา (วินาที)
1	26	65	10	28	64
2	27	62	11	25	67
3	22	80	12	24	81
4	25	74	13	23	86
5	21	90	14	24	77
6	26	68	15	21	88
7	26	64	16	25	72
8	24	76	17	24	78
9	25	72	18	27	66

วิธีทำ 1) จากตาราง จำนวน1 ใน 6 ของจำนวนข้อมูลทั้งหมด ที่มีค่า Tmax เท่ากับ 3 ค่า ได้แก่ 90, 88 และ 86 วินาที รวมกันเท่ากับ 264 วินาที

2) จากตาราง จำนวน1 ใน 6 ของข้อมูล ที่มีค่า Tmin เท่ากับ 3 ค่า ได้แก่ 62,64 และ 64 วินาที รวมกันเท่ากับ 190 วินาที

3) จากค่า Tmax และ Tmin ที่ได้นำไปหาค่าความสม่ำเสมอจากกราฟดังนี้

-นำค่า Tmin ไปอ่านที่แกนนอน เท่ากับ 190 วินาทีลากเส้นจากค่านี้ขึ้นไปในแนวดิ่ง

-นำค่า Tmax ไปอ่านที่แกนตั้ง เท่ากับ 264 วินาที ลากเส้นจากค่านี้ไปในแนวราบไปตัดกับเส้นแนวดิ่ง จุดตัดอยู่ระหว่างเส้นกราฟ fair (U= 80 % V = 0.20) กับ very good (U=90 % V= 0.10)

4) ใช้วิธีเทียบเคียงเส้นกราฟ อ่านค่าจุดตัด จะได้ค่า U เท่ากับ 88 %, V = 0.12

1.4)ค่าความสม่ำเสมอที่ยอมรับในการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร

American Society of Agricultural Engineers (ASAE) ได้ให้การยอมรับถึงค่ามาตรฐานของค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร ดังปรากฏตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าความสม่ำเสมอที่ยอมรับได้ ของ ASAE

ลักษณะของหัวจ่ายน้ำ (Emitter Type)	ความลาดเทของพื้นที่	ค่าความสม่ำเสมอที่ยอมรับได้ (%)
ติดตั้งเป็นจุด(Point source)บริเวณต้นพืชที่มีระยะห่างมากกว่า 4.00 ม.	ที่ราบ	90 – 95
	ที่ลาดชัน	85 – 90
ติดตั้งเป็นจุด(Point source)บริเวณต้นพืชที่มีระยะห่างน้อยกว่า 4.00 ม.	ที่ราบ	85 – 90
	ที่ลาดชัน	80 – 90
มีการจ่ายน้ำตลอดแนวท่อ (Line Source) สำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถว	ที่ราบ	80 – 90
	ที่ลาดชัน	75 – 85

หมายเหตุ : Point Source ได้แก่ หัวน้ำหยด หัวไมโครสปริงเกลอร์ Line Source ได้แก่ ท่อน้ำหยด (Drip Tube) ที่ราบ หมายถึง พื้นที่มีความลาดชันน้อยกว่า 2 % ที่ลาดชัน หมายถึงพื้นที่ที่มีความลาดชัน มากกว่า 2 %

ตัวอย่าง การประเมินค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

จากข้อมูลการตรวจวัดเวลาที่ปล่อยน้ำจากหัวจ่ายลงในกระป๋องขนาด 100 มล. จำนวน 18 หัว ได้ข้อมูลเวลา (วินาที) ดังนี้

กระป๋องที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
เวลา (วินาที)	64	79	67	71	75	81	68	85	75
q (มล/วิ)	1.56	1.26	1.49	1.40	1.33	1.23	1.47	1.17	1.33
กระป๋องที่	10	11	12	13	14	15	16	17	18
เวลา (วินาที)	69	85	77	89	68	81	90	65	61
q (มล/วิ)	1.44	1.17	1.29	1.12	1.47	1.23	1.11	1.53	1.63

วิธีทำ (ก) คำนวณโดยใช้สูตร

-คำนวณอัตราการไหลแต่ละหัวจ่าย โดยนำเอาปริมาตรหารด้วยเวลา

-คำนวณค่าอัตราการไหลเฉลี่ย $\bar{q}$ = 1.35 มล. ต่อ วินาที

-คำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Sq = 0.159 มล.ต่อ วินาที

-คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำ ,Vqs

$$V_{qs} = \frac{0.159}{1.35} = 0.118$$

-คำนวณค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ พร้อมทั้งระบุค่าขีดจำกัดความเชื่อมั่นจากตารางที่ 2

$$U_s = (1.0 - 0.118)100$$

$$= 88.20\ \% \pm 3\ \% \quad ******$$

(ข) โดยใช้กราฟภาพที่ 7

-เลือกค่า Tmax และ Tmin มาอย่างละ 1 ใน 6 ของจำนวนทั้งหมดเท่ากับ 3 ค่า

-Tmax ได้แก่ 90 89 และ85 วินาที ผลรวมเท่ากับ 264 วินาที

-Tmin ได้แก่ 61 64 65 วินาที ผลรวมเท่ากับ 190 วินาที

-อ่านค่าความสม่ำเสมอจากกราฟภาพที่ 11 และค่าขีดจำกัดความเชื่อมั่นจากตารางที่ 2 ได้ค่า Us = 88 % ± 3 %

1.5) ค่าความสม่ำเสมอในการจ่ายน้ำ (Emission Uniformity, EU)

ในการให้น้ำด้วยระบบชลประทานแบบไมโคร ค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำถูกเรียกเป็นค่าความสม่ำเสมอในการจ่ายน้ำ ,EU ซึ่งพัฒนาโดย Keller and Karmeli (1974) สมการ มีดังนี้

$$EU = \frac{\bar{d}_{lq}}{\bar{d}} \times 100 \qquad \text{.....(7)}$$

ซึ่งจะเห็นว่าเป็นสมการเดียวกับที่ใช้คำนวณค่าความสม่ำเสมอการกระจายน้ำ (DU) ของระบบสปริงเกลอร์ ต่อมา Clemmens and Solomon (1997) พัฒนาสมการความสม่ำเสมอการกระจายน้ำโดยนำเอาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของการจ่ายน้ำของหัวจ่าย จำนวนหัวจ่ายต่อต้นพืช และอัตราการไหลที่ได้จากหัวจ่าย เข้ามาคิดร่วมด้วย แต่สมการดังกล่าวตั้งใจใช้สำหรับในการออกแบบระบบ ไม่ได้ใช้สำหรับการประเมินผลระบบ สมการมีรูปเป็นดังนี้

$$EU = 100\left[1 - 1.27\frac{C_v}{\sqrt{n}}\right]\left(\frac{q_m}{q_a}\right) \qquad \text{.....(8)}$$

เมื่อ

Eu = ค่าความสม่ำเสมอการจ่ายน้ำสำหรับการออกแบบ (Design Emission Uniformity) (%)

Cv = ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันในการจ่ายน้ำของหัวจ่ายจากโรงงานผลิต (Manufacturer's Coefficient of Variability in Emission Device Flow Rate)

n = จำนวนหัวจ่ายน้ำต่อต้นพืช(Number of Emitters per Plant)

qm = ค่าอัตราการไหลเฉลี่ยจากจำนวนหัวที่ให้ค่าต่ำ (เฉลี่ยจากค่าต่ำ 1 ใน 4 ค่าจากทั้งหมด)

qa = ค่าอัตราการไหลเฉลี่ย

สำหรับค่า Cv ที่ระดับคุณภาพต่าง ๆจากการประเมินหัวจ่ายน้ำจากโรงงานผู้ผลิตเสนอโดย ASAE และ Burt ได้เสนอไว้ดังนี้

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำของ Burt และ ASAE

Cv	Perfect	Excellent	Average	Marginal	Poor	Unacceptable
Burt	0.00	< 0.03	0.03 - 0.07	0.07 - 0.10		> 0.10
ASAE (Point Source)		< 0.05	0.05 - 0.07	0.07 - 0.11	0.11 - 0.15	> 0.15
ASAE (Line Source)			< 0.10	0.10 - 0.20		> 0.20

ASAE (1997) ทำการแนะนำและเปรียบเทียบระหว่างค่า Us และ EU ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับโดยทั่วไป ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่า Us และ EU ตามคำแนะนำของASAE (1997)

ระดับ	Us (%)	EU (%)
Excellent	90 – 100	94 - 100
Good	85 - 90	81 - 87
Acceptable	75 - 80	68 - 75
Poor	65 - 70	56 - 62
Unacceptable	< 60	< 50

(2) การประเมินค่าความสม่ำเสมอทางด้านชลศาสตร์ หรือการประเมินค่าการแปรผันของความดัน (Hydraulic Uniformity or Pressure Variation)

เป็นการวัดค่าการแปรผันของอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำอันเป็นผลมาจากปัจจัยด้านชลศาสตร์ของระบบที่สำคัญคือความดัน ดังนั้นจึงเรียกอีกอย่างว่าเป็นการประเมินค่าการแปรผันของความดัน ทั้งนี้เนื่องจากจะใช้ข้อมูลความดันแต่ละหัวจ่ายมาคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของอัตราการไหลของหัวจ่าย โดยอาศัยสมการความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราการไหลจากหัวจ่าย มาช่วยคำนวณอีกขั้นตอนหนึ่ง วิธีการคำนวณมีดังนี้

