โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 1 /2555

การพัฒนาระบบผสมปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทาน โดยใช้หลักการความต่างศักย์ของน้ำ

Fertigation System by Using Different of Water Potential

โดย

นางสาวปวีณา บัวเขียวดี

นางสาวศันสนีย์ สุดใจ

เสนอ

สาขาวิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

จังหวัดนครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

พ.ศ. 2555

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาระบบผสมปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทานโดยใช้หลักการความต่างศักย์ของน้ำ

โดย : นางสาวปวีณา บัวเขียวดี

นางสาวศันสนีย์ สุดใจ

ประธานที่ปรึกษาโครงการ : .....

(ผศ.บุญมา ป้านประดิษฐ์)

…….. /……/…….

โครงงานวิศวกรรมเรื่อง การพัฒนาระบบผสมปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทานโดยใช้หลักการความต่างศักย์ของน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาและออกแบบระบบผสมปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทานโดยหลักการความต่างศักย์ของน้ำเพื่อใช้กับระบบการให้น้ำชลประทานแบบแรงดันต่ำ โดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด สำหรับชุดต้นแบบเลือกใช้ ท่อ PVC ชั้น 8.5 เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 1.95 เมตร และ 1.05 เมตร สำหรับใช้เป็นท่ออากาศสำหรับปรับความต่างศักย์และท่อบรรจุปุ๋ยน้ำ ตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่าที่แรงดันใช้งาน 1.5 บาร์ , 2 บาร์ และ 2.5 บาร์ โดยมีความต่างศักย์ 0.5 บาร์ และใช้ท่อจ่ายปุ๋ยเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ยน้ำเท่ากับ 15 , 25.20 และ 38.40 ลิตร/ชม. ตามลำดับ และเมื่อทำการทดสอบให้ปุ๋ยน้ำเข้าไปในระบบชลประทานที่มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 265 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อัตราการจ่ายปุ๋ย 36 ลิตร/ชม. ซึ่งมีปุ๋ยน้ำเข้มข้นเท่ากับ 349 มิลลิกรัม/ลิตร จะได้ความเข้มข้นเฉลี่ย 287 มิลลิกรัม/ลิตร หรือสารละลายปุ๋ยเพิ่มขึ้น 22 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีความสม่ำเสมอเฉลี่ยมากกว่า 90 % หรือมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสูงสุดไม่เกิน 10 % แสดงให้เห็นว่าตัวเลขดังกล่าวสามารถนำไปคำนวณปุ๋ยที่จะจ่ายให้แก่ต้นพืชได้ในปริมาณที่เหมาะสมตามความต้องการ และมีความสม่ำเสมอสูง จะเห็นได้ว่าระบบผสมปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทานโดยใช้หลักการความต่างศักย์ของน้ำสามารถที่จะนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์และขยายผลสู่เกษตรกรได้

ABSTRACT

Title : Fertigation System by Using Different of Water Potential

By : Paweena Buakhewdee

Sansanee Sutjai

Project Advisor :

.....

(Asst. Prof. Boonma Panpradist)

…….. /……/……

The objective of Engineering Project on the fertigation system by using different of water potential are to develop and design the process to put liquid fertilizer to irrigation system of high uniformity. The flow rate of solution depend on ratio of water potential by length of micro tube and diameter tube . From this principle , PVC pipe 4 inches and long 1.95 , 1.05 meter for control water potential and contain solution are selected for prototype system.

From experiment the results shown that at working pressure are 1.5 bar, 2 bar and 2.5 bar and different of water potential at 0.5 bar and micro tube ø 3 mm . The flow rate of solution are 15, 25.20 and 38.40 liter /hour , respectively. After feeding liquid fertilizer to the irrigation system at initial concentration 265 mg / liter and liquid fertilizer concentration 349 mg/liter. The fertigation system shown that average concentration is 287 mg / liter ; it's mean that fertilizer can be feed to the plant 22 mg / liter, which uniformity more than 90% . From high reliable uniformity and consistent of flow rate , so that the fertigation system by using different of water potential can be expanded to commercial scale and extended to agriculturist.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

Abstract II

สารบัญ III

สารบัญรูป V

สารบัญตาราง VI

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.2 ขอบเขตการศึกษา 1

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 2

2.1 ความหมายของระบบ Fertigation 2

2.2 ความหมายและชนิดของปุ๋ยโดยทั่วไป 2

2.3 วัตถุประสงค์ของการผสมปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทาน 3

2.4 ข้อดีของระบบ Fertigation 3

2.5 ข้อเสียของระบบ Fertigation 4

2.6 ข้อพิจารณาในการเลือกเครื่องมือให้ปุ๋ย 5

2.7 ปุ๋ยที่ใช้ในระบบ Fertigation **6**

2.8 ขั้นตอนการผสมปุ๋ย **6**

2.9 ระยะเวลาการให้ปุ๋ยและสารเคมี **7**

2.10 ชนิดของเครื่องมือให้ปุ๋ยในระบบ Fertigation **7**

2.11 ปั๊มแบบเวนจูรี่ (Venturi pumps) 7

2.12 ถังแบบไหลผ่านผสม (Flow by-pass) 9

2.13 ถังแบบไหลผ่านถุงอัดความดัน (Pressure by-pass) 10

2.14 ปั๊มแบบอัดฉีด (Injection) 11

2.15 ปั๊มแบบใช้แรงดันน้ำ 12

2.16 ปั๊มอัดฉีดแบบ T.M.B. 13

2.17 การอัดฉีดปุ๋ยหรือสารเคมีโดยความต่างศักย์ 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการ 17

3.1 อุปกรณ์จ่ายปุ๋ยเข้าระบบน้ำชลประทานโดยใช้ความต่างศักย์ของน้ำ 17

3.2 วิธีการทดลอง 21

บทที่ 4 ผลการทดลอง 24

4.1 ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพและความสม่ำเสมอของสารละลายปุ๋ย 24

4.2 สรุปผลการทดลอง 34

บทที่ 5 สรุป วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ 37

5.1 สรุป และวิจารณ์ 37

5.2 ข้อเสนอแนะ 38

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก. ตารางแสดงอัตราการจ่ายปุ๋ยที่ปริมาณน้ำเข้าต่างๆของวาล์วผสมปุ๋ยแบบเวนจูรี่ 41

ภาคผนวก ข. ตารางความสามารถในการดูดซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของแรงดันน้ำเข้า 43

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 ปั๊มแบบเวนจูรี่	8
2-2 การติดตั้งปั๊มแบบเวนจูรี่	8
2-3 ถังแบบไหลผ่านผสม	9
2-4 ถังแบบไหลผ่านถุงอัดความดัน	10
2-5 ปั๊มแบบอัดฉีด	11
2-6 ปั๊มแบบใช้แรงดันน้ำ	12
2-7 ปั๊มอัดฉีด T.M.B.	13
2-8 แสดงการติดตั้งระบบผสมปุ๋ยโดยหลักการความต่างศักย์ของน้ำ	14
2-9 อัตราการจ่ายปุ๋ยที่สัมพันธ์กับระดับน้ำที่แตกต่างและความยาวของท่อขนาดจิ๋วขนาดต่างๆ	15
3-1 ชุดอุปกรณ์จำลองที่ใช้ในการจ่ายปุ๋ยเข้าระบบน้ำ	20
3-2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบผสมปุ๋ย	21

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4-1 ผลการทดลองหาอัตราการจ่ายสารละลายปุ๋ยที่แรงดันต่างๆ โดยหลักการความต่างศักย์ของน้ำ 30
4-2 ผลการทดลองหาอัตราการจ่ายสารละลายปุ๋ยที่แรงดันต่างๆ โดยหลักการความต่างศักย์ของน้ำ 31
4-3 ผลการทดลองหาความเข้มข้นและความสม่ำเสมอในการจ่ายสารละลายปุ๋ย 33
4-4 ข้อดีและข้อเสียของการอัดฉีดปุ๋ยหรือสารเคมีโดยความต่างศักย์ 36

บทที่ 1

การพัฒนาระบบผสมปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทาน โดยใช้หลักการความต่างศักย์ของน้ำ

Fertigation System by Using Different of Water Potential

คำนำ

เนื่องจากในปัจจุบันการให้น้ำชลประทานด้วยระบบการให้น้ำแบบหยด แบบ minispay microspay minisprinkler microsprinkler ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น และการให้น้ำในระบบดังกล่าวนิยมติดตั้งเครื่องผสมปุ๋ยไปพร้อมๆกับการให้น้ำด้วย เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช่จ่าย แต่เนื่องด้วยว่าเครื่องผสมปุ๋ยที่นำเข้าจากต่างประเทศมีราคาค่อนข้างแพง ทำให้เกษตรกรรายย่อยอาจมีปัญหาในด้านต้นทุนที่สูงเกินไป ดังนั้น กลุ่มของข้าพเจ้าได้เห็นถึงความสำคัญและหลักการในการจ่ายปุ๋ยเข้าระบบน้ำชลประทานโดยอาศัยความต่างศักย์ของน้ำ ซึ่งเป็นวิธีการจ่ายปุ๋ยที่มีต้นทุนต่ำและเกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

1.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อทำการศึกษาและออกแบบระบบผสมปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทานโดยใช้หลักความต่างศักย์ของน้ำ เพื่อใช้กับระบบการให้น้ำชลประทานแบบแรงดันต่ำ

1.2 ขอบเขตการศึกษา

ออกแบบระบบผสมปุ๋ยโดยใช้ท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว ยาว 1 เมตร สำหรับท่อปุ๋ย ใช้ท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว ยาว 2 เมตร สำหรับเป็นท่ออากาศ และทำการศึกษาที่อัตราส่วนของเฮดต่อความยาวท่อขนาดจิ๋ว (H/L) อยู่ระหว่าง 0.7-1 สำหรับระบบชลประทานแบบแรงดันต่ำ

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ความหมายของระบบFertigation

มนตรี (2531) กล่าวว่า Fertigation หมายถึง การผสมปุ๋ยรวมกับการให้น้ำแก่พืชได้ มาจากคำว่า Fertilization รวมกับIrrigation หรือเรียกเป็นคำย่อว่าระบบ F-I

ยงยุทธ (2535) กล่าวว่า Fertigation หมายถึง การใส่ปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทาน

2.2 ความหมายและชนิดของปุ๋ยโดยทั่วไป

ยงยุทธ (2535) ได้ให้จำกัดความและความรู้เกี่ยวกับปุ๋ยสรุปได้ดังนี้

ปุ๋ย (Fertilization) หมายถึง สารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นตามธรรมชาติหรือทำขึ้นก็ตามสามารถให้ธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้ อาจเป็นปุ๋ยเชิงเดี่ยวปุ๋ยเชิงประกอบก็ได้

เมื่อหลายศตวรรษก่อนคำว่า ปุ๋ย คนจะรู้จักในชื่อของ manure

สมัยก่อนปุ๋ยที่ผลิตจากโรงงานอุตสาหกรรมใช้คำว่า artificial manure ต่อมาใช้คำว่า manufactured fertilizer แทน ปัจจุบันสหรัฐอเมริกาได้เปลี่ยนจากคำว่า manufactured fertilization มาเป็น commercial fertilization เนื่องจากปุ๋ยประเภทนี้มีการผลิตโดยโรงงานอุตสาหกรรมจำหน่ายอย่างกว้างขวางและมีการควบคุมคุณภาพด้านปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ย

สำหรับ commercial fertilization อาจมีความหมายครอบคลุมถึงปุ๋ยที่มีอนินทรีย์สารจากธรรมชาติผสมอยู่ด้วย แต่ปุ๋ยที่มีลักษณะดังกล่าวนั้นมีเพียงไม่กี่ชนิด และเกษตรกรทั่วไปก็ไม่ค่อยนิยมใช้มากนักเนื่องจากมีธาตุอาหารต่ำ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้ การผลิตปุ๋ยหมักเพื่อการค้าก็ได้รับความนิยมมากขึ้นและปุ๋ยดังกล่าวก็เป็นที่ต้องการของผู้อาศัยในชุมชน เพื่อการแต่งสวนภายในบ้าน

คำว่า chemical fertilizer อาจใช้ในความหมายกว้างครอบคลุมถึง ปุ๋ยที่ผลิตโดยกระบวนการทางเคมีอย่างหนึ่ง และปุ๋ยที่ผลิตโดยการแต่งแร่ซึ่งเป็นกระบวนการทางฟิสิกส์

2.3 วัตถุประสงค์ของการผสมปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทาน

ปฏิภาณ (2525) กล่าวไว้ว่า การผสมปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทาน (Fertigation) เป็นการผสมปุ๋ยชนิดละลายน้ำได้ดี ให้แก่พื้นดินโดยอาศัยระบบชลประทานแบบฉีดฝอย เป็นวิธีที่ทำได้รวดเร็วลงทุนน้อย การแพร่กระจายสม่ำเสมอสะดวกและให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

