สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานผลการทดลอง

T101021

โครงการ

"การพัฒนาระบบการให้ปุ๋ยและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับสวนทุเรียน"

ผู้วิจัย

รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นาง ปัญจพร เลิศรัตน์

สถานีทดลองพืชสวนจังหวัดจันทร์บุรี กรมวิชาการเกษตร

นาย สุรินทร์ ไวยเจริญ

กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน

RCH
S
667
.D6
07287
เลขหมู่.....
101021
เลขทะเบียน.....
22 JUN 2009
วัน,เดือน,ปี.....

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

สค.2542

สัญญาเลขที่ RDG2/018/2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยและน้ำในสวนทุเรียน โดยมีการศึกษาในด้านต่างๆดังนี้

1. การเขียนโปรแกรมออกแบบระบบให้น้ำ TrickCal เพื่อช่วยให้การออกแบบระบบน้ำแบบน้ำหยดในสวนผลไม้เป็นไปได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถคำนวณ การแบ่งแปลงการให้น้ำ ขนาดท่อแขนง ขนาดท่อประทานย่อย ขนาดท่อประทาน และขนาดปั๊มน้ำที่ต้องใช้ทำให้การแพร่กระจ่ายน้ำในสวนทุเรียนมีความสม่ำเสมอมากขึ้นระบบมีประสิทธิภาพซึ่งจะมีผลถึงประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ
2. ระบบควบคุมการให้น้ำที่ดี โดยจะต้องสามารถบอกให้ทราบได้ว่าเมื่อไหรควรให้น้ำและการให้น้ำแต่ละครั้งเป็นปริมาณเท่าใด โดยทำการศึกษา 2 ระบบคือ

   2.1 เครื่อง Tensiometerโดยทำการศึกษาการประกอบเครื่อง Tensiometer การใช้เครื่องเพื่อกำหนดการให้น้ำแก่พืช และถ่ายทอดผลการทดลองที่ได้สู่เอกชน และผลิตเป็นการค้าทำให้ได้เครื่องมือที่มีราคาถูกสามารถใช้โดยเกษตรกรทั่วไปได้

   2.2 ระบบสถานีตรวจอากาศโดยอัตโนมัติ เป็นระบบที่มีราคาแพงเหมาะกับสวนขนาดใหญ่หรือสถานีทดลองที่ต้องการบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมของสวนอย่างต่อเนื่องและละเอียด ได้ทำการศึกษาประกอบสถานีตรวจอากาศโดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆที่มีราคาถูกและสามารถหาได้ภายในประเทศทำให้ชุดสถานีฯ มีราคาถูกและสามารถปรับใช้ให้เหมาะสมกับค่าที่ต้องการวัดในแต่ละสวนได้
3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยในระบบน้ำกับการให้ทางดิน จากผลการทดลองสรุปได้ว่าการให้ปุ๋ยในระบบน้ำจะมีประสิทธิภาพดีกว่าให้ทางดิน กล่าวคือการให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่ 50-70 % ของทางดินจะมีผลให้ผลผลิตเท่ากับการให้ทางดินและจากการวิเคราะห์ผลตกค้างของปุ๋ยในดินพบว่าปุ๋ย P ตามอัตราที่ให้จะมีการตอค้างอยู่ในดินมากแสดงให้เห็นว่าสามารถลดปริมาณการใส่ปุ๋ย P ลงได้ 50-70 %ของอัตราที่ใส่อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งควรได้มีการศึกษาอัตราของการใส่ปุ๋ย P ที่เหมาะสมต่อไปเนื่องจาดปุ๋ย P เป็นปุ๋ยที่มีราคาแพงที่สุดของปุ๋ยในระบบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ทุเรียนเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่มีราคาและสามารถส่งไปขายต่างประเทศได้ นำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมาก ดังนั้นคุณภาพและความสม่ำเสมอของผลผลิตจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก ระบบการให้น้ำและปุ๋ย เป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่กำหนดคุณภาพผลผลิตของทุเรียน ดังนั้นจึงต้องมีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง ระบบการให้น้ำที่เหมาะสมเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตได้โดยระบบจะต้องสามารถควบคุมปริมาณ และ เวลาในการให้น้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของทุเรียน ทำให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่เกิดสภาพน้ำขังหรือดินแห้งเกินไปการเจริญเติบโตจะไม่มีการหยุดชะงัก และในปัจจุบันปัญหาเรื่องน้ำนับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น เนื่องจากมีความต้องการใช้น้ำมากขึ้นทั้งทางการเกษตร อุตสาหะกรรม และการอุปโภคบริโภคของมนุษย์ การใช้น้ำอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพจึงมีความจำเป็น

ระบบการให้น้ำแบบหยด (Drip or Trickle irrigation) เป็นระบบที่มีการให้น้ำแก่พืชอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดระบบหนึ่ง โดยเฉพาะเมื่อมีการให้ปุ๋ยรวมกับระบบให้น้ำ (Fertigation) จึงเป็นระบบที่สามารถใช้แก้ปัญหานี้ได้ดี โดยใช้ร่วมกับเครื่องวัดความชื้นในดิน เช่น Tensiometer เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการให้น้ำและปุ๋ยตามความต้องการของพืชไม่มากหรือน้อยเกินไป ช่วยลดปัญหาขาดแคลนน้ำและแรงงานภาคเกษตร และยังลดปัญหาการสะสมของอนุมูล NO_3 ที่มากับปุ๋ย ไนโตรเจนในแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งจะเป็นปัญหากับสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่งด้วย

ในการใช้น้ำและปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องประกอบด้วยปัจจัยหลักดังนี้

1.มีระบบการให้น้ำที่ดีและมีประสิทธิภาพ ระบบการให้น้ำแบบน้ำหยด (Trickle irrigation) เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดระบบหนึ่งแต่จำเป็นต้องมีการออกแบบระบบที่ถูกต้อง ได้แก่ขนาดของท่อ ขนาดปั๊มน้ำที่ใช้ ชนิดของหัวหยดและอัตราการไหลที่เหมาะสม ฯลฯ นอกจากนี้ระบบต้องไม่มีการรั่วหรืออุดตัน การออกแบบระบบที่ถูกต้องต้องมีการคำนวณและอาศัยข้อมูลต่างๆ มากมายทำให้การออกแบบระบบยุ่งยากไม่สามารถทำได้เองโดยนักวิชาการเกษตรหรือเกษตรกรเองดังนั้นได้เขียนโปรแกรมช่วยออกแบบระบบให้น้ำแบบน้ำหยด(TrickCal) ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบระบบง่ายขึ้น และนักวิชาการเกษตรที่ประจำตามสถานีทดลองหรือนักส่งเสริมการเกษตร สามารถนำไปใช้ออกแบบระบบให้น้ำแก่เกษตรกรได้ แต่ โปรแกรม ที่เขียนขึ้นจำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในพื้นที่นั้นได้แก่ ข้อมูลทางดิน (เนื้อดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความลึกดิน การเรียงตัวของชั้นดินฯลฯ) ข้อมูลทางสภาพภูมิอากาศ (ปริมาณฝน) และข้อมูลเกี่ยวกับพืช (การใช้น้ำของพืช) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต้องมีการศึกษาเก็บรวบรวมจากพื้นที่จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.มีระบบควบคุมการให้น้ำที่เหมาะสม กล่าวคือต้องสามารถรู้ว่าขณะนั้นควรมีการให้น้ำแก่พืชหรือไม่ และถ้าจำเป็นต้องให้น้ำจะต้องให้เป็นจำนวนเท่าใด นั่นคือต้องทราบถึงความต้องการน้ำของพืชและทราบปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน เครื่องมือวัดความชื้นในดินที่มีราคาถูกและสามารถบอกค่าระดับความชื้นได้อย่างถูกต้องคือเครื่อง Tensiometer ซึ่งสามารถสร้างขึ้นจากวัสดุภายในประเทศและมีราคาถูก (อิทธิสุนทร 2532,2539) แต่เครื่องมือนี้ยังมีการใช้ไม่กว้างขวาง ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จะเป็นการนำ Tensiometer มาใช้ในการวัดความชื้นและควบคุมการให้น้ำแก่พืช นอกจากเครื่องวัดความชื้นแบบ Tensiometer แล้วสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติก็สามารถนำมาใช้ในการควบคุมการให้น้ำได้อีกด้วย ซึ่งสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติจะเก็บข้อมูลภูมิอากาศต่างๆอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ข้อมูลที่เก็บได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้นของดิน ความเร็วและทิศทางลม ปริมาณน้ำฝน ปริมาณแสง ข้อมูลที่ได้เหล่านี้จะนำมาคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอัตโนมัติ เพื่อใช้กำหนดตารางการให้น้ำกับพืชได้อย่างถูกต้องและแน่นอน

3.มีระบบการให้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งการให้ปุ๋ยพร้อมกับการให้น้ำ (Fertigation) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดวิธีการหนึ่งโดยจะผสมปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ลงไปในน้ำชลประทานและให้ไปกับน้ำทำให้เมื่อพืชดูดน้ำไปใช้ก็สามารถดูดปุ๋ยไปใช้ในเวลาเดียวกัน โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องวัดความชื้นในดินทำให้การให้น้ำและปุ๋ยพอดีกับความต้องการของพืชไม่มากเกินไปจนเกิดการชะล้างทำให้ปุ๋ยและน้ำที่ให้พืชสามารถใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.เขียนโปรแกรมช่วยออกแบบระบบให้น้ำแบบน้ำหยด(TrickCal) และโปรแกรม คำนวณการผสมสารละลายธาตุอาหารพืช (NutriCal) เพื่อนำไปใช้โดยนักวิชาการเกษตรและเกษตรกรได้

2.สร้างเครื่อง Tensiometer และนำไปใช้ในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช และเผยแพร่ไปยังนักวิชาการเกษตรและเกษตรกร ทำให้การให้น้ำอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

3.ประกอบสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติเพื่อเก็บข้อมูลภูมิอากาศได้อย่างต่อเนื่องและสามารถคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืชและใช้ควบคุมการให้น้ำแก่พืชได้

4.เปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยทางดินและปุ๋ยในระบบน้ำพร้อมทั้งอัตราการให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่เหมะสมเมื่อเทียบกับการให้ทางดิน

5.อบรมนักวิชาการเกษตรและเกษตรกรให้มีความรู้สามารถใช้โปรแกรม TrickCal, NutriCal และเครื่อง Tensiometer ได้อย่างถูกต้อง ตลอดจนทราบถึงข้อดีและข้อเสียของระบบให้ปุ๋ยในน้ำชลประทานและรู้ถึงวิธีการใช้อย่างถูกต้อง เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของเกษตรกรในการเลือกระบบการให้ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ผลจากการทดลองครั้งนี้แยกได้เป็น 4 หัวข้อดังนี้

1.โปรแกรมที่เขียนขึ้น ได้แก่ TrickCal และ NutriCal

2.ระบบควบคุมการให้น้ำแก่พืช 2 ระบบ

2.1 เครื่อง Tensiometer

2.2 ชุดสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ (Automatic weather station)

3.การทดลองเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยทางดินกับระบบให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

4.การอบรมเกษตรกร และนักวิชาการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.โปรแกรม TrickCal และ NutriCal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1โปรแกรม

TrickCal

โปรแกรมคำนวณและออกแบบระบบน้ำหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TrickCal เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่สร้างขึ้น เพื่อช่วยคำนวณ และออกแบบระบบน้ำหยด ตั้งแต่การคำนวณข้อมูลพื้นฐานของระบบ จนถึงการคำนวณประเมินราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบน้ำหยด ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาในการคำนวณและการออกแบบเป็นอย่างมาก

โปรแกรมมี 2 รุ่นคือ

1. TrickCal (lotus) ที่เขียนด้วย Macro Lotus 1-2-3 R.2.3 Thai version โปรแกรมนี้สามารถใช้งานได้กับ computer ทั่วๆไป โปรแกรมทั้งหมดจะอยู่ในแผ่น Disk แผ่นเดียวไม่ต้องการโปรแกรมเสริมอื่นๆ
2. TrickCal (Excel) เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วย Excel และ Visual Basic โปรแกรมนี้ต้องทำงานร่วมกับโปรแกรม Excel

โดยโปรแกรมทั้งสองรุ่นจะมีขั้นตอนการใช้เหมือนกันตามคู่มือการใช้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้

โปรแกรมคำนวณและออกแบบระบบน้ำหยด

(TrickCal V 1.4)

โดย

รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ
นาย ไพฑูรณ์ จอมพงศ์
นาย เลิศชาย หนูพลาย
นาย โยธิน สุวรรณเกษร์

ภาควิชาปฐพีวิทยา
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

13 กุมภาพันธ์ 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้
โปรแกรมคำนวณ และออกแบบระบบน้ำหยด
(TrickCal)

TrickCal คืออะไร?

TrickCal เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นด้วย Macro Lotus 1-2-3 R.2.3 Thai version หรือ Excel เพื่อช่วยคำนวณ และออกแบบระบบน้ำหยด ตั้งแต่การคำนวณข้อมูลพื้นฐานของระบบ จนถึงการคำนวณประเมินราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบน้ำหยด ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาในการคำนวณและการออกแบบเป็นอย่างมาก ตัวโปรแกรมประกอบด้วยโปรแกรมย่อยที่สำคัญ 4 โปรแกรม คือ

1. **โปรแกรมคำนวณข้อมูลทั่วไป** เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับ ดิน พืช และชนิดหัวให้น้ำ และโปรแกรมจะทำการคำนวณข้อมูลต่างๆออกมาเช่น การแบ่งจำนวนแปลงการให้น้ำ อัตราไหลเฉลี่ยหัวหยด ปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืช จำนวนหัวหยดต่อพืช ฯลฯ
2. **โปรแกรมคำนวณข้อมูลท่อแขนง** (Lateral) จะเป็นการคำนวณท่อแขนงทั้งความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่เหมาะสม ความดันสูญเสียในท่อ ความดันใช้งาน ฯลฯ
3. **โปรแกรมคำนวณข้อมูลท่อประธานย่อย** (Manifold) จะเป็นการคำนวณทั้งความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่เหมาะสม ในแต่ละส่วนของท่อที่มีการลดขนาดท่อ ตลอดจนความดันสูญเสียในท่อ และความดันใช้งานฯลฯ
4. **โปรแกรมคำนวณข้อมูลท่อประธาน** (Main Line) TDH (Total Dynamic Head) **และ Pump น้ำ** เป็นการคำนวณเกี่ยวกับขนาด ความยาว และความดันต้นทางจาก Pump
5. **คำนวณราคาอุปกรณ์** เป็นการคำนวณราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวางระบบ

ชุดโปรแกรมของ TrickCal (lotus)

ใน TrickCal 1 ชุด จะบรรจุอยู่ในแผ่น Disk ขนาด 3.5 นิ้ว จำนวน 1 แผ่น คือ ประกอบด้วยโปรแกรม TSM, Lotus 1-2-3 R2.3/Thai และ TrickCal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้

1. เครื่อง IBM PC หรือ IBM Compatatble ตั้งแต่ 286 ขึ้นไป
2. มี RAM อย่างน้อย 1 Mb.
3. จอภาพ Monochrom หรือ Color

การติดตั้ง TrickCal

สำหรับขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม จะมีดังนี้

1. ติดตั้งลง Hard disk
   - นำแผ่น Disk1 ใส่ใน Drive A
   - พิมพ์ A : แล้วกด Enter
   - ที่ Dos prompt พิมพ์ Install แล้วกด Enter

   โปรแกรมจะ สร้าง Directory TRICKCAL ใน Hard disk และจะ Copy โปรแกรมลงใน Directory นี้
2. การใช้โปรแกรมจาก จากแผ่น Disk

   สามารถเรียกใช้โปรแกรมจากแผ่น Disk ได้ทันที โดยนำ Disk ใส่ที่ Drive A
   - พิมพ์ A : แล้วกด Enter
   - ที่ Dos prompt พิมพ์ TrickCal แล้วกด Enter เข้าสู่โปรแกรม

เริ่มต้นใช้ TrickCal

เราสามารถเริ่มต้นใช้ TrickCal ได้ดังนี้

ระบบ Hard disk

กรณีที่ใช้งาน TrickCal ในระบบ Hard disk ให้เข้าสู่ directory ของ TrickCal ก่อน

- ที่ Dos prompt พิมพ์ CD TrickCal แล้วกด Enter
- พิมพ์ TrickCal แล้วกด Enter

ระบบ Diskette

- นำแผ่น Disk1 ใส่ Drive A
- พิมพ์ A : กด Enter
- พิมพ์ TrickCal แล้วกด Enter

ไม่ว่าจะเข้าจากระบบใด จะปรากฏเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนูประกอบด้วย

TrickCal	Worksheet	Exit

- TrickCal เรียกใช้เข้าสู่โปรแกรม TrickCal

- Worksheet เมื่อเรียกใช้เมนูนี้ จะกลับเข้าสู่การทำงานตามปกติของ Lotus และไม่สามารถกลับเข้าโปรแกรม TrickCal ได้อีก หากต้องการกลับเข้าสู่ TrickCal อีกให้ใช้คำสั่ง /FR เรียกใช้ Auto123.WK1 จะปรากฏ เมนูอีกครั้งหนึ่ง จากนั้น TrickCal

- Exit จบการทำงาน ออกจากโปรแกรม Dos prompt

การเลือกตัวเลือกในเมนูนี้ จะกระทำได้ 2 วิธี คือ

- ใช้ปุ่มลูกศร →,← ในการเลือนตัวชี้เมนูไปยังตัวเลือกที่ต้องการ แล้วกด Enter

- กดตัวอักษรตัวแรกของตัวเลือกที่ต้องการ เช่น TrickCal ให้กด T โดยไม่ต้องกด Enter

จากเมนูดังกล่าว ให้เลือก TrickCal แล้วกด Enter จะปรากฏหน้าจอดังรูป

กด Enter อีก ครั้ง เข้าสู่ Main Menu

E19: (H) U

ป้อนตัวเลขหน้าหัวข้อที่ต้องการคำนวณ :

TRICKLE IRRIGATION DESIGN

โปรแกรมคำนวณ และออกแบบระบบน้ำหยด

ได้รับการสนับสนุนจาก ** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สกว. **

Main Menu

1. **คำนวณข้อมูลทั่วไป**
2. **คำนวณข้อมูลท่อแขนง** (Lateral)
3. **คำนวณข้อมูลท่อประธานย่อย** (Manifold)
4. **คำนวณข้อมูลท่อประธาน** (Main Line) TDH (Total Dynamic Head) และ Pump
5. **คำนวณราคาอุปกรณ์**
6. **จบการทำงาน**

*** กรุณาป้อนตัวเลขจาก เมนูแล้วกด Enter ***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดโปรแกรมของ TrickCal (Excel)

ใน TrickCal(Excel) 1 ชุด จะบรรจุอยู่ในแผ่น Disk ขนาด 3.5 นิ้ว จำนวน 1 แผ่น คือ ประกอบด้วยโปรแกรม TrickCal(Excel)

อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้

1. เครื่อง IBM PC หรือ IBM Compatatble ตั้งแต่ Pentium 100 ขึ้นไป
2. มี RAM อย่างน้อย 16 Mb.
3. จอภาพ Color
4. โปรแกรม Window 95 ขึ้นไป
5. โปรแกรม Excel 7

การติดตั้ง TrickCal(Excel)

สำหรับขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม จะมีดังนี้

1. ติดตั้งลง Hard disk
   - นำแผ่น Disk1 ใส่ใน Drive A
   - พิมพ์ A : แล้วกด Enter
   - ที่ Dos prompt พิมพ์ Install แล้วกด Enter

   โปรแกรมจะ สร้าง Directory TRICKCAL ใน Hard disk และจะ Copy โปรแกรมลงใน Directory นี้

เริ่มต้นใช้งาน

ให้เปิดโปรแกรม Excel ก่อน และตรวจดูที่ Menu bar ของ Excel ต้องเป็นภาษาอังกฤษถ้าเป็นภาษาไทยให้เปลี่ยนเป็นภาษาอังกฤษก่อนดังนี้

คลิกที่ปุ่ม Start ของ Win 95 และเลือก Programs และเลือก Office97 Language Switcher และเลือก อังกฤษ(English) และคลิกปุ่ม OK

และเปิด File ชื่อ TKMENU.xls ใน Directory ของ TrickCal ก่อน

เมื่อเปิด File TKMENU.xls แล้วข้อความต่างๆใหญ่กว่าหน้าจอให้ Set ความละเอียดของหน้าจอใหม่ดังนี้

คลิกที่ปุ่ม Start ของ Win 95 และเลือก Settings และเลือก Control panel และเลือก Display เลือก Settings บริเวณ Screen area ปรับค่าหน้าจอเป็น 800 by 600 pixels และคลิกปุ่ม OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏเมนูให้เลือกเพื่อทำงานต่อไป

หลังจากนั้นการทำงานในระบบ Lotus หรือ Excel จะเหมือนกันโดยเริ่มที่ Main menu

การเลือกตัวเลือกจาก Main Menu

- ให้พิมพ์ เลขหน้าตัวเลือกที่ต้องการ จากนั้นกด Enter

ตัวเลือกใน Main Menu

Main Menu ประกอบด้วยตัวเลือก 6 รายการคือ

1. **คำนวณข้อมูลทั่วไป** เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับ ดิน พืช น้ำและชนิดหัวให้น้ำ และโปรแกรมจะทำการคำนวณข้อมูลต่างๆออกมาเช่น การแบ่งจำนวนแปลงการให้น้ำ อัตราไหลเฉลี่ยหัวหยด ปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืช จำนวนหัวหยดต่อต้น ฯลฯ
2. **คำนวณข้อมูลท่อแขนง** (Lateral) จะเป็นการคำนวณท่อแขนงทั้งความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่เหมาะสม ความดันสูญเสียในท่อ ความดันใช้งาน ฯลฯ
3. **คำนวณข้อมูลท่อประธานย่อย** (Manifold) จะเป็นการคำนวณทั้งความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่เหมาะสม ในแต่ละส่วนของท่อที่มีการลดขนาดท่อ ตลอดจนความดันสูญเสียในท่อ และความดันใช้งานฯลฯ.
4. **คำนวณข้อมูลท่อประธาน** (Main Line) TDH (Total Dynamic Head) **และ Pump น้ำ** เป็นการคำนวณเกี่ยวกับขนาด ความยาว และความดันต้นทางจาก Pump
5. **คำนวณราคาอุปกรณ์** เป็นการคำนวณราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวางระบบ
6. **จบการทำงาน** จบการทำงานและออกจากโปรแกรม

คำนวณข้อมูลทั่วไป

เป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับ ดิน พืช และชนิดหัวให้น้ำ และโปรแกรมจะทำการคำนวณข้อมูลต่างๆออกมาเช่น การแบ่งจำนวนแปลงการให้น้ำ อัตราไหลเฉลี่ยหัวหยด ปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืช จำนวนหัวหยดต่อพืช ฯลฯ วิธี การป้อนข้อมูลทำดังนี้

จาก Main Menu พิมพ์ 1 แล้วกด ENTER จะปรากฏ เมนู ให้เลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input/Edit	Result	Save	Print	Load	Command	Help	Exit

ให้เลือกคำสังต่าง ๆ จาก เมนู โดยการเลื่อนตัวชี้เมนูไปยัง Input/Edit และ กด ENTER หรือ กด I โดยไม่ต้องกด ENTER จะได้ผลเช่นเดียวกัน จะปรากฏ เมนูย่อย

คำสั่งในโปรแกรม TrickCal (เมนูคำสั่งจะเริ่มจากแถวที่ 2 บนหน้าจอภาพ) จะจัดโครงสร้างเช่นเดียวกับ Lotus123 บางครั้งในคำสั่ง เมนูหลักจะมีคำสั่ง เมนูย่อยให้เลือกต่อไปได้อีก เมื่อเลื่อนตัวชี้ไปยังคำสั่งในเมนู ที่บรรทัดที่ 3 ของแผงควบคุมจะแสดงเมนูย่อยของคำสั่งนั้น ตัวอย่างเช่น ในขณะที่ตัวชี้ตำแหน่งอยู่ที่ Input/Edit บรรทัดที่ 3 จะแสดงคำสั่งย่อย ได้แก่ Plant, Emitter, Soil/Water, Code_Plant, Code_Soil, %EU&fe, Unit, Quit แต่ถ้าในกรณีที่ไม่มีคำสั่งย่อยอีกแล้ว บรรทัดที่ 3 นี้จะเป็นคำอธิบายแทน

การป้อนและแก้ไขข้อมูลคำนวณข้อมูลทั่วไป

จากเมนูเลือก Input/Edit กด ENTER หรือกด I จะปรากฏเมนูย่อย

Plant,	Emitter,	Soil/Water,	Code_Plant,	Code_Soil,	%EU&fe,	Unit,	Quit

การป้อนและแก้ไขข้อมูลพืช (เลือก Plant)

จากเมนูย่อยให้เลือก Plant โดยการเลื่อนตัวชี้เมนูไปยัง Plant และ กด ENTER หรือ กด P โดยไม่ต้องกด ENTER จะได้ผลเช่นเดียวกัน จะปรากฏ เมนูย่อย

No **ไม่ต้องการแก้ไขข้อมูล** โปรแกรมจะไปทำงานในส่วนอื่นต่อไป

Yes **ต้องการแก้ไขข้อมูล** โปรแกรมจะเข้าไปแก้ไขในส่วนของข้อมูลพืช

ข้อมูลที่ต้องป้อนมีดังนี้ (เมื่อ เลือก No)

(a) รหัสพืช CP เป็นข้อมูลที่ได้จากการเลือกชนิดพืชในส่วนของ Code-Plant

(b) ชื่อพืช NP เช่นเดียวกับรหัสพืชสามารถเลือกได้จาก Code-Plant เราสามารถป้อนข้อมูลเองได้

(c) ระยะปลูก ระหว่างต้น (Sp) ..... เมตร

(d) ระยะปลูก ระหว่างแถว (Sr) เมตร

(e) ความลึกของราก(Z) เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นความลึกของรากโดยเฉลี่ยจะมีจำนวนรากที่สามารถหาน้ำและอาหารได้อยู่ประมาณ 80 %ในดินที่ที่การระบายน้ำดี

(f) ปริมาณการใช้น้ำของพืชเฉลี่ยต่อวันในเดือนที่พืชใช้น้ำสูงสุด(Ud) มิลิเมตร/วัน
ในการคำนวณการออกแบบระบบให้น้ำจะต้องใช้ค่าความต้องการน้ำสูงสุดของพืช คือเมื่อพืชเจริญเต็มที่ และพืชคายน้ำในช่วงเดือนที่แห้งที่สุด เพื่อจะได้ออกแบบระบบต่างๆให้พอเพียงกับความต้องการน้ำของพืช

(g) ความต้องการน้ำตลอดฤดูเพาะปลูก (U) มิลิเมตร/ปี

(h) เปอร์เซ็นต์พื้นที่ร่มเงาพืชที่คลุมผิวดินเมื่อพืชโตเต็มที่ (Pd) %
ส่วนนี้จะได้จากการคำนวณจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มและระยะปลูก

$$Pd = \pi(PD)^2 x100/(SpxSr)$$

(i) ค่า EC สูงสุดที่พืชทนได้ dS/m
เป็นค่าความเค็มสูงสุดของสารละลายดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำที่พืชสามารถทนได้ที่ระดับความเค็มนี้พืชจะไม่ให้ผลผลิต

(j) เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม (PD) เมื่อพืชโตเต็มที่ เมตร
ข้อมูลต่างๆเหล่านี้บางส่วนจะมีรวบรวมไว้ในส่วน Code-Plant เมื่อเลือกรหัสพืชจาก Code-Plant ข้อมูลต่างๆจะเข้ามาอยู่ในช่องเองโดยอัตโนมัติและสามารถแก้ไขได้ถ้าข้อมูลไม่เหมาะสม ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นข้อมูลจากหนังสือต่างประเทศ ดังนั้นอาจจะไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับพืชเมืองไทย จำเป็นต้องป้อนข้อมูลเอง

ป้อนและแก้ไขข้อมูลหัวให้น้ำ (Emitter)

จาก เมนูย่อย เลือก Emitter กด ENTER หรือกด E โดยไม่ต้องกด ENTER จะปรากฏหน้าจอรับข้อมูลดังรูป และมีเมนูย่อยให้เลือก 3 เมนูคือ

No	Yes	Emit-Coeff

No **ไม่ต้องการแก้ไขข้อมูล** โปรแกรมจะไปทำงานในส่วนอื่นต่อไป

Yes **ต้องการแก้ไขข้อมูล** โปรแกรมจะเข้าไปแก้ไขในส่วนของข้อมูลหัวให้น้ำ

Emit-Coeff **คำนวณค่าคงที่ของหัวให้น้ำ** โปรแกรมจะเข้าไปคำนวณค่าคงที่ต่างๆของหัวให้น้ำ เช่นค่า X , Kd ,V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่ต้องป้อนมีดังนี้ (เมื่อ เลือก No)

(a) ประเภทหัวให้น้ำ ให้ป้อนเป็นอักษรพิมพ์ใหญ่ ได้แก่

D = Drip เป็นหัวให้น้ำแบบหัวหยด โดยทั่วไปมีอัตราไหล ประมาณ 2 - 8 ลิตร/ชม.

S = Spray เป็นหัวให้น้ำแบบฉีดฝอย (Mini-sprinkle) ทั่วไปอัตราไหลประมาณ 20 -200 ลิตร/ชม.

L = Line - Source คือหัวให้น้ำที่ติดมากับท่อ Lateral เป็นหัวที่มีระยะระหว่างหัวแน่นอน เช่น ทุกๆ 20 , 30 , 50 , 60 ซม

(b) จำนวนทางออกของน้ำ (Oe) โดยทั่วไปหัวปล่อยน้ำจะมีทางออกน้ำ 1 ทาง/ หัวปล่อยน้ำ 1 หัว

(c) อัตราไหลของหัวปล่อยน้ำ (q) ลิตร/ชม.