1) เลือกจำนวนตัวอย่างหัวจ่ายน้ำมาเท่ากับ n หัว โดยใช้ตารางที่ 2

2) วัดค่าความดันที่หัวจ่ายน้ำแต่ละหัว

3)คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของความดัน ,V_{hs} จากสมการ

$$V_{hs} = \frac{S_h}{\bar{h}} \qquad \text{.....(9)}$$

เมื่อ S_h = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความดัน ตามสมการ

$$S_h = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (h_i - \bar{h})^2 \right]^{0.50} \qquad \text{.....(10)}$$

$\bar{h}$ = ค่าความดันเฉลี่ย

4) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำ ,V_{qh} ที่มีผลมาจากการแปรผันความดัน ตามสมการ

$$V_{qh} = xV_{hs} \qquad \text{.....(11)}$$

เมื่อ x = ค่าเลขยกกำลัง (Exponent) ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความดัน ตามสมการ $q = kP^x$

5) คำนวณค่าความสม่ำเสมอทางชลศาสตร์ ,Ush จากสมการ

$$U_{sh} = (1.0 - xV_{hs})100 \qquad \text{.....(12)}$$

หรือ $$U_{sh} = (1.0 - V_{qh})100 \qquad \text{.....(13)}$$

อย่างไรก็ตาม ในการประเมินผลภาคสนามนั้นมีวิธีการอย่างง่ายโดยอาศัยการใช้กราฟตามภาพที่ 7 ได้เช่นเดียวกัน ขั้นตอนในการคำนวณจะเหมือนกับการหาค่าความสม่ำเสมอ,Us โดยใช้ Tmax , Tmin แต่ในที่นี้จะใช้ค่า Pmax และ Pmin แทน (P = ความดัน)

ค่าที่อ่านได้จากกราฟจะเป็นค่าV_{hs} ดังนั้นเมื่อจะหาเป็นค่า V_{qh} จะต้องทำการแปลงโดยใช้สมการ $V_{qh} = xV_{hs}$ หลังจากนั้นนำไปคำนวณค่าความสม่ำเสมอ,Ushจาก $U_{sh} = (1.0 - V_{qh})100$ ต่อไป

ตัวอย่าง การประเมินค่าความสม่ำเสมอทางด้านชลศาสตร์ (Hydraulic Uniformity)

สมมติว่าหัวจ่ายน้ำที่ใช้ประเมินมีค่า X ซึ่งระบุมาจากผู้ผลิตเท่ากับ 0.40 และข้อมูลความดัน (ม.) ที่วัดได้จากหัวจ่ายแต่ละหัว มีค่าดังนี้

หัวที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ความดัน (ม)	10.2	9.98	8.80	8.50	10.18	9.01	7.59	10.10	9.43
หัวที่	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ความดัน (ม)	9.75	10.07	8.37	7.92	10.07	9.25	10.50	9.43	8.37

วิธีทำ (ก) คำนวณโดยใช้สูตร

-คำนวณค่าความดันเฉลี่ย ($\bar{h}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความดัน (S_h) และสัมประสิทธิ์การแปรผันของความดัน (V_{hs})

-ได้ค่า $\bar{h} = 9.31$ ม. $S_h = 0.85$ ม. และ $V_{hs} = 0.091$

-คำนวณค่า V_{qh} จาก $V_{qh} = xV_{hs}$ = 0.40 x 0.091 = 0.036

-คำนวณ U_{hs} จาก $U_{sh} = (1.0 - V_{qh})100$ พร้อมทั้งระบุขีดจำกัดความน่าเชื่อถือ

$$U_{sh} = (1.0 - 0.036)100$$

$$= 96.40\ \% \pm\ 3\ \% \qquad *******$$

(ข) คำนวณโดยใช้กราฟ

- คำนวณค่า Pmax และ Pmin จำนวนอย่างละ 3 ค่า
- Pmax ได้แก่ 10.50 10.20 และ 10.18 ม. ผลรวมเท่ากับ 30.88 ม.
- Pmin ได้แก่ 7.59 7.92 8.37 ม. ผลรวมเท่ากับ 23.88 ม.
- อ่านจากกราฟรูปที่ 7 ได้ค่าการแปรผันทางชลศาสตร์ V_{hs}= 0.09 หรือ 9 % **(ในการอ่านกราฟ หากค่า Pmax และ Pmin มีค่าน้อย ทำให้ยากต่อการระบุค่า V ให้ใช้วิธีเพิ่มค่า P ขึ้นโดยการคูณด้วยค่าคงที่ เช่น 5 , 10 เป็นต้น ทั้ง Pmax และ Pmin)**
- คำนวณค่า Vqh = 0.40 x 0.09 = 0.036
- คำนวณค่าความสม่ำเสมอทางชลศาสตร์ Ush จาก

$$U_{sh} = (1.0 - V_{qh})100$$

$$U_{sh} = (1.0 - 0.036)100$$

$$= 96.40\ \% \pm\ 3\ \% \qquad ******$$

(3) การประเมินค่าการแปรผันในการทำงานของหัวจ่ายน้ำ (Emitter Performance Variation)

เป็นการวัดค่าการแปรผันของอัตราการไหลที่ได้จากหัวจ่ายน้ำ อันเป็นผลมาจากปัจจัยที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ ความแตกต่างกันของลักษณะหัวจ่ายน้ำเนื่องจากขบวนการผลิตของโรงงาน การสึกหรอของหัวจ่ายน้ำรวมทั้งการเกิดการอุดตันของหัวจ่ายน้ำ

ในการประเมินค่าการแปรผันในการทำงานของหัวจ่ายน้ำ จะคำนวณออกมาในรูปของสัมประสิทธิ์การแปรผันในการทำงานของหัวจ่ายน้ำ(Emitter performance Coefficient of Variation , Vpf) โดยใช้ข้อมูลทั้งค่าอัตราการไหลและค่าความดันบริเวณหัวจ่ายน้ำ ตามสมการ

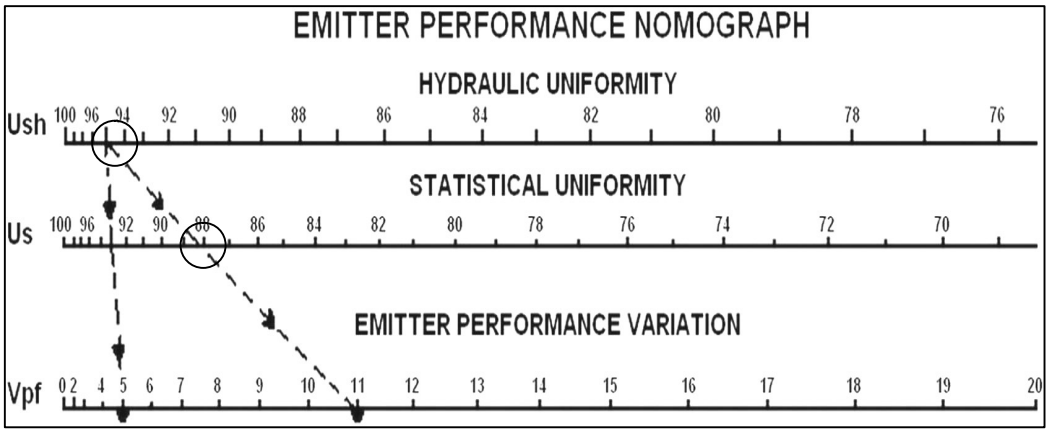
$$V_{pf} = (V_{qs}^{\ 2} - V_{qh}^{\ 2})^{0.50} \qquad \text{.....(13)}$$

เมื่อ Vqs = ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของอัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำ เมื่อ

$$V_{qs} = \frac{S_q}{\bar{q}}$$

Vqh = ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของค่าอัตราการไหลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางชลศาสตร์ของระบบ โดยที่ $V_{qh} = xV_{hs}$

มีอีกวิธีการหนึ่งในการหาค่า Vpf โดยการอาศัยกราฟดังภาพที่ 2-8 โดยมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 2-8 กราฟสำหรับการหาค่า สัมประสิทธิ์การแปรผันในการทำงานของหัวจ่ายน้ำ

1) ในการใช้กราฟต้องการข้อมูลค่าความสม่ำเสมอของการให้น้ำ , Us และค่าความสม่ำเสมอด้านชลศาสตร์ ,Ush

2) จากค่า Ush ที่ทราบค่านำไปลงจุดบนเส้นกราฟเส้นบนสุด

3) นำค่า Us ที่ทราบค่า นำไปลงจุดบนเส้นกราฟเส้นระหว่างกลาง

4) ลากเส้นตรงเชื่อมต่อระหว่าง 2 จุด และลากเลยไปตัดเส้นกราฟเส้นล่างสุด จุดตัดของเส้นกราฟคือค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันในการทำงานของหัวจ่ายน้ำที่ต้องการ