สำหรับยาฆ่าแมลงชนิดละลายน้ำ อาศัยวิธีการเช่นเดียวกับการให้ปุ๋ยและต้องมีการป้องกันอันตรายของยาฆ่าแมลงที่ถูกฉีดปลิวอยู่ในอากาศในบริเวณใกล้เคียง อาจเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยงได้

มนตรี (2531) กล่าวว่า ระบบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการให้ปุ๋ย รวมทั้งควบคุมการใส่ปุ๋ยในระบบชลประทาน นอกจากนี้ยังสามารถผสมยากำจัดศัตรูพืชโรคพืชพร้อมกับการให้น้ำชลประทานได้ด้วย ซึ่งวิธีการให้ปุ๋ยรวมกับน้ำชลประทานนี้มีการใช้กับระบบการให้น้ำแบบหยดและแบบฉีดฝอย ในอนาคตก็มีแนวโน้มว่าจะใช้กันมากขึ้น

2.4 ข้อดีของระบบ Fertigation

มนตรี(2531) ได้กล่าวถึงข้อดีของระบบ Fertigation

2.4 1. ประหยัดแรงงานและสะดวก เมื่อมีการนำเอาระบบ Fertigation เข้ามาใช้ในแปลงเพาะปลูก จะสามารถลดการใช้แรงงานในการให้ปุ๋ยแก่พืช ทั้งยังสะดวกในการใส่ปุ๋ยครั้งละน้อยๆ แต่บ่อยครั้งตามความเหมาะสมได้เป็นอย่างดี การใส่ปุ๋ยโดยใช้แรงคนเป็นงานหนัก และไม่ค่อยทั่วถึง ถ้าใช้เครื่องจักรใส่ปุ๋ยก็ต้องลงทุนสูง และทำให้เกิดการบดอัดดินเนื่องจากล้อของเครื่องจักรจะทำให้เกิดความเสียหายต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.4.2. พืชได้รับปุ๋ยตามต้องการอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอตลอดแปลงเพาะปลูก เนื่องจากปุ๋ยละลายกับน้ำชลประทาน ปุ๋ยจึงแพร่กระจายได้ทั่วถึงอย่างรวดเร็ว

2.4.3. พืชได้รับธาตุอาหารที่ต้องการในระยะต่างๆของการเจริญเติบโตอย่างเพียงพอ และทันตามต้องการ ปกติตลอดช่วงการเจริญเติบโตของพืชต้องใส่ปุ๋ยแก่พืชบ่อยครั้งเพราะถ้าใส่ปุ๋ยลงไปในดินทั้งหมดครั้งเดียว ปุ๋ยจะถูกชะล้างออกไปมากก่อนที่พืชจะใช้ได้ทันที การให้ปุ๋ยนี้สัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพต่างๆ เช่นปริมาณปุ๋ยที่ถูกน้ำฝนชะล้างออกจากดิน เป็นต้น ถ้าไม่ใช่ระบบ Fertigation ให้ปุ๋ยแก่พืช พบว่าเป็นการยากที่จะทำให้พืชได้รับธาตุอาหารในปริมาณที่พอเหมาะกับแต่ละช่วงของการเจริญเติบโต หรือการออกดอกออกผล แต่ถ้าใช้ระบบ Fertigation จะสามารถปรับสัดส่วนของธาตุอาหารที่ให้แก่พืช ชนิดของปุ๋ยที่ให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชในระยะต่างๆของการเจริญเติบโต

2.4.4. ประหยัดปุ๋ย เพราะเป็นวิธีการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพสูง พืชจะได้รับปริมาณปุ๋ยมากกว่าวิธีอื่น ลดการสูญเสียเนื่องจากการขนส่งปุ๋ยและการเก็บรักษาปุ๋ย ทำให้ได้รับผลผลิตต่อหน่วยน้ำหนักปุ๋ยมากกว่าวิธีอื่น

2.4.5. ควบคุมการไหลเลยของรากพืชของสารละลายปุ๋ยและน้ำ สามารถให้สารละลายปุ๋ยแก่น้ำได้ในเวลาที่ได้วางแผนไว้ในปริมาณที่ต้องการโดยไม่ยุ่งยากและไม่เกิดการไหลเลยเขตรากพืช

2.4.6. ลดเครื่องมือเครื่องใช้ในงานให้ปุ๋ย เพราะปุ๋ยที่ให้เป็นของเหลวไม่ใช่ปุ๋ยเม็ดจึงไม่ต้องมีเครื่องมือในการเตรียมการมาก

2.4.7. สามารถควบคุมปริมาณสารละลายปุ๋ย ที่ต้องการให้แก่พืชในครั้งหนึ่งๆ ได้โดยมีปริมาณและสัดส่วนที่แน่นอน

2.4.8. สามารถให้สารอาหารบางชนิดแก่พืชที่พืชต้องการเพียงเล็กน้อย เพื่อการเจริญเติบโตโดยผสมลงในสารละลายปุ๋ยที่เตรียมจะให้แก่พืชซึ่งการให้ปุ๋ยวิธีอื่นให้ไม่ได้

2.4.9. รักษาคุณภาพของน้ำใต้ดิน

2.5 ข้อเสียของระบบ Fertigation

มนตรี(2531) ได้กล่าวถึงข้อเสียของระบบ Fertigation ไว้ว่า

2.5.1. ค่าใช้จ่ายด้านการดำเนินงานอาจสูง เนื่องจากอุปกรณ์บางอย่างมีราคาแพง รวมทั้งสารเคมีที่ใช้บางตัวมีราคาสูงอีกด้วย ฉะนั้นก่อนใช้ต้องพิจารณาให้รอบคอบ

2.5.2. ความเป็นพิษของสารละลายปุ๋ยที่ใส่ลงในน้ำชลประทาน เมื่อระบบชลประทานใช้ร่วมกับน้ำเพื่ออุปโภคและบริโภคอยู่ด้วย และเนื่องจากน้ำที่ผสมปุ๋ยเคมีนั้นเป็นพิษ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะมีการติดป้ายบอกกล่าวให้เกษตรกรและประชาชนโดยทั่วไปทราบ มิให้นำน้ำนั้นมาใช้เพื่อการบริโภค ส่วนอันตรายอื่นๆที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ การไหลย้อนกลับของน้ำที่ผสมสารละลายปุ๋ยเคมีในท่อและไปผสมกับท่อน้ำกินน้ำใช้ ดังนั้นจึงควรติดตั้งวาล์วที่ป้องกันน้ำไหลย้อนกลับและมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ

2.5.3. ข้อจำกัดในการใช้ปุ๋ย วิธีการนี้เหมาะสำหรับการใช้ปุ๋ยเคมีที่เป็นของเหลว ดังนั้น ปุ๋ยฟอสเฟตซึ่งละลายน้ำได้ยากจึงใช้ได้ไม่ดี เพราะทำให้เกิดการอุดตันได้

2.5.4. การผุกร่อนของท่อและส่วนที่เป็นโลหะในระบบ ส่วนของอุปกรณ์ที่เป็นโลหะมักจะผุกร่อนได้เร็ว เนื่องจากการกัดกร่อนของกรดหรือด่างของสารเคมี ดังนั้นจึงควรที่จะใช้ท่อหรืออุปกรณ์ที่ทนต่อการกัดกร่อนหรือทนสนิมได้ดี

2.5.5. การเกิดปฏิกิริยาเคมีในระบบท่อส่งน้ำแบบหยด ปุ๋ยเคมีบางตัวจะตกตะกอนในท่อปริมาณของตะกอนจะขึ้นอยู่กับความเป็นกรดหรือด่างในสารละลาย ซึ่งอาจเกิดการอุดตันของหัวน้ำหยด ก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบน้ำหยดอย่างมาก

2.5.6. กรณีที่ใช้ระบบ Fertigation กับระบบฉีดฝอย ต้องระวังมิให้ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยที่ให้แก่พืช มีค่าสูงเกินไปจนทำอันตรายแก่พืชได้

2.5.7. เมื่อมีการใช้สารละลายปุ๋ยเคมี จำเป็นต้องจัดหาถังบรรจุ ที่สามารถเก็บรักษาและขนส่งได้อย่างเหมาะสม

2.5.8. การใช้งานอย่างไม่ถูกต้อง อาจเกิดการสูญเสียเนื่องจากการชะล้างน้ำ และปุ๋ยซึมออกจากเขตรากได้มาก

2.6 ข้อพิจารณาในการเลือกเครื่องมือให้ปุ๋ย

โดยทั่วไปเครื่องมือผสมปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทานมีหลายชนิด หลายแบบ หลายขนาดซึ่งแตกต่างทั้งคุณสมบัติ ขีดจำกัด ความสามารถ รวมทั้งราคา การใช้เครื่องมือต่างกัน ย่อมจะได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันออกไป ตามเงื่อนไขของเครื่องมือที่ใช้ แม้ว่าเป็นการเพาะปลูกบนพื้นที่เดียวกันก็ตาม ดังนั้นผู้ใช้ควรศึกษาข้อมูลต่างๆ อย่างละเอียดก่อนการตัดสินใจเลือกใช้เครื่องมือ ซึ่งมีข้อควรพิจารณาดังนี้ (มนตรี, 2531; Shani และ Sapai ,1989)

2.6.1. อัตราการจ่ายน้ำปุ๋ย (Fertigation discharge capacity) คือ ขนาดของอัตราการจ่ายน้ำปุ๋ยใช้สำหรับการออกแบบและการคำนวณหาปริมาตรน้ำปุ๋ยที่ต้องการส่งให้แก่พืช

2.6.2. ความจุของถังปุ๋ย (Tank capacity) คือ ปริมาตรของถังปุ๋ยที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำปุ๋ยแต่ละครั้ง

2.6.3. ความน่าเชื่อถือและความแม่นยำของเครื่องมือ (Reliability and precision) คือ เครื่องมือให้ปุ๋ยมีความแม่นยำแน่นอนในการจ่ายน้ำปุ๋ย มีอิสระในการทำงานโดยไม่มีผลกระทบเนื่องจากปัจจัยภายนอก

2.6.4. การปฏิบัติการ (Operation) คือ ความยากง่ายต่อการฝึกหัด และการปฏิบัติการให้ปุ๋ยในระบบการใช้น้ำชลประทานที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้น

2.6.5. แหล่งพลังงาน (Energy) คือ แหล่งกำเนิดพลังงานของเครื่องมือให้ปุ๋ย มีหลายชนิด เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานเครื่องยนต์ พลังงานจากเพลาต่อท้ายของแทรกเตอร์และพลังงานจากความดันของน้ำ

2.6.6. การเคลื่อนย้าย (Mobility) มีความสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง

2.6.7. อัตราส่วนความเข้มข้น (Dilution ration) คือ เปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนปุ๋ยต่อการละลายทั้งหมด เช่น ใช้ปุ๋ย 10 ลิตรต่อน้ำ 200 ลิตร ฉะนั้นอัตราส่วนความเข้มข้นเท่ากับ 5 % ซึ่งเครื่องมือส่วนมากจะต้องทำงานได้กับสารละลายที่มีอัตราส่วนความเข้มข้นต่างกัน

2.6.8. ความเป็นอัตโนมัติ(Automation)เครื่องมือให้ปุ๋ยสามารถควบคุมด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติได้

2.6.9. การใช้งานด้านอื่นๆ (Other use) เครื่องมือสามารถใช้กับงานอื่นๆ นอกเหนือไปจากการให้สารละลายปุ๋ยเพียงอย่างเดียว เช่น สามารถให้สารละลายกรดไฮโดรคลอลิก ในระบบการให้น้ำชลประทานแบบหยดได้

2.6.10. การบริการ (Servicing) เครื่องมือได้รับการบริการจากตัวแทนจำหน่ายหรือผู้ผลิตที่มีความเชื่อถือได้

2.6.11. มาตรฐาน (Standard) เครื่องมือที่ใช้มีการผลิตได้มาตรฐานมีคุณลักษณะเฉพาะตัว

2.6.12. ประสบการณ์การใช้งาน (Field experience) เครื่องมือได้รับการยอมรับ ใช้งานมานานปี

2.6.13. ราคา (Cost) คือ ราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ รวมทั้งการบำรุงรักษา ตลอดอายุการใช้งาน

จากข้อพิจารณาในการเลือกเครื่องมือให้ปุ๋ยนี้จะนำไปวิจารณ์ผลการศึกษาต่อไป

2.7 ปุ๋ยที่ใช้ในระบบ Fertigation

Keller (1978) กล่าวไว้ว่า สำหรับระบบการให้น้ำแบบหยดน้ำสามารถแผ่กระจายไปยังเขตรากได้ดีอยู่แล้ว การให้ปุ๋ยโดยเฉพาะปุ๋ยจำพวกไนโตรเจน สามารถผสมลงไปในน้ำได้ทันที ส่วนฟอสฟอรัสและโปรแทสเซียมก็ใช้ได้เช่นกัน แต่ต้องมีการผสมที่ดีเพื่อไม่ให้เกิดการอุดตันกับระบบการให้น้ำแบบหยด