(d) แรงดันใช้งานของหัวปล่อยน้ำ (H) หน่วยเป็น เมตร

(e) Discharge Exponent (x) เป็นค่าคงที่ของหัวหยด ไม่มีหน่วย

(f) Coefficient of Manufacturing Variation for the emitter (v) เป็นค่าแสดงความสม่ำเสมอของหัวหยดในขั้นตอนการผลิต

(g) Discharge coefficient (Kd) เป็นค่าคงที่ของหัวหยด ไม่มีหน่วย

(h) Connection loss (fe) ความเสียดท่านที่เพิ่มขึ้นในท่อ Lateral เมื่อมีหัวให้น้ำติดอยู่ ขึ้นอยู่กับขนาดของหัวที่เสียบอยู่ในท่อ ค่านี้สามารถดูได้จาก %EU&Fe

(i) องศาการฉีดน้ำของหัวให้น้ำแบบ Spray (หัวให้น้ำแบบ Drip และ แบบ Line-Source ไม่ต้องป้อนข้อมูลในส่วนนี้) เช่น ถ้าเป็นหัวแบบหมุนรอบตัวเอง ก็มีองศา = 360 องศา หรือเป็นแบบครึ่งวงกลม ก็มีองศา = 180 องศา

(j) รัศมีการฉีดน้ำของหัวให้น้ำแบบ Spray เป็นระยะจากหัวให้น้ำถึงขอบเปียกน้ำ หน่วยเป็นเมตร

Emit-Coef

สำหรับการคำนวณข้อมูล เกี่ยวกับหัวปล่อยน้ำ ประกอบด้วย อัตราไหลเฉลี่ย X, V, Kd, ความดันใช้งาน ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้คำนวณและออกแบบข้อมูลพื้นฐาน วิธีการใช้มีดังนี้

โดยทั่วไปค่าต่างๆของหัวหยดสามารถดูได้จากข้อมูลทางเทคนิคของหัวหยดนั้น แต่ถ้าไม่สามารถหาได้ เราสามารถหาได้จากการทดสอบโดยตรง โดยทั่วไปจะสุ่มหัวให้น้ำมาอย่างน้อย 50 หัว และมาทดสอบวัดจริงๆ ซึ่งในส่วนของ Emit-Coeff จะเป็นส่วนที่ใช้คำนวณค่าเหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้อนและแก้ไขข้อมูล

- จากเมนู เลือก Emit-Coeff จากนั้นกด Enter

ข้อมูลที่จะต้องป้อนมีดังนี้

การคำนวณอัตราไหลเฉลี่ยและค่า Coefficient of manufacturing variation (v) ให้ป้อนข้อมูลต่อไปนี้ในส่วนที่ 1

- ความดันน้ำที่ทดสอบ เมตร
- อัตราจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำแต่ละหัวที่วัดได้ 50 หัว ลิตร/ชั่วโมง

เมื่อคำนวณค่า v แล้วสามารถเปรียบเทียบค่า v มาตรฐานได้ด้วยว่าหัวปล่อยน้ำที่เราจะใช้มีความสม่ำเสมอดีมากน้อยเท่าใด

การคำนวณค่า Discharge exponent and Coefficient (x , Kd) ให้ป้อนค่า ในช่อง q1, q2, h1, h2

ป้อนและแก้ไขข้อมูลดิน และ น้ำ (Soil/Plant)

จาก เมนูย่อย เลือก Soil/Water กด ENTER หรือกด S โดยไม่ต้องกด ENTER จะปรากฏหน้าจอรับข้อมูลดังรูป และมีเมนูย่อยให้เลือก 2 เมนูคือ

No **ไม่ต้องการแก้ไขข้อมูล** โปรแกรมจะไปทำงานในส่วนอื่นต่อไป

Yes **ต้องการแก้ไขข้อมูล** โปรแกรมจะเข้าไปแก้ไขในส่วนของข้อมูลดินและน้ำ

ข้อมูลดินควรมีการเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่มาวิเคราะห์ค่าต่างๆที่จำเป็นต่อการออกแบบระบบ ได้แก่ ค่า Field Capacity , Permanent Weilting Point แต่ถ้าไม่มีค่าเหล่านี้อาจใช้ค่าทั่วๆไปของเนื้อดินชนิดต่างๆ ซึ่งสามารถดูได้จาก Code-Soil

ข้อมูลที่ต้องป้อนมีดังนี้ (เมื่อ เลือก Yes)

(a) ชื่อโครงการ (N_Pro) ที่ทำการออกแบบ

(b) เนื้อที่โครงการ (A) หน่วยเป็น ไร่

(c) เนื้อดิน (Tx)

(d) ความลาดชันของพื้นที่ (S) %

(e) ปริมาณน้ำฝนที่พืชใช้ได้ต่อปี (Rn) (Effective Rain) มม./ปี

(f) คุณภาพน้ำ (ECw) หน่วยเป็น dS/m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

101021

เป็นค่าแสดงความบริสุทธิ์ของน้ำ

(g) ด้านกว้างพื้นที่เปียก (4 l/hr) (Se') เมตร

(h) ด้านยาวพื้นที่เปียก (4 l/hr) (W) เมตร

ค่า Se และ W หาได้จากการทดลองในสนามโดยให้น้ำหยด อัตราไหล 4 ลิตร/ ชม. และขุดดินดูเส้นผ่าศูนย์กลางพื้นที่เปียกน้ำ (W) ส่วนด้างกว้างจะเท่ากับ 0.8 x W หรืออาจใช้ค่าทั่วๆไปตามชนิดดินโดยดูจาก Code-Soil เมื่อใส่ข้อมูลเกี่ยวกับดินลงไปแล้ว โปรแกรมจะทำการใส่ค่า Se และ W ให้เอง

(i) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน Available water capacity (Wa) มม./เมตร แสดงค่าเป็นความลึกของน้ำ/ค่าความลึกของดิน

ความสามารถในการอุ้มน้ำขึ้นอยู่กับเนื้อดิน ในการป้อนค่า Wa โปรแกรมจะตั้งค่าให้ตามชนิดของเนื้อดิน ที่ได้ป้อนเข้าไป ท่านสามารถแก้ไขได้ตามความเหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว Wa จะหาได้โดยเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ หรือจะใช้ค่าโดยประมาณจากตารางที่ 1

ตารางที่ 1.1 แสดงความสามารถในการอุ้มน้ำของดินประเภทต่างๆ

เนื้อดิน	ความสามารถเก็บน้ำที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ความลึกของน้ำ (มิลลิเมตร) / ความลึกของดิน 1 เมตร		
ดินทรายจัด	33 – 104	เฉลี่ย	75
ดินร่วนปนทราย	104 – 145	เฉลี่ย	125
ดินร่วน	125 – 192	เฉลี่ย	167
ดินร่วนปนดินเหนียว	145 – 208	เฉลี่ย	183
ดินเหนียว	133 – 208	เฉลี่ย	192
Peats และ mucks	167 – 250	เฉลี่ย	208

(j) Peak - used period transmission ratio Tr เป็นสัดส่วนของน้ำที่ต้องให้แก่พืชทั้งหมดที่พอเพียงกับการคายน้ำของพืช / น้ำที่พืชคายออก(Transpiration) ค่านี้จะเท่ากับหรือมากกว่า 1 เนื่องจากการให้น้ำเพื่อชดเชยการคายน้ำของพืช จะต้องมีน้ำส่วนเกินที่ต้องสูญเสียไปจากดิน(พืชใช้ไม่ได้) เช่นการไหลเลยระดับรากพืช (Percolation)

สำหรับค่า Tr จะมีความเกี่ยวข้องกับชนิดพืช และเนื้อดิน ตัวอย่างค่า Tr แสดงในตารางที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 แสดงค่า Tr ตามเนื้อดิน และความลึกของรากพืช

ความลึกของรากพืช		เนื้อดิน		
		Coarse	Medium	Fine
รากตื้น	< 0.8 m	1.10	1.05	1.10
ปานกลาง	0.8 - 1.5 m	1.05	1.00	1.00
ลึก	> 1.5 m	1.00	1.00	1.00

(a) Management allowed deficit MAD %

เป็นปริมาณน้ำที่ปล่อยให้สูญเสียไปจากดิน (พืชใช้) ก่อนที่จะมีการให้น้ำครั้งต่อไป ค่านี้บอกเป็น % ของน้ำที่สูญเสียไปต่อปริมาณความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน โดยทั่วไปจะน้อยกว่า 50 %

(b) Seasonal transmission ratio TR เป็นค่าเหมือนกับ Tr แต่เป็นค่าตลอดฤดูปลูกพืช

(c) Soil depth : ความลึกของดิน เมตร

การเลือกระหัสพืช (Code-plant)

เป็นข้อมูลทั่วไปของพืชต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณ ได้แก่ ความลึกของราก ความต้องการน้ำของพืช ค่าความเค็มของดินที่พืชสามารถทนได้ ข้อมูลต่างที่มีส่วนใหญ่เป็นพืชในเขต หนาว ข้อมูลพืชในบ้านเรามีน้อยมาก

เมื่อเลือก เมนู Code plant จะปรากฏ ชื่อพืชต่างๆให้เลือกพืชที่จะปลูกและใส่ระหัสของพืชนั้นลงไป โปรแกรมจะนำข้อมูลต่างๆไปใส่ให้เอง

การเลือกระหัสดิน (Code-soil)

โดยทั่วไปคุณสมบัติของดินต่างๆควรได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจึงจะได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุด ถ้าไม่สามารถนำดินมาวิเคราะห์ได้ ก็อาจใช้วิธีการประเมินจากเนื้อดิน การเรียงตัวของชั้นดิน ความลึกของดิน ซึ่งจะมีผลต่อค่า ความสามารถในการอุ่มน้ำของดิน ค่า Tr และ TR

เมื่อเลือก Code-soil จะมีช่องให้ป้อน ระหัสดินที่จะวางระบบน้ำโดยให้เริ่มจากชนิดของเนื้อดิน ความลึกดิน และการเรียงตัวของชั้นดิน และป้อนระหัสลงไป จากนั้นโปรแกรมจะนำค่า ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ค่า Tr และ TR ใส่ลงในข้อมูล Soil/Water ให้เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือก %EU&fe

ค่า % Emission Uniformity มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบระบบให้น้ำแบบต่างๆ และค่า Connection loss ของหัวหยดแบบต่างๆที่ติดอยู่บนท่อ Lateral สามารถดูได้เมื่อเลือกเมนูนี้ ให้ใส่ค่า %EU และค่า fe ตามที่ต้องการในช่องว่างที่ให้เติม และค่าเหล่านี้จะส่งไปในส่วนของ Emitter เอง

การเลือก Unit

ในกรณีที่จำเป็นที่ต้องเปลี่ยนหน่วยวัดต่างๆสามารถดูได้จากเมนูนี้

การเลือก Quit

เป็นการจบการป้อนข้อมูล และกลับไปเมนูหลัก

การแสดงผลการคำนวณ

จากเมนูย่อยเลือก Result จากนั้นกด Enter จะปรากฏตัวเลือกดังนี้

Trial_Design	Final_Design	All	Quit

Trial_Design

Trial_Design เลือกเมนูนี้เมื่อต้องการดูผลการคำนวณในขั้นที่ 1 ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมจริงๆ ซึ่งค่าที่ได้จากช่วงนี้เราสามารถเปลี่ยนค่าต่างๆตามที่เราต้องการได้ เมื่อเปลี่ยนค่าแล้วโปรแกรมจะนำค่าเหล่านี้ไปใช้คำนวณข้อมูลอื่นต่อไปที่จะไปแสดงใน Final_Design ข้อมูลในส่วนนี้ประกอบด้วย

(สูตรคำนวณ ดูที่ภาคผนวก)

(a)-ระยะของหัวปล่อยน้ำ ระหว่างหัว (Se) เมตร

(b)-ระยะของหัวปล่อยน้ำ ระหว่างแถว (Sl) เมตร

(c)-จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น (Ne) หัว

(d)-เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำ (Pw) %

Pw ที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 33 -70% สำหรับพืชผักที่ปลูกชิดกันค่า Pw อาจเท่ากับ 100%

(e)-ปริมาณน้ำสูงสุดที่ให้ได้แต่ละครั้ง (dx) - ม.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือปริมาณน้ำที่ให้สูงสุดที่ดินสามารถเก็บน้ำไว้ได้

(f)-ค่าเฉลี่ยการคายน้ำสูงสุดของพืช (Td) มม./วัน

ค่า Td จะบ่งบอกถึงปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุดเฉลี่ยต่อวัน ซึ่งจะนำไปคำนวณหาปริมาตร น้ำที่พืชใช้สูงสุดเฉลี่ยต่อวัน (G)

(g)-ระยะเวลาในการให้น้ำครั้งต่อไป (fx) วัน

คือช่วงเวลาหลังจากให้น้ำแล้ว การให้น้ำครั้งต่อไปนานที่สุดอีกกี่วัน

(h)- ความถี่ในการให้น้ำ (f') วัน

ค่านี้จะให้เป็นความถี่ = 1 คือมีการให้น้ำทุกวัน เพื่อสะดวกในการคำนวณ

(i)- Leaching requirement (LR) เป็นปริมาณน้ำที่ต้องให้มากขึ้นจากการใช้น้ำของพืชเพื่อใช้ในการชะเกลือออกจากดิน

(j)- น้ำที่ให้ต่อครั้งเพื่อชดเชยการใช้น้ำของพืช (dn) มม.

ถ้าให้น้ำทุกวันค่านี้จะเท่ากับค่าการคายน้ำของพืช

(k)- Assumed uniformity (EU) %

ค่าความสม่ำเสมอในการกระจายน้ำของระบบ

(l)- ปริมาณน้ำที่ให้รวม/ครั้ง/วัน (d) มม./วัน

เป็นปริมาณน้ำที่ต้องให้จริงๆผ่านระบบคือเป็นผลรวมของน้ำที่พืชใช้ และ น้ำที่สูญเสียไปจากดิน

(m) ปริมาตรน้ำที่ให้รวม/ครั้ง/วัน (G) ลิตร/วัน

เป็นปริมาณน้ำที่ต้องให้จริงๆผ่านระบบคือเป็นผลรวมของน้ำที่พืชใช้ และ น้ำที่สูญเสียไปจากดิน

(n)- ระยะเวลาในการให้น้ำแต่ละครั้ง (Ta) ชม.

การให้น้ำแต่ละครั้งไม่ควรเกิน 21 ชม.

(o)- พื้นที่เปียกของหัวหยดแต่ละหัว (Aw) พื้นที่เปียกของดินที่ระดับความลึก 15 ซม.จากผิวดิน

(p)- จำนวนแปลงย่อย (Ns) ในการออบแบบระบบให้น้ำควรออกแบบให้ระบบทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งระบบท่อและปั๊ม ดังนั้นบางครั้งต้องมีการแบ่งพื้นที่เป็นแปลงย่อยเพื่อให้การให้น้ำมีการให้เป็นรอบ การทำงานของปั๊มในรอบวันไม่ควรต่ำกว่า 18 ชม และไม่มากกว่า 21 ชม.

Final Design

Final_Design เลือกเมนูนี้จะแสดงผลขั้นสุดท้ายของการคำนวณเราไม่สามารถเปลี่ยนค่าต่างๆ ได้ถ้าต้องการแก้ไขจะต้องกลับไปที่ Trial_Design ใหม่ ใน Final_Design จะมี 2 หน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

Final Design 1

ค่าที่ได้จาก Final design 1 มีดังนี้

(a)- ระยะเวลาในการให้น้ำแต่ละครั้ง (Ta) ชม.

การให้น้ำแต่ละครั้งไม่ควรเกิน 21 ชม.

(b)- จำนวนแปลงย่อย (Ns) ในการออบแบบระบบให้น้ำควรออกแบบให้ระบบทำงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งระบบท่อและปั๊ม ดังนั้นบางครั้งต้องมีการแบ่งพื้นที่เป็นแปลงย่อยเพื่อให้การให้น้ำมีการให้เป็นรอบ การทำงานของปั๊มในรอบวันไม่ควรต่ำกว่า 18 ชม และไม่มากกว่า 21 ชม.

(c)-จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น (Np) หัว

(d)- ปริมาณน้ำที่ให้รวม/ครั้ง/วัน (d) มม./วัน

เป็นปริมาณน้ำที่ต้องให้จริงๆผ่านระบบคือเป็นผลรวมของน้ำที่พืชใช้ และ น้ำที่สูญเสียไปจากดิน

(e)- ปริมาตรน้ำที่ให้รวม/ครั้ง/วัน (G) ลิตร/วัน

เป็นปริมาณน้ำที่ต้องให้จริงๆผ่านระบบคือเป็นผลรวมของน้ำที่พืชใช้ และ น้ำที่สูญเสียไปจากดิน

(f)-อัตราไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ (qa) ลิตร/ชม.

(g)- แรงดันเฉลี่ยที่หัวปล่อยน้ำ (Ha) - เมตร

(h)- อัตราไหลต่ำสุดหัวปล่อยน้ำในแปลง (qn) ลิตร/ชม

(i)- แรงดันเฉลี่ยต่ำสุดที่หัวปล่อยน้ำ (Hn) เมตร

(j)-ความดันที่ยอมให้แตกต่างกันได้ในแปลงย่อย (dHs) เมตร

(k)-ระยะของหัวปล่อยน้ำ ระหว่างหัว (Se) เมตร

-ระยะของหัวปล่อยน้ำ ระหว่างแถว (Sr) เมตร

(l)-น้ำที่ให้ต่อครั้งเพื่อชดเชยการใช้น้ำของพืช (dn) มม.

ถ้าให้น้ำทุกวันค่านี้จะเท่ากับค่าการคายน้ำของพืช

Final Design 2 ค่าที่ได้จาก Final design 2 มีดังนี้

(a)- ความถี่ในการให้น้ำ (f') วัน

ค่านี้จะให้เป็นความถี่ = 1 คือมีการให้น้ำทุกวัน เพื่อสะดวกในการคำนวณ

(b)- ระยะเวลาในการให้น้ำครั้งต่อไป (fx) - วัน

คือช่วงเวลาหลังจากให้น้ำแล้ว การให้น้ำครั้งต่อไปนานที่สุดอีกกี่วัน

(c)-อัตราไหลของระบบ (Qs) ลิตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ ลบเมตร/ชม. คือเมื่อเริ่มให้น้ำจะมีน้ำไหลผ่านปั๊มทั้งหมด = Qs

(d)-ความสม่ำเสมอในการกระจายน้ำของระบบ (EU) %

(e)-ประสิทธิภาพของระบบ (Es) %

(f)-ปริมาณน้ำสูงสุดที่ให้ได้แต่ละครั้ง (dx) เมตร

(g)-น้ำที่ให้เพื่อชดเชยการใช้น้ำของพืชตลอดฤดูปลูก (Dn) มม.

(h)-ปริมาณน้ำที่ให้รวมทั้งหมดตลอดฤดู(d) มม.

เป็นปริมาณน้ำที่ต้องให้จริงๆผ่านระบบคือเป็นผลรวมของน้ำที่พืชใช้ และ น้ำที่สูญเสียไปจากดิน

(i)- ปริมาตรน้ำทั้งหมดที่ใช้ตลอดฤดูปลูก ลบ.เมตร

(j)-อัตราการให้น้ำ (In) มม./ชม.

(k)- เวลาที่ให้น้ำทั้งหมดตลอดฤดูปลูกพืช (Ot) ชม.

(l)- Leaching requirement (LR) เป็นปริมาณน้ำที่ต้องให้มากขึ้นจากการใช้น้ำของพืชเพื่อใช้ใน การชะเกลือออกจากดิน

(m)-เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำ (Pw) %

All

- All เป็นเมนูที่ใช้เรียกดูผลการคำนวณทั้งหมด

Quit

- Quit เลือกเมนูนี้เมื่อต้องการกลับเมนูหลัก

เมนูที่เหลือมีหน้าที่ดังนี้

Save - เป็นคำสั่งที่ใช้เมื่อต้องการบันทึกข้อมูลการคำนวณไว้ และสามารถเรียกใช้ได้โดยใช้คำสั่ง Load

Print - เลือกตัวเลือกนี้เมื่อต้องการพิมพ์ผลการคำนวณออกทางเครื่องพิมพ์

Load - เรียกใช้ข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ โดยคำสั่ง Save

Command - เรียกใช้คำสั่งภายนอก เมื่อเลือกที่ตัวเลือกนี้จะปรากฏเมนูย่อย คือ

- Lotus เรียกใช้คำสั่งภายในโปรแกรม Lotus1-2-3
- Dos ออกจากโปรแกรมชั่วคราว ไปที่ Dos prompt และจะกลับเข้าสู่โปรแกรมได้โดยที่ Dos prompt พิมพ์ EXIT จากนั้นกด Enter

Help - ขอความช่วยเหลือ คำอธิบายเกี่ยวกับโปรแกรม

Exit - จบการทำงานกลับ Main Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lateral Design

ท่อ Laterals หรือท่อแขนง เป็นท่อที่ต่อจากท่อประธานย่อย และเป็นที่อยู่ของหัวหยด โดยทั่วไปทำจากท่อ PE ขนาด 12 - 25 มม. ความยาวและขนาดท่อที่ใช้จะขึ้นอยู่กับ อัตราไหลของน้ำในท่อ ความลาดเทของพื้นที่ตามแนววางท่อ และรูปร่างของพื้นที่ที่จะวางระบบ

โปรแกรม TrickCal จะคำนวณขนาดท่อที่ใช้ได้ และความยามสูงสุดของท่อ และจะคำนวณตำแหน่งของท่อประธานย่อยที่ท่อแขนงเชื่อมต่อ ซึ่งทำให้ความดันสูญเสียในท่อแขนงตามแนวลงความลาดเทเท่ากับความดันสูญเสียตามแนวขึ้นความลาดเท

การคำนวณ และออกแบบท่อแขนงโดยใช้ TrickCal ให้ปฏิบัติดังนี้

- จาก Main Menu พิมพ์ 2 เลือก "คำนวณข้อมูลท่อแขนง (Lateral)" เสร็จแล้วกด Enter จะมีเมนูย่อยปรากฏขึ้นมา ดังนี้

Input	Result	Save	Print	Load	Command	Exit

การป้อนและแก้ไขข้อมูลคำนวณท่อแขนง (lateral)

จากเมนูเลือก Input กด ENTER หรือกด I จะปรากฏเมนูย่อย

No **ไม่ต้องการแก้ไขข้อมูล**โปรแกรมจะไปทำงานในส่วนอื่นต่อไป

Yes **ต้องการแก้ไขข้อมูล** โปรแกรมจะเข้าไปแก้ไขในส่วนของข้อมูลพืช

ในการคำนวณโปรแกรมจะนำข้อมูลจากส่วนของ **"การคำนวณข้อมูลทั่วไป"**มาใช้ด้วยซึ่ง

ข้อมูลมีดังนี้

(a)-ชื่อโครงการ และพื้นที่

(b)-ชนิดหัวหยดที่ใช้ ซึ่งมีอยู่ 3 แบบคือ Drip เป็นหัวแบบหัวหยด Spray เป็นแบบหัวฉีดฝอย อาจเรียก Mini-Sprinkle และ แบบ LineSource เป็นหัวแบบฝังติดกับท่อแขนงมีระยะห่างระหว่างหัวแน่นอน

(c)-พืชที่ปลูก

(d)-อัตราไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ (qa) ลิตร/ชม.

(e)- แรงดันเฉลี่ยที่หัวปล่อยน้ำ (Ha) - เมตร

(f)-ระยะระหว่างต้น (Sp)- เมตร

(g)-ระยะระหว่างแถว (Sr) - เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(h)-ระยะของหัวปล่อยน้ำ ระหว่างหัว (Se) - เมตร

(i)-ความดันที่ยอมให้แตกต่างกันได้ในแปลงย่อย (dHs) - เมตร

(j)-จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น (Np) - หัว

(k)-ความลาดเทตามแนววางท่อ (S) %

ค่าเป็น ลบเมื่อขึ้นเนิน และ เป็น บวกเมื่อลงเนิน

(l)-Connection loss (Fe) เป็นความเสียดทานที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการติดหัวหยดบนท่อ เกิดจากการ ที่ส่วนของหัวหยดฝังอยู่ในท่อและกีดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำ

รูปแบบการต่อท่อแขนงบนท่อประธานย่อย (Manifold) มี 2 แบบ คือ 1 = เป็นการท่อออกมาข้างเดียว 2 = ต่อออกมาสองข้าง โดยทั่วไปนิยมต่อออกมาทั้งสองข้างเพื่อประหยัดท่อประธานย่อย

ข้อมูลในส่วนนี้สามารถแก้ไขได้ โดยเลือก Yes ในเมนูย่อย

การแสดงผลการคำนวณ

เลือก Result จากเมนูหลัก จะปรากฏ เมนูย่อย

Result	Graph	Quit

เมื่อเลือก Result อีกทีหน้าจอจะแสดงผลการคำนวณดังนี้

*** คำนวณท่อ Lateral แบบแยกออกจาก Manifold ข้างเดียว หรือ สองข้างขึ้นอยู่กับข้อมูลที่กรอกในหน้าจอแรก

ถัดลงมาจะเป็นข้อมูลต่างๆที่มีอยู่ 3 แถว ข้อมูลเหล่านี้จะแบ่งเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางท่อขนาดต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเปรียบเทียบท่อขนาดต่างๆได้ เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกขนาดท่อ แต่ข้อมูลในแถวแรกเท่านั้นที่ โปรแกรมจะนำไปใช้คำนวณในการออกแบบ ส่วนอื่นต่อไป ดังนั้นเมื่อเลือกขนาดท่อที่ต้องการได้แล้วให้ใส่ขนาดท่ออยู่ใน แถวแรกเสมอ ข้อมูลที่ต้องเติมในส่วนนี้คือ

เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ Lateral มม.

ระยะห่างระหว่าง Manifold ยาวที่สุด (Sm) เมตร

ความยาวนี้ขึ้นอยู่กับขนาดท่อ Lateral ที่ติดอยู่

จำนวนต้นพืชมากที่สุดระหว่าง Manifold (NS)

****หาจำนวนต้นพืชที่เหมาะสมระหว่าง Manifold เมื่อดูจากสภาพพื้นที่จริงๆ *** เมื่อพิจารณาจากพื้นที่จริงเราสามาถกำหนดจำนวนต้นพืชจริงๆได้ โดยพิจารณาประกอบกับขนาดท่อ 3 ขนาดโดยเลือกท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเล็กที่สุดที่ค่าความเสียดทานในท่อไม่มากเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้โดยกรอกจำนวนต้นในส่วนล่างของตาราง

(a)จำนวนต้นพืชระหว่างท่อ Manifold (NS)

หลังจากส่วนนี้จะเป็นผลจากการคำนวณค่าต่างๆคือ

(b) ระยะห่างระหว่าง Manifolds -(SM) เมตร

(c) จำนวนต้นพืชบนท่อ Lateral (NL) ต้น

(d) ความยาวท่อ Lateral (L) เมตร

(e) อัตราไหลเฉลี่ยในท่อ Lateral- (Ql) ลิตร/วินาที

(f) Friction head loss gradient (J) เมตร/100 เมตร

ความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นต่อความยาวท่อ 100 เมตร

(g) Equivalent loss with emitter (J') เมตร/100เมตร

ความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นต่อความยาวท่อ 100 เมตร เมื่อรวมความเสียดทานที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีหัวหยดอยู่ด้วย

(h) Friction head loss in Lateral (hf) เมตร

ความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นบนท่อ Lateral ทั้งหมด เมื่อรวมความเสียดทานที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีหัวหยดอยู่ด้วย

(i) ในกรณีที่เลือกท่อ Lateral ยาวเกินไปกว่าค่าที่เหมาะสม โปรแกรมจะเตือนให้ลดขนาดท่อลง

(j) อัตราไหลเฉลี่ยในท่อ Lateral- (Ql) ลบ.เมตร/ชม.

ในหน้าจอที่สองประกอบด้วย

(a) Head loss in pair of lateral (hfp) เมตร

(b) ความแตกต่างของระดับพื้นที่ (dEp) เมตร

(c) Ratio dEp/hfp

(d) Ratio x/Lp

(e) ตำแหน่งวางท่อ Manifold จากด้านล่าง slope อยู่ระหว่างต้นที่

(f) ตำแหน่งวางท่อ Manifold จากด้านล่าง slope อยู่ที่ระยะ เมตร

(g) ความดันที่ต้นท่อ Lateral (Hl) เมตร

(h) ความดันต่ำสุดในท่อ Lateral (Hn) เมตร

(i) ความดันแตกต่างในท่อ Lateral (dHl) เมตร

(j) ตำแหน่งความดันต่ำสุดในท่อ Lateral จากด้านล่าง Slope เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(k) % ความดันแตกต่างในท่อ Lateral %

เมื่อกด Enter อีกครั้งกลับสู่เมนู

Result	Graph	Quit

- Rusult แสดงผลการคำนวณ

- Graph เลือกเมนูนี้เมื่อต้องดูรูปกราฟความดันในเส้นท่อ การดูรูปกราฟจะดูได้อีกวิธีหนึ่ง โดยการกดคีย์ F10 หากต้องการออกจากรูปกราฟให้กด F10 ซ้ำอีกครั้งจะเป็นหารเข้าสู่เมนู

- Quit จบการทำงานกลับเมนู

จากเมนู ในส่วน Lateral design ที่เหลือจะมีหน้าที่ดังนี้

Save - เป็นคำสั่งที่ใช้เมื่อต้องการบันทึกข้อมูลการคำนวณไว้ และสามารถเรียกใช้ได้โดยใช้คำสั่ง Load

Print - เลือกตัวเลือกนี้เมื่อต้องการพิมพ์ผลการคำนวณออกทางเครื่องพิมพ์

Load - เรียกใช้ข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ โดยคำสั่ง Save

Command - เรียกใช้คำสั่งภายนอก เมื่อเลือกที่ตัวเลือกนี้จะปรากฏเมนูย่อย คือ

- Lotus เรียกใช้คำสั่งภายในโปรแกรม Lotus1-2-3

Exit - จบการทำงานกลับไป Main Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Manifold Design

การคำนวณในส่วนของท่อประธานย่อยก็คำนวณคล้ายท่อแขนง โดยพิจารณาว่าท่อแขนงเหมือนหัวปล่อยน้ำ ต่างกันที่อัตราไหลของน้ำสูงกว่า และท่อประธานย่อยมักมีหลายขนาดต่อเนื่องกัน โดยเริ่มจากท่อขนาดใหญ่ก่อนเพื่อลดค่าใช้จ่าย ความเร็วของน้ำในท่อประธานย่อยไม่ควรเกิน 2 เมตร / วินาที

โดยทั่วไปการวางท่อจะขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ และความลาดชันของพื้นที่ ปกติท่อแขนงจะวางตามระดับชั้นความสูง (Contour) ถ้าเป็นไปได้ท่อประธานย่อยควรจะวางไปตามความลาดชันของพื้นที่

การคำนวณ และออกแบบท่อประธานย่อยโดยใช้ TrickCal

การคำนวณ และออกแบบท่อแขนงโดยใช้ TrickCal ให้ปฏิบัติดังนี้

- จาก Main Menu พิมพ์ 3 เลือก "**คำนวณข้อมูลท่อประธานย่อย (Manifoldl)**" เสร็จแล้วกด Enter

จะมีเมนูย่อยปรากฏขึ้นมา ดังนี้

Input	Result	Save	Print	Load	Command	Exit

<u>การป้อนและแก้ไขข้อมูลคำนวณท่อประธานย่อย (Manifold)</u>

จากเมนูเลือก Input กด ENTER หรือกด I จะปรากฏเมนูย่อย

No **ไม่ต้องการแก้ไขข้อมูล**โปรแกรมจะไปทำงานในส่วนอื่นต่อไป

Yes **ต้องการแก้ไขข้อมูล** โปรแกรมจะเข้าไปแก้ไขในส่วนของข้อมูล

ในการคำนวณโปรแกรมจะนำข้อมูลจากส่วนของ "**การคำนวณข้อมูลทั่วไปและการคำนวณท่อแขนง** (Lateral)"มาใช้ด้วยซึ่ง

<u>ข้อมูลมีดังนี้</u>

(a)-ชื่อโครงการ และพื้นที่

(b)-ชนิดหัวหยดที่ใช้ ซึ่งมีอยู่ 3 แบบคือ Drip เป็นหัวแบบหัวหยด Spray เป็นแบบหัวฉีดฝอย อาจเรียก Mini-Sprinkle LineSource เป็นหัวแบบฝังติดกับท่อแขนงมีระยะห่างระหว่างหัวแน่ นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(c)-พืชที่ปลูก ไร่

(d)-จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น (Np) หัว

(e)-จำนวนท่อ Lateral ที่ต้องจ่ายน้ำให้ (NL)

(f)-ระยะระหว่างแถว (Sr) เมตร

(g)-ความดันที่ยอมให้แตกต่างกันได้ในแปลงย่อย (dHs) เมตร

(h)-ความดันแตกต่างในท่อ Lateral (dHl) เมตร

(i)-เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ Lateral ที่ใช้ (Dia) มม.

(j)-ความดันที่ต้นท่อ Lateral (Hl) เมตร

(k)-อัตราไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ (qa) ลิตร/ชม.

(l)-ความลาดเทตามแนววางท่อ (S) %

ค่าเป็น ลบเมื่อขึ้นเนิน และ เป็น บวกเมื่อลงเนิน

(m)-จำนวนพืชต้นทางบนท่อ Lateral (ทั้งสองข้าง) (SPLT)

(n)-จำนวนพืชปลายทางบนท่อ Lateral (ทั้งสองข้าง) (EPLT)

(o)-จำนวนพืชมากที่สุดบนท่อ Lateral (ทั้งสองข้าง) (MaxPLT)

ข้อมูลในส่วนนี้สามารถแก้ไขได้ โดยเลือก Yes ในเมนูย่อย

การแสดงผลการคำนวณ

เลือก Result จากเมนูหลัก จะปรากฏ เมนูย่อย

Calculation	Graph	Pipe	Quit

เมื่อเลือก Calculation โปรแกรมจะทำการคำนวณเกี่ยวกับท่อซึ่งใช้เวลาประมาณ 20 วินาที และหน้าจอจะแสดงผลการคำนวณดังนี้

(a)ความยาวท่อประธานย่อย(Lm) เมตร

(b) อัตราไหลของน้ำในท่อประธานย่อย(Qm) ลิตร/วินาที

(c) ความดันแตกต่างในท่อประธานย่อย(dHm)a เมตร

(d) ความแตต่างระดับพื้นที่ (dE) เมตร

(e) (dHm)a+dE เมตร

(f) อัตราไหลน้ำออกจากท่อประธานย่อยช่วงแรก (Qls) ลิตร/วินาที

(g) ความยาวท่อประธานย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวท่อประธานย่อย 1.. ขนาด*****มม ยาว เมตร

ความยาวท่อประธานย่อย 2... ขนาด*****มม ยาว เมตร

ความยาวท่อประธานย่อย 3... ขนาด*****มม ยาว เมตร

ความยาวท่อประธานย่อย รวม เมตร

(h) ชุดท่อที่ต้องการใหม่ 12, 13, 123, 124, 14

ปกติการลดขนาดท่อประธานย่อยจะลดขนาดไม่เกิน 4 ขนาด แต่บางครั้งเพื่อสะดวกในการ ติดตั้งอาจใช้ขนาดน้อยกว่า 4 ขนาดได้ โดยเลือกขนาดท่อที่ใช้และพิมพ์ลงในช่องนี้ เช่น 13 หมายความว่าต้องการใช้ท่อขนาดที่ 1 และ 3 โปรแกรมจะทำการคำนวณความยาวท่อและ ความดันสูญเสียให้ใหม่

(i) ความดันสูญเสียในท่อประธานย่อย (hf) เมตร

(j) ความดันต้นทางในท่อประธานย่อย (Hm) เมตร

(k) ความดันแตกต่างในท่อประธานย่อย %

เสร็จแล้ว กด Enter ครั้ง กลับสู่เมนู

แสดงกราฟ (Graph)

เป็นการแสดงกราฟของความดันในเส้นท่อประธานย่อยแต่ละช่วงตามระยะความยาวท่อ

การเปลี่ยนขนาดท่อที่ใช้ (Pipe)

ปกติการลดขนาดท่อประธานย่อยจะลดขนาดไม่เกิน 4 ขนาด แต่บางครั้งเพื่อสะดวกในการติดตั้งอาจใช้ขนาดน้อยกว่า 4 ขนาดได้ เมื่อเลือกเมนู Pipe .ให้ขนาดท่อที่ต้องการใหม่พิมพ์ลงในช่อง เช่น 13 หมายความว่าต้องการใช้ท่อขนาดที่ 1 และ 3 โปรแกรมจะทำการคำนวณความยาวท่อและความดันสูญเสียให้ใหม่

Quit ออกจากส่วนนี้เข้าในสวนเมนูเริ่มต้น

จากเมนู ในส่วน Manifold ที่เหลือจะมีหน้าที่ดังนี้

Save - เป็นคำสั่งที่ใช้เมื่อต้องการบันทึกข้อมูลการคำนวณไว้ และสามารถเรียกใช้ได้โดยใช้คำสั่ง Load

Print - เลือกตัวเลือกนี้เมื่อต้องการพิมพ์ผลการคำนวณออกทางเครื่องพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Load - เรียกใช้ข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ โดยคำสั่ง Save

Command - เรียกใช้คำสั่งภายนอก เมื่อเลือกที่ตัวเลือกนี้จะปรากฏเมนูย่อย คือ

- Lotus เรียกใช้คำสั่งภายในโปรแกรม Lotus1-2-3

Exit จบการทำงานกลับไป Main Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณข้อมูลท่อประธาน(Main Line), TDH,Pump

เป็นการคำนวณเกี่ยวกับข้อมูล 3 อย่างคือ

ท่อประธาน

TDH (Total dynamic head) ซึ่งเป็นพลังงานทั้งหมดที่ปั๊มต้องใช้ดันน้ำในระบบปั๊มน้ำ

การคำนวณและออกแบบท่อประธาน (Main Line) ขนาดของท่อจะขึ้นอยู่กับอัตราไหลของน้ำในเส้นท่อ ความยาวของท่อ และลักษณะพื้นที่ ซึ่งจะเกี่ยวกับการหาขนาดของเครื่องสูบน้ำและพลังงานที่ใช้ เพราะท่อประธานขนาดเล็กก็ต้องใช้เครื่องสูบน้ำขนาดใหญ่ ถ้าใช้ท่อขนาดใหญ่จะเสียพลังงานน้อยลง ทำให้สามารถใช้ปั๊มที่มีขนาดเล็กลงได้ แต่ก็จะสิ้นเปลืองค่าท่อ ปกติการออกแบบท่อประธานนิยมให้ความเร็วของน้ำที่วิ่งในเส้นท่อ ไม่ควรเกิน 1.5 เมตร/วินาที ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียความดันไม่มากเกินไปนัก และจะไม่เกิดปัญหาการกระแทกของน้ำในท่อ ตอนเริ่มต้นหรือตอนหยุดให้น้ำอย่างฉับพลัน โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์พิเศษ เพื่อป้องกันแรงดันย้อนกลับทำให้ท่อแตกเสียหายได้