เมื่อมีการประเมินค่า Vpf แล้วปรากฏว่าได้ค่า Vpf ออกมาสูงมาก (มากกว่า 20 % หรือ 0.20) อาจจะมีสาเหตุมาจากการอุดตันของหัวจ่ายน้ำหรือหัวจ่ายน้ำเกิดการสึกหรอ ให้ทำการเพิ่มจำนวนการสุ่มวัดจากหัวจ่ายน้ำให้มากขึ้น หากยังได้ค่าที่สูงอีกให้นำเอาหัวจ่ายไปล้างแล้วประเมินผลซ้ำอีกรอบ

ตัวอย่าง การหาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันในการทำงานของหัวจ่าย

สมมติว่าจากการประเมินค่าความสม่ำเสมอทางสถิติของระบบหนึ่งได้ค่าเท่ากับ 88% และที่ระบบเดียวกันนี้ทำการประเมินค่าความส่ำเสมอด้านชลศาสตร์ ได้เท่ากับ 96.40 % จงประเมินหาค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันในการทำงานของหัวจ่ายน้ำของระบบนี้

วิธีทำ (ก) โดยใช้สูตร $V_{pf} = (V_{qs}^{\ 2} - V_{qh}^{\ 2})^{0.50}$

-ข้อมูลที่ได้คือค่า Us = 88 % หรือ Vqs = 0.12 (จากสมการ $U = (1.0 - V)100$ แทนค่า U = 88 %)

-จากค่า Ush ที่มีคือ 96.40 % ได้ค่า Vqh = 0.036 (จากสมการ $U_{sh} = (1.0 - V_{qh})100$ แทนค่า Ush = 96.40 %)

- แทนค่า Vqs และ Vsh ลงในสมการ

$$V_{pf} = (V_{qs}{}^2 - V_{qh}{}^2)^{0.50}$$

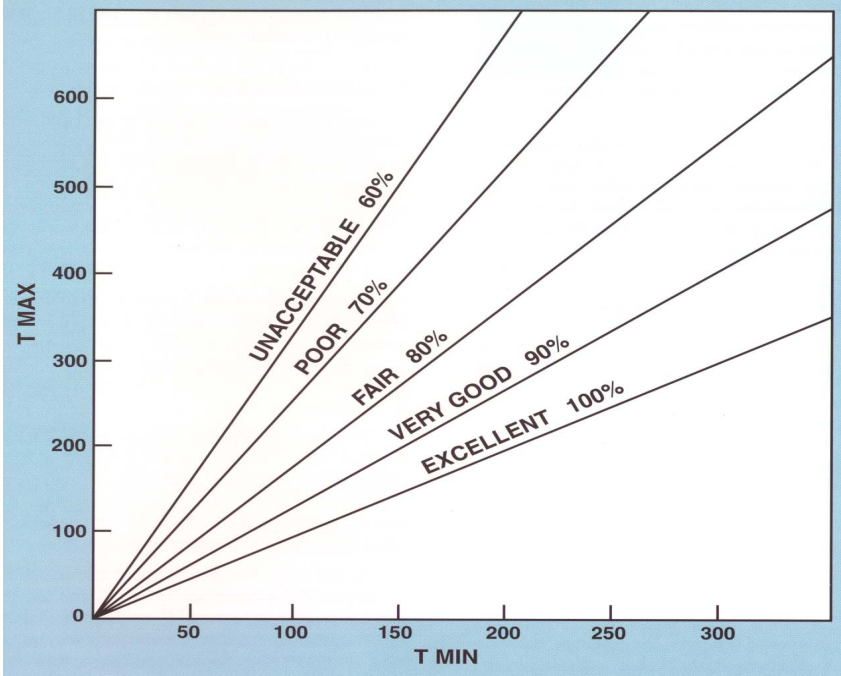
Vpf = 0.114 ********

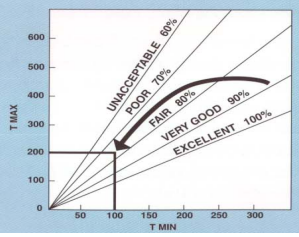
(ข)โดยใช้กราฟ ภาพที่ 2-8

-ที่เส้นบนสุด ระบุค่า Ush = 96.4 % และที่เส้นกลางระบุค่า Us = 88 %

-ลากเส้นตรงเชื่อมต่อสองจุด แล้วลากเลยลงมาตัดเส้นล่าง อ่านค่า Vpf ได้ประมาณ 0.11

Figure 1. Field method for calculating system uniformity.





How to collect the data

1. Choose a small container, 1 cup or 200 milliliters.
2. Choose 18 emitters at random from all parts of submain and measure the time it takes to fill the cup.
3. T max is the sum of the three highest times measured.
4. T min is the sum of the three lowest times measured.

How to use the chart

1. Find T max on the vertical axis and draw a horizontal line the right.
2. Find T min on the horizontal axis and draw a vertical line up.
3. The uniformity is shown by the intersection of the two lines.

บทที่ 3 การประเมินค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ ของ ITRC

เพื่อศึกษาถึงวิธีที่เป็นมาตรฐานสำหรับการประเมินระบบชลประทานแบบไมโคร California State Water Resource Control Board ได้ให้ทุนวิจัยแก่Agricultural Engineering แห่ง California Polytechnic State University (Cal Poly),San Luis Obispo.เพื่อพัฒนาหาเทคนิคการประเมินระบบการให้น้ำ และ The Irrigation Training and Research Center (ITRC) ได้นำรูปแบบและวิธีการที่ได้ มาถ่ายทอดโดยการฝึกอบรมซึ่งต่อมาได้มีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลายพอสมควรในแถบอเมริกาตะวันตก (Western U.S.)

3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความสม่ำเสมอจากการพิจารณาของ ITRC

ปัจจัยที่ ITRC นำมาพิจารณาว่ามีผลต่อค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร มีดังนี้

1)การแตกต่างของความดัน หัวจ่ายน้ำแต่ละหัวที่มีค่าความดันแตกต่างกันจะส่งผลให้อัตราการจ่ายน้ำที่ได้แตกต่างกัน เป็นไปตามสมการ $q = kP^x$

2)ระยะห่างที่ไม่เท่ากัน (Uneven Spacing)ของการปลูกพืช ความไม่สม่ำเสมอในการให้น้ำมีสาเหตุอีกประการหนึ่ง จากการที่แต่ละหน่วยพื้นที่มีจำนวนหัวจ่ายน้ำไม่เท่ากันเนื่องจากการปลูกพืชที่มีระยะห่างหลายระยะในแปลงเดียวกัน ซึ่งสามารถแก้ไขเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการให้น้ำได้โดยการติดตั้งให้แต่ละต้นพืชมีหัวจ่ายน้ำเท่ากัน และทำการให้น้ำในแต่ละโซนที่มีหัวจ่ายน้ำไม่เท่ากันด้วยเวลาที่ไม่เท่ากัน จะทำให้แต่ละต้นพืชที่มีหัวจ่ายน้ำเท่ากันสำหรับโซนที่มีการให้น้ำด้วยเวลานานเท่ากันได้รับน้ำเท่ากันทุกต้นทั่วทั้งโซนนั้น (เพราะจำนวนหัวจ่ายเท่ากัน ให้น้ำนานเท่ากัน) ยกตัวอย่างให้เห็นเพื่อให้เข้าใจ เช่นโซน A ปลูกส้ม ระยะห่างระหว่างแถวเท่ากับ 3.00 เมตร มีจำนวนต้นส้มเท่ากับ 100 ต้น โซน B ปลูกส้มระยะห่าง4.00 เมตร มีจำนวนต้นส้มเท่ากับ 200 ต้น หากแต่ละต้นมีจำนวนหัวไม่เท่ากันระหว่างโซน A และ B ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกมาในแต่ละต้นระหว่าง 2 โซนจะไม่เท่ากัน หมายความว่าค่าความสม่ำเสมอจะไม่ดี หากแก้ไขตามหลักการข้างต้นโดยให้แต่ละต้นของแต่ละโซนมีจำนวนหัวเท่ากัน และแต่ละโซนให้น้ำนานไม่เท่ากันจะได้ปริมาณน้ำที่จ่ายออกมาเท่ากัน

3)มีการระบายน้ำจากบางหัวจ่ายขณะหยุดให้น้ำ เมื่อให้น้ำครบตามเวลาที่กำหนดจะทำการปิดระบบให้น้ำในแต่ละโซน ในขณะหยุดเดินเครื่องหรือปิดวาล์ว แต่น้ำที่ค้างในท่อจะระบายผ่านทางหัวจ่ายน้ำบางหัวต่อไปอีกระยะหนึ่ง ซึ่งแต่ละโซนจะมีสภาพการระบายน้ำลักษณะนี้ช้าหรือ เร็วไม่เท่ากัน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดเท น้ำในท่อจะยังคงไหลผ่านออกทางหัวจ่ายต่อไปนานกว่าในพื้นที่ที่มีความราบเรียบ ส่งผลต่อค่าความสม่ำเสมอขึ้น

4)ปัจจัยอื่น ๆที่ทำให้อัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำมีค่าต่างกันถึงแม้ว่าจะอยู่ภายใต้ความดันที่เท่ากัน เช่นการอุดตัน การสึกหรอของรูระบายน้ำของหัวจ่าย รวมทั้งการแตกต่างกันของลักษณะหัวจ่ายอันเนื่องมาจากขบวนการผลิต