มนตรี (2531) กล่าวไว้ว่า ตามเกณฑ์ที่กำหนดให้ปุ๋ยในถังผสมปุ๋ยมีความเข้มข้นต่ำกว่า 1:700 หรือปุ๋ย 1.43 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ถ้าหากใช้เฉพาะปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารหลัก (NPK) 10 ชนิดที่นิยมใช้กัน คือ

ไนโตรเจน ได้แก่ ยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมไนเตรท

ฟอสฟอรัส ได้แก่ กรดฟอสฟอริค โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต ไค-แอมโมเนียมฟอสเฟต แอมโมเนียมโพลีฟอสเฟต

โปรแทสเซียม ได้แก่ โปรแทสเซียมซัลเฟต โปรแทสเซียมคลอไรด์ โปรแทสเซียมไนเตรท

ซึ่งปุ๋ยทั้ง 10 ชนิดสามารถละลายน้ำได้ดีเกินกว่า 100 กรัมต่อลิตรทั้งสิ้น ดังนั้นไม่ว่าจะเลือกชนิดใดผสมกัน ทางทฤษฎีจึงไม่มีปัญหาเรื่องการตกตะกอน แต่ในทางปฏิบัติจะมีการตกตะกอนของฟอสเฟตได้ สามารถแก้ได้โดยการปรับค่า pH ของน้ำให้อยู่ในช่วงที่กำหนดก็จะช่วยลดปัญหานี้ได้

2.8 ขั้นตอนการผสมปุ๋ย

มนตรี (2531) ได้แนะนำวิธีผสมปุ๋ย เพื่อป้องกันและลดปัญหาการตกตะกอนของซัลเฟต กรณีที่มีการใช้ปุ๋ยหลายชนิดผสมกัน ไว้ดังนี้

2.8.1. เติมน้ำลงในถังผสมปุ๋ย ประมาณ 80 – 90 % ของปริมาตรสุดท้าย

2.8.2. ผสมปุ๋ยโปรแทสเซียมก่อน (โดยเฉพาะโปรแทสเซียมซัลเฟต) ให้ละลายให้หมด

2.8.3. ผสมปุ๋ยไนโตรเจนให้ละลาย

2.8.4. ปรับค่าพีเอชของน้ำให้อยู่ระหว่าง 5.5 – 6.5 ด้วยกรดเจือจางหรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจาง

2.8.5. ผสมปุ๋ยฟอสเฟต มีหลักดังนี้ ถ้าใช้กรดฟอสฟอริคผสมได้เลย ถ้าพีเอชไม่ต่ำกว่า 5.0 ใช้ได้เลย แต่ถ้าพีเอชต่ำกว่า5.0 ให้ปรับด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจางให้พีเอชสูงกว่า5.0 ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต แอมโมเนียมโพลีฟอสเฟตต้องละลายในน้ำ (ใช้น้ำไม่เกิน

10 – 20 % ของปริมาตรสุดท้าย) เมื่อละลายดีแล้ว จึงเทลงในถังพีเอชควรประมาณ 5.5 – 6.5 ถ้าพีเอชสูงกว่า 6.5 จะมีการตกตะกอนของฟอสเฟตให้เห็น

2.9 ระยะเวลาการให้ปุ๋ยและสารเคมี

Keller (1980) กล่าวไว้ว่า ระยะเวลาการให้ปุ๋ยและสารเคมีนั้น ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมงหรือมากกว่านั้น และการให้ปุ๋ยนั้นจะต้องทำให้มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ ถ้าเป็นระยะแรกของการให้น้ำก็จะดี เพราะในระยะหลังๆของการให้น้ำสามารถล้างการอุดตันของสารเคมีที่ตกค้างในระบบให้น้ำได้นาน

มนตรี (2531) แบ่งระยะเวลาการให้ปุ๋ยและสารเคมีเป็น 3 ระยะคือ

2.9.1. ระยะแรก จะให้น้ำแก่ดินจนเปียกก่อน โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยในน้ำ

2.9.2. ระยะสอง ปุ๋ยถูกอัดฉีดไปผสมกับน้ำชลประทาน

2.9.3. ระยะสาม ปุ๋ยและน้ำชลประทานอยู่ในความลึกที่ต้องการ

ทั้ง 3 ระยะนั้นเป็นการควบคุมทั้งปริมาตรและเวลา สำหรับการให้ปุ๋ยนั้นควรใช้ความเข้มข้นที่น้อยจะดีกว่าความเข้มข้นสูง เพราะในกรณีของแปลงปลูกที่พืชมีอายุน้อย ถ้าพืชได้รับปุ๋ยมีความเข้มข้นมากจะเป็นอันตรายมากกว่าความเข้มข้นต่ำ ปกตินิยมใช้อัตราส่วนระหว่างปุ๋ยและน้ำเท่ากับ 1:700 คือมีน้ำอย่างน้อย 700 ส่วน

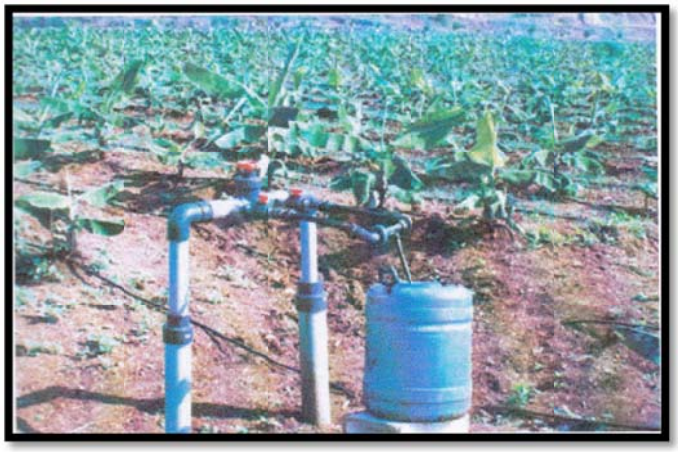
2.10 ชนิดของเครื่องมือให้ปุ๋ยในระบบ Fertigation

ชนิดของเครื่องมือให้ปุ๋ยที่ใช้กันในปัจจุบันมีดังนี้ (มนตรี , 2531 ; Shani และ Sapai , 1989)

2.11 ปั๊มแบบเวนจูรี่ (Venturi pumps)

ปั๊มเวนจูรี่มีหลักการทำงาน คือ การเร่งอัตราการไหลของน้ำในท่อ ให้เพิ่มมากขึ้นด้วยการใช้ท่อแบบเวนจูรี่ที่มีคอคอดลง ทำให้เกิดการสร้างกำลังดูดในท่อเวนจูรี่ เพื่อดูดของเหลวเข้าไปในท่อนั้น ส่วนประกอบของปั๊มเป็นแบบง่ายๆ ไม่มีส่วนเคลื่อนไหวถือว่าเป็นปั๊มนอกแบบชนิดหนึ่ง ปั๊มแบบเวนจูรี่ลักษณะดังรูปที่ 2-1 สารละลายปุ๋ยเคมีที่ใช้จะถูกใส่ลงในถังพลาสติกที่เปิดฝาไว้ อัตราส่วนความเจือจางของสารละลายมีค่าคงที่ สามารถจะเลือกแบบและขนาดของปั๊มได้ตามต้องการ ทั้งราคายังถูกกว่าแบบอื่นๆ (ประมาณ 1,500 -3,500 บาท) แต่ข้อเสียที่สำคัญของปั๊มแบบนี้คือ มีการสูญเสียความดันอย่างน้อย 1 ใน 3 ของความดันที่ทางเข้า การสูญเสียความดันของเวนจูรี่ปั๊มที่ว่านี้ ทำให้อัตราส่วนของส่วนผสมระหว่างน้ำชลประทานและปุ๋ยเปลี่ยนไปอย่างมาก นอกจากนี้ความดันที่ได้จากปั๊มแบบนี้ยังไม่ค่อยคงที่อีกด้วย

รูปที่ 2-1 ปั๊มแบบเวนจูรี่



รูปที่ 2-2 การติดตั้งปั๊มแบบเวนจูรี่

ดังนั้นถ้าเราจะเลือกใช้ปั๊มแบบนี้ จึงควรเลือกต้นกำลังที่ให้ความดันได้สูงพอ เพื่อชดเชยความดันที่ลดลงของปั๊ม

<u>ข้อดีของปั๊มแบบเวนจูรี่</u>

1. มีค่าการลงทุนต่ำ
2. ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยที่ได้ค่อนข้างสม่ำเสมอ
3. น้ำหนักเบาและสามารถเคลื่อนย้ายสะดวก

<u>ข้อเสียของปั๊มแบบเวนจูรี่</u>

1. มีค่าการสูญเสียความดันสูง อยู่ในช่วง 30% - 50%
2. อัตราการดูดของของเหลวมีค่าไม่คงที่ เปลี่ยนแปลงได้ง่าย
3. อาจทำให้เกิดการตกตะกอนของสารละลายในท่อได้
4. เหมาะที่จะใช้กับสารละลายของเหลวเท่านั้น

2.12 ถังแบบไหลผ่านผสม (Flow by-pass)

ถังผสมแบบไหลผ่านผสมถือว่าเป็นปั๊มนอกแบบชนิดหนึ่ง โดยการต่อท่อยางจากทางน้ำเข้าปล่อยให้ยาวถึงก้นถัง ส่วนทางน้ำออกของสารละลายปุ๋ยนั้นอยู่ด้านบนของถัง แล้วต่อเชื่อมเข้ากับระบบ ซึ่งระบบนี้น้ำจะถูกส่งไปผสมถังกับสารละลายปุ๋ยในถัง และถูกขับออกมาเข้าท่อน้ำ โดยที่สารละลายปุ๋ยภายในถังจะเจือจางลงไปเรื่อยๆ ความดันที่ใช้ดูดน้ำใส่ถังเกิดจากการติดตั้งโช๊ควาล์ว (Chock valve) ในท่อน้ำ ระหว่างจุด 2 จุด ที่ท่อยาง 2 เส้นต่ออยู่ โดยโช๊ควาล์วทำให้เกิดความดันตกคร่อมระหว่าง 2 จุดนั้นประมาณ 1-2 เมตร ซึ่งก็พอเพียงที่จะดูดน้ำในท่อเข้าสู่ถังได้ ถังแบบไหลผ่านผสมมีลักษณะดังรูปที่ 2-3

รูปที่ 2-3 ถังแบบไหลผ่านผสม

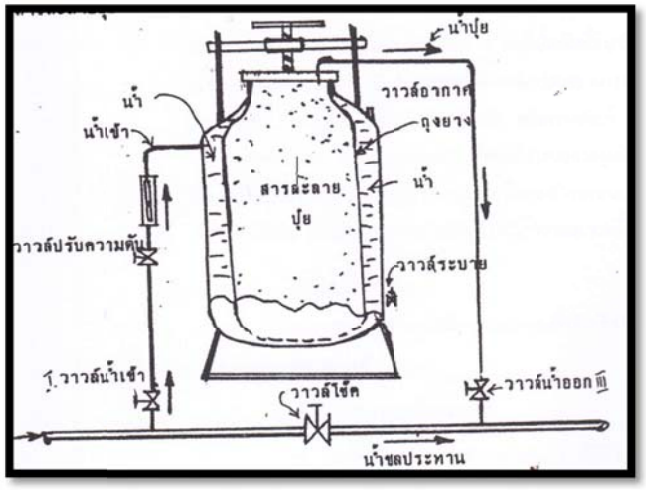
<u>ข้อเสียของถังแบบไหลผ่านผสม</u>

1. ตัวถังต้องทนความดัน รวมทั้งการเกิดแรงกระแทกของน้ำในระบบได้ดี
2. ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยที่มีอยู่ในน้ำไม่คงที่
3. ต้องมีการบรรจุสารละลายปุ๋ยลงถัง สำหรับการให้น้ำครั้งหนึ่งทำให้เสียเวลา ถ้าต้องให้สารละลายมากกว่าความจุถังปกติที่ให้ต่อครั้ง

2.13 ถังแบบไหลผ่านถุงอัดความดัน (Pressure by-pass)