คำนวณข้อมูลท่อประธาน(Main Line), TDH,Pump โดยโปรแกรม TrickCal ให้ปฏิบัติดังนี้

- จาก Main Menu พิมพ์ 4 เลือก "**คำนวณข้อมูลท่อประธาน**(Main Line), TDH,Pump" เสร็จแล้วกด Enter

จะมีเมนูย่อยปรากฏขึ้นมา ดังนี้

Input	Result	Save	Print	Load	Command	Exit

การป้อนและแก้ไขข้อมูลท่อประธาน(Main Line), TDH,Pump

จากเมนูเลือก Input กด ENTER หรือกด I จะปรากฏเมนูย่อย

Input	Pipe	Fuel&Output	Quit

Input **จากเมนูเลือก** Input **อีกครั้งกด** ENTER **หรือกด** I จะปรากฏเมนูย่อย

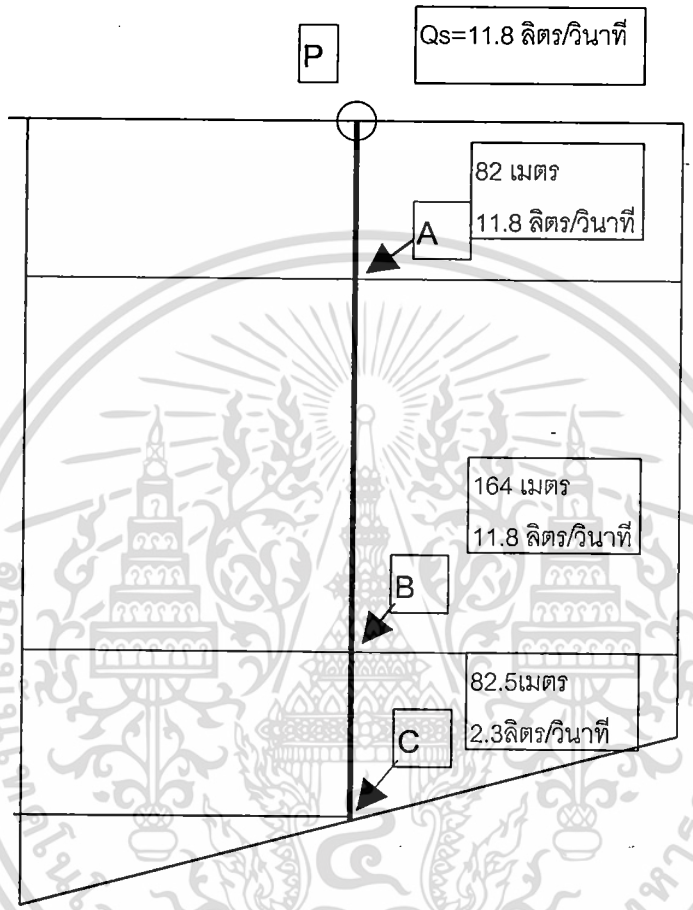
No **ไม่ต้องการแก้ไขข้อมูล**โปรแกรมจะไปทำงานในส่วนอื่นต่อไป

Yes **ต้องการแก้ไขข้อมูล** โปรแกรมจะเข้าไปแก้ไขในส่วนของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลมีดังนี้

ข้อมูลในส่วนนี้สามารถแก้ไขได้ โดยเลือก Yes ในเมนูย่อย



ท่อประธานมีสาขาแยก	สาขาที่ 1	สาขาที่ 2	สาขาที่ 3
จำนวนแปลงย่อยในแต่ละสาขา	3	0	0

(1) พิกัดความเร็วน้ำในท่อประธาน เมตร/วินาที

โดยทั่วไปความเร็วน้ำในท่อประธานจะไม่เกิน 1.5 เมตร/วินาที ถ้ามากกว่านี้อาจมีปัญหาเกี่ยวกับแรงกระแทกในท่อเมื่อน้ำหยุดอย่างรวดเร็ว ในส่วนนี้เราสามารถป้อนความเร็วที่ต้องการได้

(2) พิกัดการสูญเสียความดัน เมตร/100เมตร

(3) พิกัดความดันแตกต่างในท่อประธาน %

(4) จำนวนส่วนของท่อประธานที่เปลี่ยนอัตราไหลน้ำ

(5) ความลาดเทตามแนววางท่อประธาน %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) ชนิดท่อที่ใช้(PVC/PE)

ข้อมูลการออกแบบท่อประธานเพิ่มเติม

(7) อัตราการจ่ายน้ำทั้งหมดในระบบ (Qs)	ลิตร/วินาที
(8) เวลาทำงานของระบบทั้งหมดในรอบปี (Ot)	ชม.
(9) อัตราดอกเบี้ย	%
(10) อายุการใช้งานของระบบ	ปี
(11) อัตราเงินเฟ้อ	%
(12) ราคาพลังงาน(น้ำมัน/ไฟฟ้า)	บาท/หน่วย
(13) พลังงานที่ได้รับ(Fuel output)	
(14) ประสิทธิภาพของปั๊ม	%

Pipe เมื่อเลือกเมนูนี้ จะเป็นการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับชนิดท่อที่จะใช้ในท่อประธาน ซึ่งมีให้เลือก 2ชนิดคือ PVC และ PE

Fuel&Output เป็นการเลือกชนิดของแหล่งกำลังที่ใช้ พร้อมทั้งค่าของ Fuel Output ด้วย

การแสดงผลการคำนวณ

เลือก Result จากเมนูหลัก จะปรากฏ เมนูย่อย

Velocity	Economic	Quit

Velocity เป็นการเลือกการคำนวณแบบ Velocity limit methode

โปรแกรมจะเลือกขนาดท่อที่จะควบคุมไม่ให้ความเร็วน้ำในท่อไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ในตอนป้อนข้อมูล ซึ่งทั่วๆไปจะไม่ให้เกิน 1.5 เมตร/วินาที

เมื่อเลือก เมนู Velocity จะปรากฏเมนูย่อยดังนี้

Calculation	Yes	Pump&TDH	Quit

Calculation เมื่อเลือก Calculation โปรแกรมจะทำการคำนวณข้อมูลต่างๆคือ

ขนาดท่อในช่วงต่างๆ นิ้ว และ มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วของน้ำในท่อในช่วงต่างๆ	เมตร/วินาที
J=ความดันสูญเสียต่อความยาวท่อ 100 เมตร	เมตร/100เมตร
hf=ความดันสูญเสียรวมในท่อ	เมตร
dHe ความแตกต่างระดับพื้นที่ระหว่างต้นและปลายท่อ	เมตร
ราคาท่อ	บาท

Yes เพื่อแก้ไขข้อมูลก่อนคำนวณใหม่

Pump&TDH เป็นการคำนวณเกี่ยวกับ Pump และ ค่า TDH (Total Dynamic Head) ซึ่งเป็นค่าที่ต้องใช้ในการพิจารณาซื้อปั๊ม

Quit ออกจากส่วนนี้

Economic เป็นการเลือกการคำนวณแบบ Economic methode

โปรแกรมจะเลือกขนาดท่อโดยพิจารณาในด้านค่าใช้จ่ายรวมตลอดการใช้งาน โดยพิจารณาทั้งค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับราคาท่อและค่าเชื้อเพลิงที่ต้องใช้

เมื่อเลือก เมนู Economic จะปรากฏเมนูย่อยดังนี้

Calculation	Yes	Pump&TDH	Quit

Calculation เมื่อเลือก Calculation โปรแกรมจะทำการคำนวณข้อมูลต่างๆคือ

ขนาดท่อในช่วงต่างๆ	นิ้ว และ มม.
ความเร็วของน้ำในท่อในช่วงต่างๆ	เมตร/วินาที
J=ความดันสูญเสียต่อความยาวท่อ 100 เมตร	เมตร/100เมตร
hf=ความดันสูญเสียรวมในท่อ	เมตร
dHe ความแตกต่างระดับพื้นที่ระหว่างต้นและปลายท่อ	เมตร
ราคาท่อ	บาท

Yes เพื่อแก้ไขข้อมูลก่อนคำนวณใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pump&TDH เป็นการคำนวณเกี่ยวกับ Pump และ ค่า TDH (Total Dynamic Head) ซึ่งเป็นค่าที่ต้องใช้ในการพิจารณาซื้อปั๊ม

ข้อมูลที่ต้องการสำหรับการหาขนาดของเครื่องสูบน้ำได้แก่ อัตราการไหลของน้ำที่ต้องการทั้งระบบ และผลรวมของความดันทั้งหมดที่คำนวณได้ สำหรับเครื่องสูบน้ำนั้นแยกเป็นตัวปั๊ม และเครื่องให้พลังงานได้แก่ เครื่องยนต์ หรือมอร์เตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

ป้อนและแก้ไขข้อมูล

- ความดันใช้งานที่หัวปล่อยน้ำ (Ha), เมตร
- ความดันที่สูญเสียในท่อแขนงเนื่องจากฝืด (dH1), เมตร
- ความดันที่สูญเสียในท่อประธานย่อยเนื่องจากความฝืด (dHm), เมตร
- ความดันที่สูญเสียในท่อประธานเนื่องจากความฝืด (dHM), เมตร
- ความดันที่สูญเสีย เนื่องจากข้อต่อต่างๆ (ประมาณไม่เกิน 10%) (dHc), เมตร
- ความดันที่สูญเสียในเครื่องกรองน้ำ (ประมาณ 2 - 4 เมตร) (dHFi), เมตร
- ระดับน้ำที่ต้องดูดขึ้นเหนือระดับพื้นผิวดินถึงเครื่องสูบน้ำ (dP_A), เมตร
- ระดับความสูงต่ำของพื้นที่ ถ้าสูงขึ้น + ต่ำลง - (dAH), เมตร
- การสูญเสียจากสาเหตุอื่นๆ (ประมาณ 10%) (dHo), เมตร
- อัตราไหลของน้ำในระบบ (Qs), ลิตร/วินาที

ผลการคำนวณ

ผลการคำนวณจะบอกกำลังของเครื่องที่จะให้ฉุดปั๊มเป็นแรงม้า และกิโลวัตต์ ความดันเป็นเมตร ดูได้จากหน้าจอรับข้อมูล ด้านล่าง (ตัวเลขสีดำ)

Quit ออกจากส่วนนี้

จากเมนูในส่วนที่เหลือจะมีดังนี้

Save - เป็นคำสั่งที่ใช้เมื่อต้องการบันทึกข้อมูลการคำนวณไว้ และสามารถเรียกใช้ได้โดยใช้คำสั่ง Load

Load - เรียกใช้ข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ โดยคำสั่ง Save

Exit - จบการทำงานในส่วน Data factor design กลับ Main Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 โปรแกรม

NutriCal

โปรแกรมคำนวณการผสมสารละลายธาตุอาหารพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้

NutriCal V 1.1

โปรแกรม

คำนวณการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช

โดย

รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

1 กรกฎาคม 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NutriCal V 1.1

โปรแกรมคำนวณการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช

NutriCal คืออะไร?

NutriCal เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นด้วย Excel และ Visual Basic เพื่อช่วยคำนวณการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน และระบบการให้ปุ๋ยกับระบบน้ำ (Fertigation) ตัวโปรแกรมประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วน คือ

1. **ค่าวิเคราะห์น้ำ และสูตรสารละลายที่ต้องการเตรียม** โดยสามารเปลี่ยนหน่วยความเข้มข้นของสารละลายได้

2. **เลือกชนิดปุ๋ยและสารเคมีที่จะใช้ในการเตรียมสารละลาย** ในส่วนนี้เราสามารถเลือกชนิปุ๋ยต่างๆที่สามารถหาได้เพื่อใช้ในการเตรียมสารละลาย

3. **การคำนวณ** เป็นการคำนวณปริมาณของปุ๋ยแต่ละชนิดที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลายตามสูตรที่ต้องการ

4. **การผสมปุ๋ย** แสดงปุ๋ยที่ต้องใช้และการเตรียมสารละลายปุ๋ยตามความเข้มข้นที่ต้องการพร้อมทั้งแสดงราคาปุ๋ยที่ใช้

โปรแกรม NutriCal

NutriCal จะบรรจุอยู่ในแผ่น Disk ขนาด 3.5 นิ้ว จำนวน 1 แผ่น หรือแผ่น CD 1 แผ่น

อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้

1. เครื่อง IBM PC หรือ IBM Compatible ตั้งแต่ Pentium 100 ขึ้นไป
2. มี RAM อย่างน้อย 16 Mb.
3. จอภาพ Color
4. มีโปรแกรม Microsoft Excel 97 และ Windows 95 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้ง NutriCal

สำหรับขั้นตอนการติดตั้งโปรแกรม จะมีดังนี้

1. ติดตั้งลง Hard disk
   - นำแผ่น Disk ใส่ใน Drive A (หรือ Drive ของ CD)
   - พิมพ์ A : แล้วกด Enter(หรือ D:)
   - ที่ Dos prompt พิมพ์ Install แล้วกด Enter

   โปรแกรมจะ สร้าง Directory NutriCal ใน Hard disk และจะ Copy โปรแกรมลงใน Directory นี้

เริ่มต้นใช้ NutriCal

เราสามารถเริ่มต้นใช้ NutriCal ได้ดังนี้

ให้เปิดโปรแกรม Excel ก่อน

ที่ เมนู File คลิกคำสั่ง Open เพื่อเปิด File NutriCal ที่ปกติจะอยู่ใน Directory NutriCal ที่สร้างขึ้นตอนติดตั้งโปรแกรม

จะปรากฏหน้าจอโปรแกรม NutriCal ดังนี้

NutriCal V 1.1

โปรแกรมคำนวณการผสมสารละลายธาตุอาหารพืช
และผสมปุ๋ยน้ำ Fertigation

โดย

รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ

ภาค วิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทร. 3266137

กค./2542

คำนวณสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าข้อความใหญ่กว่าหน้าจอให้กลับไปตั้งค่าความละเอียดของหน้าจอใหม่ โดย คลิกที่ปุ่ม Start ของ Win 95 และเลือก Settings และเลือก Control panel และเลือก Display เลือก Settings บริเวณ Screen area ปรับค่าหน้าจอเป็น 800 by 600 pixels และคลิกปุ่ม OK

คลิกที่ปุ่ม

จะปรากฏเมนู NutriCal ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าคลิกเลือก 1 **เติมค่าวิเคราะห์น้ำ และ สูตรสารละลายที่ต้องการผสม** จะปรากฏหน้าจอดังนี้

ตาราง แปลงค่าความเข้มข้นเป็น me/l เพื่อใช้คำนวณสารละลาย

NutriCal	สูตรสารละลาย	ปริมาณกรดที่ใช้ปรับ pH น้ำ	HNO3		me/l
	mmol/l		mg/l (ppm)	mmol/l	me/l
โปรแกรมคำนวณสารละลายธาตุอาหารพืช	EC mS/cm	EC mS/cm			
รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ	NO3- 19.00	NO3-	1178.00	19.00	19.00
ภาควิชาปฐพีวิทยา	H2PO4- 2.00	H2PO4-	194.00	2.00	2.00
คณะเทคโนโลยีการเกษตร	SO4= 1.13	SO4=	108.00	1.13	2.25
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง	NH4+ 1.25	NH4+	22.50	1.25	1.25
E-mail knitthis@kmitl.ac.th โทร 3266137	K+ 11.00	K+	429.00	11.00	11.00
	Ca++ 4.50	Ca++	180.00	4.50	9.00
ค่าวิเคราะห์น้ำ / สูตรสารละลายที่ใช้	Mg++ 1.00	Mg++	24.00	1.00	2.00
ธาตุอาหารรอง / เลือกชนิดปุ๋ย	Ratio(mg) : $N:P_2O_5:K_2O$	1	0.50	1.82	
	%(me) : K:Ca:Mg	50.0	40.9	9.1	
คำนวณปุ๋ย / ผสมปุ๋ย / เมนูหลัก		EC โดยประมาณ	2.51 mS/cm		
	$\%N\text{-}NO_3:N\text{-}NH_4$	93.8	6.2	Total N mg/l	283.50

ในหน้าจอนี้จะประกอบด้วยตารางที่มีทั้งหมด 6 แถวแนวตั้ง

แถวที่ 1 เป็นรูปอนุมูลหรือธาตุเดิมในสูตรสารละลายหรือค่าวิเคราะห์น้ำ เช่น ฟอสฟอรัสจะมีรูปแบบการแสดงได้ 5 แบบ คือ P, P_2O_5, PO_4^{-} ,$HPO_4^{=}$, $H_2PO_4^{-}$ ให้คลิกที่ช่องลูกศรหัวลง ในช่องฟอสฟอรัสจะปรากฏรูปของฟอสฟอรัสทั้ง 5 รูปให้เลือกให้ตรงกับค่าที่ต้องการ เช่น $HPO_4^{=}$

แถวที่ 2 ช่องให้เติมบนสุดเป็นช่องเติมหน่วยความเข้มข้น มีให้เลือก 3 หน่วยคือ mg/l (ppm),mmol/l,me/l ให้เลือกหน่วยให้ตรงกับที่ต้องการ เช่น mg/l ช่องถัดลงมา เป็นช่องให้เติมค่าวิเคราะห์หรือค่าสูตรสารละลายที่ต้องการ เช่นถ้าเป็นค่าวิเคราะห์น้ำมี $H_2PO_4^{-}$ .02 mg/l ให้เติมค่า .02

แถวที่ 3 เป็นรูปอนุมูลหรือธาตุอาหารพืชที่ต้องการให้มีอยู่ในสารละลาย ซึ่งต้องพิจารณาร่วมกับชนิดของปุ๋ยและสารเคมีที่หาได้เพื่อใช้ในการเตรียมสารละลาย เช่น ถ้าใช้ ปุ๋ย Monopotassium phosphate KH_2PO_4 ในการผสมสารละลายในช่องนี้ต้องเลือกอนุมูล $H_2PO_4^{-}$

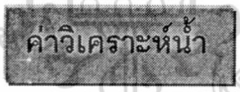
แถวที่ 4 ,5 ,6 เป็นแถวแสดงผลการคำนวณค่าที่ได้ในรูปความเข้มข้นต่างๆกันได้แก่ แถวที่ 4 หน่วยเป็น mg/l(ppm), แถวที่ 5 หน่วยเป็น mmol/l, แถวที่ 6 หน่วยเป็น me/l ใน 3 แถวนี้ไม่สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมข้อมูลต่างๆได้เพาะเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ และข้อมูลในแถวที่ 6 me/l จะเป็นค่าที่นำไปใช้คำนวณในส่วนอื่นต่อไป

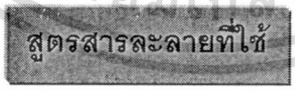
จากตารางนี้จะมีการใส่ข้อมูล 2 ส่วนคือ

1. **ค่าวิเคราะห์น้ำ** ที่จะใช้ในการเตรียมสารละลายซึ่งค่านี้จะได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ถ้าใช้น้ำฝนค่าต่างๆจะเป็น 0 เนื่องจากแต่ละห้องปฏิบัติการจะแสดงค่าวิเคราะห์ต่างๆกัน เช่น ไนโตรเจนอาจแสดงในรูป Nitrate NO_3^- ความเข้มข้นเป็น ppm ในการกรอกข้อมูลให้ใช้เมาส์ คลิกที่หน่วยความเข้มข้นให้ตรงกับค่าวิเคราะห์ รวมทั้งรูปของธาตุด้วย จากตัวอย่าง ให้เลือกหน่วยเป็น mg/l(ppm) และ N กรอกข้อมูลจนครบทุกช่องที่มีค่าวิเคราะห์น้ำ นอกจากนี้น้ำโดยทั่วๆไปจะมี ค่า pH เป็นด่าง ซึ่งจะทำให้ปุ๋ยบางตัวตกตะกอนพืชใช้ไม่ได้ เพื่อปรับค่า pH ของน้ำให้เป็นกลางหรือกรดอ่อน (pH 5.5 – 6) จำเป็นต้องใช้กรดจำนวนหนึ่งในการปรับค่า pH ซึ่งค่านี้ต้องได้จากห้องปฏิบัติการด้วย ให้เติมค่าลงไปที่ช่องถัดจากกรด HNO_3 เช่น น้ำมี pH 7.5 ต้องใช้กรด HNO_3 0.8 me/l ในการปรับให้ได้ค่า pH 6.0 ให้เติมค่า 0.8 ลงในช่องนี้ แต่ถ้าไม่ต้องการปรับค่า pH ของน้ำให้เติมค่า 0 ลงในช่องนี้ หลังจากใส่ค่าต่างๆหมดแล้วให้ คลิกปุ่ม



ข้อมูลที่กรอกในส่วนนี้จะส่งไปเพื่อใช้คำนวณในส่วนต่อไป

2. **สูตรสารละลายที่ใช้** ทำการเติมค่าของสูตรสารละลายที่ต้องการเตรียมเหมือนกับเติมค่าวิเคราะห์น้ำ และ คลิกที่ปุ่ม



ข้อมูลที่กรอกในส่วนนี้จะส่งไปเพื่อใช้คำนวณในส่วนต่อไป เมื่อคลิก**สูตรสารละลายที่ใช้** โปรแกรมจะไปในส่วนของ **ธาตุอาหารรอง** ซึ่งมีหน้าจอดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนนี้จะประกอบด้วย 2 ตาราง

สูตรที่ใช้						
ธาตุอาหารรอง	micromol/l		mg/l		mg/l	สูตรสารละลายที่ใช้
Zn	4	Zinc Sulphate	1.14	Zn	0.26	
Cu	0.8	Copper Sulphate	0.20	Cu	0.05	เลือกชนิดปุ๋ย
Mn	10	Manganess Sulphate	1.72	Mn	0.55	
B	30.00	Borax H_3BO_3	2.87	B	0.32	คำนวณปุ๋ย
Mo	0.5	Sodium Molybdate	0.12	Mo	0.05	
Fe-EDTA	40	Fe-Chelate	18.60	Fe	2.23	ผสมปุ๋ย
						เมนูหลัก

ชนิดปุ๋ยที่ใช้		
ธาตุอาหาร	%	ราคา/กก.
Zn	23.00	25.00
Cu	25.00	45.00
Mn	32.00	50.00
B	11.30	50.00
Mo	40.00	1850.00
Fe-EDTA	12.00	320.00

NutriCal

โปรแกรมคำนวณสารละลายธาตุอาหารพืช

ภาควิชาปฐพีวิทยา
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง
โทร 3266137

ตารางบนเป็นส่วนให้เติมความเข้มข้นของธาตุอาหารรองในสูตรที่ต้องการใช้การเติมข้อมูลจะเหมือนกับในส่วนแรก

ตารางล่าง จะเป็นตารางให้เติม % ธาตุอาหารรองแต่ละตัวในสารเคมีที่หาได้ พร้อมราคา/กก เพื่อใช้คำนวณราคาสารละลายในขั้นตอนสุดท้าย

หลังจากเติมข้อมูลหมดแล้ว ให้เลือกคลิกปุ่มในขั้นตอนที่ต้องการทำต่อไป เช่น คลิก

เลือกชนิดปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **เลือกชนิดปุ๋ย** ในส่วนนี้จะมีรายการของปุ๋ยทั่วๆไปที่สามารถใช้ในการผสมสารละลายธาตุอาหารพืชคือเป็นปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดโดยจะปรากฏหน้าจอดังนี้

เลือกชนิดปุ๋ยที่ใช้		ภาควิชาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โทร3266137														
บาท /กก	ชื่อ	สูตรทางเคมี	Den-sity	%	ค่าทั่วๆไป N.Nitr	N.Amm	สูตรสารละลาย P	P2O5	คำนวณปุ๋ย K	K2O	ผสมปุ๋ย Ca	CaO	เมนูหลัก Mg	MgO	S
45	Ammonium nitrate 34.5%	NH_4NO_3			17.25	17.25									
10	Ammonium sulphate	$(NH_4)_2SO_4$				21									24
50	Calcium nitrate Ca(NO3)2.H2O 15.5%				15.50						22.14	31			
45	Di ammonium phosphate	$(NH_4)_2HPO_4$				20.5	23	53							
40	Magnesium nitrate	$Mg(NO_3)_2$			10.9								9.5	15.7	
15	Magnesium sulphate	$MgSO_4$ 16%											9.8	16	12
45	Mono ammonium phosphate	$NH_4H_2PO_4$				12	26.2	60							
50	Mono potassium phosphate	KH_2PO_4					22.5	51.6	28.2	34.2					
15	Nitric Acid D1.33 53%	HNO_3	1.33	53.50	11.89										
15	Phosphoric acid D1.22 37%	H_3PO_4	1.22	37.00			11.70	26.27							
30	Potassium nitrate	KNO_3			13				38	46					
10	Potassium sulphate	K_2SO_4							41	50					17

ให้กรอกข้อมูลต่างๆของปุ๋ยลงในตาราง ได้แก่ราคาปุ๋ย/กก. สูตรปุ๋ยที่หาได้ แต่ถ้าไม่มีข้อมูล ให้คลิกปุ่ม

ค่าทั่วๆไป

โปรแกรมจะนำค่าของปุ๋ยที่มีขายทั่วๆไปมาใส่ในตาราง ส่วนค่าของ กรดไนตริกหรือกรดฟอสฟอริกที่ใช้ในการปรับค่า pH ต้องทราบความเข้มข้นของกรด หรือ ความหนาแน่นของกรดที่ใช้ เพื่อที่โปรแกรมจะคำนวณปริมาณธาตุอาหารพืชในกรดได้
หลังจากนั้นให้คลิกปุ่ม

คำนวณปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.การคำนวณปุ๋ย เพื่อไปทำการคำนวณปริมาณปุ๋ยแต่ละชนิดที่ต้องใช้ ซึ่งจะปรากฏหน้าจอดังนี้

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของโปรแกรมที่จะทำหน้าที่คำนวณปริมาณปุ๋ยแต่ละชนิดที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลายเพื่อให้ได้สูตรสารละลายตามต้องการ

ขั้นตอนการใช้

1. ในการผสมสารละลายธาตุอาหารพืช ธาตุ Ca สามารถใช้ได้ตัวเดียวคือ $Ca(NO_3)_2$

โปรแกรมคำนวณสารละลายธาตุอาหารพืช

ภาควิชาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังโทร3266137

%	ค่าวิเคราะห์น้ำ	EC 0.17	NO_3^-	H2PO4-	$SO_4^=$	NH_4^+	K^+ 0.40	Ca^{++} 0.80	Mg^{++} 0.20	H_3O^+	ปุ๋ย gm(ml)/m^3	me	1 me= mg	บาท 110.33
100	HNO_3 ☑												89.0	
OK	H_3PO_4 ☐												212.0	
	$(NH_4)_2HPO_4$ ☐												66.0	
50	$NH_4H_2PO_4$ ☑			1.00		1.00					115.00	1.00	115.0	5.18
50	KH_2PO_4 ☑			1.00			1.00				136.00	1.00	136.0	6.80
	Ca(NO3)2.H2O ☑		8.74					8.74			856.52	8.74	98.0	42.83
100	KNO_3 ☑		10.26				10.26				1036.26	10.26	101.0	51.81
	K_2SO_4 ☐												87.0	
100	$(NH_4)_2SO_4$ ☑				0.25	0.25					16.50	0.25	66.0	0.17
	NH_4NO_3 ☐												80.0	
100	$MgSO_4.7H2O$ ☑				1.92				1.92		236.48	1.92	123.0	3.55
	$Mg(NO_3)_2.6H_2O$ ☐												128.0	
	รวม me/l	2.55	19.00	2.00	2.17	1.25	11.66	9.54	2.12		% K:Ca:Mg	50.0	40.9	9.1
	สูตรสารละลาย	2.51	19.00	2.00	2.25	1.25	11.00	9.00	2.00		% K:Ca:Mg	50	40.9	9.1

คำนวณ | เลือกชนิดปุ๋ย | ดูสูตรสารละลาย | ผสมปุ๋ย | ตกลง/ยกเลิก | %N-NO_3:N-NH_4 93.8 6.2 | % K:Ca 55.0 45.0

2.ธาตุ K โดยทั่วไปจะต้องใช้ KNO_3 ดังนั้นปุ๋ยทั้งสองตัวนี้จะต้องมีอยู่ในการเตรียมสารละลายพืชในแบบไม่ใช้ดินเสมอ

3.เลือกชนิดกรดที่ใช้ในการปรับค่า pH ของน้ำ และใช้ในการปรับค่าความเป็นด่างเนื่องจากการใช้ปุ๋ย $(NH_4)_2HPO_4$ ที่เมื่อละลายน้ำแล้วมีผลให้สารละลายเป็นด่างเพื่ปรับค่าความเป็นด่างต้องใช้ กรด 1 me ต่อปุ๋ย $(NH_4)_2HPO_4$ 2.2 me กรดที่ใช้มีให้เลือก 2 ตัวคือ HNO_3 และ H_3PO_4 อาจเลือกใช้ตัวใดตัวหนึ่ง หรือทั้งสองตัว โดยคลิกที่ชองให้เลือกหลังชื่อกรด

4.รูปปุ๋ย P มีให้เลือก 3 ชนิดคือ $(NH_4)_2HPO_4$,$NH_4H_2PO_4$ KH_2PO_4 และ กรด H_3PO_4ก็เป็นแหล่งให้ P กับสารละลายด้วย โดยถ้าสูตรสารละลายที่เลือกมี P ในรูป $HPO_4^=$ แหล่ง P ที่ใช้จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$(NH_4)_2HPO_4$ หรือ H_3PO_4 แต่ถ้าสูตรที่เลือกเป็นอนุมูล $H_2PO_4^-$ ปุ๋ยที่ใช้สามารถใช้$NH_4H_2PO_4$ KH_2PO_4 และ กรด H_3PO_4

5.แหล่งของ Mg โดยทั่วไปจะเป็น $MgSO_4$

6.ปุ๋ยตัวอื่นๆได้แก่ K_2SO_4 $(NH_4)_2SO_4$, NH_4NO_3, $MgSO_4$ เป็นปุ๋ยที่ใช้เลือกเพื่อเสริมธาตุอาหารบางตัวที่ขาดอยู่

โดยทั่วไปการผสมสารละลายธาตุอาหารพืชจะผสมโดยใช้ชนิดของแม่ปุ๋ยในการผสมให้น้อยที่สุดที่สามารถผสมให้สารละลายได้ตามสูตรที่ต้องการ ดังนั้นในขั้นตอนนี้โปรแกรมจะเลือกชนิดปุ๋ยและกรดที่ต้องใช้ในการผสมสารละลายทั่วๆไปให้เลย ได้แก่

1.กรด HNO_3

2.$(NH_4)_2HPO_4$ ในกรณีที่สารละลายมีอนุมูล $HPO_4^=$ และ NH_4^+เป็นองค์ประกอบ หรือ

$NH_4H_2PO_4$ในกรณีที่สารละลายมีอนุมูล $H_2PO_4^-$ และ NH_4^+เป็นองค์ประกอบ หรือ

KH_2PO_4ในกรณีที่สารละลายมีอนุมูล $H_2PO_4^-$ แต่ไม่มี NH_4^+เป็นองค์ประกอบ

3.$Ca(NO_3)_2$

4.KNO_3

5.$Mg(NO_3)_2$

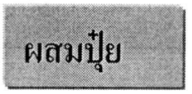
โดยจะมีรูปเครื่องหมายถูกหลังชื่อปุ๋ยแต่ละชนิด

ในแถวค่าวิเคราะห์น้ำและสูตรสารละลายจะมีค่าวิเคราะห์น้ำและสูตรสารละลายที่เราเติมในครั้งแรกอยู่ หลังจากนั้นให้ คลิกปุ่ม คำนวณ หรือปุ่ม OK จะมีค่าเท่ากันโดยโปรแกรมจะคำนวณค่าของปุ๋ยแต่ละชนิดที่ต้องการใช้ในการเตรียมสารละลายตามสูตรที่ต้องการ เมื่อโปรแกรมหยุดคำนวณจะมีค่าต่างๆใส่ตามช่องของชนิดปุ๋ยที่เลือก และในแถวรวม(แถวก่อนสุดท้าย) จะเป็นค่าผลรวมในแนวตั้งของอนุมูลธาตุอาหารที่จะมีอยู่ในสารละลาย ซึ่งตามหลักการคำนวณที่ใช้ จะต้องมีค่า อนุมูล NO_3 , $H_2PO_4^-$ และ NH_4^+ เท่ากับสูตรที่ต้องการเตรียม และต้องมี อัตราส่วนของ %K:Ca:Mg ของสารละลายที่เตรียมเท่ากับค่าของสูตรสารละลาย (รายละเอียดการคำนวณสารละลายดูในภาคผนวก)

ในกรณีที่เมื่อคำนวณแล้วค่าองค์ประกอบของสารละลายที่ได้มีความแตกต่างกับสูตรสารละลายที่ต้องการมาก อาจจะมีการเลือกปุ๋ยตัวอื่นช่วยเช่น ถ้าสารละลายที่ได้มีปริมาณ $SO_4^=$ มากเกินไป อาจจะเลือก ปุ๋ย .$Mg(NO_3)_2$ ร่วมในการเตรียมสารละลายด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากได้องค์ประกอบของสารละลายตามต้องการ ให้ทำในขั้นตอนต่อไป โดยคลิกที่ปุ่ม



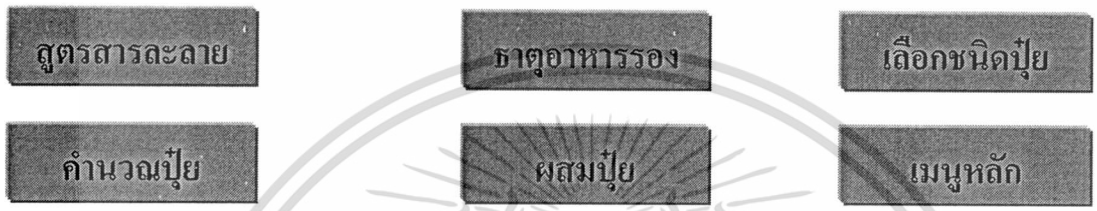
5. **การผสมปุ๋ย** เป็นการคำนวณปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้เพื่อเตรียมสารละลายตามปริมาณและความเข้มข้นที่ต้องการ จะมีหน้าจอดังนี้