3.2 การรวมเอาปัจจัยต่าง ๆเข้ามาคิดเพื่อใช้ประเมินค่าความสม่ำเสมอของทั้งระบบ

การที่จะคำนวณค่าความสม่ำเสมอของระบบการให้น้ำทั้งระบบนั้นจะต้องรวมเอาค่าความสม่ำเสมอที่เกิดขึ้นจากปัจจัยแต่ละตัวที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ทั้งนี้ค่าความสม่ำเสมอของทั้งระบบยากต่อการที่จะใช้การวัดโดยตรง เนื่องจาก

-การวัดค่าอัตราการไหลอาจทำได้ครบทั่วทั้งระบบ แต่ไม่สามารถบอกได้ชัดเจนว่าความแตกต่างของอัตราการไหลที่วัดมาได้เกิดขึ้นเนื่องจากค่าความดันที่แตกต่างกันเพียงสาเหตุเดียวหรือไม่ หรือมีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่น ๆอีก เช่นเกิดการอุดตัน การสึกหรอของหัวจ่าย หรือความไม่สม่ำเสมอของลักษณะหัวจ่ายเนื่องจากการผลิต เป็นต้น

-หลาย ๆปัจจัยที่มีผลต่อค่าความสม่ำเสมอไม่สามารถประเมินได้โดยง่ายจากการวัดเพียงแค่อัตราการไหล

ดังนั้นในการประเมินค่าความสม่ำเสมอในการกระจายน้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร จะคำนวณได้ดังนี้

$$DU_{lq(\text{ของทั้งระบบ})} = DU_{lq(\text{เนื่องจากความดันต่าง})} \times DU_{lq(\text{เนื่องจากระยะไม่เท่ากัน})} \times DU_{lq\ (\text{เนื่องจากการระบายน้ำหลังหยุดให้น้ำ})} \times DU_{lq\ (\text{เนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ})}$$

3.3 การใช้สัญลักษณ์ DU แทน EU

ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.3.5 (หัวข้อย่อย 1.5) เรื่องความสม่ำเสมอการจ่ายน้ำ(Emission Uniformity,EU) ได้ถูกนำมาใช้สำหรับการประเมินระบบชลประทานแบบไมโคร แทน DU อย่างไรก็ตาม ITRC มีเหตุผลที่เห็นว่าควรใช้สัญลักษณ์ DUlq แทน EU ดังนี้

1.เนื่องจากในหลายกรณีค่า EU ถูกใช้เฉพาะเป็นความสม่ำเสมอจากหัวจ่ายที่ได้จากท่อสายซอยเพียงสายเดียวและเป็นหัวที่ผลิตขึ้นใหม่ ไม่ได้เป็นการประเมินจากทั้งระบบ และนำไปใช้กับความไม่สม่ำเสมอเนื่องจากปัจจัยทางด้านการแปรผันของหัวจ่ายจากขบวนการผลิตและปัจจัยอันเนื่องจากความดันที่แตกต่างเท่านั้น

2.เนื่องจากความหมายและสัญลักษณ์ DU สามารถนำไปใช้ได้กับการให้น้ำทุกระบบ แต่หากใช้ EU จะหมายถึงเฉพาะระบบชลประทานแบบไมโครเท่านั้น

3.โดยความหมายที่แท้จริงของ EU จะไม่นำเอาปัจจัยด้านความไม่เท่ากันของการระบายน้ำจากหัวจ่าย และจำนวนหัวมาพิจารณาร่วมด้วย ซึ่งในการประเมินโดยการคิดแยกแต่ละปัจจัยนี้จึงอาจไม่สอดคล้องกับหลักการคิดค่า EU

3.4 การเก็บข้อมูลและการคำนวณค่า DUlq ตามแต่ละปัจจัย

3.4.1 การเก็บข้อมูลและการคำนวณ DUlq เนื่องจากความดันแตกต่าง (DUlq Δp)

ผู้ประเมินสามารถตรวจวัดค่าความดันที่แตกต่างกันของหัวจ่ายน้ำต่าง ๆในพื้นที่เพาะปลูกและเมื่อทราบแล้วสามารถนำไปแนะนำให้กับเกษตรกรว่าควรมีการปรับปรุงระบบให้น้ำนั้น

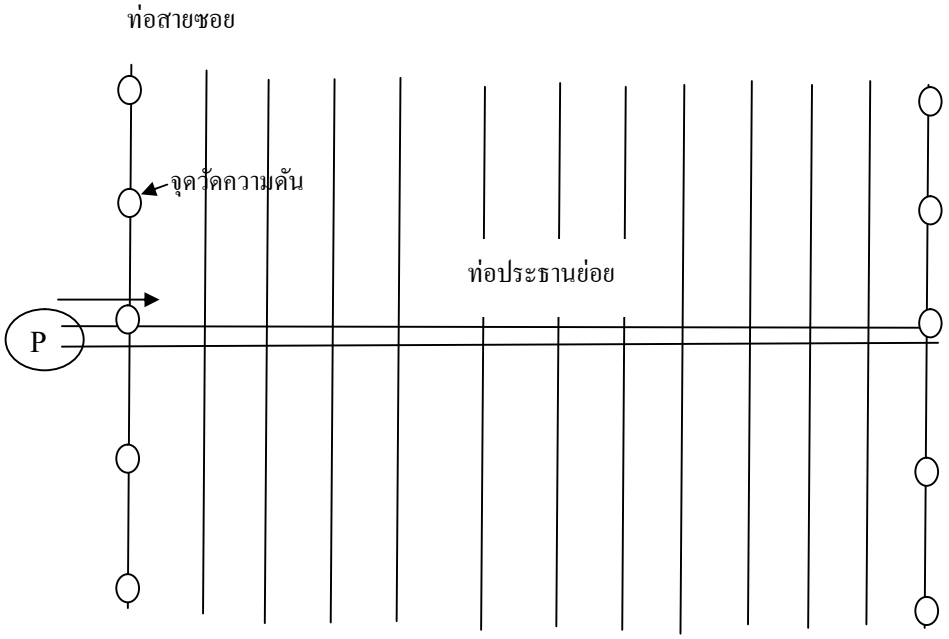
อย่างไรจึงจะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ข้อแนะนำสำหรับตำแหน่งที่จะใช้วัดค่าความดันในระบบให้น้ำเพื่อนำมาคำนวณค่าความสม่ำเสมอ มีดังนี้

ก) วัดความดันที่หัวจ่ายตามแนวเส้นท่อสายซอย ตำแหน่งที่วัดคือ หัวจ่ายบริเวณต้นท่อกลางและปลายท่อสายซอย หากท่อสายซอยวางออกจากท่อประธานย่อยทั้ง 2 ฝั่งทั้งซ้ายและขวา จำนวนจุดที่วัดความดันของท่อสายซอยทั้งซ้าย ขวาจะเท่ากับ 5 จุด

ข) จากข้อ ก)เลือกเส้นท่อสายซอยเส้นที่อยู่ใกล้ต้นทางของท่อประธานย่อย กับเส้นท่อสายซอยที่อยู่บริเวณปลายของเส้นท่อประธานย่อย รวม 2 ท่อสายซอยต่อหนึ่งท่อประธานย่อยที่ต้องทำการวัด

ค) จะเลือกท่อประธานย่อยจำนวน 6 สาย โดยในบรรดาทั้ง 6 สายต้องเลือกท่อประธานย่อยเส้นที่ใกล้และไกลสุดจากเครื่องสูบน้ำรวมอยู่ด้วยเสมอ

จากข้อ ก) ข) และ ค) จะได้ว่าจำนวนค่าความดันที่จะต้องทำการวัดจะมีจำนวน 36 หรือ 60 ค่า ขึ้นอยู่กับว่าท่อสายซอยต่อออกจากท่อประธานย่อยทั้ง 2 ฝั่งหรือไม่ (ภาพที่3- 9)



ภาพที่ 3-9 ตำแหน่งวัดความดันในระบบการให้น้ำ

สูตรที่ใช้คำนวณค่าความสม่ำเสมอการกระจายน้ำ เนื่องจากความดันที่แตกต่าง เป็นดังนี้

$$DU_{lq\Delta p} = \frac{\overline{q}_{lq}}{\overline{q}} \qquad \text{.....(14)}$$

เมื่อ $\overline{q}_{lq}$ = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลของค่าต่ำจำนวน 1 ใน 4 ค่าของจำนวนที่วัดมา

$\overline{q}$ = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลจากที่วัดมาทั้งหมด

ค่าอัตราการไหลที่ได้ หมายถึง ค่าอัตราการไหลที่คำนวณจากค่าความดันที่วัดมาจากในพื้นที่ จากสมการ $q = kP^x$ ทั้งนี้ค่าเลขยกกำลัง x หาได้จากการคำนวณจากค่าอัตราการไหลที่ตรวจวัดมาจากในสนามจำนวน 16 หัวจ่ายจากตำแหน่งที่ใกล้กับเครื่องสูบน้ำและมีค่าความดันที่ใกล้เคียงกัน ในบางระบบหากมีอัตราการไหลสูงหรือมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศตลอดแนวท่อสายซอย ควรเลือกหัวจ่ายน้ำ 16 หัวดังนี้คือท่อละ 4 หัวจาก 4 ท่อสายซอย จากท่อที่อยู่บริเวณต้นแปลง