ถังแบบนี้เป็นถังรุ่นปรับปรุงใหม่ โดยมีบางส่วนแตกต่างกับถังรุ่นเก่า แต่วัสดุที่ใช้เป็นชนิดโลหะรูปแบบใกล้เคียงกับรุ่นเก่า ถังรุ่นใหม่จะมีท่อ 2 เส้นต่อเชื่อมกับท่อประธาน ภายในถังเป็นถุงยางบรรจุเต็มพอดีกับตัวถัง ดังนั้นสารละลายปุ๋ยจึงถูกเทใส่ถุงยางจนเต็ม โดยไม่ถูกเนื้อโลหะของถัง เพื่อป้องกันมิให้เนื้อโลหะถูกสารละลายปุ๋ยกัดกร่อนได้

หลักการทำงานคือ จะมีน้ำจากท่อประธาน ไหลเข้าไประหว่างถังและถุงยาง เพราะฉะนั้นน้ำหนักน้ำ จึงไปกดดันสารละลายปุ๋ยซึ่งอยู่ในถุงยาง เนื่องจากความดันด้านทางน้ำเข้ามีค่ามากกว่าด้านทางออกถึง 1- 2 เมตร สารละลายปุ๋ยที่อยู่ในถุงยาง จึงถูกน้ำอัดให้พุ่งออกจากถุงผ่านท่อน้ำออก ซึ่งอยู่ด้านบนของตัวถัง ส่วนด้านทางน้ำเข้านั้น สามารถวัดอัตราการไหลของน้ำเข้าถังและปรับค่าความดันน้ำโดยใช้วาล์วปรับความดัน (Regulating Valve) ปริมาณสารละลายปุ๋ยจึงถูกน้ำกดดันได้อย่างสม่ำเสมอ เป็นสัดส่วนคงที่กับอัตราการไหลของน้ำชลประทานในท่อ จะเห็นได้ว่าถังแบบนี้สามารถแก้ปัญหาความเข้มข้นของสารละลาย ให้มีความสม่ำเสมอได้ดี



รูปที่ 2-4 ถังแบบไหลผ่านถุงอัดความดัน

<u>ข้อเสียของถังแบบไหลผ่านถุงอัดความดัน</u>

1. ตัวถังต้องทนทานต่อความดันและแรงกระแทกได้ดี เหมือนถังไหลผ่านผสม
2. ถุงยางบรรจุสารละลายปุ๋ยจะต้องมีคุณภาพดี ใช้งานได้ทนทาน
3. ต้องมีการบรรจุสารละลายปุ๋ยลงถัง เช่นเดียวกับการไหลผ่านผสม ทำให้มีความสะดวกในการใช้งานลดน้อยลง

2.14 ปั๊มแบบอัดฉีด (Injection)

ปั๊มแบบอัดฉีดนี้ สามารถสร้างให้มีความแตกต่างกันได้หลายอย่าง เช่น ขนาดปั๊มวัสดุที่ใช้ วิธีกระตุ้นและอัดน้ำ หลักการทำงานของปั๊มแบบนี้คือปั๊มจะสูบสารละลายปุ๋ยจากถังเปิดแล้วฉีดใส่เข้าท่อชลประทาน ดังนั้นปั๊มชนิดนี้จึงเป็นปั๊มนอกแบบชนิดหนึ่ง ตัวปั๊มและอุปกรณ์ที่ต้องการสัมผัสสารละลายปุ๋ย มักจะทำด้วยวัสดุทนการกัดกร่อนของสารเคมี หรือมีการเคลือบผิวป้องกันการกัดกร่อน พลังงานที่ใช้ขับเคลื่อนได้แก่ น้ำมันพลังงานไฟฟ้า หรือความดันน้ำ ส่วนอัตราการสูบสารละลายปุ๋ย การกำหนดเวลาทำงานสามารถควบคุมด้วยมือหรือใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ ถังบรรจุสารละลายปุ๋ยทำจากพลาสติกซึ่งเฉื่อยต่อกรด และปฏิกิริยาเคมีอันเกิดจากสารละลาย ขนาดถังที่ใหญ่สุดอาจเท่ากับ 10 ลูกบาศก์เมตร แต่ถังที่ใช้กัน คือ ถังที่มีขนาดความจุสำหรับให้น้ำในรอบเวรหนึ่งๆ ปั๊มแบบฉีดมีลักษณะดังรูปที่ 2-5

รูปที่ 2-5 ปั๊มแบบอัดฉีด

<u>ข้อดีของปั๊มแบบอัดฉีด</u>

1. สามารถควบคุมปริมาณสารละลายที่ให้แก่พืชในครั้งหนึ่งๆ และสามารถกำหนดเวลาที่ให้ในแต่ละครั้งได้
2. ไม่มีการสูญเสียความดันของระบบให้น้ำชลประทาน
3. ประหยัดแรงงานและรายจ่ายในการปฏิบัติงาน
4. วิธีการให้ปุ๋ยและเครื่องมือในระบบปั๊ม สามารถควบคุมได้ไม่ยาก

<u>ข้อเสียของปั๊มแบบอัดฉีด</u>

1. มีความยุ่งยากในการติดตั้ง
2. ราคาอุปกรณ์เมื่อเทียบกับแบบอื่นจะสูงกว่า

3. ต้องทำละลายปุ๋ยหรือสารเคมีที่ใช้เสียก่อน
4. ต้องใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากภายนอกทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น
5. ในกรณีที่น้ำในท่อหยุดไหล สารละลายปุ๋ยจะยังคงถูกพ่นออกมา

2.15 ปั๊มแบบใช้แรงดันน้ำ

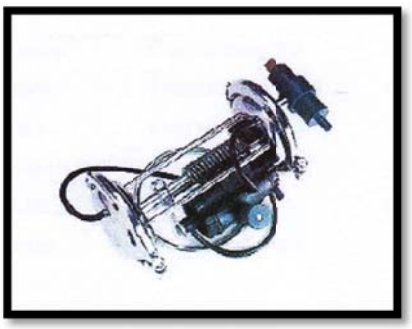
เป็นปั๊มนอกแบบชนิดหนึ่งที่ใช้แต่แรงดันน้ำในการทำงาน โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก และผู้ผลิตปั๊มจะเป็นผู้แนะนำค่าแรงดันที่เหมาะสม โดยแรงดันต่ำสุดควรประมาณ 3 บรรยากาศ อัตราการสูบขึ้นอยู่กับค่าแรงดันของน้ำ ซึ่งสามารถปรับค่าได้จากกลไกอัตโนมัติหลายอย่างในระบบปั๊ม โดยทั่วไปแล้วปั๊มแบบนี้มักนำไปตั้งบริเวณศูนย์กลางของแปลง เพื่อจะได้ไม่ต้องเคลื่อนย้าย แม้ว่ามันมีน้ำหนักเบาจนสามารถเคลื่อนย้ายได้ เมื่อหยุดส่งน้ำชลประทานแล้ว การอัดปุ๋ยของปั๊มจะหยุดทันที

รูปที่ 2-6 ปั๊มแบบใช้แรงดันน้ำ

หลักการทำงานของปั๊มชนิดนี้คือ เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งโดยตรงกับท่อน้ำชลประทาน ใช้แรงดันของน้ำในท่อเป็นตัวกระตุ้นให้เครื่องทำงานโดยจะผสมปุ๋ย ตามอัตราส่วนที่กำหนดให้ ซึ่งเครื่องจะดูดปุ๋ยและยาจากถังด้วยแรงดันของน้ำ ปุ๋ยและยาที่ถูกดูดขึ้นไปจะผสมกับน้ำภายในตัวเครื่องและปล่อยออกไปตามท่อและหัวจ่ายของระบบน้ำตามจุดต่างๆอย่างทั่วถึงสม่ำเสมอในอัตราส่วนที่ต้องการ ปั๊มชนิดนี้ราคาที่จำหน่ายท้องตลาดค่อนข้างแพง เริ่มตั้งแต่ 25,000 บาท ขึ้นไป ดังนั้นจึงนิยมใช้กับเกษตรกรที่ผลิตพืชผลที่มีราคาแพงและมีแปลงเกษตรขนาดใหญ่ และต้องการความแม่นยำในการจ่ายปุ๋ยเพื่อควบคุมคุณภาพและปริมาณของผลิตผลพิจารณาจากรูปที่ 2 – 6

2.16 ปั๊มอัดฉีดแบบ T.M.B.

เป็นปั๊มแบบดับเบิ้ลไดอาเฟรม (Double Diaphragm) คือ ปั๊มที่กระบอกสูบซึ่งทำหน้าที่ดูดและอัดของเหลว ได้รับการดัดแปลงเป็นแผ่นอโลหะซึ่งยืดหยุ่นได้ โดยแผ่นอโลหะจะถูกยึดติดอยู่กับที่ แต่จะมีชิ้นส่วนของปั๊มทำจากเหล็กไร้สนิมและพลาสติก มาดันและดึงทำให้เกิดจังหวะดูดและอัดสั้นๆ ปริมาณของเหลวในการสูบจังหวะหนึ่งๆ ประมาณ 250 ซีซี ค่าเฮดที่ปั๊มใช้ประมาณ 15 – 100 เมตร อัตราการสูบประมาณ 120 ลิตร/ชั่วโมง โดยแต่ละลิตรของของเหลวที่ถูกปั๊มสูบ จะต้องจ่ายน้ำให้แก่ปั๊ม เพื่อใช้ทำงานเป็นปริมาณ 2 ลิตร ซึ่งน้ำจำนวนนี้จะถูกทิ้งออกไป ปั๊มอัดฉีดแบบ T.M.B. มีลักษณะดังรูปที่ 2-7



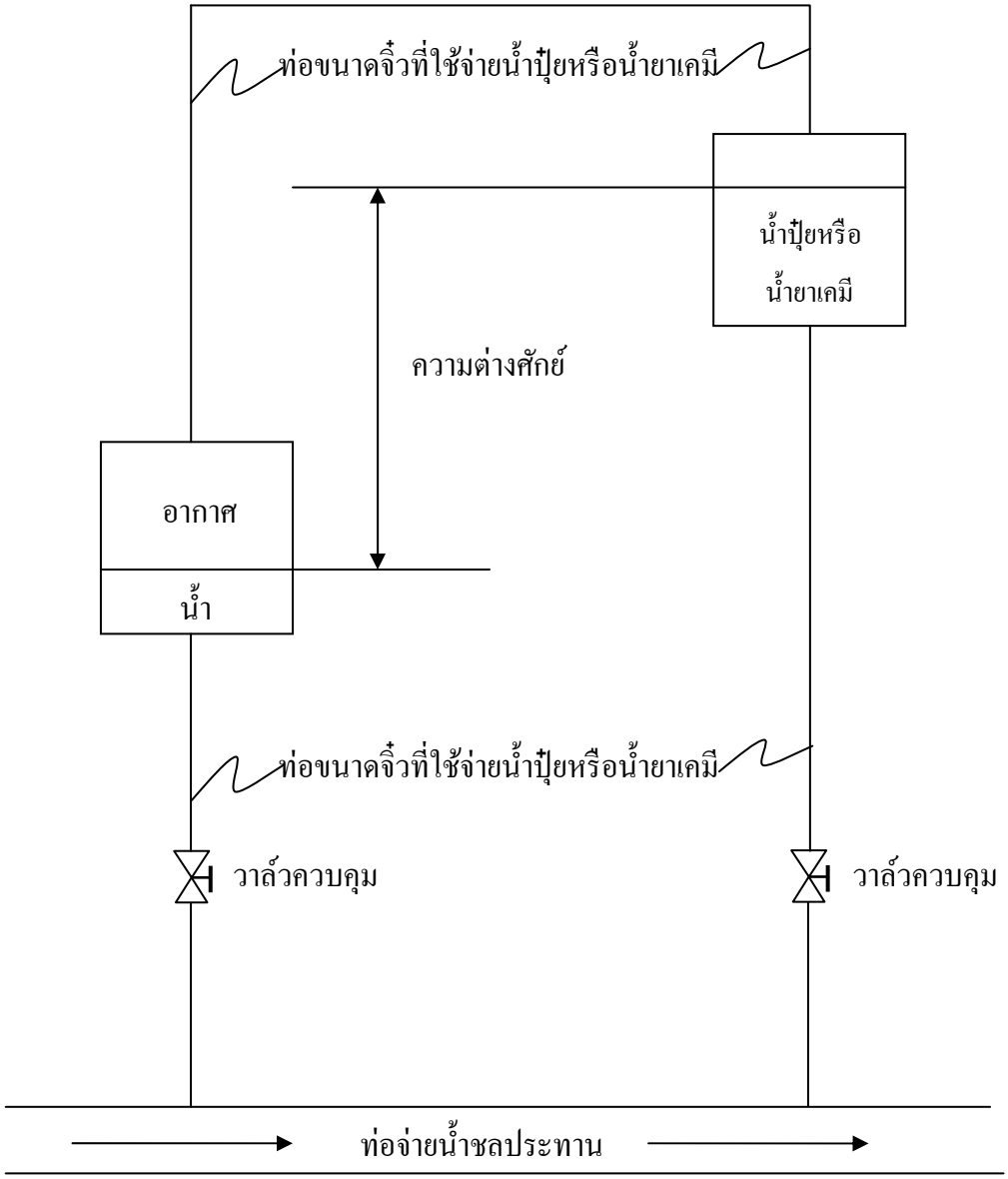
รูปที่ 2-7 ปั๊มอัดฉีด T.M.B.