การผสมปุ๋ยเพื่อใช้โดยทั่วไปจะผสมเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงๆ เช่น 100 เท่า แต่จะไม่เกิน 200 เท่า และเมื่อจะนำไปใช้ก็ผสมน้ำให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการ และการผสมสารละลายเข้มข้นจะต้องแยกเป็นสองถัง เนื่องจาก Ca ไม่สามารถจะผสมร่วมกับ อนุมูล ฟอสเฟต หรือ ซัลเฟตที่ระดับความเข้มข้นสูงๆได้ จึงต้องแยกสารละลายเป็นสองถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเติมข้อมูลในส่วนนี้ให้เติม ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการผสม เช่น 200 เท่า และจำนวนสารละลายขั้นสุดท้ายทั้งหมดที่ต้องการ เช่น 5000 ลิตร โปรแกรมจะคำนวณปริมาณปุ๋ยที่ต้องใช้ในการผสมในแต่ละถัง นอกจากนี้ปริมาณ KNO_3 สามารถมีอยู่ได้ทั้งในถัง A และ B เราสามารถแบ่งใสทั้งสองถังเพื่อให้ปริมาณปุ๋ยขั้นสุดท้ายทั้งสองถังใกล้เคียงกัน

ในแต่ละส่วนของโปรแกรมผู้ใช้สามารถกระโดดข้ามไปแต่ละขั้นตอนได้โดยคลิกที่ปุ่มคำสั่งต่างๆได้แก่



สรุป

จากโปรแกรมที่เขียนขึ้นทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบระบบให้น้ำ และคำนวณการผสมสารละลายธาตุอาหารพืชได้สะดวกและรวดเร็วและถูกต้องมากขึ้น ลดขั้นตอนในการคำนวณต่างๆ สามารถปรับเปลี่ยนค่าต่างๆให้เหมาะสมได้ง่ายขึ้น แต่โปรแกรมที่เขียนขึ้นยังมีข้อผิดพลาดที่จะต้องแก้ไขอยู่อีกบ้าง และการใช้โปรแกรมจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานในหัวข้อต่างๆอยู่บ้างจำเป็นต้องมีการอบรมการใช้โปรแกรมให้แก่ผู้สนใจต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ระบบควบคุมการให้น้ำแก่พืช

2.1 เครื่อง Tensiometer

2.2 ชุดสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ระบบควบคุมการให้น้ำแก่พืช

ระบบควบคุมการให้น้ำประกอบด้วยเครื่องวัด(Sensors) ชนิดต่างๆที่จะวัด ค่าทางฟิสิกส์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำของพืชเช่น น้ำหนัก,ปริมาณความชื้น,การระเหยของน้ำ ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ ฯลฯ และจากค่าที่วัดได้ระบบจะทำการให้น้ำเมื่อค่าที่วัดได้เหล่านี้ถึงค่าที่กำหนดให้ค่าหนึ่ง ตัวอย่างของ เครื่องวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชเหล่านี้เช่น

1)เครื่อง Radiometer ซึ่งวัดปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่กระทบผิวโลก ซึ่งจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณการใช้น้ำของพืช (Decroix et Puech 1985),

2)จากถาดวัดการระเหย Class A Evaporation Pan James and Trent 1985 สร้างถาดวัดการระเหยของน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้เครื่องวัดความดัน (pressure transducer) วัดค่าความสูงของน้ำในถาดวัดการระเหยและต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล ทำให้การวัดเป็นไปอย่างต่อเนื่องและถูกต้อง Phene,C.J. and Campbelle,R.B. 1975 สร้างถาดวัดการระเหยน้ำอัตโนมัติโดยวัดระดับน้ำในถาดจากก้านลูกลอยที่ต่อเข้ากับเครื่องวัดค่าความจุไฟฟ้า อิทธิสุนทร 2537 สร้างถาดวัดการระเหยน้ำแบบ Class A Pan โดยต่อถาดวัดการระเหยกับ กระป๋องน้ำขนาดเล็กตั้งอยู่บนเครื่องชั่งน้ำหนัก(Load Cell) และต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ทำให้สามารถวัดการระเหยน้ำได้อย่างต่อเนื่อง

3)เครื่องวัดการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างละเอียดของ ส่วนของพืช เช่นเส้นผ่าศูนย์กลางของผลหรือลำต้น ซึ่งจะแสดงถึงสภาวะความต้องการน้ำของพืช (Huguet 1984)

4)เครื่องวัดอัตราการแพร่กระจายของความร้อนในวัสดุพรุน ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ กับระดับความชื้นในวัสดุพรุนนั้น (Phene et al.1984)

5)เครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Hydraulically weighed lysimeter (Klocke et al 1985.)(อิทธิสุนทร2535) (Storlie et al 1996)

6)คำนวณจากสูตรต่างๆโดยใช้ข้อมูลทางภูมิอากาศจากสถานีตรวจอากาศ.(อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2537) (Snyder,R.L.,W.O.PruittA.Dong.1985)

7)Time domain Reflectometry (TDR) เป็นเครื่องวัดความชื้นในดินโดยอาศัยการวัดความเร็วการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนแท่งโลหะที่ฝังอยู่ในดิน ซึ่งความเร็วในการเคลื่อนที่นี้จะสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในดิน เครื่องมือนี้สามารถวัดความชื้นในดินได้อย่างกว้างขวางจากดินแห้งจนถึงดินเปียก (Topp et al 1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมการให้น้ำแก่พืชที่ดี จะต้องสามารถบอกได้ว่าขณะนั้นควรมีการให้น้ำแก่พืชหรือไม่ และถ้าจำเป็นต้องให้น้ำจะต้องให้เป็นจำนวนเท่าใด นั่นคือต้องทราบถึงความต้องการน้ำของพืช และทราบปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน เครื่องมือวัดความชื้นในดินที่มีราคาถูกและสามารถบอกค่าระดับความชื้นได้อย่างถูกต้องคือเครื่อง Tensiometer ซึ่งสามารถสร้างขึ้นจากวัสดุภายในประเทศและมีราคาถูก (อิทธิสุนทร 2532,2539) แต่เครื่องมือนี้ยังมีการใช้ไม่กว้างขวาง ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จะเป็นการนำ Tensiometer มาใช้ในการวัดความชื้นและควบคุมการให้น้ำแก่พืช นอกจากนี้ยังได้มีการประกอบและทดสอบระบบสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติอีกระบบหนึ่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 เครื่อง Tensiometer

เครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ Tensiometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมการให้น้ำในส่วนผลไม้ ตลอดจนใช้วัดและศึกษาเกี่ยวกับความชื้นในดินอย่างกว้างขวาง Tensiometerวัดระดับพลังงานที่อนุภาคดินดูดยึดน้ำอยู่ที่ผิวของอนุภาคและในช่องว่างขนาดเล็กในดิน ซึ่งระดับพลังงานนี้เป็นสิ่งที่รากพืชจะต้องเอาชนะในการดูดใช้น้ำจากดิน นั่นคือ Tensiometer จะแสดงถึงระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นอย่างยิ่งในการให้น้ำแก่พืช ช่วงการทำงานของ Tensiometer จะอยู่ระหว่าง 0 - 0.85 บรรยากาศ ถ้าค่า Tension ของน้ำในดินสูงกว่านี้ จะมีอากาศบางส่วนสามารถซึมผ่านกระเปาะดินเผาเข้าไปในเครื่องฯ ได้และค่า Tension ที่อ่านได้จะไม่เพิ่มขึ้น นั่นคือไม่สามารถใช้ Tensiometer วัดความชื้นในดินขณะดินแห้งมากๆได้ แต่เนื่องจากเครื่อง Tensiometer ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง ทำให้การใช้เครื่องมือนี้โดยเกษตรกรเป็นไปอย่างไม่กว้างขวางเท่าที่ควร ในปัจจุบันสามารถประกอบเครื่องมือนี้ขึ้นใช้เองได้ (อิทธิสุนทร 2532) และได้มีการพัฒนามาใช้ในการควบคุมการให้น้ำโดยอัตโนมัติ

การตรวจเอกสาร

การใช้Tensiometer ควบคุมการให้น้ำในการปลูกพืช หลักการโดยทั่วไป Tensiometer จะเป็นตัวควบคุมค่า Tension ของน้ำในดินให้อยู่ในช่วงที่เรากำหนดไว้ล่วงหน้า Klein 1983 .ใช้ Tensiometer ควบคุมการให้น้ำในสวนต้น Peach และต้นองุ่น โดยฝัง Tensiometer ในดิน 2 ระดับ คือที่ความลึก 30 และ 60 ซม จะเริ่มให้น้ำเมื่อค่าที่ระดับความลึก 30 ซม.อ่านได้= 25 - 30 kPa ปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้งจะควบคุมโดยเครื่อง Tensiometer ที่ระดับ 60 ซม. โดยปริมาณน้ำที่ให้จะให้จนกระทั่งค่าที่อ่านได้โดย Tensiometer ที่ 60 ซม.ลดลงมาที่ระดับ 10 kPa จากการควบคุมโดยระบบนี้สามารถลดการใช้น้ำได้ 12 -23 %เมื่อเทียบกับการควบคุมการให้น้ำแบบ Pan evaporation VAN DER VEKEN et al.1982. ทดลองใช้ Tensiometer ควบคุมการให้น้ำกับมะเขือเทศ ผลการทดลอง ปรากฏว่าสามารถประหยัดปริมาณน้ำที่ให้แก่พืช 50%เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำแบบทั่วๆไป โดยไม่มีผลต่อการลดผลผลิตของมะเขือเทศ Nuntagij 1988 ทดลองปลูกมะเขือเทศพบว่าระดับความเครียดของน้ำในดินที่เหมาะสมกับมะเขือเทศคือที่ระดับ 35 cbars อิทธิสุนทร 2539 เปรียบเทียบระดับความเครียดของน้ำในดิน 3 ระดับที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเยอร์บีร่าที่ปลูกในระบบน้ำหยดและมีการให้สารละลายธาตุอาหารพืชตลอดการปลูก พบว่าที่ระดับความเครียดของน้ำในดิน = 35 cbars พืชเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการประกอบเครื่อง Tensiometer เพื่อใช้ในการทดลอง

เป็นการทำเครื่อง Tensiometer แบบ Vacuum gauge ที่ตัวเครื่องทำจากท่อ PVC และกระเปาะดินเผาที่ทำจากดินภายในประเทศ มีขั้นตอนการทำดังนี้

การทำกระเปาะดินเผา

1. การทำแม่พิมพ์

แม่พิมพ์ที่ใช้ในการทำนั้น ทำจากเหล็กสเตลเลสที่กลึงให้มีรูปทรงกระบอกปลายมนขนาดเส้น ผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. ยาว 9.5 ซม. ส่วนบนมีลักษณะเป็นก้านทรงกระบอกขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.7 ซม. มีความยาวก้าน 2 ซม. **รูปที่** 2.1

รูปที่ 2.1 แสดงแท่งสเตลเลสที่ใช้เป็นแบบทำแม่พิมพ์

2. การทำแม่พิมพ์แบบปูนปลาสเตอร์

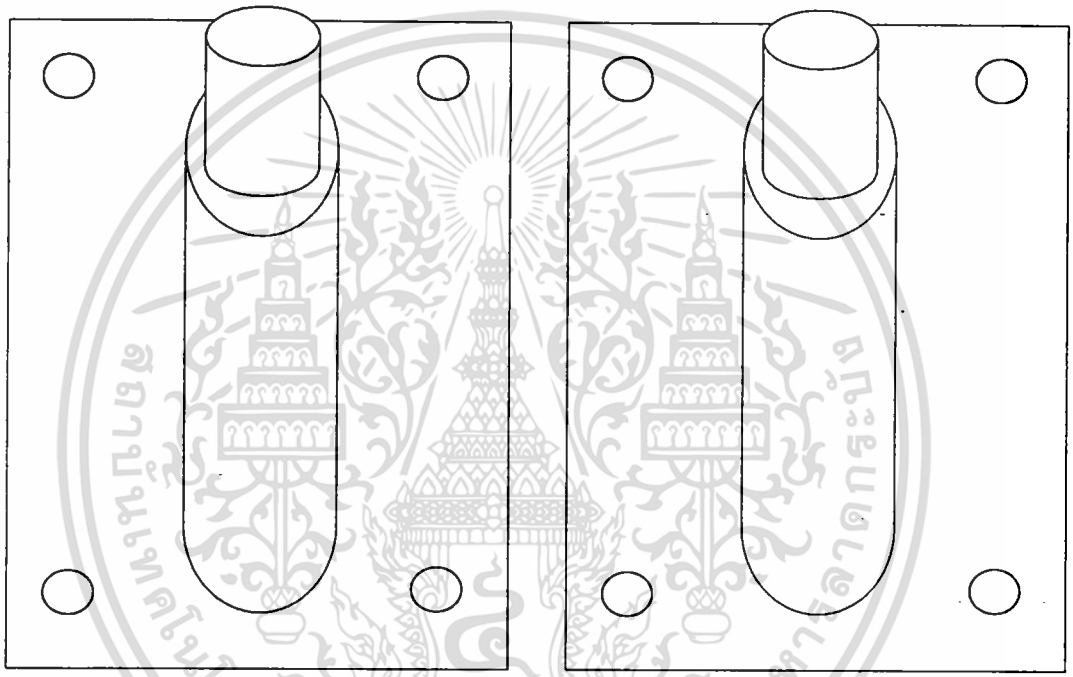
1.ทำที่ล้อมแบบโดยไม้อัดตัดให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง 2 นิ้ว ยาว 5 นิ้ว และกว้าง 4 นิ้ว ยาว 3 นิ้ว หรือใช้กล่องพลาสติกที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

2.นำที่ล้อมแบบมาประกอบเป็นรูปสี่เหลี่ยม แล้วใช้ยางรัดให้แน่น

3.ทาวาสลีนที่ล้อมแบบและแม่พิมพ์เหล็กให้ทั่วทุกด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ผสมปูนปลาสเตอร์กับน้ำในอัตราส่วน ปูน : น้ำ = 2 : 1 กวนให้เข้ากัน จากนั้นเทปูนปลาสเตอร์ลงในที่ล้อมแบบประมาณครึ่งหนึ่งของความสูงของที่ล้อมแบบ ทิ้งไว้สักครู่ น้ำปูนจะเริ่มแข็งตัว ซึ่งตัวปูนจะมีความร้อนเกิดขึ้น (ถ้าน้ำปูนไม่ร้อนแสดงว่าปูนที่ใช้เก่าและจะไม่แข็งตัว ต้องหาปูนใหม่) นำแม่พิมพ์กดลงบนปูนปลาสเตอร์ให้แม่พิมพ์จมลงในปูนปลาสเตอร์ลึกประมาณเลยครึ่งหนึ่งของความหนาของแท่งแม่พิมพ์ลึกน้อย โดยให้ส่วนที่เป็นก้านของแท่งแม่พิมพ์ชิดขอบด้านหนึ่งของที่ล้อมแบบ



รูปที่ 2.2 แสดงแบบแม่พิมพ์ปูนปลาสเตอร์ที่เสร็จแล้ว

5.ทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง จากนั้นแกะที่ล้อมแบบออกและทำการตกแต่งผิวหน้าของแม่แบบปูนปลาสเตอร์ให้เรียบด้วยมีด

6.เจาะรูเพื่อทำเป็นที่ล็อคแม่แบบทั้ง 4 ด้าน ของแม่แบบปูนปลาสเตอร์โดยใช้ลูกกุญแจด้านปลายกลมหมุนลงบนผิวหน้าของแม่แบบปูนปลาสเตอร์ในขณะที่ยังอ่อนตัวอยู่ และทาวาสลินให้ทั่วด้านบนของแท่งปูน (รวมทั้งในหลุมทั้งสี่ด้วยและบนแท่งแม่พิมพ์) ผสมปูนปลาสเตอร์อีกและเทลงบนแท่งปูนให้เต็มแบบ ตั้งทิ้งจนแห้ง และแกะออกจากกันเอาแท่งแม่พิมพ์ออก จะได้ แบบพิมพ์หล่อที่มีรูตรงกลางเป็นรูปแท่งแม่พิมพ์ แบบที่ได้ต้องประกบกันได้พอดี นำไปตากแดดให้แห้งสนิท หรืออาจนำเข้าเตาอบ ที่ อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส 12 ชม. ก็จะได้แม่แบบปูนปลาสเตอร์ **รูปที่** 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การหล่อ เป็นการหล่อแบบหล่อกลวง (Drain casting) โดยใช้ดินชนิดที่เรียกว่า ดินขาวแผ่น จากโรงงานคอมพาวค์เคลย์ ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมบางชัน (โทร. 5180963, 9199157 คุณ มณี)ขั้นตอนการหล่อมีดังนี้

3.1 ตากดินให้แห้งและบดดินร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม.

3.2 ชั่งตัวอย่างดิน 500 กรัม เติมน้ำประมาณ 200 - 250 ลบ.ซม. กวนด้วยเครื่องกวนไฟฟ้าจนได้น้ำดิน (Clay slip) ที่มีลักษณะไหลเป็นสายได้เมื่อยกแท่งกวน (ปริมาณน้ำที่ใช้อาจมากหรือน้อยกว่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดดิน และน้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำสะอาดอาจใช้น้ำกลั่นหรือน้ำฝน)

3.3 เทน้ำดินที่เตรียมได้ลงในแบบพิมพ์ที่เตรียมไว้แล้วให้เต็มแบบ การเทน้ำ slip ลงในแม่พิมพ์โดยเทผ่านแท่งแก้วให้ไหลเป็นทางเดียวกันโดยตลอด เพื่อป้องกันการเกิดฟองในระหว่างการเทน้ำ slip น้ำจากน้ำดินจะซึมเข้าในปูนปลาสเตอร์เหลือแต่เนื้อดินที่ผิวของปูนทิ้งไว้จนความหนาของผนังกระเปาะดินหนา 2 มม.(การดูความหนาใช้คัตเตอร์ปาดที่เนื้อดินที่ปากแบบพิมพ์) หลังจากนั้นเทน้ำดินที่เหลือในแบบพิมพ์ออกให้หมดโดยคว่ำแบบพิมพ์ไว้จนไม่มีน้ำดินไหลออกมา และตั้งทิ้งไว้จนดินในแบบพิมพ์แห้งโดยอาจนำไปตากแดดไว้ประมาณ 24 ชม. หลังจากนั้นแกะแบบพิมพ์ออกจะได้กระเปาะดินนำไปแต่งให้เรียบอาจใช้ คัตเตอร์แต่งหรือใช้แผ่นฟองน้ำชุบน้ำหมาดๆรูปให้เรียบ นำไปตากให้แห้งอีกครั้งหนึ่ง แบบพิมพ์ที่ใช้แล้วนำไปตากแดดให้แห้งและนำกลับมาใช้ใหม่

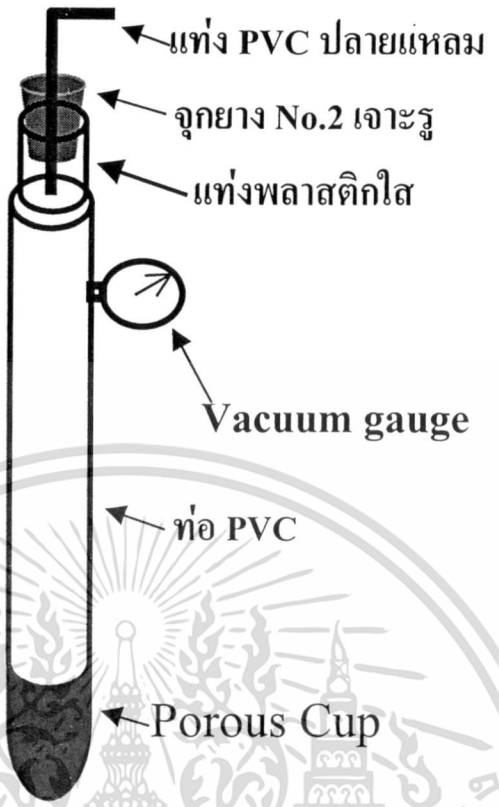
3.4 การเผากระเปาะดิน (Firing) โดยใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง (Furnance) เผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชม เริ่มจับเวลาเมื่อ อุณหภูมิถึง 1000 องศาเซลเซียสแล้ว

การประกอบ Tensiometer

1.ตัว Tensiometer ทำจาก ท่อ PVC เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 1.8 ซม. โดยตัดท่อให้มีความยาวตามต้องการเช่น 30, 60, 90 ซม.

2. การติดเครื่องวัดความเครียดแบบ Vacuum gauge ใช้สว่านไฟฟ้าเจาะรูด้านข้างของท่อ PVC โดยวัดจากปลายท่อลงมา 3 ซม. ให้ขนาดรูที่เจาะเท่ากับเกลียวนอกของ Vacuum gauge อาจใช้เครื่องทำเกลียวช่วยทำเกลียวเพื่อให้หมุน Vacuum gauge ได้ง่ายเข้า ทากาวอีป๊อกซีที่เกลียวนอกของ Vacuum gauge และที่ผนังของท่อ PVC หมุน Vacuum gauge ให้ติดกับท่อ PVC เครื่อง Vacuum gauge ที่ใช้ต้องใช้ที่มีคุณภาพดีเพราะต้องใช้อยู่กลางแจ้ง จากที่ใช้มาพบว่า Vacuum gauge ของไต้หวัน มีราคาถูกแต่คุณภาพไม่ดี ตัวเครื่องเป็นสนิมได้ง่ายและเสียเร็ว ที่ใช้อยู่ปัจจุบันใช้ของ เนเธอร์แลนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 องค์ประกอบเครื่อง Tensiometer

ราคา 380 บาท ซื้อจาก ห.จ.ก.โลหะพานิช โทร 2340295, 2330890, 2665903 เนื่องจากรอยต่อต่างๆ ของ Vacuum gauge น้ำ และไอน้ำสามารถซึมเข้าไปข้างในได้ทำให้เกิดฝ้าไอน้ำที่หน้าปัดการอ่านค่ายากและเสียเร็ว ดังนั้นให้อุดรอยต่อต่างๆด้วยกาว ซีลีโคน จะป้องกันปัญหาเหล่านี้ได้ และในการติด Vacuum gauge กับตัว Tensiometer ควรติดให้หน้าปัดเอียงเล็กน้อยเพื่อไม่ให้เป็นที่ขังน้ำ

3. การติดที่ตรวจปริมาณอากาศใน Tensiometer โดยตัดท่ออาคีลิคใสเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. ยาว 4 ซม.ใช้กระดาษทรายฝนปลายให้เรียบ ทาด้วยกาวอีป๊อกซี ที่ปลายด้านหนึ่งกว้างประมาณ 1 ซม.และสอดเข้าในท่อ PVC ที่ตัดไว้แล้วลึก 1 ซม. จัดให้อยู่ในแนวตรงกับท่อ PVC (แท่งอาคีลิคสามารถหาซื้อได้ที่วงเวียน 22 กรกฎา)

4.การติดตั้งกระเปาะดินเผา ที่ปลายอีกด้านหนึ่งของท่อ PVC ใช้กาวอีป๊อกซีทาที่กระเปาะดินเผา และดันเข้าในท่อ PVC จนถึงรอยบากบนกระเปาะดินเผา จัดให้อยู่ในแนวเดียวกับท่อ PVC (ถ้าท่อ PVC เล็กเกินไป ให้ใช้ไฟลนปลายท่อ PVC ระวังอย่าให้ท่อดำ ท่อ PVC จะอ่อนสามารถดันกระเปาะดินเผาเข้าไปได้ง่าย)

5. ฝาปิดเครื่อง Tensiometer ใช้จุกยางเบอร์ 2 หรือ 3 ที่เจาะรูตรงกลาง เพื่อเป็นทางใส่แท่ง PVC ปลายแหลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มม. เนื่องจากว่าถ้าใช้จุกยางตัน ขณะที่ดันจุกยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าจะเกิดแรงดันให้เข็มของ Vacuum gauge ตีกลับ มีผลให้อายุการใช้งานลดลง เมื่อมีรูเจาะที่จุกยาง เมื่อดันจุกยางเข้า น้ำส่วนเกินจะไหลออกทางรู หลังจากนั้นจึงอุดรูขนาดเล็กนี้ด้วยแท่ง PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มม. โดยฝนให้ปลายด้านหนึ่งแหลมด้วยที่เหลาดินสอ และปลายอีกด้านหนึ่งงอเป็นด้ามจับ เพื่อสะดวกในการดันเข้าหรือดึงออก

การต่อเครื่อง Tensiometer เข้ากับระบบเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ

ในกรณีที่ต้องการวัดค่าอย่างต่อเนื่อง เราสามารถต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ Datalogger ได้ โดยจำเป็นต้องมีเครื่องวัดความเครียดที่สามารถส่งสัญญาณไฟฟ้าออกมาได้ ในที่นี้ใช้เครื่องวัดความเครียดแบบ Pressure transducer ของ MOTOROLA รุ่น MPX2100 ซึ่งจะวัดค่า Tension ของน้ำใน Tensiometer และจะให้สัญญาณ output ออกมาเป็นสัดส่วนกับค่า Tension นั้นๆ

การทำเครื่องดูดสารละลายดิน

นอกจากนั้นกระเปาะดินเผาที่ทำขึ้น ยังสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องเก็บตัวอย่างสารละลายในดินได้อีกด้วย โดยการทำเหมือนกับทำ Tensiometer แต่ไม่ต้องติด Vacuum gauge และส่วนแท่ง อาคีลิคใสเปลี่ยนเป็นท่อ PVC เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ชุดสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ

ข้อมูลทางสภาพภูมิอากาศจะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากทางการเกษตรและสิ่งแวดล้อม เป็นข้อมูลที่จะใช้ในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช เลือกสถานที่ในการปลูกพืชให้เหมาะกับชนิดพืช ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเก็บรวบรวมโดยสถานีตรวจอากาศทางการเกษตรที่กระจายอยู่ทั่วไป ตามสถานีทดลองหรือสถานศึกษาต่างๆ ค่าทางภูมิอากาศที่ทำการตรวจวัดได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิ ทิศทางและความเร็วลม แสง ปริมาณการระเหยน้ำ ความชื้นในดิน ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาคำนวณ ค่า Evapotranspiration (ETP) เพื่อใช้ในการพิจารณาการให้น้ำแก่พืช นอกจากนี้ยังสามารถดัดแปลงใช้เกี่ยวกับการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมได้ด้วยเช่นการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับระดับน้ำในแม่น้ำ ระดับน้ำใต้ดิน ระดับเสียง ในการเก็บข้อมูลโดยทั่วไปจะทำโดยการอ่านและจดข้อมูลจากเครื่องมือวัดต่างๆ โดยเจ้าหน้าที่ทำให้การเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างไม่ต่อเนื่องสิ้นเปลืองแรงงาน และอาจเกิดการผิดพลาดได้ง่าย ถ้ามีอุปกรณ์ที่สามารถเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ ก็จะทำให้การเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างต่อเนื่องและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การตรวจเอกสาร

Ireland 1984, Goueffon 1984. อธิบายถึงหลักการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ (pH meter, Conductivity meter, Thermometer, Evaporometer, Solarimeter, Humidity sensor etc.) โดยผ่านทางแผ่นแปลงสัญญาณ (A/D converter) ไมโครคอมพิวเตอร์ สามารถคำนวณและเปรียบเทียบสัญญาณที่ได้รับและเก็บรวบรวมไว้ในหน่วยความจำ นอกจากนี้ยังสามารถส่งสัญญาณ เพื่อสั่งงานไปยังอุปกรณ์ภายนอกเช่นวาล์วไฟฟ้า, ปั๊มน้ำ ฯลฯ

Nuntagij 1989. ใช้คอมพิวเตอร์ ร่วมกับ pH meter และ conductivity meter เพื่อเก็บข้อมูลและควบคุมค่า pH และค่า conductivity ของสารละลายธาตุอาหารพืชให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ และต่อพ่วงเครื่อง Tensiometer เข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ควบคุมการให้น้ำ โดยอัตโนมัติในการปลูกมะเขือเทศโดยไม่ใช้ดิน Jame,M.M and F.H.Harry 1985. หาค่าปริมาณการคายน้ำของพืชโดยวัดจากปริมาณการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศภายในห้องที่ควบคุมสภาพแวดล้อม (อุณหภูมิ, ความชื้นของดินและของอากาศ, ความเข้มแสง) โดยอัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ Howlle et al.1984. Snyder et al. 1985 ทดลองติดตั้งสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติโดย ใช้คอมพิวเตอร์ต่อพ่วงกับเครื่องวัดต่างๆเก็บรวบรวมข้อมูลทางภูมิอากาศอย่างต่อเนื่องลงในคอมพิวเตอร์และนำข้อมูลเหล่านี้มาคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาปริมาณ การใช้น้ำของพืช สถานีตรวจอากาศจะประจำอยู่ในสถานที่ต่างๆ และติดต่อเชื่อมโยงถึงกันเป็น Network ผ่าน Modem

เครื่องวัด (Sensors) ชนิดต่างๆที่สามารถต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ต้องมีสัญญาณไฟฟ้าส่งออกมา เช่นเครื่องวัดความชื้นในดินแบบ Tensiometer ที่มีเครื่องวัดความเครียดแบบ Pressure Transducer (Van Der Veken et al 1982, Nuntagij 1989) ถาดวัดการละเหยของน้ำแบบอัตโนมัติ Class A Evaporation Pan (James and Trent 1985, Phene and Campbelle 1975) เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบ Tripping bucket (พิเชษ เสนาะล้ำ 2535) Heat probe เพื่อวัดปริมาณความชื้นในดินโดยวัดความสามารถในการนำความร้อนของดินที่เปลี่ยนเมื่อความชื้นในดินเปลี่ยน (Kasubuchi 1992)

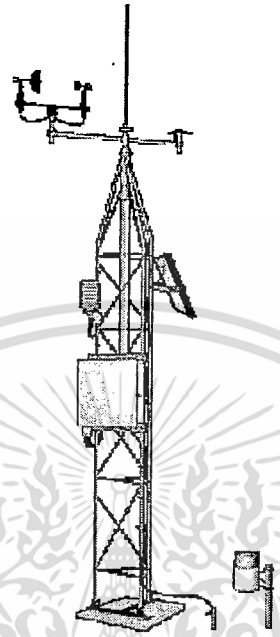
Time domain Reflectometry (TDR) เป็นเครื่องวัดความชื้นในดินโดยอาศัยการวัดความเร็วการเครื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนแท่งโลหะที่ฝังอยู่ในดิน ซึ่งความเร็วในการเครื่อนที่นี้จะสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในดิน เครื่องมือนี้สามารถวัดความชื้นในดินได้อย่างกว้างขวางจากดินแห้งจนถึงดินเปียก (Topp et al 1985) Pachomchuk et al 1997 และ Werkhoven 1993 แสดงให้เห็นว่าเครื่อง TDR สามารถใช้วัดและควบคุมการให้น้ำแก่พืชได้อย่างต่อเนื่องและถูกต้องและควรทำการปรับค่าให้เหมาะกับดินแต่ละชนิดจะทำให้ค่าวัดที่ได้มีความถูกต้องมากขึ้น

Stem diameter sensors เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต้นพืชอย่างละเอียด Namken et al 1969 ,ทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางต้น ฝ้าย โดยใช้เครื่อง linear variable differential transformer(LVDT) พบว่าการเปลี่ยนขนาดของต้นพืชจะมีความสัมพันธ์กับค่า leaf water potentials So 1979 ทดองในฝ้ายและต้น Red pine และ So et al 1979 ทำการทดลองในต้นข้าวโพดและถั่วเหลืองและสรุปไว้ว่าสามารถใช้การเปลี่ยนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นมาประเมินสถานะภาพของน้ำในพืชได้(plant- canopy water potential)ซึ่งวิธีดังกล่าวมีข้อดีคือเป็นวิธีที่ง่ายไม่มีปัญหาในการวัดทั้งในโรงเรือนหรือในแปลงปลูกพืชและที่สำคัญเป็นวิธีที่ไม่ต้องทำลายส่วนของพืชที่จะวัด จากงานทดลองของ Fred et al 1973. ในต้นฝ้ายแสดงให้เห็นว่าส่วนของการเปลี่ยนขนาดของต้นพืชที่วัดได้เนื่องจากการ water stress ในต้นพืชจะเป็นผลจากการเปลี่ยนขนาดของ phloem เป็นส่วนใหญ่ Sato and Haseegawa 1995. ทดลองใช้ stem diameter sensors ร่วมกับ computer ควบคุมการให้น้ำโดยอัตโนมัติกับพืช muskmelon

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration) อาจวัดและคำนวณได้จาก 1)เครื่องวัดปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณการใช้น้ำของพืช (Decroix et Puech 1985), 2)จากถาดวัดการระเหย Class A Evaporation Pan (James and Trent,T 1985) , 3)หาค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยวัดจากปริมาณการกลั่นตัวของไอน้ำในอากาศภายในห้องระบบปิดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมสภาพแวดล้อม (อุณหภูมิ, ความชื้นของดินและของอากาศ, ความเข้มแสง) โดยอัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ (Jame,M.M and F.H.Harry 1985.)