เมื่อเลือกหัวจ่ายจำนวน 16 หัวได้แล้ว ทำการวัดอัตราการไหลจากแต่ละหัวจ่ายจำนวน 2 ครั้งที่ค่าความดันต่างกัน ถ้าหากค่าความดันที่หัวจ่ายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16 PSI ให้ทำการวัดอัตราการไหลที่ความดัน 16 และ 8 PSI จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าเลขยกกำลัง x จากสูตร

$$x = \frac{\log \frac{\overline{q}_l}{\overline{q}_h}}{\log \frac{P_l}{P_h}} \quad \text{.....(15)}$$

มื่อ $\overline{q}_l$ = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลที่มีค่าต่ำ

$\overline{q}_h$ = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลที่มีค่าสูง

P_l = ค่าความดันที่มีค่าต่ำ

P_h = ค่าความดันที่มีค่าสูง

อย่างไรก็ตามผู้ประเมินอาจใช้ค่าเลขยกกำลัง X ที่บริษัทผู้ผลิตทำการประเมินไว้แล้ว มาใช้เลยก็ได้

3.4.2 การเก็บข้อมูลและการคำนวณ DUlq เนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ (DUlq $_{other}$)

ปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้เกิดความแตกต่างของอัตราการจ่ายน้ำ ได้แก่ การอุดตัน การสึกหรอ และลักษณะของหัวจ่ายของแต่ละหัวที่มีความแตกต่างกัน ในทางปฏิบัติยากที่จะแยกปัจจัยเหล่านี้เพื่อทำการประเมินว่าปัจจัยไหนส่งผลต่อความสม่ำเสมอในการจ่ายน้ำ ดังนั้นในการคำนวณ **DUlq $_{other}$** จะใช้ข้อมูลอัตราการไหลของหัวจ่ายจาก 3 ตำแหน่งในแปลง โดยที่หัวจ่ายน้ำทุกหัวที่มาจากตำแหน่งเดียวกัน จะต้องมีค่าความดันเท่ากัน แต่ค่าความดันของแต่ละแห่งไม่จำเป็นต้องเท่ากันก็ได้ ตำแหน่งทั้ง 3 แห่งที่เลือก มีดังนี้

1)จากหัวจ่ายบริเวณกึ่งกลางเส้นท่อสายซอยที่อยู่ในบริเวณของแปลงซึ่งคิดว่าหัวจ่ายน้ำมีความสะอาดมากที่สุด (โดยทั่วไปจะใช้บริเวณที่ใกล้กับแหล่งน้ำ) เลือกหัวจ่ายมา 16 หัว ทำการวัดอัตราการไหลจากแต่ละหัวพร้อมทั้งวัดความดันด้วยเพื่อนำมาใช้คำนวณค่าคงที่ของสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความดันที่หัวจ่าย (ค่า K และค่า X)

2)จากบริเวณกึ่งกลางท่อสายซอยที่อยู่บริเวณกึ่งกลางท่อประธานย่อยซึ่งวางอยู่บริเวณกลางแปลงเพาะปลูก เลือกหัวจ่ายน้ำมาจำนวน 16 หัววัดอัตราการจ่ายน้ำและความดันของหัวจ่ายแต่ละหัว

3)จากหัวจ่ายบริเวณปลายของท่อสายซอยที่อยู่บริเวณปลายของท่อประธานย่อย บริเวณดังกล่าวนี้เป็นที่คาดว่าเป็นบริเวณที่น้ำในท่อจะสะสมความสกปรกมากสุด บริเวณนี้จะเลือกหัวจ่ายน้ำมาจำนวน 28 หัว วัดอัตราการไหลและความดันของหัวจ่ายแต่ละหัว

จากค่าอัตราการไหลที่ได้ นำมาคำนวณ **DUlq** $_{other}$ จากสูตร

$$DU_{lqother} = 1 - \frac{1}{\sqrt{n}}(1 - average\frac{q_{\min lq}}{q_{avg}}) \quad \text{.....(16)}$$

$$average\frac{q_{\min}}{q_{avg}} = \frac{\sum_{1}^{3}\frac{q_{\min}}{q_{avg}}}{3} \quad \text{.....(17)}$$

เมื่อ n = จำนวนของหัวจ่ายน้ำ ต่อ ต้นพืช

$q_{\min lq}$ = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหลค่าต่ำ จากจำนวน 1ใน 4 โดยเลือกมาจากชุดข้อมูลตัวอย่างที่เก็บจากตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง จาก 3 ตำแหน่งที่กำหนดไว้ (จำนวนอาจเป็น 4 ค่า หรือ 7 ค่าขึ้นกับตำแหน่งที่เลือก-ถ้าเป็น 4ค่าหมายถึงมาจากตำแหน่งที่เลือกวัดจำนวนหัวจ่ายเท่ากับ 16 หัว แต่ถ้าเป็น 7 ก็หมายถึงเลือกมาจากตำแหน่งที่สุ่มวัดมา 28 หัวจ่าย)

q_{avg} = ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหล จากตัวอย่างโดยเลือกจากตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งเพียงแห่งเดียว (ดังนั้นอาจมีจำนวน 16 หรือ 28 ค่าขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่เลือก)

3.4.3 การเก็บข้อมูลและการคำนวณ DUlq เนื่องจากปัจจัยความไม่เท่ากันของระยะการปลูกพืช(Uneven Spacing) (ค่า DUus)

ข้อมูลที่ต้องการเพื่อนำมาคำนวณ มีดังนี้

ก) แยกพื้นที่ออกเป็นแต่ละส่วนซึ่งมีระยะห่างของการปลูกพืชเป็นระยะเดียวกัน

ข) วัดระยะห่างของการปลูกพืชบนพื้นที่แต่ละส่วนนั้น

ค) วัดระยะห่างของหัวจ่ายน้ำบนแต่ละส่วนของพื้นที่

ง) หาค่าอัตราการไหลเฉลี่ยจากหัวจ่ายในแต่ละส่วนของพื้นที่

จ) จำนวนชั่วโมงที่ทำการเปิดน้ำใน 1 สัปดาห์ของแต่ละส่วนของพื้นที่

ระบบให้น้ำส่วนมากจะให้ค่า DU อันเนื่องมาจากปัจจัยการไม่เท่ากันของระยะการปลูกพืชเท่ากับ 1.0 หมายความว่าส่วนมากเกษตรกรจะปลูกพืชด้วยระยะเท่ากันทั่วทั้งแปลง อย่างไรก็ตามในสภาพที่ระยะการปลูกมีความแตกต่างกันมาก การประเมินค่า DU จะเป็นไปตามสมการ ดังนี้

$$DU_{us} = \frac{d_{w\min}}{\bar{d}_w} \quad \text{.....(17)}$$

เมื่อ $d_{w\min}$ = ค่าความลึกของน้ำรายสัปดาห์ที่มีค่าต่ำสุด ที่ส่งให้กับพื้นที่แต่ละส่วน

$\bar{d}_w$ = ค่าความลึกของน้ำที่ส่งให้เฉลี่ยจากทั่วทั้งแปลงเพาะปลูก คิดเป็นรายสัปดาห์

3.4.3 **การเก็บข้อมูลและการคำนวณ DUlq เนื่องจากปัจจัยการระบายน้ำหลังหยุดให้น้ำ (Unequal Drainage, DUud)**

สาเหตุจากการระบายน้ำที่ไม่เหมือนกันภายหลังจากปิดวาล์วเพื่อหยุดการให้น้ำแล้วส่งผลต่อความไม่สม่ำเสมอในการให้น้ำน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่น ๆที่ได้กล่าวไปแล้ว อย่างไรก็ตามปัญหาการระบายน้ำจากหัวจ่ายจะส่งผลต่อความสม่ำเสมอมากในพื้นที่ที่มีความลาดเท การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ค่าความสม่ำเสมอทำได้ง่าย ๆโดยการสังเกตุว่าหัวจ่ายน้ำยังคงมีน้ำไหลออกมาเป็นเวลานานเท่าไรหลังจากหัวจ่ายน้ำอื่นส่วนใหญ่หยุดการไหลไปแล้วหลังจากปิดน้ำ สมการคำนวณค่าความสม่ำเสมอจากปัจจัยการระบายน้ำที่ไม่เท่ากัน มีดังนี้

$$DU_{ud} = 1 - (\frac{T_e}{T} f) \quad \text{.....(18)}$$

เมื่อ Te = เวลาที่หัวจ่ายบางหัวระบายน้ำต่อเนื่อง นับจากหัวอื่นหยุดไหลแล้ว (นาที)

T = เวลาเฉลี่ยของการให้น้ำ (นาที)

f = อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่มีการระบายน้ำ กับ พื้นที่ทั้งหมด

บทที่ 4 การประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำ (Water Application Efficiency)

4.1. ประสิทธิภาพการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร

(Water Application Efficiency of Micro Irrigation System)