2.17 การอัดฉีดปุ๋ยหรือสารเคมีโดยความต่างศักย์

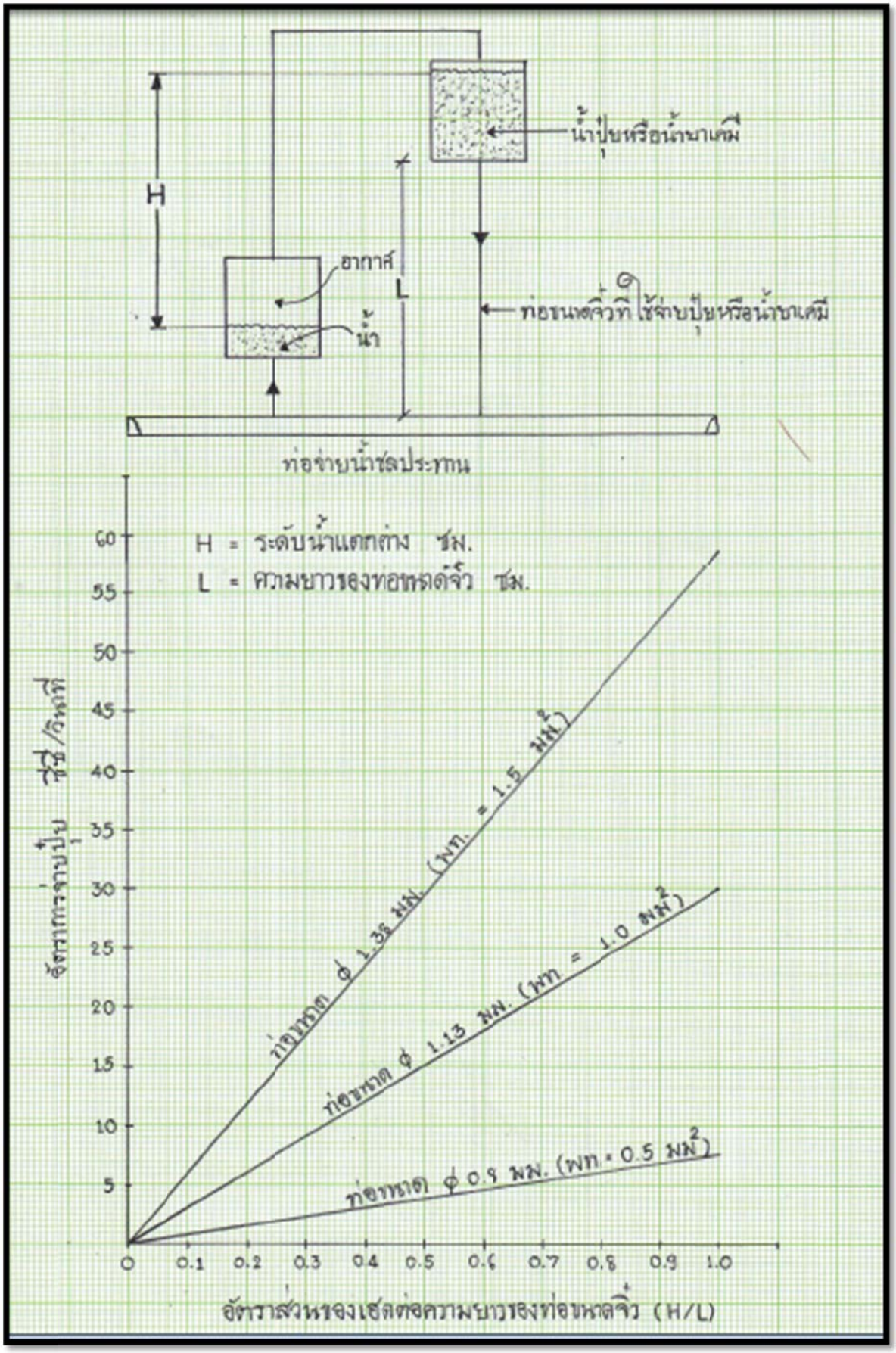
มนตรี (2531) กล่าวว่าอุปกรณ์ชุดนี้จะทำได้อย่างง่าย ประหยัดในการที่จะฉีดผสมน้ำปุ๋ยหรือน้ำยาเคมีเข้าไปในระบบท่อส่งน้ำทีมีความดันต่ำ ซึ่งมีอัตราการไหลของน้ำเกินกว่าจะใช้ปั๊มเวนจูรี่ อุปกรณ์ประกอบด้วยถังบรรจุน้ำยาเคมี 1 ใบ และถังเปล่า 1 ใบ เชื่อมต่อกันและอาศัยความยาวของท่อขนาดจิ๋วสำหรับการกำหนดอัตราการจ่ายน้ำยาเคมี เช่น น้ำยาคลอรีน สามารถฉีดเข้าไปผสมในท่อแขนงของระบบน้ำหยดที่ใช้ความดันต่ำโดยใช้ขวดแก้วพร้อมกับจุกยาง อย่างไรก็ตามสำหรับความดันที่มากกว่าเฮด 10 เมตร จำเป็นต้องใช้ถังที่ทนความดันมากขึ้น

<u>การทำงาน</u> น้ำยาเคมีบรรจุในถังใบซึ่งอยู่ ณ ตำแหน่งที่สูงกว่าเป็นระยะ H เนื่องจากถังอีกใบ น้ำจากท่อจ่ายน้ำจะไหลเข้าในถังข้างล่าง ทำให้อากาศในถังถูกอัด และความดันอากาศนี้จะถูกถ่ายทอดไปยังถังที่อยู่ข้างบน โดยท่อที่ต่อเชื่อมถึงกัน เพราะว่าความดันถูกถ่ายทอดโดยอากาศ การสูญเสียเฮดที่เกิดจากความแตกต่างของระดับไม่คิด อัตราการจ่ายน้ำยาเคมีจะไม่ขึ้นกับความดันในท่อส่งน้ำ (หรืออัตราการไหล) แต่จะขึ้นกับเฮด (H) ความยาวและขนาดของท่อขนาดจิ๋วที่ใช้เท่านั้น ซึ่งในที่นี้จะเรียกท่อกำหนดการจ่ายน้ำยาเคมี

อัตราการจ่ายน้ำยาเคมีที่ขึ้นอยู่กับเฮด ความยาว และขนาดท่อขนาดจิ๋วต่างๆซึ่งในที่นี้ได้ทดลองใช้ฉนวนสายไฟที่ดึงเอาทองแดงออก โดยทดลองจากขนาด Ø 0.8 มม. , Ø 1.13 มม. และ Ø 1.38 มม. ดังรูป



รูปที่ 2-8 แสดงการติดตั้งระบบผสมปุ๋ยโดยหลักการความต่างศักย์ของน้ำ



รูปที่ 2-9 อัตราการจ่ายปุ๋ยที่สัมพันธ์กับระดับน้ำที่แตกต่างและความยาวของท่อขนาดจิ๋วขนาดต่างๆ

วิธีการนี้ส่วนมากในทางปฏิบัติ ใช้เมื่อต้องการให้น้ำยาเคมีครั้งละน้อยๆ เป็นระยะๆ ไม่สะดวกสำหรับการใช้งานแบบต่อเนื่องกัน เพราะการใช้งานแต่ละครั้ง ถังน้ำยาเคมีจะต้องมีการเติมและระบายน้ำจากถังใบล่าง จำนวนของน้ำยาเคมีที่จะฉีดเข้าไปผสมกับน้ำแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับขนาดถัง ถ้าเป็นการฉีดน้ำยาเคมีปริมาณมากที่ความดันสูง การปฏิบัติด้วยวิธีนี้จะมีข้อจำกัด เพราะต้องใช้ถังขนาดใหญ่ และต้องสามารถทนความดันที่สูงได้

ข้อเสียของการอัดฉีดปุ๋ยหรือสารเคมีโดยความต่างศักย์

1. อัตราการจ่ายน้ำปุ๋ยไม่คงที่ขึ้นอยู่กับเฮดและความยาวของท่อขนาดจิ๋ว
2. ใช้ได้กับปุ๋ยที่มีปริมาณน้อยๆจึงไม่สะดวกในทางปฏิบัติ เนื่องจากต้องเปิดถังเพื่อเติมปุ๋ย
3. ถังที่ใช้ต้องทนความดันสูงได้เท่ากับระบบการให้น้ำ

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบอุปกรณ์จ่ายปุ๋ยเข้าระบบน้ำชลประทาน โดยใช้ความต่างศักย์ของน้ำได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ในการจ่ายปุ๋ยด้วยท่อพีวีซีและทำการทดสอบ โดยติดตั้งเข้าระบบน้ำประปาแทนระบบน้ำชลประทาน

3.1 อุปกรณ์จ่ายปุ๋ยเข้าระบบน้ำชลประทานโดยใช้ความต่างศักย์ของน้ำ

1. ท่อ PVC ชั้น 8.5 เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 1 เมตร เพื่อใช้เป็นท่ออากาศและท่อบรรจุปุ๋ยน้ำ

2. ท่อขนาดจิ๋ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ม.ม. ใช้จ่ายปุ๋ยเข้าระบบน้ำชลประทาน

3.วาล์วควบคุม (บอลวาล์ว)

4.บอลวาล์วทองเหลือง

5.มินิบอลวาล์วน้ำ

6. ข้อต่อทองเหลืองหรือหางไหลทองเหลือง

7. เกจวัดความดัน (Pressure Gage)

8. เครื่องตรวจวัดความนำไฟฟ้า

9. ระบบชลประทานแบบ minispay

ทำการประดิษฐ์ชุดอุปกรณ์จำลองในการจ่ายปุ๋ยดังรูป

รูปที่ 3-1 ชุดอุปกรณ์จำลองที่ใช้ในการจ่ายปุ๋ยเข้าระบบน้ำ

ทำการคำนวณหาปริมาตรของท่อปุ๋ยและท่ออากาศ

$$V_{ปุ๋ย} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L$$

$$= \frac{\pi}{4} \times 0.105^2 \times 1.05$$

$$= 9.09 \text{ ลิตร}$$

$$V_{อากาศ} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L$$

$$= \frac{\pi}{4} \times 0.105^2 \times 1.95$$

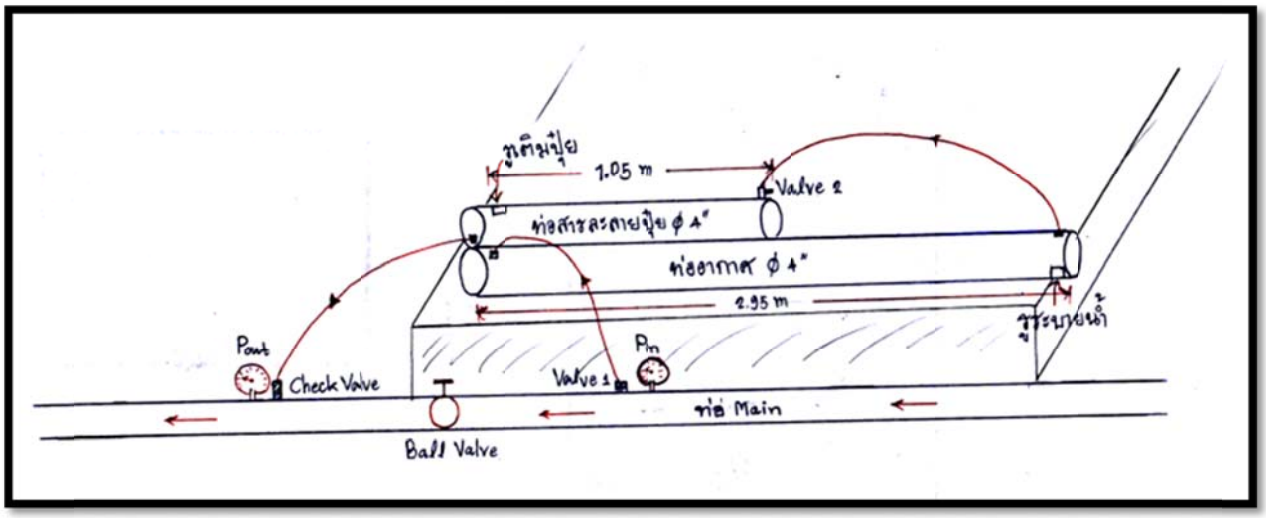
$$= 16.88 \text{ ลิตร}$$

3.2 วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองในภาคสนามเพื่อทำการทดสอบหาอัตราการจ่ายปุ๋ย และความสม่ำเสมอในการจ่ายสารละลายปุ๋ยโดยความต่างศักย์ของน้ำของอุปกรณ์จ่ายปุ๋ยที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น