รูปที่ 2.4 แสดงสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติที่ติดตั้งที่แปลงทดลอง

องค์ประกอบสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ

ทำการติดตั้งสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติในสวนทุเรียนของเกษตรกร ที่ตำแหน่งละติจูด 12° 29' N ลองจิจูด 102° 19' E มีระดับความสูง 5 เมตร จากระดับน้ำทะเล สถานีตรวจอากาศติดตั้งบนเสาสามขา ทำจาก เสตลเลส สูง 3 เมตร

ระบบเก็บข้อมูลประกอบด้วยส่วนต่าง ๆดังนี้

1.ภาครับข้อมูล ประกอบด้วย

.เครื่อง Data logger มีหน้าที่ในการรับข้อมูลจากเครื่องวัดต่างๆจากภายนอก ทำการประมวลผลข้อมูลต่างๆ เช่น การหาค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุดต่ำสุด ค่าการคายระเหยน้ำ Evapotranspiration ฯลฯ ค่าเหล่านี้จะเก็บอยู่ในหน่วยความจำของ Datalogger รวมทั้งแสดงผล ในการทดลองครั้งนี้ใช้เครื่อง Datalogger ของบริษัท Campbell รุ่น CR10X เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดสัญญาณเข้าได้หลายแบบ และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานทั้งการรับข้อมูลและควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ต่อพ่วงภาพนอก สามารถเก็บข้อมูลในหน่วยความจำได้ประมาณ 128K ค่าที่เก็บไว้นี้สามารถโอนข้อมูลลงคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆได้เช่น Excel นอกจากนี้ Dataloggerยังสามารถส่งการควบคุมไปยังอุปกรณ์ต่อเนื่องต่างได้ เช่น relay และ ปั๊มน้ำ ฯลฯ

2.เครื่องวัดต่าง ๆ Sensors

มีหน้าที่ตรวจวัดค่าทางฟิสิกส์ต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสง ความเร็วลม ฯลฯ และเปลี่ยนค่าเหล่านี้เป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งต่อไปยัง Datalogger CR10X เพื่อเก็บข้อมูลต่อไป ซึ่งเครื่องวัดต่างๆที่วัดค่าในส่วนที่เหนือดินได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องวัดปริมาณแสง ความเร็วและทิศทางลมจะติดตั้งอยู่บนขาตั้ง 3 ขา ทำจากท่อสเตลเลส ส่วนสูงจากผิวดิน 3 เมตร ส่วนเครื่องวัดอื่นๆจะวัดอยู่ที่ระดับผิวดินจะวางอยู่ที่ผิวดิน แสดงการติดตั้งเครื่องวัดต่างๆบนขาตั้ง 3 ขา และเครื่องวัดที่วางอยู่บนผิวดิน

คุณสมบัติและลักษณะของเครื่องวัดต่าง ๆ

1.เทอร์โมมิเตอร์

แบบ Thermocoupple 1 อัน โดยวัด 1.อุณหภูมิอากาศ ที่ระดับความสูง 200 เซ็นติเมตรจากผิวดิน

2.เครื่องวัดความชื้นในอากาศ

เป็นแบบกระเปาะเปียกแห้ง ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบ Thermocoupple 2 อัน โดยอันที่ 1 วัดอุณหภูมิอากาศ(กระเปาะแห้ง) อันที่ 2 วัดแบบกระเปาะเปียก และค่าที่ได้จะมาคำนวณค่าความชื้นสัพัทธ์ในอากาศโดยDatalogger CR10X วัดที่ระดับความสูง 200 เซ็นติเมตรจากผิวดิน

3.เครื่องวัดความเร็วลม (เมตร/วินาที)

เป็นแบบ Three cup Anemometer ประกอบด้วยถ้วยพลาสติกครึ่งวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม. 3 ถ้วย ต่อเชื่อมกันและหมุนรอบแกนหมุน การหมุนของถ้วยทั้งสามจะเกิดสัญญาณแบบ AC sine wave ซึ่งความถี่ที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับความเร็วลม

คุณสมบัติของเครื่องวัดความเร็วลม Wind speed

Range	0 to 50 m/s (112 mph), gust survival 60 m/s(134 mph)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sensor	12 cm diameter cup wheel assembly, 40 mm diameter hemispherical cups
Transducer	Stationary coil, 1350 ohm nominal resistance
Transducer output	AC sine wave signal induced by rotating magnet on cup wheel shaft 100 mV p-p at 60 rpm. 6V p-p at 3600 rpm.
Output frequency	1 cycle per cup wheel revolution 0.75 m/s per Hz

4.เครื่องวัดทิศทางลม (Wind vane)

แบบลูกศร ของ RM Young รุ่น ES-020 ลูกศรลมจะหมุนรอบแกนหมุนซึ่งต่ออยู่กับ precision conductive plastic potentiometer เมื่อมีการให้ไฟฟ้ากับ Potentiometer ตำแหน่งและทิศทางของลูกศรจะสัมพันธ์กับค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งออกมา

คุณสมบัติของของเครื่องวัดทิศทางลม Wind direction (azimuth)

Range	360 ° mechanical, 352 ° electrical (8 open)
Sensor	Balanced vane, 16 cm turning radius.
Transducer	Precision conductive plastic potentiometer, 10K ohm
Transducer excitation	regulated DC voltage, 15 VDC max.
Transducer output	Analog DC voltage proportional to wind direction angle with regulated excitation voltage applied across potentiometer

5.เครื่องวัดแสง (MJ $m^{-2}d^{-1}$)

เครื่องวัดแสง (Pyranometer) ใช้ของ Li-Cor. รุ่น Li-200SA Pyranometer Sensor ตัววัดเป็น High stability silicon photovoltaic สัญญาณที่ส่งออก 79.9 μA /1000 Wm^{-2} ต่อเข้า Datalogger โดยมีความต้านทาน 100 Ω 1 % ต่อคล่อมขั้ววัดเพื่อได้สัญญาณเป็นมิลิโวลต์

คุณสมบัติของเครื่องวัดแสง

Calibration	calibrated against an Eppley precision spectral pyranometer (PSP) under natural daylight conditions.
Sensitivity	79.9 μA /1000 Wm^{-2}
Linearity	maximum deviation of 1% up to 3000 Wm^{-2}
Stability	<+- 2% change over a 1 year period.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cosine correction	cosine corrected up to 80 ^{o} angle of incidence.
Detector	high stability silicon photovoltaic detector.
Sensors housing	weatherproof anodized aluminum case with acrylic diffuser and stainless steel hardware.
Size	2.38 diameter x 2.54 cm H
Weight	28 g

เครื่องวัดแสง เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลมติดตั้งอยู่ส่วนบนสุดของขาตั้งสูงจากผิวดิน 300 ซม.

6.เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน(มม.)

เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบ Tipping Bucket Rain Gauge (OMNIDATA รุ่น ES-160) ส่งสัญญาณออกเป็นจำนวน Pulsenกรวยรับน้ำฝนทำจากอะลูมิเนียมเส้นผ่าศูนย์กลางของกรวย = 8 นิ้ว ส่วน ถ้วยวัดน้ำฝน (Tipping bucket) ทำจาก acrylic ส่งสัญญาณออกเป็น Digital โดยสวิตช์แบบ magnetic reed การกระดกของถ้วยวัดน้ำฝนหนึ่งครั้งจะเท่ากับปริมาณฝน .01 นิ้ว (0.254 มม.)

คุณสมบัติของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน

Orifice	8 inches (ID) 20.32 cm diameter
Switch	Magnetic reed (0.6 ms) 10 watts max.
Calibration	0.1 inch / bucket tip
Overall	12.25 " x 11 " weight 8 lbs. 8 ozs.

7.เครื่องวัดความชื้นในดิน แบบ Tensiometer

เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ Tensiometer ทำจากการเผาดินเผาที่อุณหภูมิ 1000 C ต่อเชื่อมกับท่อ PVC ขนาด 18 มม และด้านปลายต่อกับท่อ พลาสติกใส (Acrilic) ขนาด 14 มม และอุดด้วยจุยางสีดำ เบอร์ 2 ด้านข้างของท่อ PVC เจาะรูเพื่อติดเครื่องวัดความเครียด (Vacuum Gauge) เพื่อทำการวัดค่าอย่างต่อเนื่องและเก็บในเครื่อง Data Logger ที่ปลายเครื่อง Tensiometer จะติดตั้งเครื่อง Pressure Transducer ของ Motorola รุ่น PMX 2100 VG ซึ่งสามารถวัดค่าความเครียดได้ 100 KPa และส่งสัญญาณไฟฟ้า ไปยังเครื่อง Data Logger ทำการติดตั้งเครื่อง Tensiometer 3 เครื่องที่ระดับความลึก 15, 45 และ 75 ซม. จากผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของเครื่องวัดความดัน (Vacuum Gauge transducer)

Rate pressure range	0 to 15 PSI
Maximum pressure	60 PSI
Output	2.75mV / PSI (40mV max.)
Compensated temp. range	0 - 80 °C

รูปที่ 2.5 แสดงการติดตั้งเครื่อง Tensiometer ภายในทรงพุ่มต้นทุเรียน

8.เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ Water content reflectometer

เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ Water Content Reflectometer ของบริษัท Campbell รุ่น CS615L แสดงค่าวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร(Volumetric water content) ของวัสดุที่มีรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พรุนเช่น ดิน หรือวัสดุปลูกอื่นๆฯลฯ โดยอาศัยหลักการของ time-domain reflectometer measurement เครื่องมือนี้ต้องใช้ร่วมกับเครื่อง Data logger ของ Campbell โดยในการทดลองครั้งนี้ต่อเข้ากับช่องรับสัญญาณ pulse count channel ของ Data logger Campbell CR10X เครื่องมือวัดความชื้นนี้ประกอบด้วยแท่ง สเตลเลส สองแท่งยาวแท่งละ 30 ซม.ต่อเชื่อมกับวงจรอิเล็คทรอนิค ทำหน้าที่สร้างความถี่วิ่งในแท่งสเตลเลสทั้งสองแท่ง ระยะเวลาการเคลื่อนที่จากต้นทางถึงปลายแท่งสเตลเลสและสะท้อนกลับทางเดิมจะสัมพันธ์กับระดับความชื้นในดิน ระยะเวลาการเคลื่อนที่นี้จะวัดโดยเครื่อง Data logger และจะแปลงค่าที่วัดได้เป็นค่าความชื้นโดยปริมาตรของดินหรือวัสดุปลูกโดยใช้สมการ polynomial และค่าคงที่ที่ให้มากับเครื่องวัด แต่เพื่อให้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในดินหรือวัสดุปลูกชนิดหนึ่งๆควรทำการหาค่าคงที่เฉพาะดินนั้นๆ

การทำ Calibration เครื่อง Water Content Reflectometer

โดยเริ่มจากนำดินมาพึ่งแดดให้แห้งบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. แบ่งดินส่วนหนึ่งไปหาความชื้น หลังจากนั้นนำดินที่เหลือมาทำให้มีความชื้นที่ระดับต่างๆกันประมาณ 4-5ระดับโดยเริ่มจากดินแห้งจนถึงที่ระดับความชื้น 40 - 50 % by volume โดยชั่งดินตามน้ำหนักที่ต้องการใส่ภาชนะและค่อยๆเติมน้ำพร้อมกับคลุกดินให้เข้ากันจนดินมีระดับความชื้นตามต้องการและต้องคลุกเคล้าให้ความชื้นสม่ำเสมอ หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างดินไปหาระดับความชื้นอีกที่หนึ่งและใส่ดินลงในท่อ PVC ขนาด∅ 2 นิ้วครึ่ง และอัดดินให้มีความหนาแน่นร่วมเท่ากับดินในธรรมชาติ และทำการเสียบแท่งสเตลเลสของเครื่อง Water content Reflectometer . เปิดเครื่อง Data logger เพื่อทำการวัดสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องวัด จดค่าที่วัดได้และทำกับดินทุกๆระดับความชื้นหลังจากนั้นนำมาหาค่าความสัมพันธ์ของระดับความชื้นกับค่าที่วัดได้ในการทดลองครั้งนี้ใช้โปรแกรม Excel หาค่าความสัมพันธ์แบบ Polynomial ที่ระดับยกกำลังสอง

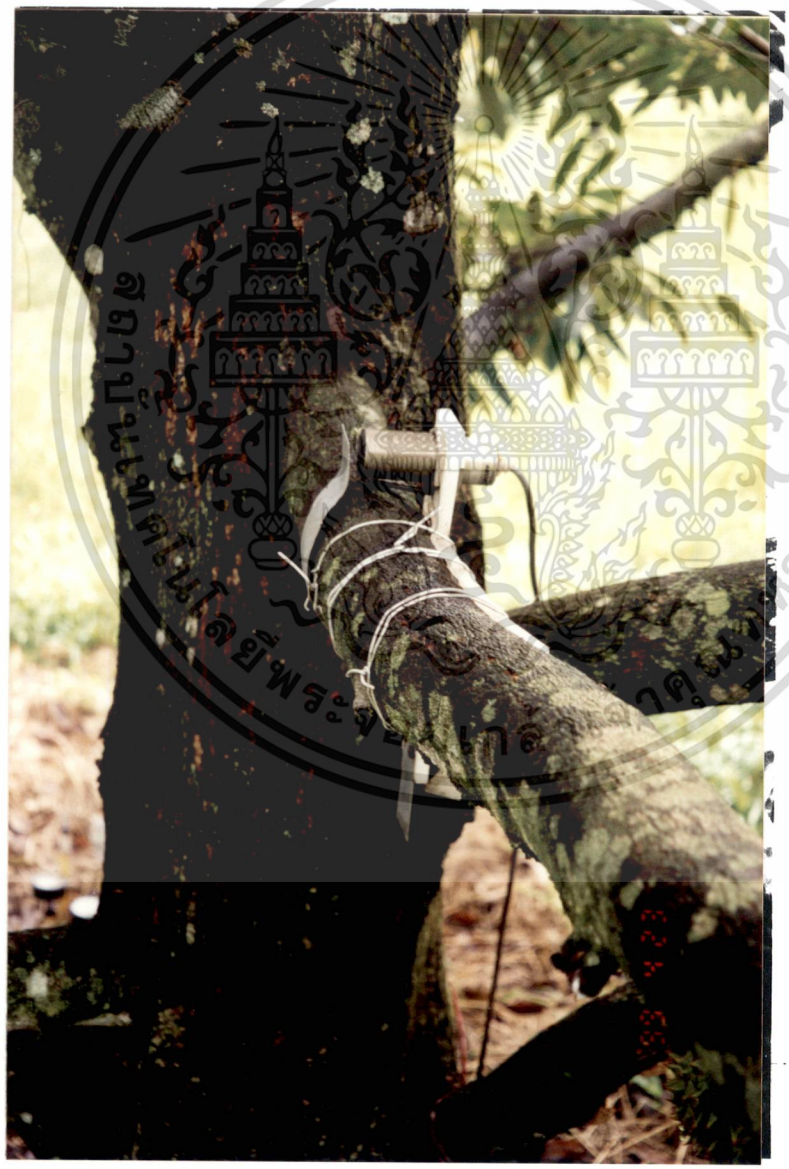
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จากเครื่อง water content reflectometer กับค่าเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของความชื้นของดิน แสดงให้เห็นว่าค่าที่วัดได้จากเครื่อง water content reflectometer มีความสัมพันธ์กับความชื้นของดินสูงมาก ค่า R=0.9997 โดยมีสมการแสดงความสัมพันธ์ y=-1.4403x2+3.8197x-2.088 ซึ่งสมการนี้จะใส่ลงในเครื่อง Data logger เพื่อใช้คำณวนเปลี่ยนค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือเป็นค่าความชื้นของดิน ซึ่งจากการทดลองสามารถใช้เครื่องมือนี้วัดความชื้นในดินได้ในช่วงที่กว้างมากจากดินแห้งจนถึงดินเปียก

9.เครื่องวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้น (Stem diameter sensor)

เครื่องวัดเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างละเอียด หลักการของเครื่องนี้ประกอบด้วย เครื่องวัดระยะทางอย่างละเอียด Balluff รุ่น BAW-030-PB-1-K-5 ระยะวัดสูงสุด 2 - 10 มิลิเมตร (ระยะวัดที่แนะนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 3 - 8 มิลิเมตร) เครื่อง Balluff ติดยึดอยู่กับแผ่นพลาสติกรูปตัว T พาดไปตามความยาวของต้นพืช ด้านหัวตัว T ยึดออกด้านขางของลำต้น ด้านหนึ่งเป็นที่ยึดของ เครื่องวัดระยะทาง Balluff และอีกด้านหนึ่งเป็นที่ยึดของแผ่นสเตลเลสขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 8 นิ้ว ปลายด้านหนึ่งยึดติดกับแผ่นพลาสติก และปลายอีกด้านดัดโค้งคล่อมต้นพืชและอยู่เหนือระดับของปลายเครื่องวัดระยะทางประมาณ 4 มม. หลักการทำงานของเครื่องนี้ กล่าวคือเครื่องวัดระยะทาง Balluff จะถูกกระตุ้นให้ปล่อยสนามแม่เหล็กออกที่หัววัดเป็นช่วง ๆ เมื่อสนามแม่เหล็กกระทบแผ่นสเตลเลส จะเกิดการเหนียวนำซึ่งความแรงของการเหนียวนำจะเป็นสัดส่วนกับระยะห่างของของหัววัดกับแผ่นสเตลเลสและเครื่องวัดระยะทางจะส่ง



รูปที่ 2.6 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดเส้นผ่าศูนย์กลางกิ่งทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟฟ้าในช่วง 1.4 ที่ระยะทาง = 0 มิลิเมตร และ 10 mA ที่ระยะทาง 10 มิลิเมตร ไปยังเครื่อง Data logger เนื่องจากแผ่นสเตลเลสคาดอ้อมและสัมผัสกับต้นพืช ดังนั้นเมื่อต้นพืชมีการขยายหรือหดตัวก็จะมีผลให้ระยะห่างของหัววัดกับแผ่นสเตลเลสเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะถูกบันทึกโดยเครื่อง Data logger

คุณสมบัติของเครื่องวัด (Analog Inductive Sensors)

Max.sensing distance	2 to 10 mm
Linearity range	3 to 8 mm
Output signal	0 mm – 1.4 mA 10mm – 10.0 mA
Supply voltage	10 – 30 VDC
Ambient temperature	-10 - 60 °C

- **10.เครื่องวัดปริมาณน้ำ (Water Meter)**

เป็นมาตรวัดน้ำที่สามารถส่งสัญญาณเป็นจำนวนนับออกมาได้และต่อเข้า เครื่อง Datalogger เพื่อใช้วัดปริมาณน้ำที่ให้กับพืช

3.ภาคโปรแกรม

ทำหน้าที่ในการควบคุมขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด โดยใช้โปรแกรม Etpro และ Pc200wของ Campbell เขียนโปรแกรมเพื่อใช้ควบคุมและสั่งงานระบบให้เป็นไปตามขั้นตอนที่ต้องการ รวมทั้งการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช การเก็บข้อมูล การรับส่งข้อมูลระหว่าง Datalogger และ Computer การอ่านข้อมูลและควบคุมจะทำทุกๆ 10 วินาที หลังจากนั้นข้อมูลนี้จะมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยหรือผลรวมขึ้นอยู่กับค่าที่วัดและคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช (Evapotranspriration ETP) ทุกๆ 1 ชั่วโมง และเก็บลง RAM ของ Datalogger ซึ่งสามารถเก็บได้ประมาณ 45 วัน เราสามารถดึงข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับ Datalogger ด้วยโปรแกรม PC200 W ของ Campbell Scientific เพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่อไป ในการทดลองครั้งนี้จะใช้โปรแกรม Excel เพื่อนำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์ เช่นการแสดงผลทางจอภาพ ในรูปตัวเลขและเส้นกราฟ หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆ ฯลฯ

4.ภาคควบคุม

ทำหน้าที่รับคำสั่งจาก Datalogger และสั่งงานไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆได้แก่ รีเลย์ Solenoid valves โดยผ่านทางแผ่น Relay Output Board

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.แหล่งพลังงาน

ใช้แผง Solar cell เป็นแหล่งพลังงาน โดยต่อพ่วง กับแบตเตอรี่ รถยนต์ขนาด 12 V เพื่อเก็บพลังงานไว้ใช้ในช่วงกลางคืน ดังนั้นระบบนี้ทำงานโดยไม่ต้องใช้แหล่งพลังงานจากภายนอก

ค่าต่าง ๆที่ทำการวัดและเก็บข้อมูล

1. ค่าเฉลี่ยทุก 1 ชม ของอุณหภูมิอากาศ ที่ระดับ 2 เมตรจากผิวดิน (^{o}C)
2. ค่าเฉลี่ยทุก 1 ชม ของความชื้นสัมพัทธ์ ที่ระดับ 2 เมตรจากผิวดิน (%RH)
3. ค่าเฉลี่ยทุก 1 ชม ของ Solar radiation ที่ระดับ 3 เมตรจากผิวดิน (MJ $m^{-2}d^{-1}$)
4. ค่าเฉลี่ยทุก 1 ชม ของความเร็วลม ที่ระดับ 3 เมตรจากผิวดิน (m/s)
5. ค่าเฉลี่ยทุก 1 ชม ของทิศทางลม ที่ระดับ 3 เมตรจากผิวดิน (degrees)
6. ค่าเฉลี่ยทุก 1 ชม ของค่าความเครียดของน้ำในดิน(Soil water tension) จาก Tensiometer ที่ระดับความลึก 15, 45, 60 ซม จากผิวดิน(cbars)
7. ค่าเฉลี่ยทุก 1 ชม ของค่าความ % ความชื้นในดิน จาก เครื่อง Water content reflectometer ที่ระดับความลึก 0 – 30 และ 30 - 60 ซม จากผิวดิน(% by Vol)
8. ค่าทุก 1 ชม ของปริมาณน้ำฝน (mm)
9. ค่าทุก 1 ชม ของเส้นผ่าศูนย์กลางกิ่งทุเรียน (mm)

ราคาสถานีตรวจอากาศโดยประมาณ

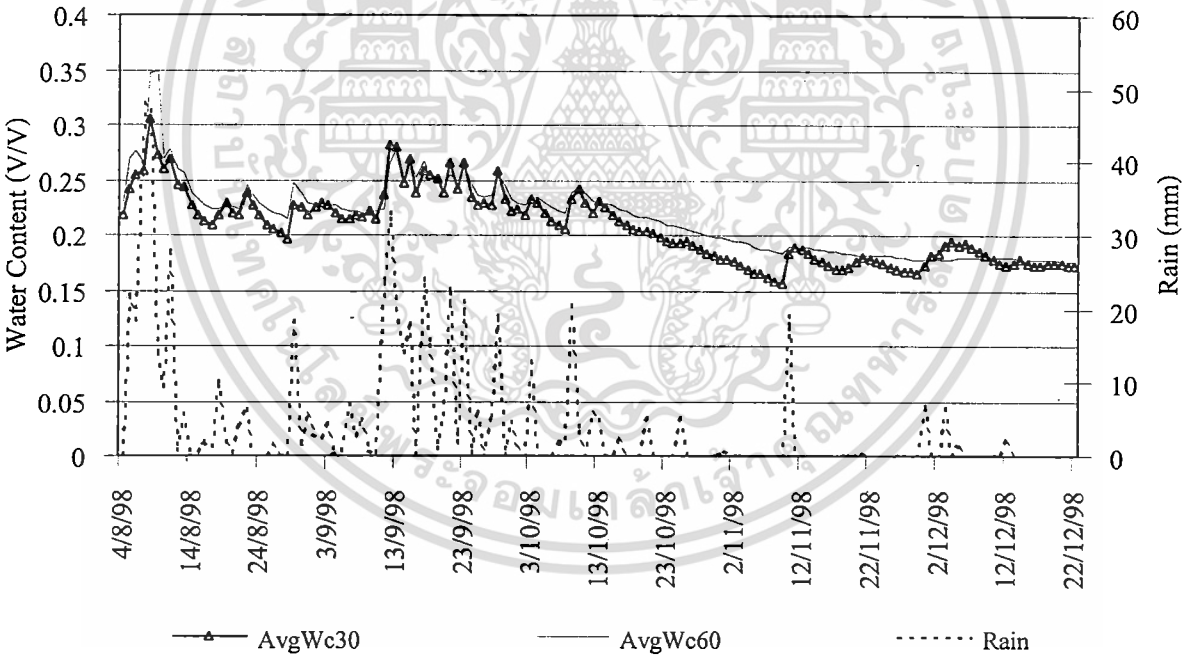
1.เครื่อง Datalogger CR10X	100,000
1.เครื่อวัดความเร็วและทิศทางลม	30,000
2.เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ	2,000
3.เครื่องวัดแสง	25,000
6.เครื่องวัดความชื้นในดิน	25,000
7.เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน	13,000
8.ขาตั้งสถานีตรวจอากาศ	8,000
11.แผง Solar cell และ แบตเตอรี่	10,000
11.สายสัญญาณ	2,000
รวม	215,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานทดลอง

1. การเก็บและคำนวณข้อมูลทางภูมิอากาศ

ตัวอย่างข้อมูลที่เก็บได้แสดงในตารางที่ 2.1 เป็นการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชม และข้อมูลที่ได้สามารถคำนวณเป็นค่า Evapotranspiration ETP ได้ ทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ ตัวอย่างในรูปที่ 2.7แสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณความชื้นในดินวัดจากเครื่อง Water Content Reflectometer ที่ระดับความลึก 0-30 และ 30-60 ซม. และปริมาณฝนในช่วงต่อระหว่างที่ฝนตกมากและตกน้อย จะเห็นได้ว่าในหน้าฝนระดับความชื้นในดินจะสูงมากในระดับความลึก 0-60 ซม คือประมาณ 20-30 % by Volum ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่า FC ของดิน เมื่อปริมาณฝนเริ่มน้อยลงความชื้นในดินจะเริ่มลดลงด้วย



รูปที่ 2.7 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนและค่าความชื้นในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างค่าที่วัดได้จากสถานีตรวจอากาศ

	Time	AvgTemp	AvgRH	Tot_MJ	SamETP	AvgWS	Rain	AvgWc30	AvgWc60
1/9/98	600	28.84	88.3	16.94	3.288	0.474	5.588	0.218	0.23
2/9/98	600	28.2	89.8	15.46	2.978	0.535	3.048	0.226	0.228
3/9/98	600	27.44	89.4	19.83	3.755	0.687	2.54	0.229	0.228
4/9/98	600	27.72	90.4	18.07	3.318	0.596	4.318	0.228	0.228
5/9/98	600	28.13	90.5	14.73	2.829	0.653	0.254	0.22	0.227
6/9/98	600	27.16	91.4	13.29	2.405	0.702	0.762	0.214	0.224
7/9/98	600	27.13	89.6	19.66	3.725	0.857	7.11	0.214	0.221
8/9/98	600	27.53	89.5	13.66	2.674	0.775	2.794	0.219	0.221
9/9/98	600	27.54	91.6	13.79	2.579	0.615	4.826	0.217	0.22
10/9/98	600	27.64	90.8	15.08	2.745	0.575	0.762	0.221	0.221
11/9/98	600	27.83	92.1	13.02	2.415	0.556	0.508	0.215	0.221
12/9/98	600	27.26	92.2	13.58	2.304	0.681	24.13	0.237	0.223
13/9/98	600	26.07	94.2	11.28	2.015	0.653	33.02	0.281	0.265
14/9/98	600	26.04	97.3	5.751	1.048	0.463	19.81	0.28	0.278
15/9/98	600	27.45	89.9	13.95	2.685	0.894	14.22	0.247	0.248
16/9/98	600	27.6	90.4	7.78	1.553	0.817	18.03	0.27	0.266
17/9/98	600	29.49	83.4	14.5	2.898	1.159	0.254	0.239	0.252
18/9/98	600	26.63	96.2	4.21	0.762	0.521	24.13	0.259	0.268
19/9/98	600	27.68	91.9	13.4	2.533	0.604	14.99	0.254	0.255
20/9/98	600	26.5	93.8	8.21	1.614	0.571	1.016	0.251	0.255
21/9/98	600	26.75	93.8	9.2	1.687	0.532	5.842	0.239	0.243
22/9/98	600	27.04	92.8	13.51	2.466	0.528	22.61	0.265	0.254
23/9/98	600	26.64	95.7	7.29	1.274	0.441	2.032	0.242	0.25
24/9/98	600	26.43	95.7	7.08	1.282	0.508	21.08	0.266	0.264
25/9/98	600	27.62	90.7	13.74	2.592	0.519	0.508	0.235	0.245
26/9/98	600	27.23	92	10.48	1.993	0.616	6.096	0.227	0.237
27/9/98	600	27.71	89.2	16.9	3.229	0.54	0	0.229	0.235
28/9/98	600	25.91	95.7	6.979	1.274	0.501	5.334	0.228	0.237
29/9/98	600	25.85	95.9	9.27	1.659	0.564	19.05	0.259	0.257
30/9/98	600	27.87	86.8	19.02	3.546	0.591	0.254	0.232	0.243

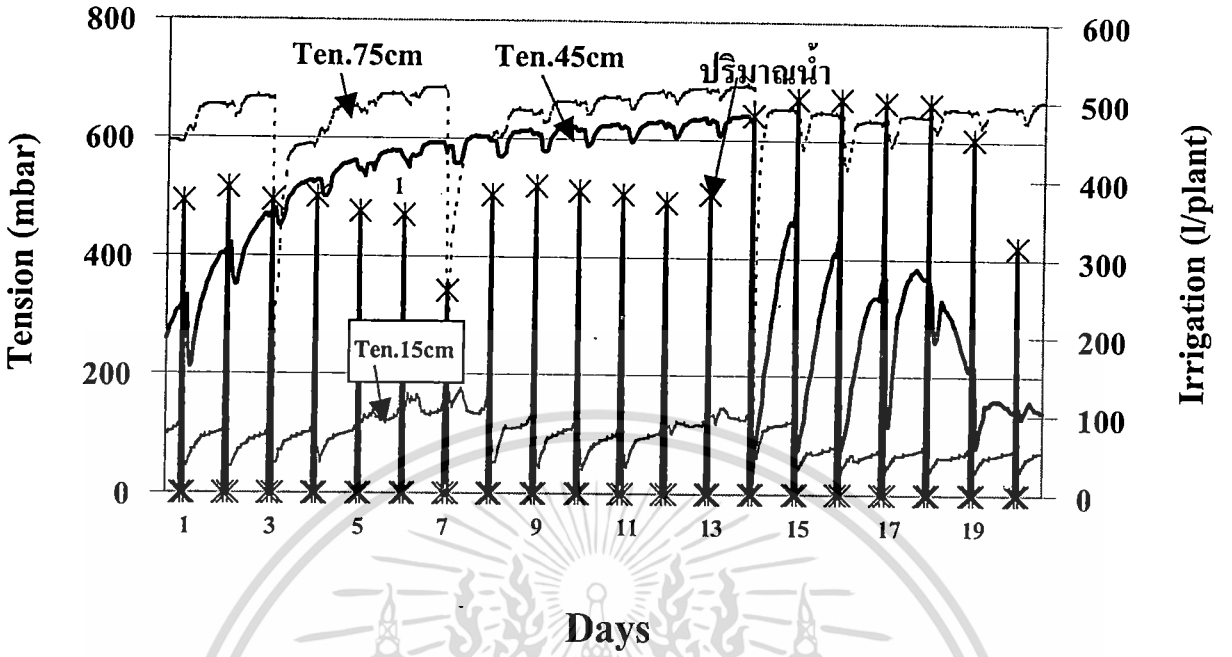
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ค่าที่ได้จากสถานีตรวจอากาศรายเดือน

	Avg-temp °C	Avg-RH %	Avg-Radia W/m^2	Avg-Wind Sp Km/hr	Avg- Rain mm/day	Avg.ETP mm/day	Total Rain Mm	Total.ETP mm
Jan-98	26.66	87.25	222.24	5.46	0.42	4.34	12.95	134.54
Feb-98	29.05	92.93	222.78	2.62	0.38	4.47	10.66	125.02
Mar-98	29.40	87.25	244.19	2.63	0.19	4.88	5.84	151.21
Apr-98	30.07	80.81	241.64	2.45	0.08	4.73	2.54	141.98
May-98	28.14	88.80	194.65	1.88	8.68	3.43	268.98	106.41
Jun-98	27.31	91.88	147.14	1.52	15.08	2.39	452.35	71.55
Jul-98	28.36	95.58	189.01	0.69	8.14	3.09	252.22	95.94
Aug-98	27.94	91.04	169.52	0.65	8.85	2.93	274.32	90.94
Sep-98	27.25	91.75	144.93	0.63	8.80	2.61	263.90	78.29
Oct-98	27.46	90.89	167.19	0.55	2.11	3.11	65.27	96.56
Nov-98	26.95	89.84	168.60	0.64	0.93	3.12	27.94	93.51
Dec-98	25.77	83.62	186.29	0.76	0.32	3.36	9.91	104.16
Jan-99	26.22	82.88	202.16	0.71	0.04	3.57	1.27	110.81
Feb-99	26.63	82.99	215.96	0.73	0.48	3.99	13.46	111.65
Mar-99	27.91	89.64	227.16	0.80	2.92	4.27	90.43	132.23
Apr-99	27.42	89.92	179.10	0.61	6.38	3.17	191.50	95.05

จากตารางที่ 2.2 เมื่อพิจารณาอัตราค่า Evapotranspiration (ETP) และปริมาณฝนที่ตก พบว่าค่า ETP มากกว่าปริมาณฝนที่ตกอยู่ในช่วงเดือน ตุลาคม ถึงเดือน เมษายน ซึ่งส่วนที่ขาดหายไปจำเป็นต้องได้จากน้ำชลประทาน และปริมาณฝนที่ตกในช่วงเดือน พฤษภาคมถึงเดือน ตุลาคมมีปริมาณสูงมากประมาณ 1577 มม.ซึ่งจะมีผลต่อความชื้นในดินที่สูงเกินไป มีผลต่อการเกิดโรคโคนเน่า จำเป็นต้องมีการระบายน้ำออกจากสวน ค่า ETP สูงสุดอยู่ในช่วงเดือน มีนาคม 4.88 มม.และต่ำสุดในช่วงเดือน กันยายน 2.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ของค่าที่อ่านได้จาก Tensiometer ที่ระดับ 15, 45, 75 ซม กับปริมาณการให้น้ำแก่ทุเรียน