คำว่าประสิทธิภาพการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร หมายถึง *อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่เข้าไปเก็บกักอยู่ในบริเวณเขตรากพืชและพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโต กับ ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ส่งให้กับแปลงเพาะปลูก* นิยมระบุเป็นค่าร้อยละ หรือเขียนเป็นสมการทั่วไป

$$E_a = \frac{d_r}{d_f} 100 \qquad \text{.....(19)}$$

เมื่อ dr = ปริมาณน้ำที่เข้าไปเก็บในบริเวณเขตรากพืช

df = ปริมาณน้ำที่จัดส่งให้ทั้งหมดบริเวณแปลงเพาะปลูก

ประสิทธิภาพการให้น้ำจากระบบสปริงเกลอร์ ไมโครสปริงเกลอร์ หรือสเปรย์ จะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับ

1. ปริมาณการระเหยของน้ำจากหัวฉีดน้ำ (Nozzles) ขณะให้น้ำ
2. การสูญเสียน้ำเนื่องจากการซึมลึกเลยเขตรากพืช (Deep Percolation)
3. การสูญเสียน้ำจากการระเหยจากผิวแปลง
4. การไหลหลากไปบนผิวดิน(ไม่ซึมลงใต้ดิน)ขณะกำลังให้น้ำ

ประสิทธิภาพการให้น้ำจากระบบน้ำหยด จะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับ

1. การแพร่กระจายความชื้นในดินไม่ครอบคลุมไปตามบริเวณเขตรากพืช
2. การสูญเสียน้ำเนื่องจากการซึมลึกเลยเขตรากพืช (Deep Percolation)
3. การสูญเสียน้ำอันเนื่องจากการระเหยจากผิวแปลง

4.2 ค่าการให้น้ำสูงสุด (Maximum Application Depth,Imax)

ในการประเมินค่าประสิทธิภาพการให้น้ำของระบบชลประทานแบบไมโคร จะต้องนำค่าการให้น้ำสูงสุด (Imax) มาใช้ในการคำนวณ ค่าการให้น้ำสูงสุดคำนวณจากสมการ

$$I_{\max} = y(AWC)\frac{ZP}{100} \qquad \text{.....(20)}$$

เมื่อ y = เปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินที่พร่องไปก่อนการให้น้ำ

AWC = ค่าความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ซึ่งดินอุ้มไว้ได้ (มม./ม.)

Z = ความลึกของรากพืช (ม.)

P = อัตราส่วนของปริมาตรเปียกน้ำ กับ ปริมาตรทั้งหมด

(the wetted volume as a proportion of the total)

ในการประเมินผลประสิทธิภาพการให้น้ำ จะใช้ค่าปริมาตรแทนความลึก ดังนั้นจะต้องแปลงค่าความลึกสุทธิของน้ำที่ให้,Imax เป็นปริมาตร ดังนี้

$$V_r = I_{\max} \times A \qquad \text{.....(21)}$$

เมื่อ Vr = ปริมาตรน้ำสูงสุดที่ให้

A = พื้นที่ให้น้ำ

4.3 สมการประสิทธิภาพการให้น้ำระบบชลประทานแบบไมโคร (Application Efficiency,Ea)

เมื่อคำนวณค่าปริมาณน้ำสุงสุดที่ต้องให้แก่พืชแล้ว จะมาคำนวณค่าประสิทธิภาพการให้น้ำ โดยสมการ

$$E_a = (\frac{V_r(1-P_d)}{V_a})100 = (\frac{V_a(1-P_d)}{3600Q_aT})100 \qquad \text{.....(22)}$$

เมื่อ Vr = ปริมาตรน้ำที่ต้องการ (ลบ.ม.)

Va = ปริมาตรน้ำที่ให้ทั้งหมด (ลบ.ม.)

Pd = เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่พร่องไปจากดิน ค่าน้มีส่วนเกี่ยวข้องกับค่าความลึกของน้ำสูงสุดที่ต้องการ ค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของหัวจ่าย (Vgs) และค่าความลึกของน้ำที่ให้จริง ดังแสดงความสัมพันธ์ไว้ตามรูปที่ 4-10

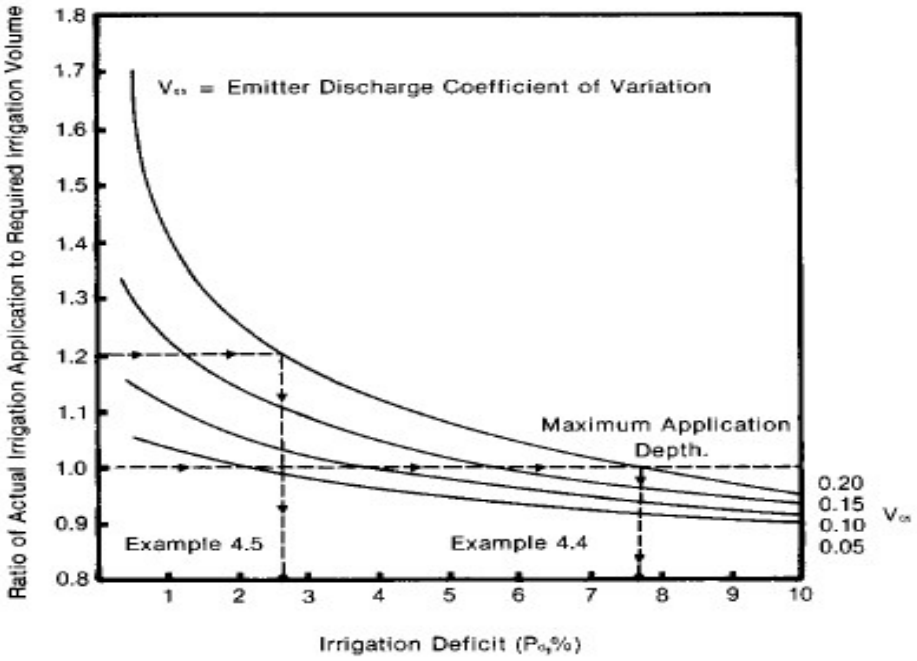
(1- Pd) = เปอร์เซนต์ของพื้นที่บริเวณเขตรากที่ได้รับน้ำ

Qa = อัตราการไหลที่จ่ายเข้าสู่ระบบให้น้ำที่แท้จริง(ลบ.ม. ต่อ วินาที)

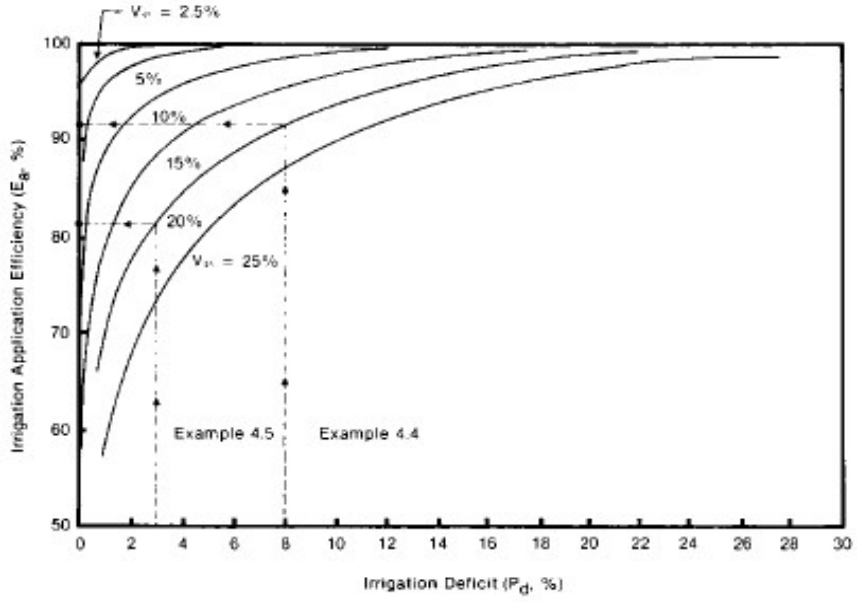
T = เวลาที่ให้น้ำ (ชม.)

4.4 การประเมินค่าประสิทธิภาพการให้น้ำจากค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

เมื่อมีการประเมินค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำทางสถิติ,Us ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อข้างต้น สามารถนำไปประเมินค่าประสิทธิภาพการให้น้ำของพื้นที่ให้น้ำอันเดียวกันนั้นเมื่อทราบค่าความชื้นที่พร่องไปก่อนการให้น้ำ,Pd อัตราส่วนปริมาณน้ำที่ให้ กับปริมาณน้ำที่ต้องการ โดยใช้กราฟภาพที่ 4-10 และ 4-11 ในการประเมิน



ภาพที่ 4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสม่ำเสมอทางสถิติ,Us ค่าอัตราส่วนปริมาณน้ำที่ให้กับปริมาณน้ำที่ต้องการ และค่าความชื้นที่พร่องไป,Pd



ภาพที่ 4-11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการให้น้ำ,Ea และค่าความชื้นที่พร่องไป, Pd

ตัวอย่าง จงคำนวณค่าประสิทธิภาพการให้น้ำของพื้นที่ให้น้ำย่อยพื้นที่หนึ่ง และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่พร่องไป,Pd เมื่อกำหนดให้ปริมาตรน้ำที่ให้ไป เท่ากับปริมาตรน้ำที่พืชต้องการและค่าความสม่ำเสมอทางสถิติของพื้นที่ให้น้ำนี้เท่ากับ 80 %