3.2.1 การทดลองหาอัตราการจ่ายสารละลายปุ๋ยที่เหมาะสม

ในการทดสอบหาอัตราการจ่ายปุ๋ยที่เหมาะสมจากอุปกรณ์ต้นแบบ โดยใช้ความดันของระบบไม่เกิน 5 bar โดยทำการทดสอบดังนี้



รูปที่ 3-2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบผสมปุ๋ย

1. ทำการปิดวาล์วตัวที่ 1 ก่อน จากนั้นเปิดน้ำเพื่อให้น้ำไหลในท่อ Main ตามปกติ แล้วจึงทำการปรับความดันระหว่าง P_1กับ P_2ให้ต่างกันที่ ΔP ต่างๆ แล้วจึงเปิดวาล์วตัวที่ 1 ให้น้ำไหลเข้าสู่ระบบ (ดังรูปที่ 3-2)

2. รอจนน้ำปุ๋ยเริ่มไหลลงสู่ท่อ Main (โดยสังเกตการไหลของน้ำในท่อขนาดจิ๋วซึ่งเป็นท่อใส) แล้วเริ่มจับเวลา

3. หลังจากนั้นรอจนกว่าน้ำในท่อขนาดจิ๋วหยุดไหล (สังเกตได้เพราะเป็นท่อใส) แล้วจึงหยุดเวลา พร้อมกับตวงปริมาณน้ำในท่อปุ๋ยที่เหลือ บันทึกค่าลงในตาราง

4. หาอัตราการไหล จาก $Q = \frac{V}{t}$

5. ทำการทดลองซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง ดูว่า Q_1 , Q_2 และ Q_3 ได้ค่าแตกต่างกันหรือไม่ ถ้าไม่แตกต่างกันมาก ให้หาค่าเฉลี่ยของ Q นั้น

3.2.2 การทดลองหาความเข้มข้นและความสม่ำเสมอของการจ่ายสารละลายปุ๋ย

ในการตรวจสอบความเข้มข้นปุ๋ย เป็นการตรวจวัดความเข้มข้นปุ๋ยที่ออกจากหัวจ่ายน้ำว่ามีความเข้มข้นต่างกันหรือไม่หรืออยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยใช้เครื่องวัดความนำไฟฟ้า

1. เมื่อเปิดระบบการให้น้ำและเริ่มให้ปุ๋ย แล้วให้นำแก้วที่มีขนาดเท่ากันตั้งไว้ที่หัวจ่ายน้ำแต่ละหัวทิ้งไว้ประมาณ 15-20 นาที เท่าๆ กัน แล้วเก็บแก้วทั้งหมดพร้อมๆกัน

2. ทำการตรวจวัดความเข้มข้นปุ๋ยทุกๆใบ โดยใช้เครื่องวัดความนำไฟฟ้า

3. บันทึกค่าที่ได้ลงในตาราง
4. ทำการทดลองอีกครั้งโดยเปลี่ยนปุ๋ยที่ใส่ลงในระบบ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองเพื่อหาอัตราการจ่ายปุ๋ยและความสม่ำเสมอของสารละลายปุ๋ย

4.1.1 ผลการทดลองเพื่อหาอัตราการจ่ายสารละลายปุ๋ย

ปริมาตรถังปุ๋ย : 9.09 ลิตร

ที่ L = 1 เมตร (ปริมาณน้ำเข้า = 1.11 ลิตร/นาที)

Pin (bar)	Pout (bar)	เวลา (นาที)	(วินาที)	(นาที)	ปริมาตรที่เหลือ (ลิตร)	อัตราการไหล (ลิตร/นาที)
2.0	1.0	14	17	14.28	2.00	0.50
2.0	1.0	14	26	14.43	1.90	0.50
2.0	1.0	14	48	14.80	1.75	0.50
						0.50

ที่ L = 0.1 เมตร (ปริมาณน้ำเข้า = 1.11 ลิตร/นาที)

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
Bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
2.0	1.0	14	15	14.25	2.50	0.46
2.0	1.0	14	48	14.80	2.45	0.45
2.0	1.0	14	40	14.67	2.30	0.46
						0.46

การคำนวณหาอัตราการไหลหรืออัตราการจ่ายปุ๋ย

$Q = V/t$

V = ปริมาตรถังปุ๋ย - ปริมาตรที่เหลือ

t = เวลา (นาที)

จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าเมื่อวางท่อปุ๋ยกับท่ออากาศที่ระดับเดียวกัน จะได้ อัตราการจ่ายปุ๋ย เท่ากับ 0.46 ลิตร/นาที แต่เมื่อยกระดับท่อปุ๋ยขึ้นจากพื้นสูง 1 เมตร จะได้ อัตราการจ่ายปุ๋ยเท่ากับ 0.50 ลิตร/นาที

เนื่องจากค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก ในการทดลองนี้จึงจะทดลองที่ระดับท่อปุ๋ยกับท่ออากาศอยู่ในระดับเดียวกัน เพื่อหาอัตราการจ่ายปุ๋ยในช่วงความแตกต่างของแรงดันเข้ากับแรงดันออกในช่วงต่างๆ ที่ L = 0.1 เมตร (ที่ระดับเดียวกัน)

ปริมาณน้ำเข้า = 0.48 ลิตร/นาที

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
1.0	0.5	35	44	35.73	0.40	0.24
	0.5	35	19	35.32	0.35	0.25
	0.5	35	30	35.50	0.30	0.25
						0.25

ปริมาณน้ำเข้า = 0.61 ลิตร/นาที

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
Bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
1.5	0.5	23	43	23.72	0.67	0.36
	0.5	23	15	23.25	0.65	0.36
	0.5	22	51	22.85	0.75	0.36
						0.36

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
Bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
1.5	1.0	27	12	27.20	2.45	0.24
	1.0	27	4	27.07	2.35	0.25
	1.0	27	12	27.20	2.50	0.24
						0.25

ปริมาณน้ำเข้า = 1.11 ลิตร/นาที

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
Bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
2.0	0.5	19	3	19.05	0.70	0.44
	0.5	19	24	19.40	1.10	0.41
	0.5	19	21	19.35	0.75	0.43
						0.43

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
Bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
2.0	1.0	14	40	14.67	2.30	0.46
	1.0	14	48	14.80	2.45	0.45
	1.0	14	15	14.25	2.50	0.46
						0.46

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
Bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
2.0	1.5	12	48	12.80	3.55	0.43
	1.5	12	47	12.78	3.15	0.46
	1.5	16	9	16.15	3.45	0.35
						0.42

ปริมาณน้ำเข้า = 1.22 ลิตร/นาที

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
Bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
2.5	0.5	12	18	12.30	2.00	0.58
	0.5	13	5	13.08	1.55	0.58
	0.5	13	3	13.05	1.50	0.58
						0.58

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
Bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
2.5	1.0	9	27	9.45	3.50	0.59
	1.0	10	41	10.68	2.65	0.60
	1.0	10	42	10.70	2.55	0.61
						0.60

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
Bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
2.5	1.5	8	18	8.30	3.85	0.63
	1.5	8	42	8.70	3.65	0.63
	1.5	9	3	9.05	3.70	0.60
						0.62

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
Bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
2.5	2.0	6	55	6.92	4.80	0.62
	2.0	6	27	6.45	5.10	0.62
	2.0	6	19	6.32	4.85	0.67
						0.64

ปริมาณน้ำเข้า = 1.61 ลิตร/นาที

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
3.0	1.0	8	13	8.22	2.85	0.76
	1.0	8	22	8.37	3.00	0.73
	1.0	9	16	9.27	2.95	0.66
						0.72

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
3.0	1.5	7	15	7.25	3.10	0.83
	1.5	7	48	7.80	4.35	0.61
	1.5	7	26	7.43	4.40	0.63
						0.69

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
3.0	2.0	5	46	5.77	4.90	0.73
	2.0	5	44	5.73	4.80	0.75
	2.0	5	48	5.80	4.95	0.71
						0.73

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
3.0	2.5	5	28	5.47	5.85	0.59
	2.5	5	19	5.32	5.90	0.60
	2.5	5	23	5.38	5.95	0.58
						0.59

ปริมาณน้ำเข้า = 1.88 ลิตร/นาที

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
3.5	1.0	7	9	7.15	3.80	0.74
	1.0	7	45	7.75	3.40	0.73
	1.0	7	55	7.92	3.35	0.73
						0.73

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
3.5	1.5	6	21	6.35	4.45	0.73
	1.5	6	14	6.23	4.50	0.74
	1.5	6	18	6.30	4.35	0.75
						0.74

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
3.5	2.0	5	32	5.53	4.95	0.75
	2.0	5	23	5.38	5.10	0.74
	2.0	5	18	5.30	5.10	0.75
						0.75

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
3.5	2.5	4	31	4.52	5.85	0.72
	2.5	4	38	4.63	5.20	0.84
	2.5	4	18	4.30	5.90	0.74
						0.77

Pin	Pout	เวลา			ปริมาตรที่เหลือ	อัตราการไหล
bar	bar	นาที	วินาที	นาที	ลิตร	ลิตร/นาที
3.5	3.0	5	26	5.43	6.20	0.53
	3.0	5	21	5.35	6.10	0.56
	3.0	4	51	4.85	6.15	0.61
						0.57

ตารางสรุปผลการทดลอง

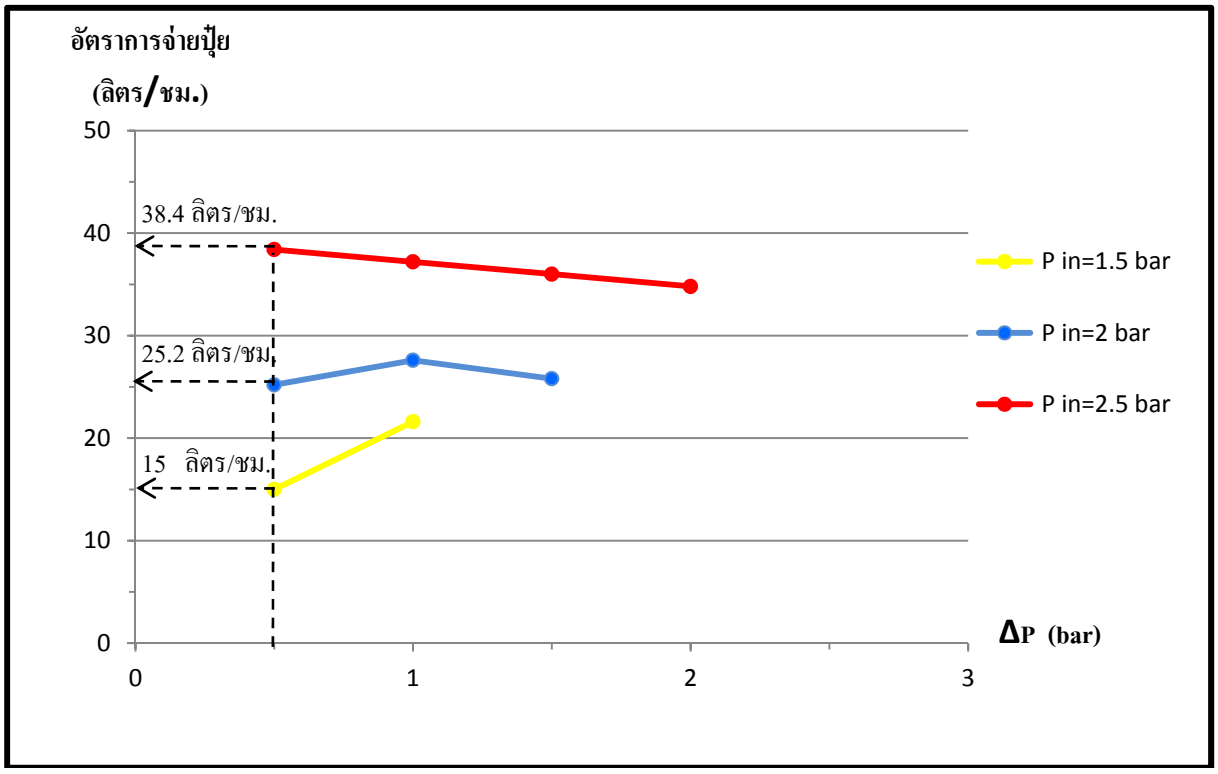
ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองหาอัตราการจ่ายสารละลายปุ๋ยที่แรงดันต่างๆ โดยหลักการความต่างศักย์ของน้ำ