การควบคุมการให้น้ำโดย Tensiometer

การควบคุมการให้น้ำในสวนทุเรียนที่ทำการทดลอง เนื่องจากสวนที่ทำการทดลองอยู่ไกลจากศูนย์วิจัยพืชสวนทำให้ไม่สามารถเข้าไปในสวนได้ทุกวัน ดังนั้นการควบคุมการให้น้ำจะเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยจะใช้ Tensiometer ร่วมกับเครื่องตั้งเวลา นักวิชาการเกษตรจะเข้าไปในแปลงทดลองทุกอาทิตย์เพื่อตั้งเวลาที่เครื่องตั้งเวลาและจะอ่านค่าจาก Tensiometer ที่ระดับต่างๆ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นในดินโดยเฉพาะที่ระดับความลึก 45 ซม ถ้าค่าที่อ่านได้มากกว่าค่าที่กำหนดไว้ก็จะเพิ่มปริมาณการให้น้ำในอาทิตย์นั้น ในทางกลับกันถ้าค่าที่อ่านได้ต่ำแสดงว่ามีน้ำส่วนเกินไหลลงสู่ดินล่างมากเกินไปก็จะลดปริมาณการให้น้ำ กล่าวคือ Tensiometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ประกอบในการพิจารณาการให้น้ำแต่ละครั้งว่ามากหรือน้อย เช่นกราฟรูปที่ 2.8 แสดงค่าที่บันทึกได้จากเครื่อง Data-logger เป็นค่าของ Tensiometer ที่อ่านได้ที่ระดับความลึก 15 , 45 , และ 75 ซม. และค่าปริมาณน้ำที่อ่านได้จากมาตรวัดน้ำข้อมูลเหล่านี้จะทำการวัดทุก 10 วินาที และหาค่าเฉลี่ยและบันทึกลงใน Datalogger ทุกๆชั่วโมง ส่วนค่าปริมาณน้ำที่ให้เป็นผลรวมของน้ำที่ให้ทั้งหมดในแต่ละวัน จากรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นผลของปริมาณน้ำที่ให้ต่อการเปลี่ยนค่าระดับความชื้นของดินเพื่อใช้กำหนดการให้น้ำ ในช่วงวันที่ 1 ถึง วันที่ 13 ปริมาณน้ำที่ให้ประมาณ 380 ลิตร/ต้น/วัน ค่า Tensiometer ที่ระดับ 15 ซม.จะไม่เพิ่มสูงขึ้นมากนักแสดงว่าระดับความชื้นที่ผิวดิน (0-30 ซม) มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก แต่ค่า Tensiometer ที่ระดับความลึก 45 และ 75 ซม มีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ แสดงว่าน้ำที่ให้ซึมลงในชั้นดินล่างน้อยมาก ดังนั้นในอาทิตย์ต่อมาได้เพิ่มปริมาณน้ำที่ให้ต่อวันเป็นประมาณ 500 ลิตร/ต้น/วัน ค่าที่อ่านได้จาก Tensiometer ที่ 45 ซม จะลดลงและค่าที่อ่านได้จะมีการตอบสนองต่อการให้น้ำทุกวันคือค่าที่อ่านได้จะลดลงหลังจากมีการให้น้ำ แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่ให้สามารถไหลลงสู่ดินที่ระดับความลึก 45 ซม แต่ Tensiometer ที่ระดับความลึก 75 ซม ค่าที่อ่านได้ไม่เปลี่ยนแสดงว่าน้ำที่ให้ไม่ได้ไหลเลยระดับรากพืช จากรูปจะมีบางช่วงที่ค่า Tensiometer ที่ระดับ 75 ซมลดลงอย่างมากเนื่องจากเมื่อดินแห้งมากๆจะมีอากาศแทรกตัวเข้าไปในเครื่อง Tensiometer เร็วมากดังนั้นต้องมีการเปิดจุกยางเติมน้ำให้เต็มเครื่องทำให้ค่าที่บันทึกได้ลดลง และนี่เป็นข้อจำกัดอันหนึ่งในการใช้ Tensiometer เมื่อดินแห้งมากๆ ส่วนเครื่อง Tensiometer ที่ระดับ 15 และ 45 ซม. การเติมน้ำจะนานมาก

จากกราฟแสดงให้เห็นความสำคัญที่ต้องใช้ Tensiometer สองระดับในการควบคุมการให้น้ำในสวนทุเรียน โดย ตัวบนจะบอกให้ทราบความถี่ในการให้น้ำและตัวล่างจะเป็นตัวควบคุมปริมาณน้ำที่ต้องให้

สรุป

ระบบควบคุมการให้น้ำแก่พืชที่ศึกษามี 2 ระบบ คือ

1.การควบคุมโดย Tensiometer ซึ่งเป็นระบบที่มีราคาถูกสามารถนำไปใช้โดยเกษตรกรทั่วไปได้ และปัจจุบันมีการผลิตเป็นการค้าโดยเอกชนที่มีราคาถูกทำให้การใช้เครื่องมือนี้สามารถใช้อย่างกว้างขวางมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าได้มีการอบรมการใช้แก่เกษตรกรอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งข้อดีของการใช้เครื่องมือนี้คือเกษตรกรสามารถทราบระดับความชื้นในดินในชั้นต่างๆได้อย่างสม่ำเสมอทำให้ทราบว่าขณะนั้นๆดินมีความชื้นอยู่มากหรือน้อยแค่ไหนสมควรจะให้น้ำหรือไม่และถ้าต้องให้น้ำจะต้องให้มากน้อยแค่ไหนโดยเสียค่าใช้จ่ายไม่มากนัก

2. ระบบควบคุมการให้น้ำโดยสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงเหมาะกับสวนขนาดใหญ่ หรือสถานีทดลองต่างๆ ระบบนี้สามารถเก็บข้อมูลสภาพภูมิอากาศและข้อมูลอื่นๆได้อย่างอัตโนมัติและต่อเนื่องสามารถเรียกข้อมูลต่างๆมาวิเคราะห์ได้ตลอดเวลา สามารถคำนวณค่าการใช้น้ำอ้างอิงของพืช (Evapotranspriration Etp) ได้อย่างอัตโนมัติ และสามารถใช้เป็นระบบควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติในสวนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การทดลองเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยทางดินกับให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การทดลองเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยทางดินกับให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

คำนำ

การให้ปุ๋ยในสวนผลไม้โดยทั่วๆไปจะให้ทางดินแบบหว่านรอบโคนต้น ซึ่งประสิทธิภาพของปุ๋ยจะต่ำ เนื่องจากเมื่อให้ปุ๋ยพืชยังไม่สามารถดูดใช้ได้ทันทีโดยปุ๋ยนี้จะต้องอยู่ในรูปสารละลายก่อน กล่าวคือในขณะนั้นดินต้องมีความชื้นเพียงพอหรือจะต้องมีการให้น้ำลงไปเพื่อละลายปุ๋ย และปุ๋ยที่ละลายออกในช่วงแรกๆจะมีความเข้มข้นสูงมากจนอาจเป็นอันตรายต่อรากพืช และจะถูกตรึงหรือเปลี่ยนรูปไปในรูปที่พืชใช้ไม่ได้ หรือถ้ามีการให้น้ำมากเกินไปปุ๋ยบางส่วนก็จะถูกชะล้างลงไปสู่ดิรล่างพืชไม่สามารถใช้ปุ๋ยส่วนนี้ได้ ทำให้ประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยแบบนี้ต่ำ และการดูดใช้ของพืชจะไม่สม่ำเสมอคือบางช่วงจะมีปุ๋ยมากเกินไปและบางช่วงปริมาณปุ๋ยน้อยเกินไป

ระบบการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (Fertigation) เป็นวิธีการให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดวิธีการหนึ่ง โดยการละลายปุ๋ยให้อยู่ในรูปสารละลายและให้ไปพร้อมกับน้ำชลประทาน ดั้งนั้นเมื่อพืชดูดน้ำไปใช้ก็จะดูดปุ๋ยไปใช้ด้วย โอกาศที่ปุ๋ยจะทำปฏิกริยากับดินก็น้อยลง และความเข้มข้นปุ๋ยในระบบน้ำก็สามารถควบคุมให้อยู่ในระดับที่พอดีกับความต้องการของพืชได้ โดยเฉพาะเมื่อมีการควบคุมการให้น้ำที่ดีก็จะลดการชะล้างของปุ๋ยไปได้ ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงทำการทดสอบระบบให้ปุ๋ยกับดินและให้ปุ๋ยกับระบบน้ำโดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยทางดินกับการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

เพื่อหาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมเพื่อใช้สำหรับปุ๋ยในระบบน้ำ

การตรวจเอกสาร

การให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ (Fertigation)เป็นเทคนิคที่พัฒนาสำหรับให้ปุ๋ยได้ตามความต้องการของพืช เป็นระบบที่ง่าย และมีประสิทธิภาพมากที่สุดระบบหนึ่ง (Papadopoulos และ Eliades 1987) พืชจะตอบสนองได้ดีกว่าการให้ปุ๋ยแบบหว่านหรือแบบตามร่อง ซึ่งจะเห็นว่าผลผลิตพืชจะพอๆ กันหรือสูงกว่า การใช้ปุ๋ยในระบบน้ำเพียง 50% เทียบกับการให้ทางดิน (Haynes 1985 ;Layne และคณะ 1996 ; Worley และคณะ 1995) จากการทดลองในส้ม Dasberg และคณะ (1988) พบว่า การให้ปุ๋ยกับส้มในอัตรา 160 กก/เฮกตาร์ ในระบบน้ำจะให้ผลผลิตสูงกว่าการให้ทางดิน นอกจากนี้ ปัญจพร และคณะ (2540ก) ได้ทดลองใส่ปุ๋ยในระบบน้ำให้กับมังคุด อัตรา 12.5%, 25%, 50% เทียบกับการให้ปุ๋ยทางดิน พบว่าผลผลิตมังคุดไม่แตกต่างกัน ส่วนในเงาะการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ อัตรา 25% และ 50% จะให้ผลผลิตสูงกว่าให้ทางดิน (ปัญจพร และคณะ 2540ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ปุ๋ยในอัตราสูงเกินไป ไม่มีผลเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชให้สูงขึ้น (Spiers 1996) นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยในอัตราสูง ทำให้เกิดการชะล้างปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรตมากตามไปด้วย (Syvertsen และ Smith 1996) และ Papadopoulos (1986) ยังพบว่า นอกจากจะมีการสูญเสียไนเตรตแล้ว ยังมีการสะสมไนโตรเจนที่ใบเพิ่มขึ้นด้วย

อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินงาน

อุปกรณ์

1. ต้นทุเรียนพันธุ์หมอนทองที่มีความสมบูรณ์สม่ำเสมอกัน อายุ 8 ปี จำนวน 64 ต้น (ระยะปลูก 10 X 10 ม. เท่ากับ 16 ต้น/ไร่)
2. อุปกรณ์การให้น้ำแบบ มินิสปริงเกอร์ (ปั๊มน้ำ ท่อส่งน้ำ หัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ อัตราไหล 80 ลิตร/ชม.)
3. อุปกรณ์ดูดจ่ายสารละลายปุ๋ย (Fertilizer injector pump) แบบ Suction Type รุ่น 4-01 ของบริษัทธิ Amiad ใช้แรงดันน้ำในการทำงาน อัตราจ่ายปุ๋ย 9 – 320 ลิตร/ชม. ที่ความดัน 0.5 – 8 bar
4. ปุ๋ยเคมีที่ละลายน้ำได้ง่าย เพื่อใช้เป็นแม่ปุ๋ย ได้แก่ ยูเรีย (46-0-0) โพแทสเซียมไนเตรต (13-0-46) โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (12-60-0) โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (0-52-34) โพแทสเซียมซัลเฟต (0-0-50)
5. อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ดินและพืช
6. อุปกรณ์วัดทรงพุ่มทุเรียน ได้แก่ ไม้เมตร เทปวัด
7. อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณและ คุณภาพผลผลิต ได้แก่ เครื่องชั่ง เวอร์เนีย เครื่องวัดความหวาน เป็นต้น

วิธีการ

ทำการทดลองในสวนทุเรียนของเกษตรกร อ.ขลุง จ.จันทบุรี ระหว่างเดือน มิถุนายน 2540 – มิถุนายน 2542 ในดินคล้ายชุดดินทุ่งหว้าที่มีสีเทาในดินล่าง (Tg-gray substratum variant) เนื้อดินบน เป็นดินร่วนปนทราย (Coarse-loamy , siliceous ,isohyperthermic Oxic Dystropepts)

1. วางแผนการทดลองแบบ Randomize complete block จำนวน 4 ซ้ำ 4 กรรมวิธี โดยใช้ทุเรียน 4 ต้น ในแต่ละกรรมวิธี
2. กรรมวิธีทดลอง แสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 กรรมวิธีทดลอง

กรรมวิธีทดลอง	ปริมาณธาตุอาหาร $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ (กก) ต่อต้นต่อปี	สูตรปุ๋ย $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$	อัตรา (กก)	ระยะเวลาการใส่ปุ๋ย
T1.ปุ๋ยเคมีทางดิน (100%)	1.07-1.42-2.72	15-15-15	2.0	หลังเก็บเกี่ยว
		8-24-24	2.0	ก่อนออกดอก
		12-12-17+2Mg	2.0	ช่วงติดผล
		0-0-50	2.0	ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน
		รวม	8	(ใส่ เดือนละครั้ง)
T2.ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ (30%)	0.321-0.426-0.816	15-15-15	0.6	หลังเก็บเกี่ยว
		8-24-24	0.6	ก่อนออกดอก
		12-12-17+2Mg	0.6	ช่วงติดผล
		0-0-50	0.6	ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน
		รวม	2.4	(ใส่ อาทิตย์ละ3ครั้ง)
T3.ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ (50%)	0.535-0.710-1.360	15-15-15	1.0	หลังเก็บเกี่ยว
		8-24-24	1.0	ก่อนออกดอก
		12-12-17+2Mg	1.0	ช่วงติดผล
		0-0-50	1.0	ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน
		รวม	4	(ใส่อาทิตย์ละ3ครั้ง)
T4.ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ (70%)	0.749-0.994-1.904	15-15-15	1.4	หลังเก็บเกี่ยว
		8-24-24	1.4	ก่อนออกดอก
		12-12-17+2Mg	1.4	ช่วงติดผล
		0-0-50	1.4	ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน
		รวม	5.6	(ใส่อาทิตย์ละ3ครั้ง)

แม่ปุ๋ยที่ใช้ผสมได้แก่

ยูเรีย (46-0-0)

โพแทสเซียมไนเตรต (13-0-46)

โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (12-60-0)

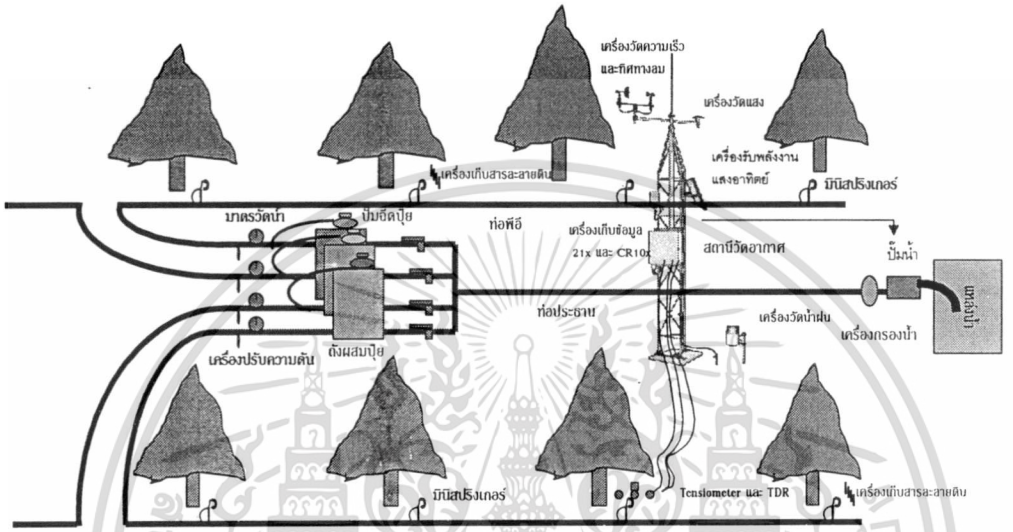
โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (0-52-34)

โพแทสเซียมซัลเฟต (0-0-50)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมกนีเซียมไนเตรท (11-0-0+16MgO)

ปุ๋ยเคมีที่ใช้ทั้งให้ทางดินและให้พร้อมระบบน้ำจะใช้ปุ๋ยชนิดเดียวกัน การให้ปุ๋ยทางดินจะผสมปุ๋ยและหว่านให้ทางดินให้ทั่วภายในทรงพุ่มเดือนละครั้ง ส่วนการให้ทางระบบน้ำจะละลายปุ๋ยตามกรรมวิธีการทดลองและละลายปุ๋ยในถังขนาด 200 ลิตรโดยปุ๋ยนี้จะถูกปั๊มเข้าในระบบให้น้ำหมดในเวลา 3 วัน และทำการผสมปุ๋ยใหม่ทุกอาทิตย์



รูปที่ 3.1 แผนผังระบบการให้น้ำและปุ๋ยในสวนทดลอง

3. ติดตั้งระบบการให้น้ำและปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.1 การทดลองให้ปุ๋ยในระบบ Fertigation ต้องคำนึงถึงความสม่ำเสมอในการแพร่กระจายปุ๋ยให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด ดั้งนั้นในการทดลองครั้งนี้ ท่อ PE ที่นำน้ำจากตัวปรับความดันไปยังต้นทุเรียนทุกต้นจะมีความยาวเท่ากันหมดโดยต้นที่อยู่ใกล้จะม้วนท่อ PE ไว้ ดังนั้นความดันสูญเสียในแต่ละต้นจะเท่ากันนอกจากนี้ทุก Treatments จะมีการติดตั้ง Pressure Regulator และมาตรวัดน้ำไว้ด้วยเพื่อคอยตรวจสอบอัตราไหลของน้ำและปุ๋ยที่ให้ในระบบให้ถูกต้องมากที่สุด องค์ประกอบระบบการให้น้ำแสดงในภาพที่ 1

4. ติดตั้ง เครื่อง Tensiometer ที่ระดับความลึก 15, 45, 75 และ 105 ซม. เพื่อใช้วัดความชื้นของดินที่ระดับความลึกต่างๆ
5. ติดตั้งสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติและอุปกรณ์วัดต่างๆเพื่อเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง
6. ป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามความจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แสดงสถานีตรวจอากาศและระบบการให้ปุ๋ยในแปลงทดลอง

การเก็บข้อมูล

1.ประเมินความสมบูรณ์ของต้นจากขนาดทรงพุ่ม ใบ กิ่งก้าน ลำต้น และการเข้าทำลายของโรคแมลง

2.ค่าวิเคราะห์ดินก่อนเริ่มการทดลองเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างๆ เพื่อวิเคราะห์คุณ-สมบัติทางฟิสิกส์ของดินได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) และ ชนิดของเนื้อดิน (texture) ปริมาณน้ำในดิน ที่ระดับความดันต่างๆ โดยใช้เครื่อง pressure plate และทำการเก็บตัวอย่างดินรอบๆ ชายพุ่มต้นทุเรียนทดลอง ก่อนการทดลองและหลังการทดลองแต่ละปี ต้นละ 3 จุด โดยใช้เครื่องมือเจาะดิน แยกดินตามความลึก 0-15 ซม. 15-30 ซม.และ 30-60 ซม.และ 60-90 ซม. ผึ่งลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้แห้งก่อนนำไปบด แยกขนาดเม็ดดินเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน ได้แก่ K Ca Mg โดยการสกัดด้วย 1N NH_4OAC (pH =7) แล้วนำไปวัดด้วย Atomic absorption spectrophotometry สำหรับ Available P จะสกัดด้วย น้ำยา Bray No. 2 ส่วน pH วัดจากสัดส่วนดิน : น้ำ 1:1 ค่าวิเคราะห์ดินแสดงในตารางที่ 3.2

3.ค่าวิเคราะห์ใบทำการเก็บตัวอย่างใบทุเรียนก่อนการทดลองและหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทุกๆ ปี โดยเลือกเก็บใบที่ความสูงประมาณกึ่งกลางทรงพุ่ม ตำแหน่งใบที่ 3 ของช่อใบ อายุใบเพสลาดหรือประมาณ 30 วัน หลังจากแตกใบอ่อน จำนวนต้นละ 20 ใบ (จิรพงษ์, 2536) ล้างด้วยน้ำกลั่น ผึ่งให้แห้งอบด้วยความร้อน 70 °C นานประมาณ 24 ชม. บดให้ละเอียดนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช N P K Ca Mg ตามวิธีวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช

4.ตรวจสอบปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบทุเรียน โดยสุ่มเก็บใบทุเรียนจากรอบทรงพุ่ม ตำแหน่งใบที่ 3 อายุใบประมาณ 60 วัน หลังจากแตกใบอ่อน จำนวนต้นละ 20 ใบ นำมาล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง เจาะใบบริเวณเนื้อใบ นำมาหั่นให้ละเอียดเพื่อเตรียมการสกัดคลอโรฟิลล์ โดยวิธีประยุกต์ของ Arnon, (1949) ซึ่งทำการสกัดคลอโรฟิลล์จากใบด้วยสาร Acetone นำไปบดละเอียดด้วย Ultraturrex และปั่นเหวี่ยง โดยใช้เครื่อง Centrifuge 3,000 รอบนาน 15 นาที แล้วจึงนำสารสกัดไปอ่านค่า absorbance ที่ 645 nm. และ 663 nm. จากเครื่อง spectophotometer. นำมาคำนวณหาปริมาณความ เข้มข้นของคลอโรฟิลล์ จากสูตร

$$C = 20.2\ D645 + 8.02\ D663$$

เมื่อ D645 และ D663 ได้จากค่า absorbance ที่ 645 และ 663 nm. ตามลำดับ

5.วัดการเจริญเติบโตของลำต้นจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้น โดยทำเครื่องหมายที่โคนต้นทุเรียนระดับความสูงจากพื้นดิน 30 ซม. เท่ากันทุกต้น วัดความยาวเส้นรอบวงลำต้นทุเรียนก่อนการทดลองและหลังการทดลองทุกๆ 4 เดือน นำไปคำนวณหาขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นทุเรียน

6.ประเมินปริมาณการออกดอกของทุเรียนทดลอง โดยทำการสุ่มนับค่าเฉลี่ยจำนวนดอกต่อช่อขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ อย่างละ 10 ช่อ/ต้น ตั้งแต่ระยะดอกตูม (หรือระยะขนาดมะเขือพวง) และนับจำนวนช่อดอกขนาดต่างๆ เพื่อนำมาคำนวณหาจำนวนดอกทุเรียนต่อต้นอีกครั้ง

7.ประเมินการติดผลทุเรียน โดยสุ่มติดป้ายดอกที่เริ่มบานจำนวน 50 ดอกต่อต้น และนับจำนวนการติดผลหลังดอกบานประมาณ 10-15 วัน นำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การติดผล

8.ประเมินผลผลิตทุเรียน โดยการชั่งน้ำหนักผลทุเรียนทั้งต้น ทุกหน่วยทดลอง

9.ตรวจสอบคุณภาพผลผลิตทุเรียน โดยสุ่มตรวจคุณภาพจากผลทุเรียน จำนวน 5 ผลต่อต้น นำมาวัดขนาดผล น้ำหนักผล ความหนาเปลือก ความหนาเนื้อ น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเมล็ด สัดส่วนที่บริโภคได้ เปรียบเทียบลักษณะการบริโภคโดยใช้การชิม เช่น ความเหนียวเนื้อ ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หวาน ความละเอียดของเนื้อ ความนิยมของผู้บริโภค พร้อมทั้งตรวจสอบตำหนิจากการเข้าทำลายของโรค-แมลงและอาการผิดปกติต่างๆ

ผลงานทดลอง

1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดิน

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าวิเคราะห์ดินที่ทำการทดลอง จากตารางแสดงให้เห็นว่าดินที่ใช้ในการทดลอง เป็นดินเนื้อหยาบ ปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เป็นดินที่ต้องมีการจัดการเกี่ยวกับธาตุอาหารในดินและความชื้นในดินอย่างดี

ตารางที่ 3.2 ค่าวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง

	0-30 cm	30-60 cm
Texture	Loamy sand	Sandy loam
PH	5.06	4.94
EC 1:5 μS/cm	17.05	13.1
OM %	1.82	1.1
P (ppm)	36.0	21.0
K(ppm)	31.2	31.0
Ca(c mole/kg)	0.17	0.21
Mg(c mole/kg)	0.06	0.04
CEC(meq/100)	4.87	5.51
Bulk density	1.63	1.53

% Moisture Content by Vol.

	0-30 cm	30-60 cm
.1 bar	17.96	17.98
.33 bar	11.53	13.91
1.0 bar	7.30	10.76
2.5 bar	5.66	8.49
6 bar	4.65	8.28
15 bar	4.60	7.96
AWC	13.36	10.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 ผลต่อ pH ของดิน

จากกราฟรูปที่ 3.2 ดินก่อนเริ่มการทดลองจะมี pH เป็นกรด pH ประมาณ 4.7-4.9 ดังนั้นได้มีการใส่ปูน Dolomite เพื่อปรับค่า pH และเพิ่มปริมาณธาตุ Ca และ Mg ให้กับดิน ค่า pH ดินบน (0-15 ซม.) จะเพิ่มเป็น 5.2-5.4 ส่วนดินล่าง (15-60 ซม.) จะมีการเปลี่ยนค่าไม่มากนัก แสดงให้เห็นว่าผลของปูนจะมีเฉพาะที่ผิวดินเท่านั้น เนื่องจากการใส่ปูนในไม้ผลจะโรยที่ผิวดินรอบๆโคนต้นไม่สามารถคลุกปูนลงในดินได้ และมีการใส่ปูนขาวครั้งที่สองในเดือนมิถุนายน (เดือนที่ 12) ซึ่งผลของปูนมีผลเพิ่มค่า pH ของดินโดยเฉพาะ T2 และ T3 pH สูงขึ้นเมื่อเวลานานขึ้น ส่วน T1 และ T3 การเพิ่มขึ้นของ pH จะน้อยกว่าเนื่องจากมีการใส่ปุ๋ยเป็นปริมาณสูงซึ่งปุ๋ยเคมีที่ใส่จะทำให้ดินเป็นกรดโดยเฉพาะปุ๋ย Ammonium และ Urea ซึ่งมีอยู่ในปุ๋ยที่ใช้ด้วยทำให้ผลของปูนที่ใส่น้อยกวาตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยอัตราต่ำ และเมื่อเวลานานขึ้น (22 เดือน) ปูนจะมีผลเพิ่มค่า pH ของดินล่าง (15-30 ซม)

1.2 ผลต่อปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดิน

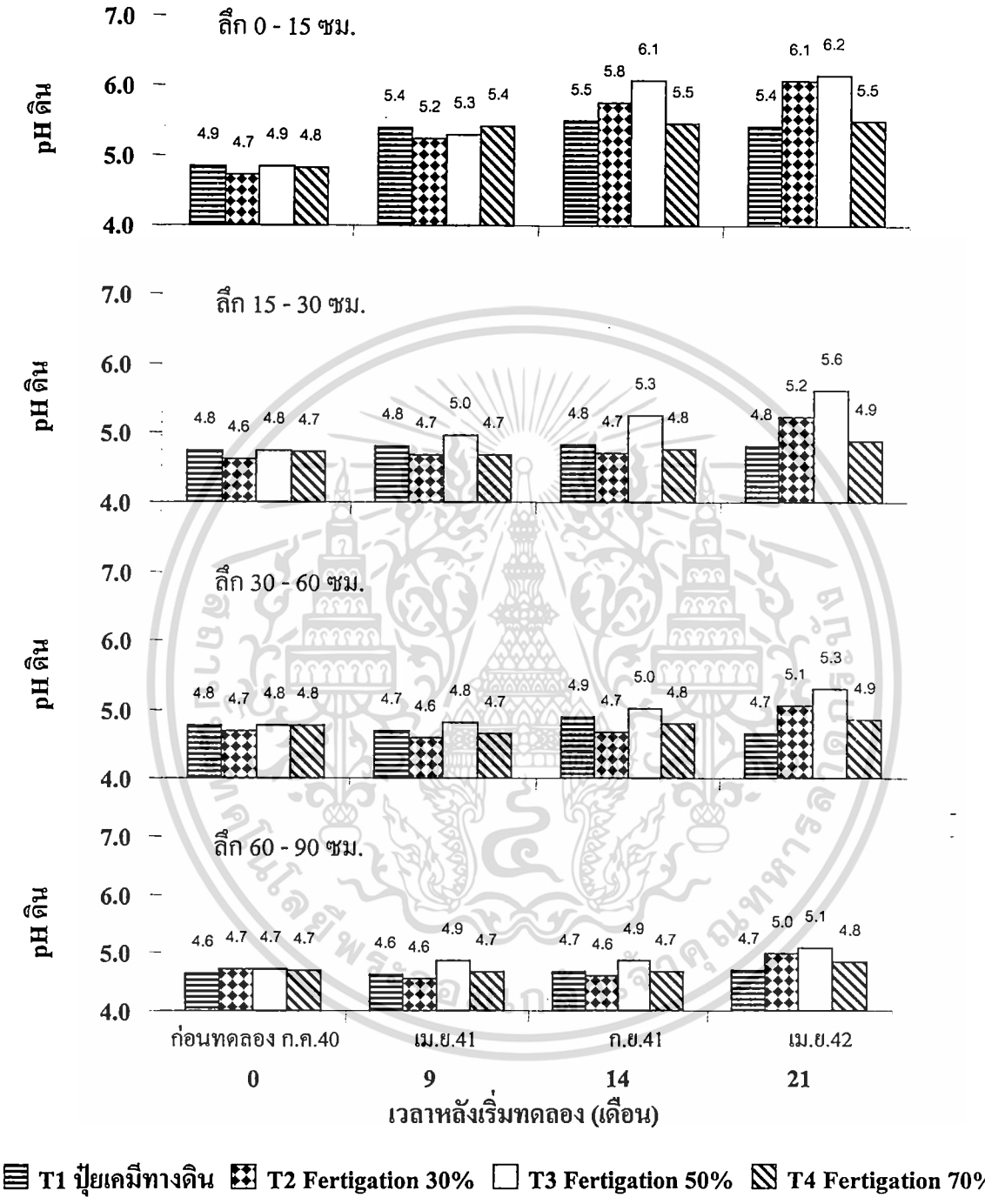
ปริมาณ P ในดิน (แสดงในรูปที่ 3.3) จะมีการสะสมอย่างเด่นชัด การสะสมจะมากขึ้นเมื่ออัตราการใส่มากขึ้น และเมื่อเวลานานเข้าการสะสมก็จะมากขึ้นด้วย ดินก่อนเริ่มการทดลองมีปริมาณ P ประมาณ 47-53 ppm และเพิ่มขึ้นเป็น 324 ppm ในตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยทางดิน 100 % ในเดือนที่ 22 หลังการทดลอง ถึงแม้ในตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยน้อยที่สุด (30 %ของการใส่ทางดิน) ก็พบการสะสม P อย่างเด่นชัดโดยเพิ่มขึ้นเป็น 180 ppm ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูงมากของค่าวิเคราะห์ P ในดิน (ค่าที่ถือว่าดินมีปริมาณ P ที่สูงและพอเพียงสำหรับพืชอยู่ในช่วง 40 ppm) เมื่อพิจารณาตามความลึกของดินจะพบการสะสม P ในดินล่างที่ระดับความลึก 15-30 ซม.อย่างเด่นชัดและลักษณะการสะสมจะเหมือนกับในดินบนแต่ปริมาณน้อยกว่า และการสะสมจะลงลึกถึงระดับ 30-60 ซม แต่มีปริมาณน้อยมาก แต่เมื่อลึกเกิน 60 ซมจะไม่มีการเคลื่อนที่ของ P ลงในดินล่างเลย

โดยสรุปแล้ว P จะมีการเคลื่อนย้ายอยู่ในช่วง 0-30 ซม.เท่านั้น การสูญเสีย P โดยการชะล้างจะมีน้อยมากถึงแม้จะมีการใส่ปุ๋ยในอัตราสูงที่สุด และจากค่าวิเคราะห์ดินดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอัตราการใส่ปุ๋ย P ที่ใช้อยู่ในอัตราที่สูงเกินไปทำให้ P ส่วนใหญ่ถูกตรึงอยู่ในดินพืชใช้ไม่หมดและสะสมตกค้างอยู่ในดิน ดังนั้นอัตรา P ที่แนะนำให้ใช้ควรอยู่ที่ ประมาณ 30-50% ของที่ใส่ทางดิน ซึ่งจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำลงได้มากเนื่องจากปุ๋ย P เป็นปุ๋ยทางระบบน้ำที่มีราคาแพงที่สุด

1.3 ผลต่อปริมาณธาตุ โปแตสเซี่ยม ในดิน

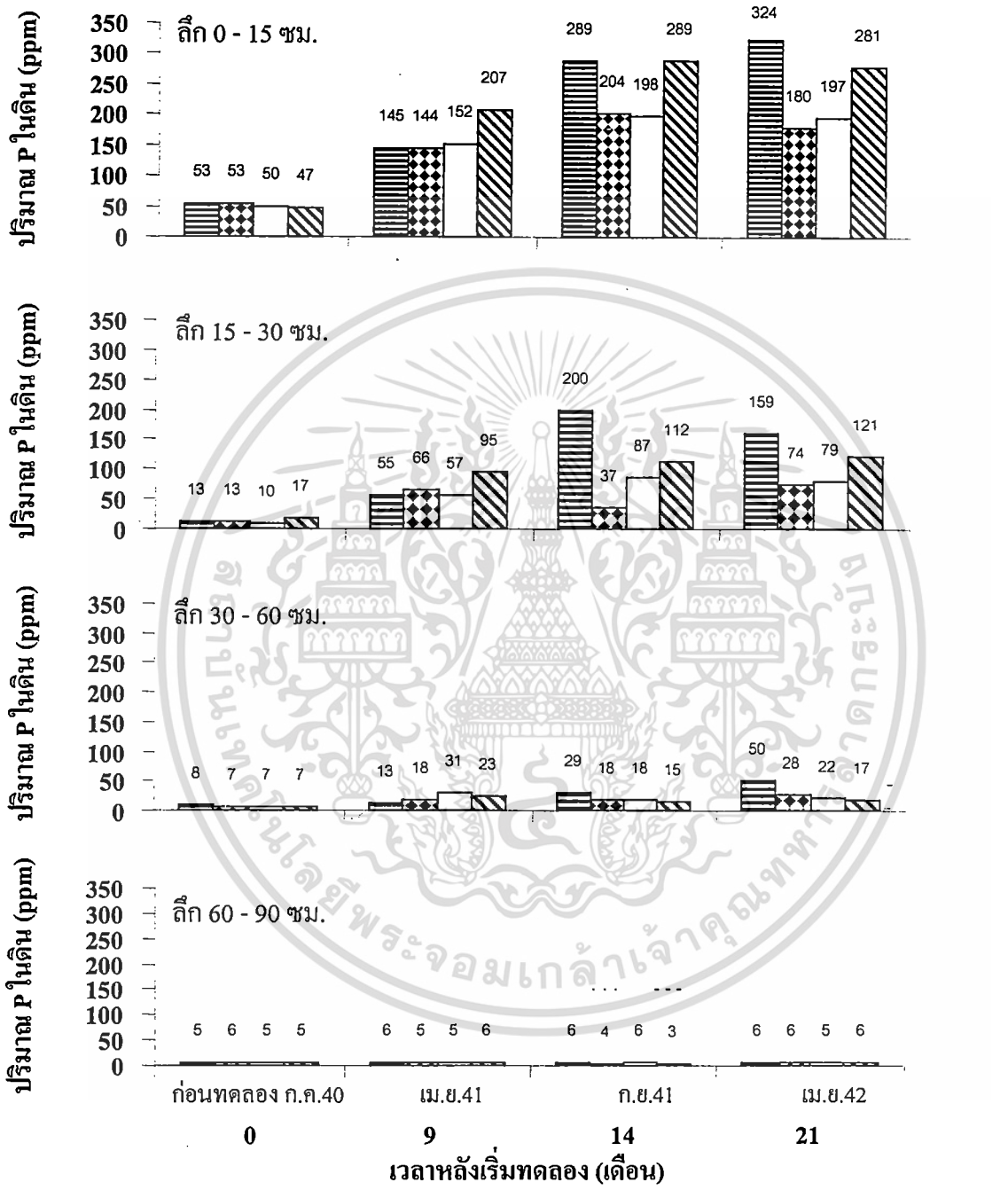
การเปลี่ยนแปลงของ K แสดงในรูปที่ 3.4 แสดงให้เห็นว่าในดินบนจะมีการเปลี่ยนไม่มากนัก ถึงแม้ว่าอัตราการใส่ K จะต่างกัน หรือระยะเวลาที่ใส่ปุ๋ยจะนานขึ้น ยกเว้นในช่วง 10 เดือนแรกซึ่งค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