วิธีทำ

1.จากกราฟรูปที่4-10 ทราบอัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่ให้ ต่อปริมาณความต้องการเท่ากับ 1.0 กำหนดจุดไว้ที่แกนตั้งของกราฟ

2. ลากเส้นจากค่า 1.0 ไปในแนวราบ ตัดกับเส้นกราฟของค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของอัตราการไหลจากหัวจ่าย(Vqs) เส้นที่ 0.20 (Us = 80 %)

3.ลากเส้นจากจุดตัดลงมาในแนวดิ่งจนตัดกับแกนนอน อ่านค่า Pd = 7.8 %

4.จากค่า Pd ที่ได้นำไปคำนวณค่า Ea จากสมการที่ (22) โดยแทนค่า Vr/Va = 1.00 และ Pd = 0.078 (7.80 %) จะได้ Ea = 92.20 % หรือหากใช้กราฟรูปที่ 4-11

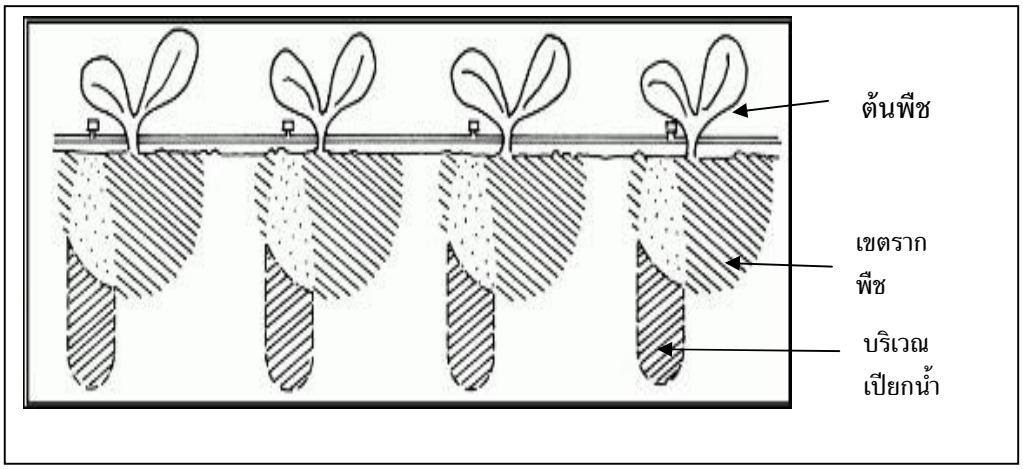
5. เมื่อทราบค่า Pd =7.80 % นำไประบุค่าบนแกนนอน ในกราฟรูปที่ 4-11 ลากเส้นในแนวดิ่งขึ้นไปตัดเส้นกราฟค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของอัตราการไหลจากหัวจ่าย(Vqs) เส้นที่ 20 %

6. ลากเส้นจากจุดตัดไปตามแนวราบตัดแกนตั้งที่ค่า Ea เท่ากับ 92 %

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสม่ำเสมอในการให้น้ำและประสิทธิภาพในการให้น้ำ

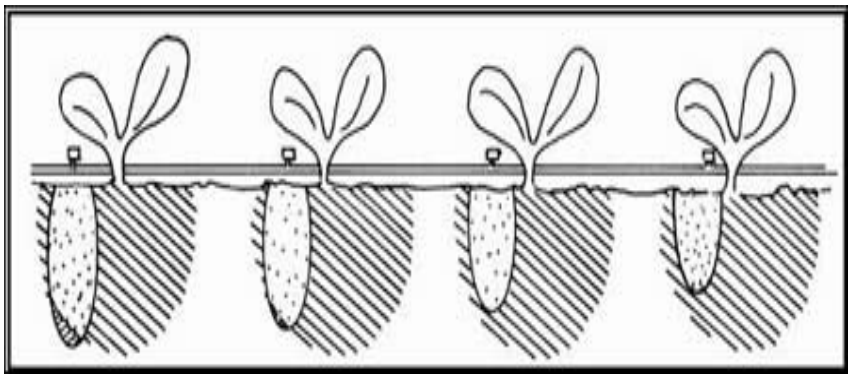
(Relationship Between Uniformity and Water application Efficiency)

ในระบบการชลประทานแบบไมโคร ค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำอาจไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกับค่าประสิทธิภาพในการให้น้ำก็ได้ เช่นในบางครั้งถึงแม้ว่าค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำจะสูงถึงร้อยเปอร์เซ็นต์ แต่ในขณะเดียวกันค่าประสิทธิภาพในการให้น้ำอาจมีค่าต่ำ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะดังกล่าว ดูภาพที่ 4-12 ประกอบจะเห็นว่าปริมาณน้ำที่ออกจากหัวจ่ายน้ำมีปริมาณ



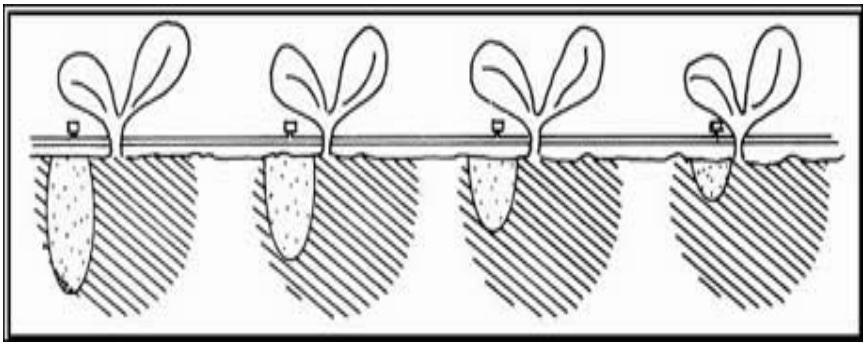
ภาพที่ 4-12 ความสม่ำเสมอในการให้น้ำสูงมาก แต่ค่าประสิทธิภาพการให้น้ำต่ำ

เท่ากันทุกหัวซึ่งแสดงว่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำมีค่าเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ดินในบริเวณรากพืชไม่สามารถเก็บน้ำได้ทั้งหมดมีบางส่วนไหลเลยออกนอกบริเวณเขตราก ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพการให้น้ำน้อยลง



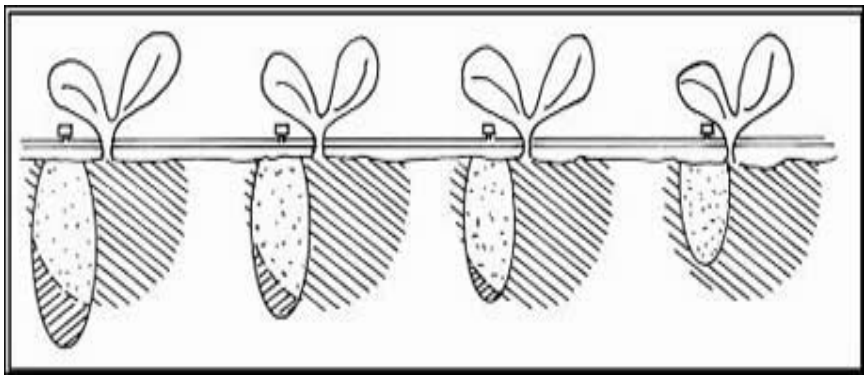
ภาพที่ 4-13 ความสม่ำเสมอในการให้น้ำสูง ขณะเดียวกันค่าประสิทธิภาพการให้น้ำสูงด้วย

เมื่อมาดูจากภาพที่ 4-13 ถึงแม้ว่าอัตราการจ่ายน้ำจากหัวจ่ายจะไม่เท่ากันทุกหัว แต่ความแตกต่างยังไม่มากและอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ในขณะเดียวกันมีการควบคุมปริมาณน้ำที่ให้ได้ตามความต้องการของพืช สามารถเข้าไปเก็บอยู่ในเขตรากพืชได้เกือบทั้งหมด กรณีนี้จะเห็นว่าทั้งค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำและค่าประสิทธิภาพการให้น้ำมีค่าสูงด้วยเช่นกัน ซึ่งถือว่ามีการออกแบบระบบได้อย่างเหมาะสม



ภาพที่ 4-14 การให้น้ำที่มีค่าประสิทธิภาพสูงแต่ความสม่ำเสมอในการให้น้ำต่ำ

ในบางกรณีดังภาพที่ 4-14 จะเห็นว่าอัตราการให้น้ำของแต่ละหัวมีความแตกต่างกันมากแต่สามารถจ่ายน้ำเข้าไปเก็บอยู่ในเขตรากได้ กรณีนี้ทำให้บางจุดมีการให้น้ำพอดีกับความต้องการ และบางจุดได้รับน้ำต่ำกว่าความต้องการ (Under Irrigated) ผลที่ปรากฏคืออัตราการจ่ายน้ำจากแต่ละหัวจะไม่เท่ากัน ทำให้ได้ค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำต่ำ และขณะเดียวกันค่าประสิทธิภาพในการให้น้ำจะมีค่าสูง



ภาพที่ 4-15 ประสิทธิภาพการให้น้ำต่ำ ความสม่ำเสมอในการให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้