แรงดันน้ำเข้า	แรงดันน้ำออก	ปริมาณน้ำเข้า	ปริมาณปุ๋ย	ปริมาณปุ๋ย
P in	P out	Q in	Q asp.	Q asp.
บาร์	บาร์	ลิตร/นาที	ลิตร/นาที	ลิตร/ชม.
1.0	0.5	0.48	0.25	15.00
1.5	0.5	0.61	0.36	21.60
	1.0	0.61	0.25	15.00
2.0	0.5	1.11	0.43	25.80
	1.0	1.11	0.46	27.60
	1.5	1.11	0.42	25.20
2.5	0.5	1.22	0.58	34.80
	1.0	1.22	0.60	36.00
	1.5	1.22	0.62	37.20
	2.0	1.22	0.64	38.40
3.0	1.0	1.61	0.72	43.20
	1.5	1.61	0.69	41.40
	2.0	1.61	0.73	43.80
	2.5	1.61	0.59	35.40
3.5	1.0	1.88	0.73	43.80
	1.5	1.88	0.74	44.40
	2.0	1.88	0.75	45.00
	2.5	1.88	0.77	46.20
	3.0	1.88	0.57	34.20

ตารางที่ 4-2 ผลการทดลองหาอัตราการจ่ายสารละลายปุ๋ยที่แรงดันต่างๆ โดยหลักการความต่างศักย์ของน้ำ

ΔP บาร์	ปริมาณน้ำเข้า Q in (ลิตร/นาที)	ปริมาณปุ๋ย Q asp. (ลิตร/นาที)	ปริมาณปุ๋ย Q asp. (ลิตร/ชม.)
0.5	0.48	0.25	15.00
1.0	0.61	0.36	21.60
0.5	0.61	0.25	15.00
1.5	1.11	0.43	25.80
1.0	1.11	0.46	27.60
0.5	1.11	0.42	25.20
2.0	1.22	0.58	34.80
1.5	1.22	0.60	36.00
1.0	1.22	0.62	37.20
0.5	1.22	0.64	38.40
2.0	1.61	0.72	43.20
1.5	1.61	0.69	41.40
1.0	1.61	0.73	43.80
0.5	1.61	0.59	35.40
2.5	1.88	0.73	43.80
2.0	1.88	0.74	44.40
1.5	1.88	0.75	45.00
1.0	1.88	0.77	46.20
0.5	1.88	0.57	34.20

กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการจ่ายปุ๋ยกับผลต่างของแรงดันในช่วงต่างๆ



4.1.2 การทดลองหาความเข้มข้นและความสม่ำเสมอของการจ่ายสารละลายปุ๋ย

ตารางที่ 4-3 ผลการทดลองหาความเข้มข้นและความสม่ำเสมอในการจ่ายสารละลายปุ๋ย

- การหาความเข้มข้นของปุ๋ยโดยใช้ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46 - 0 - 0

โดยใช้ปุ๋ยยูเรียสูตร 46 - 0 - **0** 1 กิโลกรัม ผสมกับน้ำ 9 ลิตร และทำการทดสอบที่อัตราการจ่ายปุ๋ยเท่ากับ 36 ลิตร/ชม. (ที่ P in = 2.5 bar , ΔP = 1.5 bar)

ชนิดของน้ำ	ค่าความเข้มข้นปุ๋ย (ppm)	อุณหภูมิ (C°)
น้ำประปา	265	33.9
น้ำปุ๋ยในถังบรรจุ	349	31.4
น้ำปุ๋ยจากการทดลองแก้วที่ 1	286	27.7
น้ำปุ๋ยจากการทดลองแก้วที่ 2	289	28.6
น้ำปุ๋ยจากการทดลองแก้วที่ 3	286	28.5

ค่าความเข้มข้นปุ๋ย (ppm)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)	ความสม่ำเสมอ (%)
286	-0.35	99.65
289	0.7	99.3
286	-0.35	99.65
เฉลี่ย = 287		

- การหาความเข้มข้นของปุ๋ยโดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต สูตร 21 - 0 - 0

โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต สูตร 21 - 0 - 0 2 กิโลกรัม ผสมกับน้ำ 9 ลิตร และทำการทดสอบที่อัตราการจ่ายปุ๋ยเท่ากับ 36 ลิตร/ชม.(ที่ P in = 2.5 bar , ΔP = 1.5 bar)

ชนิดของน้ำ	ค่าความเข้มข้นปุ๋ย (ppm)	อุณหภูมิ (C°)
น้ำประปา	270	31.4
น้ำปุ๋ยในถังบรรจุ	182000	29.7
น้ำปุ๋ยจากการทดลองแก้วที่ 1	21900	29.7
น้ำปุ๋ยจากการทดลองแก้วที่ 2	24000	29.9
น้ำปุ๋ยจากการทดลองแก้วที่ 3	26400	30.1

ค่าความเข้มข้นปุ๋ย (ppm)	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (%)	ความสม่ำเสมอ (%)
21900	-9.13	90.87
24000	-0.41	99.59
26400	9.54	90.46
เฉลี่ย = 24100		

4.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเพื่อทดสอบหาอัตราการจ่ายปุ๋ย และความสม่ำเสมอของอัตราการจ่ายสารละลายปุ๋ยโดยใช้เครื่องมือจ่ายปุ๋ยที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น พบว่าวิธีในการจ่ายปุ๋ยโดยหลักการความต่างศักย์ของน้ำเป็นวิธีที่ประหยัด แต่จะมีวิธีการที่ค่อนข้างซับซ้อนต้องอาศัยผู้มีความรู้ความสามารถในการจ่ายปุ๋ย แต่ก็มีความสม่ำเสมออยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.2.1. การทดลองเพื่อหาอัตราการจ่ายสารละลายปุ๋ย

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการจ่ายปุ๋ยกับผลของความต่างศักย์ที่แรงดันต่างๆ เพื่อหาอัตราการจ่ายปุ๋ยที่เหมาะสม จากการประดิษฐ์ระบบผสมปุ๋ยโดยหลักการความต่างศักย์ของน้ำ จะได้ผลจากการทดลองมีดังนี้

ที่ ΔP เท่ากับ 0.5 bar

แรงดันเข้า (Pin) เท่ากับ 1.5 bar จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ย 15.00 l/hr

แรงดันเข้า (Pin) เท่ากับ 2.0 bar จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ย 25.20 l/hr

แรงดันเข้า (Pin) เท่ากับ 2.5 bar จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ย 38.40 l/hr

ที่ ΔP เท่ากับ 1.0 bar

แรงดันเข้า (Pin) เท่ากับ 1.5 bar จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ย 21.60 l/hr

แรงดันเข้า (Pin) เท่ากับ 2.0 bar จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ย 27.60 l/hr

แรงดันเข้า (Pin) เท่ากับ 2.5 bar จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ย 37.20 l/hr

ที่ ΔP เท่ากับ 1.5 bar

แรงดันเข้า (Pin) เท่ากับ 2.0 bar จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ย 25.80 l/hr

แรงดันเข้า (Pin) เท่ากับ 2.5 bar จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ย 36.00 l/hr

ที่ ΔP เท่ากับ 2.0 bar

แรงดันเข้า (Pin) เท่ากับ 2.5 bar จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ย 34.80 l/hr

จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ในการปรับแรงดันของน้ำมีผลต่ออัตราการจ่ายปุ๋ย ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาที่ ΔP มีค่าเท่ากัน ที่แรงดันเข้า (Pin) ต่างๆไม่เท่ากันก็จะให้อัตราการจ่ายปุ๋ยที่มากน้อยแตกต่างกัน โดยที่แรงดันเข้า (Pin)มากก็จะให้อัตราการจ่ายปุ๋ยที่มากขึ้นด้วย แต่ถ้าพิจารณาที่แรงดันเข้าระบบมีค่าน้อย ที่ Pin = 1.5 bar จะเห็นว่าเมื่อผลต่างแรงดันน้ำเพิ่มมากขึ้น อัตราการจ่ายปุ๋ยก็จะเพิ่มขึ้น แต่ที่แรงดันเข้าระบบมีค่ามาก ที่ Pin = 2.5 bar จะเห็นได้ว่าเมื่อผลต่างแรงดันน้ำเพิ่มมากขึ้น (ΔPมากขึ้น) อัตราการจ่ายปุ๋ยก็จะลดลง

ดังนั้น จากผลการทดลองสามารถหาอัตราการจ่ายปุ๋ยที่เหมาะสมได้ คือ ที่แรงดัน เท่ากับ 1.5 bar โดยใช้ ΔP เท่ากับ 0.5 bar จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ย 15.00 l/hr เนื่องจากมีแรงดันที่ต่ำที่สุดและให้อัตราการจ่ายปุ๋ยที่เหมาะสม รวมถึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการจ่ายปุ๋ยที่น้อยที่สุด

4.2.2 การทดลองหาความเข้มข้นและความสม่ำเสมอของการจ่ายสารละลายปุ๋ย

จากการทดลองวัดความสม่ำเสมอของปุ๋ยทั้ง 3 จุด ภายในความยาวเส้นที่ 10 เมตร ที่ได้ติดตั้งระบบชลประทานแบบ minispay ไว้จำนวน 6 หัวจ่าย จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นปุ๋ยที่ได้ มีความแตกต่างกันไม่มากนัก มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสูงสุดไม่เกิน 10 % หรือ มีความสม่ำเสมอมากกว่า 90% ซึ่งสามารถสรุปผลได้ว่า การกระจายของปุ๋ยค่อนข้างมีความสม่ำเสมอสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนค่าความเข้มข้นปุ๋ยที่วัดได้ก็อาจมีค่าความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่วัดไม่เท่ากัน

ตารางที่ 4-4 ข้อดีและข้อเสียของการอัดฉีดปุ๋ยหรือสารเคมีโดยความต่างศักย์

ข้อดี	ข้อเสีย
1.อุปกรณ์มีราคาไม่สูงมาก	1.อัตราการจ่ายปุ๋ยในช่วงนาทีแรกๆกับช่วงท้ายจะไม่คงที่เนื่องจากแรงดันไม่นิ่ง
2.อุปกรณ์เป็นอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดทั่วไป	2.ใช้ได้กับปุ๋ยที่มีปริมาณน้อยๆจึงต้องเติมปุ๋ยบ่อยและต้องระบายน้ำทิ้ง
3.เป็นวิธีการที่ให้ความสม่ำเสมอในการจ่ายปุ๋ยที่ดีพอสมควร	3.ถังที่ใช้ต้องทนความดันสูงได้เท่ากับระบบการให้น้ำ

บทที่ 5

สรุป และวิจารณ์

จากผลการทดลองอัดฉีดสารละลายปุ๋ยเข้าสู่ระบบน้ำชลประทานโดยใช้หลักการความต่างศักย์ของน้ำจะได้อัตราการจ่ายปุ๋ยและค่าความสม่ำเสมอที่ได้จากการทดลอง มีผลสรุปได้ดังนี้

1. จากผลที่ได้ทำการศึกษาเพื่อหาอัตราการจ่ายปุ๋ย โดยใช้หลักความต่างศักย์ของน้ำในระบบชลประทานแบบแรงดันต่ำ ที่ความต่างศักย์ (ΔP) 0.5 บาร์ จะได้อัตราการจ่ายปุ๋ยเท่ากับ 38.40 ลิตร / ชม. 25.20 ลิตร / ชม. และ 15.00 ลิตร / ชม. ที่แรงดันใช้งาน 1.5 บาร์ 2.0 บาร์ และ 2.5 บาร์ ตามลำดับ โดยที่แรงดันใช้งาน 2.5 บาร์ จะมีอัตราการจ่ายปุ๋ยลดลง เมื่อความต่างศักย์ (ΔP) เพิ่มมากขึ้น จะเห็นว่าไม่มีประโยชน์ที่จะต้องปรับความต่างศักย์ (ΔP) ให้มากขึ้นเพราะจะทำให้สูญเสียแรงดันในระบบมากขึ้น และเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

2. จากผลการทดลองหาความสม่ำเสมอของเครื่องจ่ายปุ๋ยที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น ได้ทำการทดลองด้วยปุ๋ย 2 สูตร ในอัตราความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เช่น ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 เมื่อทำการวัดค่าปริมาณสารละลายรวม (ค่าEC) ของน้ำประปาตามปกติวัดได้ 265 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อผสมสารละลายปุ๋ยแล้ววัดได้ 349 มิลลิกรัม/ลิตร แสดงว่าสารละลายปุ๋ยเพิ่มขึ้น 22 มิลลิกรัม/ลิตร และเมื่อทดสอบความสม่ำเสมอที่ความยาวท่อ 10 เมตร จำนวน 3 จุด จะได้ความสม่ำเสมอสูงถึง 99% ส่วนปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต สูตร 21-0-0 โดยผสมสารละลายปุ๋ยเข้มข้นมากถึง 182000 มิลลิกรัม/ลิตร วัดค่าความสม่ำเสมอได้ 90% ดังนั้นจึงควรผสมปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสมตามที่พืชต้องการ