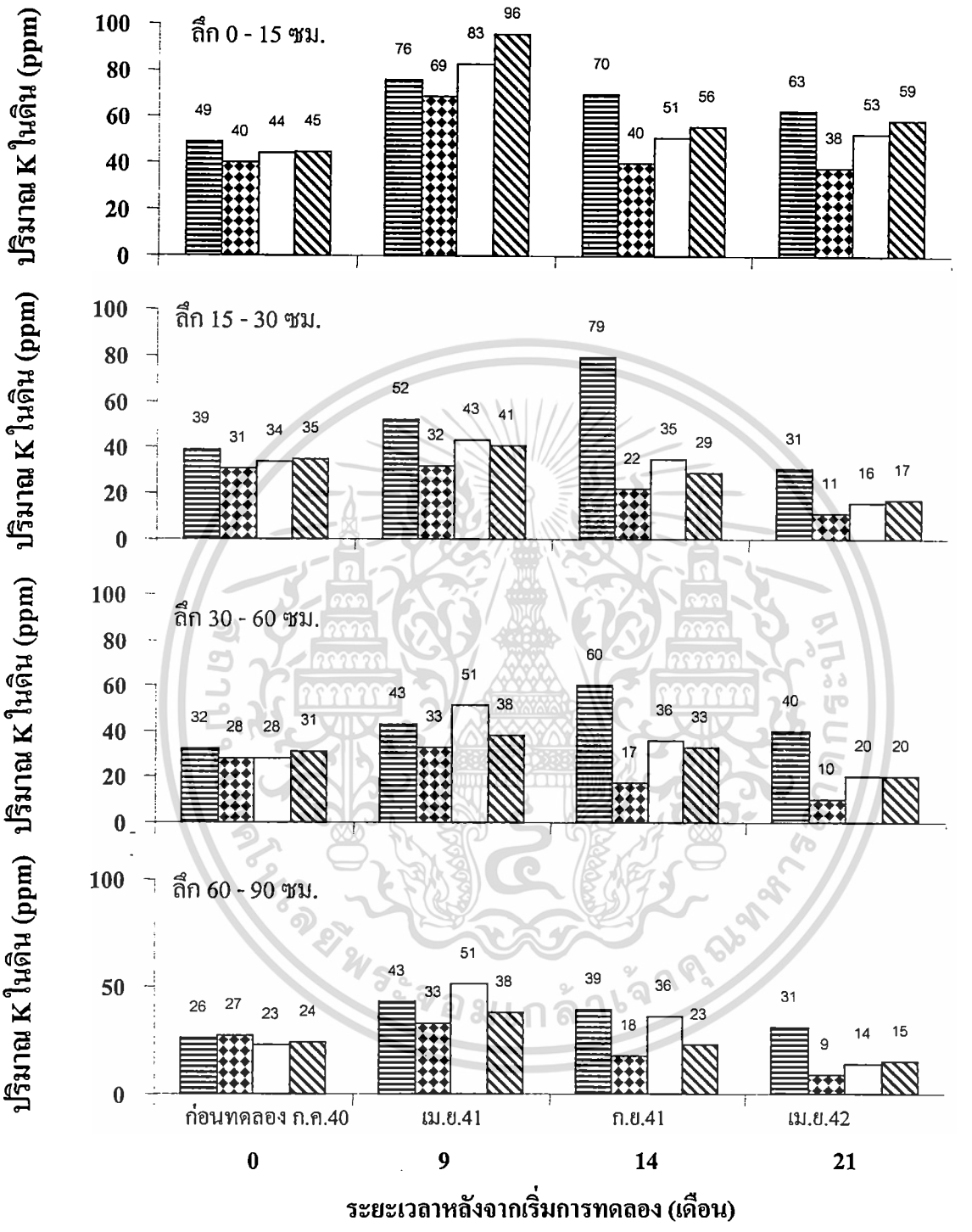
รูปที่ 3.3 ค่า pH ดินที่ความลึกต่างๆหลังจากเริ่มการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ปริมาณ P ใน ดินที่ความลึกต่างๆหลังจากเริ่มการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ปริมาณ K ใน ดินที่ความลึกต่างๆหลังจากเริ่มการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ K ที่ผิวดินจะสูงกว่าช่วงอื่นๆ เนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้งและในปีนั้นปริมาณฝนตกน้อยดังนั้น การชะล้างจะมีน้อย ส่วนในช่วงอื่น K จะมีการสะสมในดินบนไม่มากนักเนื่องจาก K สามารถเคลื่อนย้ายลงสูดินลางไปกับฝนและน้ำชลประทานได้ดีกว่า P

และเมื่อพิจารณาตามความลึก การใส่ปุ๋ยทางดินจะมีการสะสม K ในดินล่างมากกว่าการใส่ปุ๋ยทางน้ำ จะเห็นได้ชัดที่ระดับความลึก 15-30 ซม.ที่ 15 เดือนปริมาณ K ที่ให้ปุ๋ยทางดินจะมีถึง 79 ppm ขณะที่การให้ทางน้ำมีสูงสุดที่ 35 ppm และที่ระดับความลึก 30-60 ซม. ที่ 15 เดือนการให้ทางดินก็มีปริมาณ K สูงที่สุด และที่ระดับความลึก 60-90 ซม ปริมาณ K จะไม่แตกต่างกัน จากกราฟนี้แสดงให้เห็นว่า K มีแนวโน้มที่จะถูกชะล้างลงดินล่างและสูญหายไปจากดินได้มากกว่า P มาก โดยเฉพาะที่ใส่ให้ทางดิน และการชะล้างนี้จะมีสูงมากในช่วงเปลี่ยนจากฤดูแล้ง (10 เดือน คือเดือนเมษายน) เป็นฤดูฝน (15 เดือน คือเดือน กันยายน) เนื่องจากในฤดูแล้งสามารถควบคุมปริมาณการให้น้ำได้อย่างพอเหมาะไม่มีน้ำส่วนเกินที่จะชะปุ๋ย K ลงสู่ดินล่าง แต่เมื่อเข้าฤดูฝนจะมีการชะล้างปุ๋ยโดยน้ำฝน และการชะล้าง จะมีมากถ้าให้ปุ๋ยทางดิน เนื่องจากการให้ปุ๋ยทางดินจะให้ครั้งละมากๆ จึงมีความเข้มข้นสูงการชะล้างก็จะสูงด้วย ส่วนการให้ในระบบน้ำ ความเข้มข้นที่ให้จะต่ำและสม่ำเสมอความเข้มข้นในดินจึงต่ำการชะล้างน้อย และการดูดใช้ของพืชจะสม่ำเสมอและดูดใช้ได้มากกว่าการให้ทางดินจึงมีเหลือตกค้างในดินน้อยกว่า

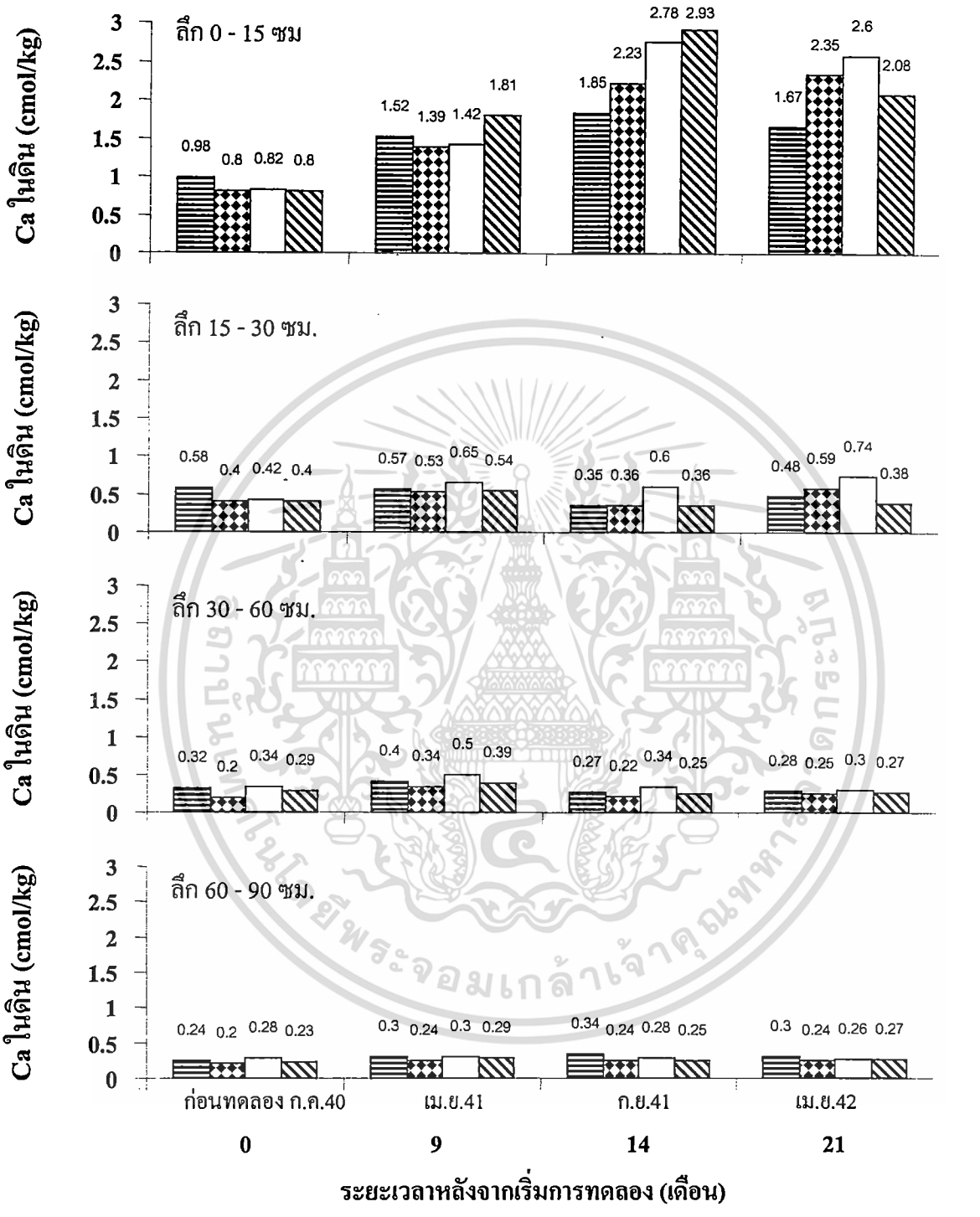
1.4 ผลต่อปริมาณธาตุแคลเซียม และ แมกนีเซียมในดิน

ค่าวิเคราะห์ของ Ca และ Mg แสดงในรูปที่ 3.5 จะมีลักษณะคล้ายๆกันกล่าวคือหลังจากการทดลองปริมาณ Ca และ Mg จะมีมากกว่าการทดลองในทุกตำรับการทดลองเนื่องจากการใส่ปูนลงในดินเพื่อปรับค่า pH ของดิน โดยครั้งแรกเมื่อเริ่มการทดลองมีการใส่ปูน Dolomite อัตรา 2 กก./ต้น ดังนั้นหลังจากเดือนที่ 10 ปริมาณ Ca และ Mg จะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด หลังจากนั้นปริมาณ Mg ค่อนข้างจะคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง ส่วน Ca มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมีการใส่ปูนขาวเพื่อปรับปรุงดิน และผลของปูนที่ใส่จะมีผลอยู่ที่ผิวดิน (0-15 ซม) ในดินล่าง (15-90 ซม.)ปริมาณ Ca และ Mg ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลของการใส่ปูนในไม้ผลจะมีผลอยู่บริเวณผิวดินเป็นส่วนใหญ่ การเคลื่อนที่ของ Ca และ Mg ลงสู่ดินล่างจากการชะล้างมีน้อยมากเนื่องจากการใสปูนในไม้ผลไม่สามารถคลุดลงในดินล่างได้ ดังนั้นการใส่ปูนในไม่ผลอาจต้องมีการใส่เป็นประจำทุกปีโดยดูจากค่า pH ของดิน

2.การเจริญเติบโตของทุเรียน

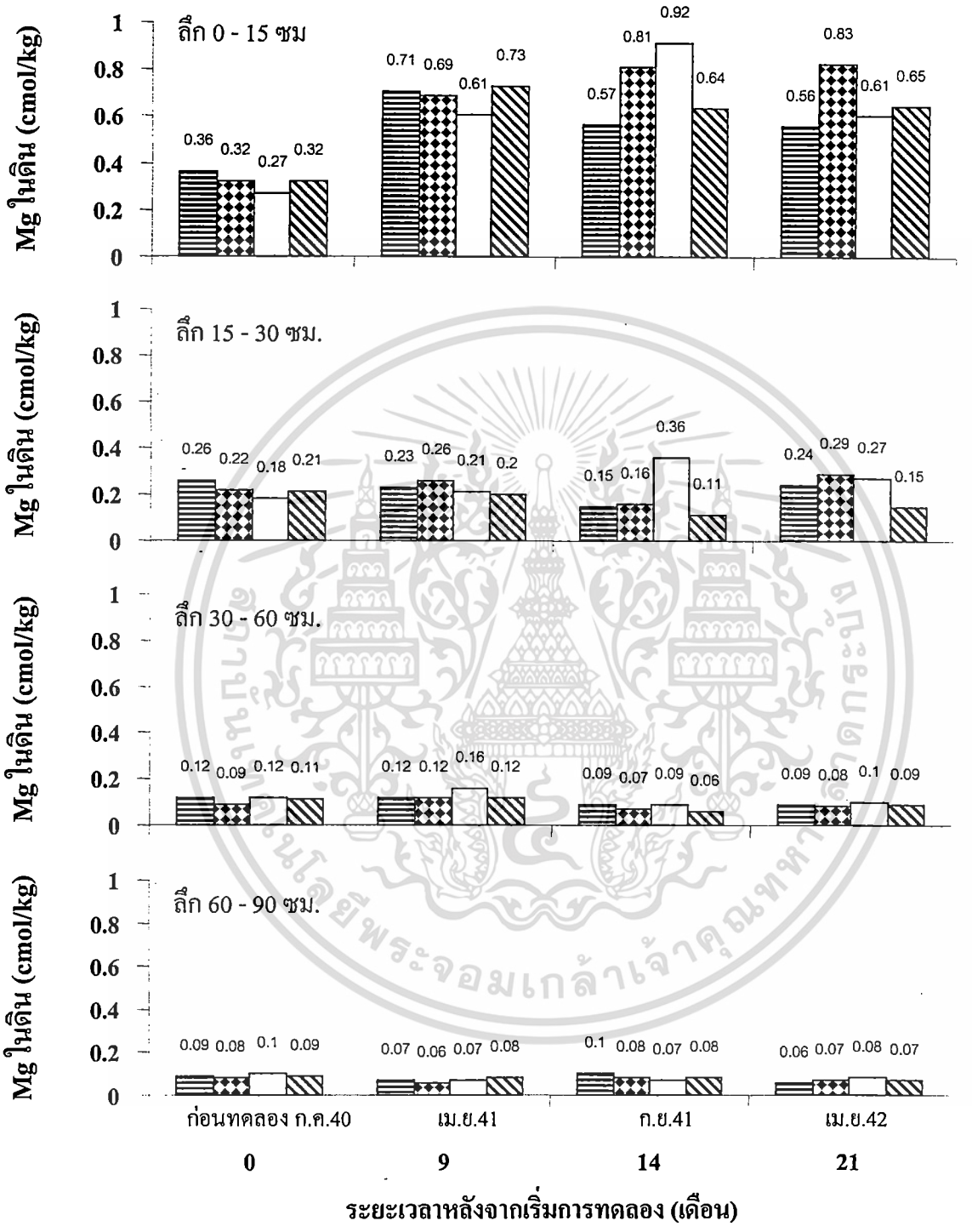
จากการให้ปุ๋ยเคมีแบบหว่านทางดินและการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 30% , 50%, และ 70% ของอัตราทางดิน รวม 4 กรรมวิธีทดลองนั้น พบว่าต้นทุเรียนมีการเจริญเติบโตทั่วไปไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ปริมาณ Ca ใน ดินที่ความลึกต่างๆหลังจากเริ่มการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ปริมาณ Mg ใน ดินที่ความลึกต่างๆหลังจากเริ่มการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น ความสมบูรณ์ต้น ขนาดทรงพุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะต้นทุเรียนทดลองมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว (อายุ 8-9 ปี) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นมักเปลี่ยนแปลงชัดเจนในช่วงการเจริญเติบโต 3-4 ปีแรก หลังจากนั้นมีการเจริญเติบโตค่อนข้างคงที่และอย่างช้าๆ

2.1 **การเจริญเติบโตทางต้นและใบ** ซึ่งแสดงในแง่การประเมินความสมบูรณ์ของต้น, ขนาดทรงพุ่มต้นทุเรียนหมอนทอง, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น, น้ำหนักแห้งใบทุเรียน (ตารางที่ 3.3-3.5) การเจริญเติบโตของพืชหลังการทดลองพืชจะมีการเจริญเติบโตมากขึ้น แต่เมื่อเทียบระหว่างวิธีการให้ปุ๋ยและอัตราการให้ปุ๋ยที่ต่างกันไม่พบความแตกต่างในแง่การเจริญเติบโตของพืช

ตารางที่ 3.3 ความสมบูรณ์ต้นทุเรียนหมอนทองก่อนการทดลองและหลังการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ

กรรมวิธีทดลอง	ความสมบูรณ์ต้นทุเรียน (%)			
	ก่อนการทดลอง (สค.40)	การทดลอง ปีที่ 1(กพ.41)	การทดลอง ปีที่ 2(มีค.42)	ความสมบูรณ์ที่เพิ่มขึ้น (%)
T_1 = ปุ๋ยเคมีทางดิน	74.38	70.62	76.87	3.35
T_2 = 30% ของอัตราทางดิน	71.00	69.37	71.87	1.22
T_3 = 50% ของอัตราทางดิน	74.25	71.87	78.75	6.06
T_4 = 70% ของอัตราทางดิน	71.88	70.62	80.62	12.16
CV. (%)	6.13	5.08	12.12	10.36
Statistical significant	NS	NS	NS	NS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ขนาดเส้นรอบวงลำต้นทุเรียนหมอนทองก่อนการทดลองและหลังการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ

กรรมวิธีทดลอง	ขนาดเส้นรอบวง (ซม.)			
	ก่อนการทดลอง (สค.40)	หลังการทดลอง ปีที่ 1(กพ.41)	หลังการทดลอง ปีที่ 1(สค.41)	หลังการทดลอง ปีที่ 2(มีค.42)
T_1 = ปุ๋ยเคมีทางดิน	72.61	75.55	80.01	86.24
T_2 = 30% ของอัตราทางดิน	78.62	81.17	86.34	91.50
T_3 = 50% ของอัตราทางดิน	72.59	75.47	79.56	84.58
T_4 = 70% ของอัตราทางดิน	73.10	75.62	80.96	86.16
CV. (%)	6.02	6.19	6.42	6.97
Statistical significant	NS	NS	NS	NS

ตารางที่ 3.5 น้ำหนักแห้งใบทุเรียนหมอนทองก่อนการทดลองและหลังการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ

กรรมวิธีทดลอง	น้ำหนักแห้งใบทุเรียน (กรัม)		
	ครั้งที่ 1 (สค.41)	ครั้งที่ 2 ปีที่ 1(พค. 41)	ครั้งที่ 3 ปีที่ 2(มี.ค.42)
T_1 = ปุ๋ยเคมีทางดิน	0.35	0.461	0.45
T_2 = 30% ของอัตราทางดิน	0.33	0.507	0.48
T_3 = 50% ของอัตราทางดิน	0.34	0.525	0.46
T_4 = 70% ของอัตราทางดิน	0.31	0.528	0.46
CV. (%)	11.87	10.22	9
Statistical significant	NS	NS	NS

อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ตัวอย่างใบทุเรียนหลังจากแตกใบอ่อน 45 วันในปีที่ 2 พบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นทุเรียนที่ทำการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน กับการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 50% และ 70% ของอัตราทางดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างจากอัตราการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3.6) ในทำนองเดียวกันจากการวัดความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบก็มีความแตกต่างเช่นเดียวกับปริมาณไนโตรเจนในใบ (ตารางที่ 3.6) จากการที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบพืชทดลองมีปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ มากขึ้นเป็นส่วนสำคัญในการบ่งบอกความสามารถในการสังเคราะห์แสง ประสิทธิภาพการสะสมอาหารของพืชที่มีต่อการส่งเสริมขบวนการภายในต่างๆของพืชได้ดีมากขึ้นด้วย (Leopold and kriedemann, 1985) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการใส่ปุ๋ยที่ 30 % ของทางดินเป็นอัตราที่ต่ำเกินไปทำให้พืชแสดงอาการขาดให้เห็นจากการที่ใบมีปริมาณ Chlorophyll น้อยลงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ

สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในใบพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติทุกกรรมวิธีทดลอง จากตารางที่ 3.6 จะเห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสในใบมีปริมาณน้อยมาก คือประมาณ 10 เท่า เมื่อเทียบกับ ไนโตรเจนและโพแตสเซี่ยม แสดงว่าความต้องการปริมาณฟอสฟอรัสในใบทุเรียนมีน้อยมาก เนื่องจากปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ให้ในทุกกรรมวิธีมีอัตราสูง จึงทำให้มีฟอสฟอรัสเหลือตกค้างในดินเป็นจำนวนมากและฟอสฟอรัสจะสูญเสียจากการชะล้างน้อยมาก ฉะนั้นเป็นไปได้ที่จะสามารถลดการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสกับทุเรียนลงได้ โดยเฉพาะปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ละลายได้ดีสำหรับเป็นปุ๋ยน้ำจะมีราคาสูงกว่าปุ๋ยไนโตรเจนและโพแตสเซี่ยม ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก

จากการวิเคราะห์ปริมาณโพแตสเซี่ยมในใบมีปริมาณสูงกว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แสดงว่าใบทุเรียนต้องการโพแตสเซี่ยมในปริมาณสูง แต่เนื่องจากมีการให้ปุ๋ยโพแตสเซี่ยมในอัตราสูง จึงทำให้ทุกกรรมวิธีทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการสูญเสียโพแตสเซี่ยมจากการชะล้างก็ไม่มากนัก ส่วนธาตุอื่นๆ ได้แก่ Ca , Mg ไม่มีความแตกต่างกันไม่ว่าอัตราการใส่ปุ๋ยที่ต่างกัน

ตารางที่ 3.6 ค่าวิเคราะห์ใบทุเรียนหมอนทอง หลังการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ (50 วันหลังแตกใบออก)ในปีที่2 สค.2541

กรรมวิธี	Chlorophyll	N %	P %	K %	Ca%	Mg%
	mg/g dry wt.	%	%	%	%	%
T_1 = ปุ๋ยเคมีทางดิน	3.104 b	1.93 b	0.19	2.33	0.72	0.41
T_2 = 30% ของอัตราทางดิน	2.628 a	1.78 a	0.19	2.13	0.80	0.46
T_3 = 50% ของอัตราทางดิน	3.012 b	1.86 b	0.21	2.39	0.76	0.46
T_4 = 70% ของอัตราทางดิน	3.230 b	1.89 b	0.18	2.25	0.76	0.42
cv.(%)	6.6	2.60	12.60	9.60	23.4	12.2
Statistical significant	*	*	NS	NS	NS	NS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

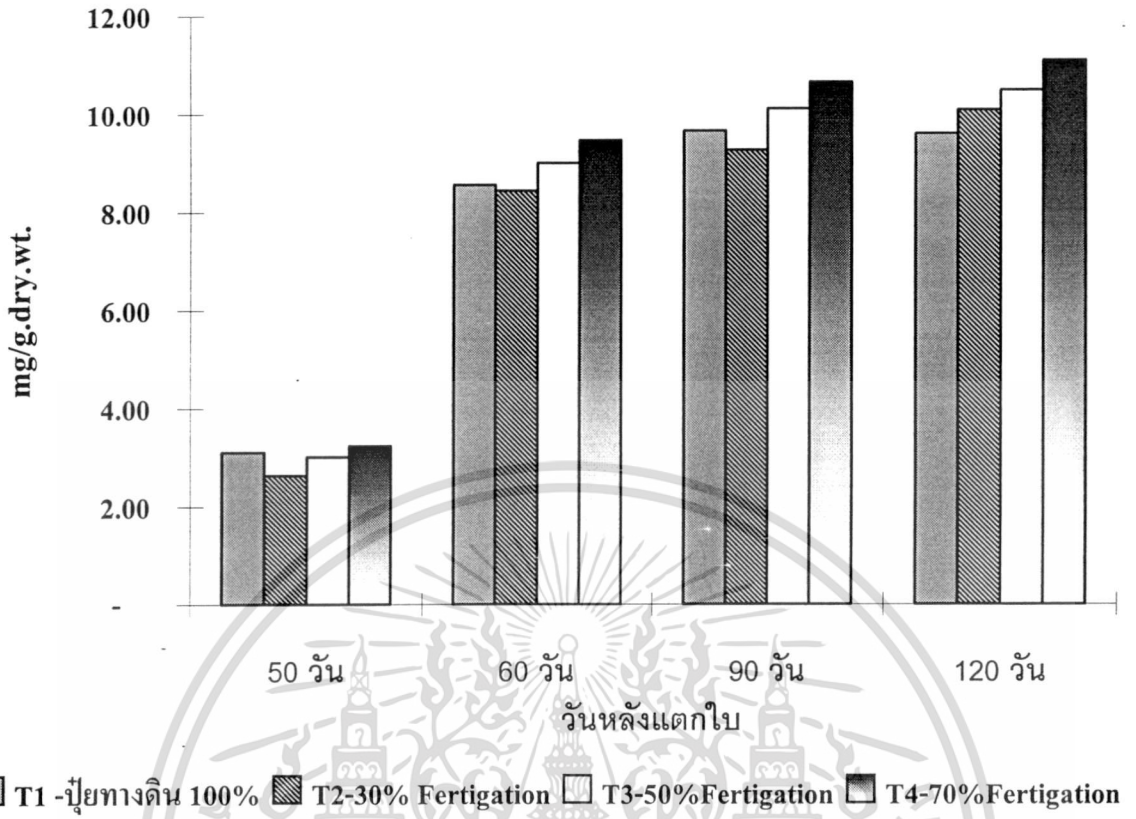
2.2 **ปริมาณคลอโรฟิลในใบ** (ตารางที่ 3.7 และ รูปที่ 3.8) ปริมาณคลอโรฟิลในใบจะพบความแตกต่างในตำรับการทดลองดังนี้ เมื่ออัตราการให้ปุ๋ยต่ำและการให้ทางดินจะมีปริมาณคลอโรฟิลต่ำ แต่เมื่อปริมาณปุ๋ยที่ให้มากขึ้นปริมาณ คลอโรฟิลก็จะมากขึ้นและจะมีความสัมพัธ์กับปริมาณ N ในใบอย่างเด่นชัด

ตารางที่ 3.7 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบทุเรียนหมอนทอง จากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ

กรรมวิธีการทดลอง	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบทุเรียน (กรัม/กรัมน้ำหนักใบแห้ง)			
	50 วัน หลัง[1/] แตกใบอ่อน	60 วัน หลัง[1/] แตกใบอ่อน	90 วัน หลัง แตกใบอ่อน	120 วัน หลัง[1/] แตกใบอ่อน
T_1 = ปุ๋ยเคมีทางดิน	3.104 [a]	8.573 [b]	9.670	9.622 [b]
T_2 = 30% ของอัตราทางดิน	2.628 [b]	8.453 [b]	9.285	10.098 [ab]
T_3 = 50% ของอัตราทางดิน	3.012 [a]	9.021 [ab]	10.116	10.503 [ab]
T_4 = 70% ของอัตราทางดิน	3.230 [a]	9.481 [a]	10.657	11.111 [a]
CV. (%)	6.60	4.8	10.10	6.10
Statistical significant	*	*	NS	*

1/ = ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแต่ละกรรมวิธี ไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ปริมาณ chlorophyll ในใบที่อายุใบต่างๆกัน

3 การเจริญเติบโตด้านผลผลิต

3.1 การออกดอกของทุเรียน

การออกดอกและการติดผลของทุเรียนมีความสำคัญต่อปริมาณผลผลิตที่ได้รับค่อนข้างมาก และเนื่องจากดอกทุเรียนมีข้อจำกัดในการผสมติด ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ การติดผลน้อยกว่าพืชทั่วไป ปริมาณการออกดอกของทุเรียนที่มากขึ้น จึงมีส่วนช่วยให้มีโอกาสได้รับผลผลิตมากขึ้น และเลือกตำแหน่งไว้ผลให้เหมาะสมมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ กัน 4 อัตรา ติดต่อกัน 2 ปี พบว่า ในปีแรกทุเรียนไม่ออกดอก เนื่องจากสภาพอากาศมีอุณหภูมิสูงผิดปกติ ไม่มีความหนาวเย็นเพียงพอ ทำให้ทุเรียนติดดอกออกผลน้อยมาก ทั่วทั้งบริเวณภาคตะวันออก โดยเฉพาะพันธุ์หมอนทอง ทำให้ไม่สามารถเก็บผลผลิตได้ สำหรับในปีที่ 2 ต้นทุเรียนทดลองมีปริมาณดอกต่อต้นแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นทุเรียนที่ได้รับปุ๋ยเคมีอัตราต่ำสุด คือ 30% ของอัตราทางดิน มีปริมาณดอกต่อต้นต่ำสุดด้วย (ดังแสดงในตารางที่ 3.8) ในขณะที่ต้นทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 100% และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำอัตรา 50 และ 70% ของอัตราทางดิน มีปริมาณดอกต่อต้นสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าต้นทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 50 และ 70% ของอัตราทางดิน มีแนวโน้มที่ให้ปริมาณดอกต่อต้นไม่แตกต่างจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน ทั้งที่ได้รับปุ๋ยเคมีปริมาณน้อยกว่า เนื่องจากประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำดีกว่า มีส่วนช่วยในการสะสมอาหารได้ดีมากขึ้น โดยเฉพาะทุเรียนเป็นไม้ผลอีกชนิดหนึ่งที่มีการออกดอกที่กิ่งก้านของลำต้น ซึ่งต้องการให้มีการสะสมอาหารข้ามฤดูที่มากเพียงพอต่อการแตกกิ่งและการออกดอกในฤดูถัดมาด้วย (Weinbaum et al., 1984)

เนื่องจากทุเรียนมีปริมาณดอกจำนวนมาก ทำให้มีผลเป็นจำนวนมากด้วย แต่การมีผลจำนวนมากไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้ทุเรียนมีผลผลิตสูงและมีคุณภาพตามต้องการ จึงต้องมีการตัดแต่งให้เหลือปริมาณผลต่อต้นที่พอเหมาะ ในกรณีต้นทดลองได้กำหนดให้มีจำนวนผลต่อต้นเฉลี่ย 50 ผล จึงทำให้จำนวนผลต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ผลผลิตและคุณภาพของผลทุเรียนที่ได้อาจแตกต่างกัน ขึ้นกับปริมาณปุ๋ยที่ได้รับในแต่ละกรรมวิธีทดลองว่าเพียงพอหรือไม่

ตารางที่ 3.8 ปริมาณดอกทุเรียนจำนวนผลต่อต้นและปริมาณผลผลิตต่อต้นของทุเรียนหมอนทองจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ ในฤดูกาลผลิต 2541-2542

กรรมวิธีการทดลอง	จำนวนดอกต่อต้น	จำนวนผลต่อต้น	นน.ผลผลิตต่อต้น(กก)
T_1 = ปุ๋ยเคมีทางดิน	8874 [a]	44.5	171.39
T_2 = 30% ของอัตราทางดิน	5071 [b]	43.3	168.69
T_3 = 50% ของอัตราทางดิน	9719 [a]	44.3	173.70
T_4 = 70% ของอัตราทางดิน	9935 [a]	43.5	181.33
CV. (%)	23.09	23.6	23.4
Statistical significant	*	NS	NS

3.2 ผลผลิตและคุณภาพของทุเรียน

จากตารางที่ 3.8 และ 3.9 แสดงให้เห็นว่าคุณภาพและผลผลิตของทุเรียนจะไม่มีความแตกต่างทางสถิติแต่มีแนวโน้มว่า เมื่ออัตราปุ๋ยที่ใส่ให้ทางระบบน้ำมากขึ้นผลผลิตก็จะมากตามไปด้วย และการใส่ปุ๋ยทางดินผลผลิตที่ได้จะใกล้เคียงกับการให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่ 50% ของการให้ทางดิน เนื่องจากทุเรียนเป็นไม้ยืนต้นที่มีการเจริญเติบโตช้าและต้องมีการสะสมอาหารข้ามปีทำให้การตอบสนองต่อปุ๋ยจะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไป การตอบสนองต่อปุ๋ยในปีที่สองของการทดลองยังไม่เด่นชัดมากนักแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ค่าต่างๆมีแนวโน้มว่าการให้ปุ๋ยในระบบน้ำจะใช้ปริมาณปุ๋ยที่น้อยกว่าโดยจะให้ผลผลิตเท่ากับหรือมีแนวโน้มมากกว่าการให้ทางดินเมื่ออัตราปุ๋ยทางน้ำ 50-70 % ซึ่งผลการทดลองน่าจะเด่นชัดยิ่งขึ้นในปีถัดไป

ตารางที่ 3.9 คุณภาพของทุเรียนหมอนทองจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ ในฤดูกาลผลิต 2541-2542

กรรมวิธีการทดลอง	น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัม)	ความหนาเปลือก(ซ.ม.)	ความหนาเนื้อ (ซ.ม.)	สัดส่วนที่บริโภคได้ (%)	สีเนื้อ
T_1 = ปุ๋ยเคมีทางดิน	3851.50	1.190	1.847	31.20	Y10C
T_2 = 30% ของอัตราทางดิน	3896.00	1.225	1.780	32.00	Y10C
T_3 = 50% ของอัตราทางดิน	3921.00	1.157	1.592	29.90	Y10C
T_4 = 70% ของอัตราทางดิน	4168.50	1.065	1.713	33.20	Y10C
CV. (%)	11.10	10.30	9.20	11.10	-
Statistical significant	NS	NS	NS	NS	-

3.3 ผลตอบแทนต่อต้น

เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนต่อต้นของทุเรียนที่ได้ตำรับการทดลองต่างๆแสดงในตารางที่ 3.10 ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของการให้ในระบบน้ำคือค่าเครื่องให้ปุ๋ย เฉลี่ยต้นละ 50 บาท และค่าปุ๋ยในระบบน้ำที่แพงกว่าปุ๋ยทางดิน (จากการทดลองครั้งนี้ใช้แม่ปุ๋ยผสมเองราคา 36.8 บาท/กก) ส่วนที่สามารถประหยัดได้คือค่าใส่ปุ๋ยซึ่ง ประมาณ 10 บาท/ต้นซึ่งรายละเอียดประเมินค่าใช้จ่ายแสดงในตารางที่ 3.10 แต่เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ชนิดปุ๋ยที่ให้ทางน้ำและทางดินเป็นปุ๋ยชนิดเดียวกันทำให้ราคาปุ๋ยรวมที่ให้ทางดินมีราคาแพงกว่าให้ในระบบน้ำ ทำให้ผลตอบแทนการให้ปุ๋ยในระบบน้ำดีกว่าการให้ทางดินทุกอัตรา แต่ถ้าคิดราคาปุ๋ยทางดิน = 20 บาท/กก (ตารางที่ 3.10 ข้อที่ 7,8) จะมีผลให้ผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้น (ข้อที่ 8) เมื่อให้ปุ๋ยทางน้ำอัตรา 50% จะเท่ากับทางดินและที่อัตรา 70% จะได้มากกว่าทางดินเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นจะขึ้นอยู่กับราคาผลผลิตด้วยถ้าราคาผลผลิตมากกว่า 20 บาท/กก ก็จะทำให้ผลตอบแทนที่ให้ทางระบบน้ำมากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 ผลตอบแทนการผลิตทุเรียนหมอนทองที่ทำการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ 4 อัตรา

รายการ	T_1ปุ๋ยเคมีทางดิน อัตรา 100%	T_2ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ อัตรา 30%	T_3ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ อัตรา 50%	T_4ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ อัตรา 70%
1. ต้นทุนการผลิต	883.94	719.80	777.72	836.12
- ระบบน้ำ	150.00	150.00	150.00	150.00
-เครื่องให้ปุ๋ย	-	50.00	50.00	50.00
1.2 ค่าวัสดุ				
- ปุ๋ยเคมี	290.96	87.50	145.42	203.82
- สารป้องกันกำจัดโรค-แมลง	370.00	370.00	370.00	370.00
1.3 ค่าแรง				
- การให้น้ำ	13.35	13.35	13.35	13.35
- การให้ปุ๋ย	10.68	-	-	-
- การฉีดพ่นสาร	24.03	24.03	24.03	24.03
อื่นๆ ; เก็บเกี่ยว, ตัดแต่ง ฯลฯ	24.92	24.92	24.92	24.92
2. ปริมาณผลผลิตที่มีคุณค่าทางการตลาด(กก.)	166.94	168.69	173.7	181.33
3. รายได้ผลผลิตต่อต้น	3427.8	3373.8	3474.0	3626.60
4. ผลตอบแทนสุทธิต่อต้น	2543.86	2654.00	2696.28	2790.48
6. ผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้น (%)	0	4.3	6.0	9.7
7. ผลตอบแทนสุทธิต่อต้น*	2674.46	2654.00	2696.28	2790.48
8. ผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้น (%)*	0	-0.8	0.8	4.3

*** ข้อ 7 และ** 8 **ผลตอบแทนเมื่อคิดว่าปุ๋ยให้ทางดินราคาเฉลี่ย 20 บาท/กก.**

หมายเหตุ 1.จำนวนต้น/ไร่ = 16 ต้น

2.ราคาปุ๋ยเคมี สูตร 12-60-0 = 26 บาท/กก.