จากปัญหาในภาพที่ 14 เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการพื้นที่บางส่วนได้รับน้ำน้อยกว่าความต้องการ ทำให้ต้องมีการให้น้ำเป็นเวลานานขึ้น ผลที่ตามมาคือบางจุดจะได้รับน้ำมากกว่าที่ต้องการ (Over Irrigated) ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการให้น้ำจะมีค่าต่ำ (ภาพที่ 4-15)

ภาคผนวก

ประวัติทฤษฎีและหลักการประเมินเกี่ยวกับระบบชลประทานแบบไมโคร

- **USDA** ตีพิมพ์ลงใน Agriculture Handbook 82 – อธิบายวิธีประเมินผลการให้น้ำแบบร่องคู ท่วมเป็นผืน และระบบสปริงเกลอร์แบบเคลื่อนย้ายด้วยแรงงานคน โดยอธิบายความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของค่าความสม่ำเสมอที่แตกต่างไปในแต่ละวิธีการให้น้ำ อย่างไรก็ตามในหนังสือได้อธิบายแนวความคิดเกี่ยวกับการใช้ค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการให้น้ำค่าต่ำ จากจำนวน 1 ใน 4 ของทั้งหมด (average of the low ¼) มาใช้ในการคำนวณ ซึ่งเมื่อมีการพัฒนาสมการต่อ ๆ มาเป็นที่รู้จักกันในสมการความสม่ำเสมอการกระจายน้ำโดยใช้ค่าต่ำ 1 ใน 4 (Low Quarter Distribution Uniformity , DU_{lq})

- **Merriam et al. (1973)** พัฒนาวิธีการประเมิน ซึ่งถือเป็นเทคนิคแรกที่ใช้ประเมินระบบชลประทานแบบน้ำหยดในแปลง วิธีการประเมินมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับชนิดดิน ความชื้นที่เป็นประโยชน์ เวลาการให้น้ำ เปอร์เซ็นต์ปริมาตรที่เปียกน้ำของดิน รวมทั้งชนิดของท่อที่ใช้ รูปสมการที่ใช้ คือ

$$DU_{lq} = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}} + \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \frac{q_{min\,lq}}{q_{avg}}\right) \times 100$$

เมื่อ N = จำนวนหัวจ่ายน้ำต่อต้นพืช

q_{minlq} = ค่าอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำเฉลี่ยจากค่าต่ำ จำนวน 1 ใน 4 ของทั้งหมด

q_{avg} = ค่าอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำเฉลี่ย

- **Karmeli & keller (1974)** นำเอาปัจจัย 2 อย่างที่ทำให้ระบบให้น้ำไม่สม่ำเสมอ มาใช้พิจารณาสำหรับการออกแบบระบบชลประทานแบบน้ำหยด/ไมโคร ปัจจัยที่กล่าวคือ ค่าการแปรผันของหัวจ่ายจากขบวนการผลิต และ ความแตกต่างของความดัน สมการที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ เป็นสมการที่จะใช้เพื่อการออกแบบระบบ ไม่ใช่เพื่อการประเมิน สมการดังกล่าวได้แก่

$$DU_{1q} = \left(1 - 1.27\frac{CV_m}{\sqrt{n}}\right)\left(\frac{q_{min\,lg}}{q_{avg}}\right) \times 100$$

เมื่อ CV_m = ค่า สปส. การแปรผันของหัวจ่ายจากการผลิต

$$= \frac{\text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการไหล}}{\text{ค่าเฉลี่ยของอัตราการไหล}}$$

ตามสมการจะเห็นว่าปัจจัยที่เกี่ยวกับค่าการแปรผันของผู้ผลิต อยู่ในค่า CV_m ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวกับความดันแตกต่าง จะอยู่ในค่า $q_{minlq} \div q_{avg}$

จากสมการของ Karmeli & Keller (1974) เมื่อนำมาเขียนตามปัจจัยที่นำมาพิจารณาจะได้เป็น

DU_{1q} = (DU_{1q} (เนื่องจากการแปรผันหัวจ่ายของผู้ผลิต)×(DU_{1q}(เนื่องจากความดันแตกต่าง)) ÷ 100

- **Bliesner (1977)** พยายามที่จะแยกสาเหตุ ที่ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอในการให้น้ำจากการ

ประเมินผลในสนาม Bliesner ได้ให้ความสนใจว่า ค่าความดันบริเวณหัวจ่ายน้ำเกี่ยวข้องกับค่าเลขยกกำลัง × (emitter discharge exponent) ในสมการความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของหัวจ่ายกับความดัน คือ

$$\mathbf{q = kP^x}$$

เมื่อ q = อัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำ

k = ค่าคงที่ของหัวจ่ายน้ำขึ้นกับลักษณะของหัวจ่าย, หน่วยที่ใช้ในการวัดค่าอัตราการไหลและความดัน

P = ความดัน

X = ค่าเลขยกกำลัง

สมการที่ Bliesner นำเสนอและใช้กันทั่วไป คือ

$$DU_{1q} \text{ (ของความดัน)} = \left(\frac{\text{ค่าเฉลี่ยของค่า P ค่าต่ำ จำนวน 1 ใน 4}}{\text{ค่าเฉลี่ยของค่า P ที่วัดมา}} \right) \times 100$$

- **Merriam & Keller (1978)** ได้ปรับปรุงสมการเดิม (1973) โดยนำเอาค่าความดัน ค่าตัวเลขยกกำลัง (X) มาคิดร่วมด้วยในค่า DU_{1q} จนได้รูปสมการเป็น

$$DU_{1q} = DU_{1q} \text{ (อัตราการไหล)} \times \left(\frac{\mathbf{P_{min}}}{\mathbf{P_{avg}}} \right)^{\mathbf{X}}$$

เมื่อ P_{min} = ค่าความดันต่ำสุดบริเวณต้นทางของท่อสายซอย (Hose Inlet) บนท่อประธานย่อยที่เลือก (Selected Manifold)

P_{avg} = ค่าเฉลี่ยของค่าความดันต่ำที่จุดต้นทางของท่อสายซอยทุกจุด บนท่อประธานย่อยทั้งหมด

มีข้อสังเกตจากสมการของ Merriam & Keller (1978) คือ ไม่ได้นำเอาปัจจัยเกี่ยวกับจำนวนหัวจ่ายน้ำต่อต้น (ค่า n) และไม่ได้กล่าวถึงวิธีการหาค่า X

- **Solomon & Keller (1978)** พิจารณาเกี่ยวกับลักษณะทางชลศาสตร์ของระบบท่อสายซอย และมีข้อสรุปว่าปัจจัยเกี่ยวกับค่าการแปรผันของหัวจ่ายจากผู้ผลิต มีความสำคัญต่อความสม่ำเสมอเท่ากับปัจจัยด้านความแตกต่างของความดัน

- **Nakayama el al. (1979)** ให้ข้อสังเกตว่ามีความจำเป็นที่ต้องหาเทคนิควิธีการประเมินเพื่อหา ค่า DU ซึ่งสามารถใช้ได้กับทุกวิธีการให้น้ำ เขาได้สมมติว่าการกระจายค่าของอัตราการไหลจากหัวจ่ายน้ำเป็นลักษณะการกระจายตัวแบบปรกติ (Normal Distribution) และหาว่าจำนวนหัวจ่ายน้ำต่อต้นและค่าการแปรผันจากผู้ผลิต มีผลต่อค่า DU

- **Bralts & Kesner (1983)** ได้ใช้การสมมติว่า รูปร่างการกระจายตัวของค่าอัตราการไหลเป็นแบบปรกติเช่นกัน และได้ให้ข้อเสนอแนะว่า จากการวัดค่าอัตราการไหล 18 ค่า ต่อ 1 หน่วยย่อยของการให้น้ำนั้น จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอทางสถิติ (Statistical Uniformity Coefficient) ที่มีความถูกต้อง เชื่อถือได้

เอกสารอ้างอิง

1. A.Benami and A.Ofen 1984.Irrigation Engineering Sprinkler,Trickle,Surface Irrigation Principles,Design and agricultural Practices.Faculty of Agricultural Engineering Technion-Israel Institue of Technology.

2. A.G.Smajstria,B.J.Boman,D.Z.Haman,D.J.Pitts and F.S.Zazueta. Field Evaluation of Microirrigation water Application Uniformity.Agricultural and Biological Engineering Department,Florida Cooperative Extension Service,Institue of Food and Agricultural Science ,University of Florida.

3. ASAE.1997.Field Evaluation of Microirrigation Systems. ASAE EP458 DEC97

4. Charles M. Burt 2004 .Rapid Field Evaluation of Drip and Microspray Distribution Uniformity. . Bioresource and Agriculture Engineering Department and Irrigation Training Center,California Polytechnic State University,San Lui Obispo,CA 93407,USA. Irrigation and Drainage Systems 18:275-297,2004.

5. Fedro S. Zazueta.1985 .Understanding the Concepts of Uniformity and Efficiency in Irrigation,Publication #AE43 Agricultural and Biological Engineering Department,Florida Cooperative Extension Service,Institue of Food and Agricultural Science ,University of Florida.

6. Kenneth H. Solomon.1988. Irrigation System and Water Application Efficiencies.Irrigation Notes. Center for Irrigation Technology California State University,Fresno,California.USA.

7. Keller and Karmeli.1974.Trickle Irrigation Design Parameter,Transactions of the ASAE17 (1974)(4) , pp678-684