3. จากการออกแบบระบบผสมปุ๋ยโดยใช้หลักการความต่างศักย์ของน้ำ ใช้ท่อ PVC ขนาด ø 4 นิ้ว มีข้อดี คือ หาซื้อได้ง่าย มีขายทั่วไปตามท้องตลาด และเกษตรกรหรือผู้สนใจสามารถประยุกต์ใช้ระบบผสมปุ๋ยโดยใช้หลักความต่างศักย์ของน้ำที่ได้ทำการศึกษาไว้ได้

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองเพื่อหาอัตราการจ่ายปุ๋ย และความสม่ำเสมอในการจ่ายสารละลายปุ๋ย โดยใช้หลักการความต่างศักย์ของน้ำ มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. เครื่องมือการจ่ายปุ๋ยโดยความต่างศักย์ของน้ำ จำเป็นต้องเลือกใช้อุปกรณ์ในการบรรจุปุ๋ย (ถังปุ๋ย) และเป็นถังน้ำที่มีความสามารถในการทนแรงดันได้เท่าที่ระบบชลประทานเราต้องการ ถ้าเป็นระบบน้ำหยดที่มีแรงดันต่ำก็อาจใช้วัสดุที่ไม่ต้องทนแรงดันมาก แต่ถ้าเป็นระบบสปริงเกอร์ที่ใช้แรงดันประมาณ 3-5 bar ก็ควรใช้วัสดุที่ทนแรงดันได้สูงและควรเชื่อมบริเวณรอยต่อหรือรูท่อต่างๆให้ดี เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วของแรงดัน

2. จากผลการทดลองที่ได้ ผู้ใช้ควรเลือกประดิษฐ์อุปกรณ์ให้มีความพอดีกันระหว่างท่ออากาศกับท่อปุ๋ยโดยอัตราส่วนระหว่างท่ออากาศต่อท่อปุ๋ยที่แนะนำให้ใช้ควรมีปริมาตรของท่ออากาศมากกว่าท่อปุ๋ยเกิน 2 เท่า

3. ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองที่แรงดันใช้งาน 1.5, 2 และ 2.5 บาร์ ซึ่งเป็นแรงดันต่ำ ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการใช้แรงดันในช่วงความต่างศักย์ที่แตกต่างไปจากนี้ ควรทำการทดลองใหม่เพื่อให้ได้ค่าอัตราการจ่ายปุ๋ยตามที่ต้องการ

บรรณานุกรม

ปฏิภาณ อมาตยกุล. 2525. การออกแบบระบบชลประทานฉีดฝอย. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 150 น.

มนตรี ค้ำชู. 2531. หลักการชลประทานแบบหยด. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 223 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2535. ศัพท์ในวงการปุ๋ย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 168 น.

Keller, J. 1980. Trickle Irrigation. Department of Agricultural and Irrigation Engineering Utah State University, California. 312 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตารางแสดงอัตราการจ่ายปุ๋ยที่ปริมาณน้ำเข้าต่างๆ ของวาล์วผสมปุ๋ย แบบเวนจูรี่

Super Products

บริษัท ซุปเปอร์โปรดักส์ จำกัด

VFI วาล์วผสมปุ๋ย แวนจูรี่

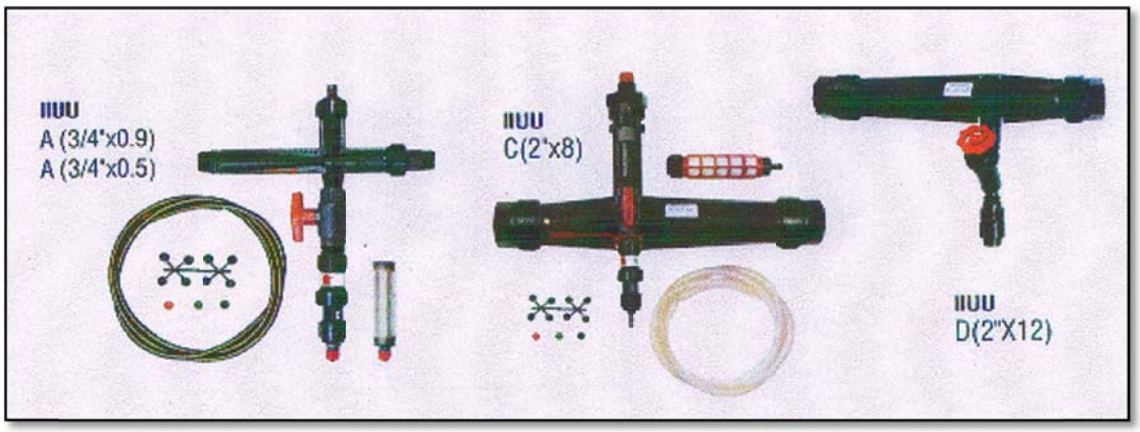
รุ่น Model	รหัสสินค้า Code	ขนาด Size	จำนวนต่อ pcs./Packing Pack	Box
VFI วาล์วผสมปุ๋ย แบบแวนจูรี่ Ventury fertilizer injector valve	359-44012	1/2"	1	10
	359-44034	3/4"	1	10
	359-44100	1"	1	5
	359-44150	1 1/2"	1	10
	359-44200	2"	1	5

	⌀ 1/2" - 3/4"		⌀ 1"		⌀ 1 1/2"		⌀ 2"	
ความดันเข้า P in	ความดันออก P out	ปริมาณน้ำเข้า Q inj	ปริมาณน้ำปุ๋ย Q asp	ปริมาณน้ำเข้า Q inj	ปริมาณน้ำปุ๋ย Q asp	ปริมาณน้ำเข้า Q inj	ปริมาณน้ำปุ๋ย Q asp	ปริมาณน้ำเข้า Q inj	ปริมาณน้ำปุ๋ย Q asp
0	0	13	145	48	525	62	695	172	2400
0.75	0	13	145	48	525	62	695	172	2400
1.0	0	13	145	48	525	62	695	172	2400
	0.25	13	138	48	525	62	695	172	2400
	0.5	13	138	48	525	62	695	172	2400
1.5	0	14	154	52	562	111	1260	238	2400
	0.5	14	154	52	562	111	1260	238	2400
	0.75	14	138	52	562	106	965	238	2400
	1	14	138	52	562	106	965	238	2400
2.0	0	15	138	52	562	124	1260	255	2400
	0.5	15	138	52	562	124	1260	255	2400
	0.75	15	138	52	562	124	1260	255	2400
	1	15	138	52	562	124	1260	255	2400
	1.25	15	124	52	562	124	1150	255	2400
	1.5	15	124	52	562	124	790	255	2400
2.5	0	16	154	52	562	138	1260	255	2400
	0.5	16	154	52	562	138	1260	255	2400
	0.75	16	154	52	562	138	1260	255	2400
	1	16	154	52	562	138	1260	255	2400
	1.25	16	154	52	562	138	1150	255	2400
	1.5	16	154	52	562	138	1150	255	2400
	1.75	16	112	52	562	132	1150	255	2400
	2	16	85	52	562	124	880	255	2400
	2.25	16	85	52	562	124	875	255	2400
3.0	0	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	1	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	1.25	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	1.5	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	1.75	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	2	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	2.25	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	2.5	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	2.75	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	3	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	3.25	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	3.5	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	3.75	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	4	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	4.25	16	154	52	562	146	1260	255	2400
3.5	0	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	1	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	1.5	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	1.75	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	2	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	2.25	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	2.5	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	2.75	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	3	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	3.25	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	3.5	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	3.75	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	4	16	154	52	562	159	1260	255	2400
	4.25	16	154	52	562	159	1260	255	2400
4.0	0	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	1	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	2	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	2.25	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	2.5	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	2.75	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	3	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	3.25	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	3.5	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	3.75	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	4	16	154	52	562	146	1260	255	2400
	4.25	16	154	52	562	146	1260	255	2400
4.5	0	16	154	52	562	138	1260	255	2400
	1	16	154	52	562	138	1260	255	2400
	2	16	154	52	562	138	1260	255	2400
	2.5	16	154	52	562	138	1260	255	2400
	3	16	154	52	562	138	1260	255	2400
	3.5	16	154	52	562	138	1260	255	2400
	4	16	154	52	562	138	1260	255	2400
	4.5	16	154	52	562	138	1260	255	2400
5.0	0	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	1	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	2	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	2.5	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	3	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	3.5	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	4	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	4.5	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	5	17	154	52	562	166	1260	255	2400
5.5	0	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	1	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	2	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	2.5	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	3	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	3.5	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	4	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	4.5	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	5	17	154	52	562	166	1260	255	2400
	5.5	17	154	52	562	166	1260	255	2400

ภาคผนวก ข.

ตารางความสามารถในการดูดซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของแรงดันน้ำเข้า

เครื่องจ่ายปุ๋ย



เครื่องจ่ายปุ๋ยแบบเวนจูรี่ปั๊ม เนตาฟิม Model A B และ C

ตารางแสดงความสามารถในการดูดซึ่งเป็นผลจากความแตกต่างระหว่างแรงดันน้ำเข้า

แบบ	ใช้ตัวควบคุม: แรงดันน้ำเข้า (บาร์)	ใช้ตัวควบคุม: ปริมาณน้ำยา เครื่องจ่าย (ลิตร/ชั่วโมง)	ใช้ตัวควบคุม: การดูดสูงสุด ด้านข้าง (%)	ใช้ตัวควบคุม: ความสามารถในการดูดสูงสุด (ลิตร/นาที)	ไม่ใช้ตัวควบคุม: ปริมาณน้ำยา เครื่องจ่าย (ลิตร/ชั่วโมง)	ไม่ใช้ตัวควบคุม: การดูดสูงสุด ด้านข้าง (%)	ไม่ใช้ตัวควบคุม: ความสามารถในการดูดสูงสุด (ลิตร/นาที) A*	ไม่ใช้ตัวควบคุม: ความสามารถในการดูดสูงสุด (ลิตร/นาที) B**
A (¾"x0.5)	10	300	28-43	47.5	240	30-75	123	95
	20	380	37-60	46	340	25-75	110	88
	30	450	33-46	45	400	25-60	102	83
	40	500	31-45	44	475	25-55	95	79
	50	550	28-42	44	525	25-50	90	76
	60	600	28-35	46	575	25-45	86	73
	70	650	27-37	47	625	25-45	84	
A (¾"x0.9)	15	600	33-60	88	600	30-75	230	190
	20	750	35-50	86	645	30-70	220	189
	30	890	31-45	87	820	28-60	200	170
	40	990	30-42	89	940	27-52	190	160
	50	1080	28-40	94	1040	26-48	178	154
	60	1160	26-37	97	1120	25-43	168	145
	70	1240	24-35	100	1210	25-40	160	140

* A - ความสามารถในการดูดสูงสุดโดยใช้ท่อ pickup ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอก 10 มม. และไม่ใช้หน่วยควบคุมการดูดหรือตัวควบคุม

แบบ	ใช้ตัวควบคุม: แรงดันน้ำเข้า (บาร์)	ใช้ตัวควบคุม: ปริมาณน้ำยา เครื่องจ่าย (ลิตร/ชั่วโมง)	ใช้ตัวควบคุม: การดูดสูงสุด ด้านข้าง (%)	ใช้ตัวควบคุม: ความสามารถในการดูดสูงสุด (ลิตร/นาที)	ไม่ใช้ตัวควบคุม: ปริมาณน้ำยา เครื่องจ่าย (ลิตร/ชั่วโมง)	ไม่ใช้ตัวควบคุม: การดูดสูงสุด ด้านข้าง (%)	ไม่ใช้ตัวควบคุม: ความสามารถในการดูดสูงสุด (ลิตร/นาที) A*	ไม่ใช้ตัวควบคุม: ความสามารถในการดูดสูงสุด (ลิตร/นาที) B**
C (2"x8)	15	4600	13-22	60	3900	10-23	113	-
	20	4750	12-19	60	4500	10-21	109	-
	30	5600	9.4-16	60	5250	8+18	105	-
	40	6250	8-15	60	5900	8-16	103	-
	50	6900	8-13	60	6500	8-15	104	-
	60	7250	7-13	60	7440	8-14	105	-
	70	7600	7-12	60	7900	7-14	106	-
D (2"x12)	15	ไม่มีการใช้ตัวควบคุมกับแบบนี้			7500	23-66	2140	-
	20				8500	22-62	2160	-
	30				10000	21-51	2020	-
	40				11000	20-46	2000	-
	50				12000	20-42	2000	-
	60				13000	20-41	2000	-
	70				13650	20-40	1950	-

** B - ความสามารถในการดูดสูงสุดโดยใช้ท่อ pickup ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านนอก 8 มม. และไม่มีการใช้หน่วยควบคุมการดูดหรือตัวควบคุม