0-52-34 = 60 บาท/กก.

13-0-46 = 20 บาท/กก.

46-0-0 = 8 บาท/กก.

0-0-50 = 18 บาท/กก.

เฉลี่ยราคาปุ๋ยทางน้ำที่ใช้ = 36.4 บาท/กก

3.ราคาผลผลิตทุเรียนพันธุ์หมอนทอง ระหว่างเมษายน - พฤษภาคม 2542 = 20 บาท/ กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

การให้ปุ๋ยเคมีแบบหว่านทางดินและการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 30% , 50%, และ 70% ของอัตราทางดิน รวม 4 กรรมวิธีทดลองนั้น เมื่อดูจากค่าวิเคราะห์ดินพบว่าอัตราการให้ปุ๋นทุกอัตราจะมีผลให้เกิดการสะสมปริมาณ P ในดินเป็นปริมาณที่มากโดยเฉพาะเมื่ออัตราการใส่ปุ๋ย P สูงขึ้นการสะสมในดินก็จะสูงขึ้นมากไปด้วยจนถึงระดับ 324 ppm และเมื่อดูจากค่าวิเคราะห์ใบทุเรียน ระดับ P ในใบไม่มีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าปุ๋ย P ที่ใส่ลงไปในปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืชและเหลือสะสมอยู่ในดิน ดังนั้นอัตราปุ๋ย P ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นอัตราที่สูงเกินไปเกิดการสูญเสียค่าใช้จ่ายในแง่ของปุ๋ยโดยไม่จำเป็นควรลดอัตราการใส่ปุ๋ย P ลงเหลือแค่ประมาณ 30-50% ของอัตราที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ส่วนในแง่การตอบสนองของพืช พบว่าต้นทุเรียนมีการเจริญเติบโตทั่วไปไม่แตกต่างกัน เช่น ความสมบูรณ์ต้น ขนาดทรงพุ่ม แต่จากการวิเคราะห์ตัวอย่างใบทุเรียนหลังจากแตกใบอ่อน 45 วันในปีที่ 2 พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในใบความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบและปริมาณดอกของต้นทุเรียนที่ทำการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน กับการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 50% และ 70% ของอัตราทางดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะมีปริมาณสูงกว่าการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณหรือคุณภาพผลผลิตแตกต่างไปด้วย ฉะนั้นการให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่ 50-70% ของอัตราทางดิน แสดงให้เห็นแนวโน้มของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำจะดีกว่าการให้ทางดินในระยะยาวและสามารถประหยัดปริมาณปุ๋ยที่ใช้ได้ด้วย จึงน่าจะเหมาะสมสำหรับทุเรียน และประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยในระบบน้ำจะสูงกว่าการให้ทางดินประมาณ 30-50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.การถ่ายทอดผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1การอบรมเกษตรกร และนักวิชาการเกษตร

การจัดการอบรม

เพื่อเป็นการนำความรู้สู่เกษตรกรและผู้สนใจ ทางโครงการจะจัดอบรม 2 หัวข้อคือ

1. การประกอบและการใช้เครื่อง Tensiometer กำหนดการให้น้ำพืช ได้ทำการอบรมไปแล้ว 2 ครั้ง คือในวันที่16-17 กรกฎาคม 2541 และ วันที่ 11 กันยายน 2541ผู้เข้าร่วมอบรมทั้งสองครั้ง รวม 60 คน เป็นการอบรมเชิงปฏิบัติการ โดยผู้เข้าร่วมอบรมได้ฝึกประกอบเครื่อง Tensiometer และได้ดูแปลงทดลองการใช้ Tensiometer

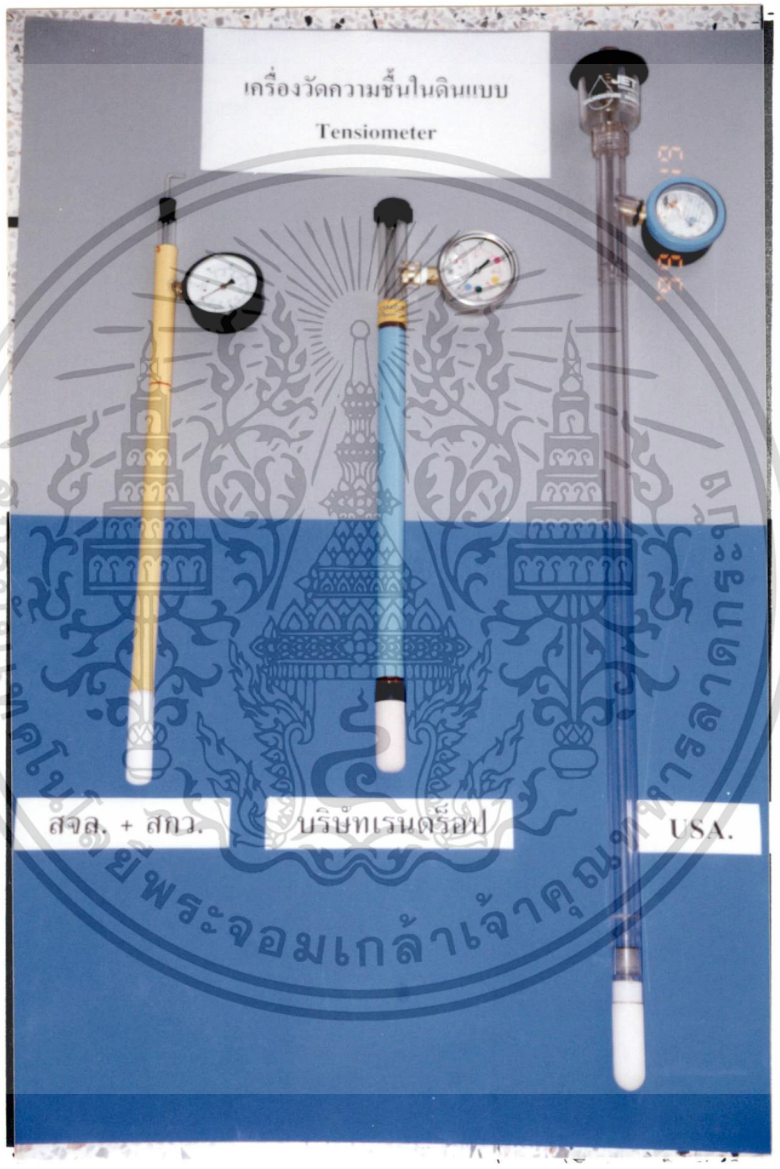
2. การใช้โปรแกรมช่วยออกแบบระบบให้น้ำ TrickCal จัดการอบรมการใช้โปรแกรม วันที่ 13 –16 กุมภาพันธ์ 2542 จัดโดยมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชมีผู้เข้าอบรม 40 คน และจะจัดอีกครั้งในเดือน พฤศจิกายน 2542

รูปที่ 4.1 ผู้เข้าร่วมอบรม"การประกอบและใช้เครื่อง Tensiometer"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การผลิตเครื่อง Tensiometer เป็นการค้า

หลังจากการทดลองและฝึกอบรมการประกอบและ การใช้ Tensiometer ได้มีบริษัทอีสเทิร์นอกรีเทคจำกัด (เรนดร๊อป) ผลิตเครื่อง Tensiometer ออกจำหน่าย ในราคาเครื่องละ 750 บาท ซึ่งถูกกว่าของต่างประเทศมาก



รูปที่ 4.2 แสดงเครื่อง Tensiometer แบบต่างๆ ซ้ายมือเครื่องที่ประกอบขึ้นใช้ในการทดลอง กลางเครื่องที่ผลิตขึ้นโดยมีบริษัทอีสเทิร์นอกรีเทคจำกัด(เรนดร็อป) และ ขวามือเครื่องที่สั่งจากต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

คณะทำงานปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน. 2536. การวิเคราะห์ดิน. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 66 หน้า.

จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร, ศรีสุดา ชมสุวรรณ, ละม่อม รัตนวิชัย, อุทัย อารมณ์รัตน์ และอำนวย พงษ์พนัส. 2540. ผลของการให้ปุ๋ยอัตราต่างๆ พร้อมน้ำต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตและคุณภาพของทุเรียน. การประชุมวิชาการประจำปี 2540 กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. วันที่ 25-28 มีนาคม 2540 ณ โรงแรมมาร์คแลนด์ อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี.

ศูนย์ผลักดันสินค้าเพื่อการส่งออก . 2542. มาตรฐานทุเรียนของประเทศไทยและการผลิตทุเรียนอย่างถูกต้องและเหมาะสม. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 41 หน้า.

วันทนีย์ ชุมจิตต์, สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก, เสริมสุข สลักเพ็ชร์, อัมพิกา ปุนนจิต และหิรัญ หิรัญประดิษฐ์. 2536. การเพิ่มผลผลิตและการปรับปรุงคุณภาพของเงาะโดยการจัดการที่มีผลกระทบต่อ Source-Sink Relationship. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2536. ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 1-54.

ปัญจพร เลิศรัตน์ สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก พิมล เกษสยม และ ภิรมณ์ ขุนจันทึก. 2540ก. ผลของการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต พัฒนาการและผลผลิตเงาะ รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540 ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี .

ปัญจพร เลิศรัตน์ สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก พิมล เกษสยม ภิรมณ์ ขุนจันทึก และ สวัสดิ์ชัย พรมมา. 2540ข. ผลของการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำต่อการเจริญเติบโต พัฒนาการและผลผลิตมังคุด รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540 ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี .

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2532. การใช้วัสดุดินเผาภายในประเทศเพื่อประกอบเครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ Tensiometer. รายงานผลการวิจัยสาขาพืช การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2536. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 146 หน้า

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2537. การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เก็บข้อมูลทางภูมิอากาศโดยอัตโนมัติเพื่อประเมินค่าการใช้ น้ำของพืช (evapotranspiration) รายงานการประชุมวิชาการประจำปี 2537 ครั้งที่ 6 ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ณ.ศูนย์ประชุมสหประชาชาติ กรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2538. การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เก็บข้อมูลการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบ Class A Evaporation Pan รายงานผลการวิจัยสาขาพืช การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2539 ผลการควบคุมความเครียดของน้ำในดิน โดยระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบ Tensiometer ต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่า รายงานการประชุมทางวิชาการด้านไม้ดอกไม้ประดับครั้งที่ 2

มนตรี ค้ำชู, หลักการชลประธานแบบหยด การออกแบบและการแก้ปัญหา ภาควิชาวิศวกรรมชลประธาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

Arnon, D.I. 1959. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol. 24 : 1-15.

Campbell Scientific,Inc 1996. "CS615 Water Content Reflectometer Instruction manual version 8221-07". Campbell Scientific, Inc. pp. 11.

Dasberg ,S. , A. Bar-Akiva , S. Spazisky and A. Cohen. 1988. Fertigation versus broadcasting in an orange grove. Fertilizer Research 15 : 147-154.

Decroix,M. and Peuch,J.1984.Le pilotage de l'irrigation a la parcelle. Rapport de la conference internationale de Paris sur les besoins en eau des cultures. CIID. pp.693-724.

Fred,J.M.and B Klepper.1973. On the mechanism of water-stress-induced stem deformation. Agron. J. 65 : 304 - 306.

Haynes , R. J. 1985. Principle of fertilizer use for trickle irrigated crops. Fertilizer Research . vol. 6 : 235-355.

KELLER J.and R D. BLIESNER, 1990. SPRINKEL AND TRICKLE IRRIGATION. New York : Wiley

Layne , R.E.C. , C.S. Tan , D.M. Hunter and R.A. Cline. 1996. Irrigation and fertilizer application methods affect performance of high density peach orchards. HortScience 31(3): 370-375.

Leopold, A.C. and P.E. Kriedemann 1985. Plant growth and development. 2nd Ed. MacGraw & Hill (Terjemahan) UPM. p. 1-44.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parchomchuk,P., C.S. Tan, and R.G. Berard. 1997. Practical use of time domain reflectometry for monitoring soil water content in microirrigation orchards. Hort. Tech. 7: 17 - 22.

Papadopoulos , I. 1986. Nitrogen fertigation of greenhouse-grown cucumber. Plant and Soil 93:87-93.

Papadopoulos , I. and G. Eliades. 1987. A fertigation system for experimental purposes. Plant and Soil 102: 141-143.

Sato,N. and K. Hasegawa. 1995. A computer controlled irrigation system for muskmelon using stem diameter sensor. Acta Horticulture "Greenhouse environment control and automation"161-166.

So,H.B. 1979. An analysis of the relationship between stem diameter and leaf water potential. Agron. J. 71 : 1979:675 - 679

So,H.B., D.C.Reicosky, and H.M.Taylor. 1979. Utility of stem diameter change as predictors of plant canopy water potential. Agron. J . 71 : 707 - 713.

Spier , J.M. 1996. Established 'Tifblue' rabbiteye blueberries respond to irrigation and fertilization. HortScience 31(7):1167-1168.

Syverten , J.P. and M.L. Smith. 1996. Nitrogen uptake efficiency and leaching losses from lysimeter grown citrus trees fertilized at three nitrogen rates . Journal of the American Society for Horticultural Science. 121(1): 57-62.

Topp, G.C. and J.L. Davis.1985. Measurement of soil water content using time-domain reflectometry (TDR) : a field evaluation. Soil.Sci.Soc.Am.J. 49:19 - 24.

Van der Veken, L., Michels,P.,Feyen,J. and Benoit,F.1982. Optimization of the water application in greenhouse tomatoes by introducing a tensiometer-controlled drip-irrigation system. Scientia Horticu- lturae 18:9-23.

Weinbaum, S.A., I. Klein, F.E. Broadbent, W.C. Micke and T.T. Muraoka. 1984. Effects of time of nitrogen application and soil texture on the availability of isotopocally labelled fertilizer nitrogen to reproductive and vegetative of mature almond trees. . Journal of the American Society for Horticultural Science. 109(3) : 339-343.

Werkhoven,C.1993. Time-domain reflectometry and tensiometers for detecting soil moisture content. Acta-Horticulturae.No.335,491 - 496.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Worley , R.E. , J.W. Daniel , J.D. Dutcher , K.A. Harrison and B.G. Mullinix. 1995. A long term comparison of broadcast application versus drip fertigation of nitrogen for mature pecan trees. HortTechnology . 5(1): 43-47.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 1

คำอธิบายอักษรย่อโปรแกรม TrickCal

A	=	เนื้อที่โครงการ, ไร่
c	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดของผิวท่อ
d	=	ความลึกต่อการให้น้ำ, มิลลิเมตร
Dn	=	ปริมาณน้ำที่ให้เมื่อคิดเป็นความลึก, มิลลิเมตร
Dx	=	ปริมาณน้ำสูงสุดที่ให้ได้แต่ละครั้ง, มิลลิเมตร
Dw	=	เส้นผ่าศูนย์กลางพื้นที่เปียกน้ำ, เมตร
ECw	=	คุณภาพน้ำ (ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ), dS/cm
Es	=	Seasonal efficiency, %
Eu	=	Assumed uniformity, %
Fe	=	Connection loss
fx	=	ระยะเวลาในการให้น้ำครั้งต่อไป, วัน
f'	=	ความถี่ในการให้น้ำ, วัน
G	=	ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้กับพืชต่อต้น, ลิตร/วัน
H	=	แรงดันใช้งานที่หัวปล่อยน้ำ, เมตร
Ha	=	แรงดันเฉลี่ยที่หัวปล่อยน้ำ, เมตร
hf	=	ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดภายในท่อ, เมตร
Hfp	=	ค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความฝืด, เมตร
hf'	=	ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดที่แท้จริง, เมตร
Hl	=	แรงดันเฉลี่ยที่ต้นทางของท่อแขนง, เมตร
Hm	=	ความดันต้นทางของท่อประธานย่อย, เมตร
H'm	=	ความดันปลายทางของท่อประธานย่อย, เมตร
H'n	=	ความดันที่น้อยที่สุดในเส้นท่อแขนง, เมตร
In	=	Net application rate, มิลลิเมตร/วัน
J	=	ความดันที่สูญเสียต่อความยาวท่อ, เมตร/100 เมตร
J'	=	ความดันที่สูญเสียเมื่อต่อหัวปล่อยน้ำ, เมตร/100 เมตร
Kd	=	Discharge coefficient

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ll	=	ความยาวของท่อ Lateral ที่ใช้, เมตร
Lp	=	ความยาวของท่อแขนงที่แยกออกสองข้างของ ท่อประธานย่อย, เมตร
Ms	=	ปริมาณน้ำใต้ดินที่เป็นประโยชน์, มิลลิเมตร/ปี
Ne	=	จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น, หัว
Nl	=	จำนวนท่อ Lateral ที่ต้องจ่ายน้ำให้ต่อท่อประธานย่อย 1 เส้น
Np	=	ชื่อพืช
N_Pro	=	ชื่อโครงการ
Ns	=	จำนวนแปลงย่อย, แปลง
Nt	=	จำนวนต้นพืชต่อท่อแขนง 1 เส้น, ต้น
Oe	=	จำนวนทางออกของน้ำ
Ot	=	เวลาในการให้น้ำทั้งหมดในฤดูการเพาะปลูก, ชั่วโมง
Pc	=	รหัสพืช
Pd	=	เปอร์เซ็นต์พื้นที่ร่มเงาของพืช, %
Pw	=	เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำ, %
q	=	อัตราจ่ายน้ำต่อหัว, ลิตร/ชั่วโมง
qa	=	อัตราไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง
Ql	=	อัตราไหลของน้ำในท่อแขนง, ลิตร/นาที
Qm	=	อัตราการไหลรวมในท่อประธานย่อย, ลิตร/วินาที
Qs	=	อัตราการไหลรวมของระบบทั้งหมด, ลิตร/วินาที
Rn	=	ปริมาณน้ำฝนที่พืชสามารถใช้ได้ต่อปี, มิลลิเมตร,ปี
S	=	ความลาดชันของพื้นที่, %
Se	=	ระยะของหัวปล่อยน้ำ ระหว่างหัว, เมตร
Sl	=	ระยะของหัวปล่อยน้ำ ระหว่างแถว, เมตร
Sp	=	ระยะปลูก ระหว่างต้น, เมตร
Sr	=	ระยะปลูก ระหว่างแถว, เมตร
Ta	=	ระยะเวลาของการให้น้ำแต่ละครั้ง, ชั่วโมง
Td	=	ค่าเฉลี่ยของการคายน้ำสูงสุดของพืช, มิลลิเมตร/วัน
Tr	=	peak-use period transpiration ratio
Tx	=	เนื้อดิน
U	=	ความต้องการน้ำตามฤดูกาลเพาะปลูก, มิลลิเมตร/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ud = ปริมาณการใช้น้ำของพืชเฉลี่ยต่อวัน, มิลลิเมตร/วัน

V = Seasonal irrigation, ไร่-เมตร

v = สัมประสิทธิ์ที่ผันแปรของการผลิตหัวปล่อยน้ำ

Wa = ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน, มิลลิเมตร/เมตร

x = Discharge exponent

Y = ตำแหน่งที่ดีที่สุดบนท่อประธานย่อย

Z = ความลึกของราก, เมตร

dEp = Absolute difference in elevation, เมตร

dHl = ความแตกต่างของแรงดันในเส้นท่อแขนง, เมตร

dHm = ความแตกต่างของความดันในเส้นท่อประธานย่อย, เมตร

(dHm)a = allowable manifold pressure head variation that will satisfy the design emission uniformity, เมตร

dHs = ความดันที่ยอมให้ แตกต่างกันได้ในแปลงย่อย, เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการคำนวณ และออกแบบระบบน้ำหยดโปรแกรม TrickCal

เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำ, Pw

$$Pw = \frac{N_p S_e w}{Sp \times Sr} 100$$

Pw = เปอร์เซ็นต์พื้นที่เปียกน้ำ, %

Np = จำนวนหัวหยดต่อต้น, หัว

Sp = ระยะห่างระหว่างต้นพืชในแถว, เมตร

Sr = ระยะห่างระหว่างแถว, เมตร

W = เส้นผ่าศูนย์กลางพื้นที่เปียกน้ำที่เกิดจากหัวปล่อยน้ำ, เมตร

ปริมาณน้ำสูงสุดในการให้น้ำแต่ละครั้ง (Net Depth per Irrigation), Dx

$$Dx = \frac{MAD}{100} \frac{Pw}{100} WaZ$$

Dx = ปริมาณน้ำสูงสุดในการให้น้ำแต่ละครั้ง, มิลลิเมตร

MAD = ความชื้นที่ยอมให้ลดลงได้, %

Wa = ความสามารถในการเก็บกักน้ำของดิน, มิลลิเมตร/เมตร

Z = ความลึกของรากพืช, เมตร

ค่าเฉลี่ยการคายน้ำของพืช, Td

$$Td = Ud[0.1(Pd)^{0.5}]$$

Td = ค่าเฉลี่ยการคายน้ำของพืช, มิลลิเมตร/วัน

Ud = ความต้องการใช้น้ำของพืชเฉลี่ย, มิลลิเมตร/วัน

Pd = เปอร์เซ็นต์พื้นที่ร่มเงาของพืช (ตอนเที่ยง), %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงระยะเวลานานที่สุดในการให้น้ำครั้งต่อไป (maximum irrigation interval)

$$fx = \frac{Dx}{Td}$$

โดยที่

fx = ช่วงระยะเวลานานที่สุดในการให้น้ำในครั้งต่อไป, วัน

Dx = ปริมาณน้ำสูงสุดในการให้น้ำแต่ละครั้ง, มิลลิเมตร

Td = ค่าเฉลี่ยการคายน้ำของพืช, มิลลิเมตร/วัน

ความถี่ในการให้น้ำแก่พืช (Irrigation frequency), f'

f = ความถี่ในการให้น้ำที่ต้องการใช้จริง (ปกติจะเท่ากับ 1), วัน

ปริมาณน้ำที่ต้องให้ต่อครั้งเมื่อคิดเป็นความลึก (Net depth per irrigation), dn

$$dn = Tdf$$

โดยที่

Td = ค่าเฉลี่ยการคายน้ำของพืช, มิลลิเมตร/วัน

f = ความถี่ในการให้น้ำที่ต้องการใช้จริง (ปกติจะเท่ากับ 1), วัน

Assummed uniformity, Eu

ปกติ Eu จะใช้ค่าประมาณ 90%

ความลึกต่อการให้น้ำ (Gross depth per irrigation), d

$$d = \frac{dn\ Tr}{Er / 100}$$

โดยที่

dn = ปริมาณน้ำที่ต้องให้ต่อครั้งเมื่อคิดเป็นความลึก, มิลลิเมตร

Tr = Peak period transmission ratio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Eu = Assummed uniformity, %

ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้กับพืช (Gross water required per plant), G

$$G = K \frac{d}{f} Sp\ Sr$$

โดยที่

G = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้กับพืชต่อต้น, ลิตร/วัน

K = ค่าคงที่, 1

Sp = ระยะ ระหว่างต้นในแถว, เมตร

Sr = ระยะ ระหว่างแถว, เมตร

f = ความถี่ในการให้น้ำที่ต้องการใช้จริง (ปกติจะเท่ากับ 1), วัน

d = ความลึกต่อการให้น้ำ, มิลลิเมตร

ระยะเวลาการให้น้ำแต่ละครั้ง (Application time), Ta

$$Ta = \frac{G}{Ne\ qa}$$

โดยที่

Ta = ระยะเวลาการให้น้ำแต่ละครั้ง, ชั่วโมง

G = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้กับพืชต่อต้น, ลิตร/วัน

Ne = จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น, หัว

qa = อัตราจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง

อัตราจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำที่ต้องใช้ (average emitter discharge), qa

$$qa = \frac{G}{NeTa'}$$

โดยที่

qa = อัตราจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง

G = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้กับพืชต่อต้น, ลิตร/วัน

Ne = จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น, หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ta' = ระยะเวลาการให้น้ำแต่ละครั้ง (เวลาที่ต้องการให้น้ำในแต่ละรอบเวร), ชั่วโมง

แรงดันเฉลี่ยที่หัวปล่อยน้ำ (Average emitter pressure head), Ha

$$Ha = H\left(\frac{qa}{q}\right)^{1/x}$$

โดยที่

Ha = แรงดันเฉลี่ยที่หัวปล่อยน้ำ (ที่ให้ qa), เมตร

H = แรงดันที่หัวปล่อยน้ำ (ที่ให้ q), เมตร

qa = อัตราจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง

q = อัตราจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง

x = Discharge exponent

อัตราจ่ายน้ำต่ำสุดของหัวปล่อยน้ำ (Minimum emitter discharge), qn

$$qn = \frac{qa(Eu/100)}{1.0 - 1.27(v/Np^{0.5})}$$

โดยที่

qn = อัตราการจ่ายน้ำต่ำสุดของหัวปล่อยน้ำในระบบ, ลิตร/ชั่วโมง

qa = อัตราจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง

Eu = Assumed uniformity, %

v = ค่าการผันแปรในการผลิตหัวปล่อยน้ำ

Np' = จำนวนหัวปล่อยน้ำที่น้อยที่สุดต่อต้น, หัว

แรงดันต่ำสุดที่หัวปล่อยน้ำ (Minimum pressure head), Hn

$$Hn = Ha\left(\frac{qn}{qa}\right)^{1/x}$$

โดยที่

Hn = แรงดันต่ำสุดที่หัวปล่อยน้ำ, เมตร

Ha = แรงดันเฉลี่ยที่หัวปล่อยน้ำ (ที่ให้ qa), เมตร

qn = อัตราจ่ายน้ำต่ำสุดของหัวปล่อยน้ำในระบบ, ลิตร/ชั่วโมง

qa = อัตราจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x = Discharge exponent

ปริมาณน้ำที่ให้เมื่อคิดเป็นความลึก (Net seasonal irrigation depth), Dn

$$Dn = (U - Rn - Ms)[0.1\ (Pd)^{0.5}]$$

โดยที่

Dn = ปริมาณน้ำที่ให้เมื่อคิดเป็นความลึก, มิลลิเมตร

U = ความต้องการน้ำตามฤดูกาล, มิลลิเมตร

Rn = ปริมาณน้ำฝน, มิลลิเมตร

Ms = ปริมาณน้ำใต้ดินที่สามารถนำมาใช้ได้, มิลลิเมตร

Pd = เปอร์เซ็นต์พื้นที่ร่มเงาของต้นพืชตอนเที่ยงวัน, %

ปริมาณน้ำที่ให้ตลอดฤดูกาลเมื่อคิดเป็นความลึก

(Gross seasonal irrigation depth), Dg

$$Dg = \frac{Dn100}{Eu(1.0 - LRt)}$$

โดยที่

Dg = ปริมาณน้ำที่ให้ตลอดฤดูกาลเมื่อคิดเป็นความลึก, มิลลิเมตร

LRt = leaching requirement ratio

Dn = ปริมาณน้ำที่ให้เมื่อคิดเป็นความลึก, มิลลิเมตร

Eu = emission uniformity, %

ปริมาณน้ำที่ให้ตลอดฤดูเมื่อคิดเป็นความลึกต่อพื้นที่

(Seasonal irrigation), Vs

$$Vs = \frac{DgA}{1000}$$

โดยที่

Vs = ความต้องการน้ำตลอดฤดูกาลเมื่อคิดเป็นความลึกต่อพื้นที่, ไร่-เมตร

Dg = ปริมาณน้ำที่ให้ตลอดฤดูกาลเมื่อคิดเป็นความลึก, มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A = พื้นที่เพาะปลูก, ไร่

ความแตกต่างของความดันในระบบที่ยอมได้ (Allowable Head Variation), dHs

$$dHs = (Hm - Hn)$$
$$dHs = 2.5(Ha - Hn)$$
$$(dHm)a = (dHs - dHl)$$
$$dHl = (Hl - H'n)$$

โดยที่

dHs = ความแตกต่างของความดันที่ยอมให้ลดลงได้ในระบบ, เมตร

Ha = แรงดันเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำที่มีอัตราจ่ายน้ำเท่ากับ qa, เมตร

Hn = แรงดันเฉลี่ย ของหัวปล่อยน้ำที่มีอัตราจ่ายน้ำเท่ากับ qn, เมตร

อัตราไหลรวมของน้ำในแปลงย่อย (System Discharge), Qs

$$Qs = K\frac{A}{Ns}\frac{Npqa}{SpSr}$$

โดยที่

Qs = อัตราไหลรวมของน้ำในแปลงย่อย, ลิตร/วินาที

K = 0.444

A = พื้นที่ที่ปลูกพืช, ไร่

Ns = จำนวนแปลงย่อย, แปลง

เวลาในการให้น้ำทั้งหมดต่อฤดูกาล (Operating Time per Season), Ot

$$Ot = K\frac{Vs}{Qs}$$

โดยที่

Qt = เวลาในการให้น้ำทั้งหมดต่อฤดูกาล, ชั่วโมง

K = 444.445

Qs = อัตราไหลรวมของน้ำในแปลงย่อย, ลิตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Emitter Design

สำหรับสูตรการคำนวณในส่วนของหัวปล่อยน้ำมีดังนี้

Emitter discharge exponent, X

$$X = \frac{\log (q1 / q2)}{\log (H1 / H2)}$$

โดยที่

X = Emitter discharge exponent

q = อัตราจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง

H = ความดันที่หัวปล่อยน้ำ, เมตร

Discharge coefficient, Kd

$$Kd = \frac{q}{H^x}$$

โดยที่

Kd = discharge coefficient

x = Emitter discharge exponent

q = อัตราจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง

H = ความดันที่หัวปล่อยน้ำ, เมตร

Coefficient of manufacturing variation, V

$$V = sd / qa$$

โดยที่

V = coefficient of manufacturing variation

sd = estimated standard deviation of the discharge rates of the population, ลิตร/ชั่วโมง

qa = อัตราจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Trickle Lateral Design

คุณลักษณะทั่วไปของท่อแขนง

เมื่อกล่าวถึงท่อแขนง (Lateral) จะหมายถึง ท่อที่มีหัวปล่อยน้ำติดตั้งอยู่ โดยทั่วไปทำจากพลาสติกที่ยืดหยุ่น ม้วนเป็นขดได้ ประเภทท่อ LDPE หรือเรียกสั้นๆ ว่า ท่อ PE ลักษณะทั่วไปทึบแสง หรือเป็นสีดำ เพื่อป้องกันแสงอาทิตย์ที่จะส่องผ่านทำให้เกิดตะไคร่น้ำขึ้นภายในท่อและอุดตันหัวปล่อยน้ำ

ท่อแขนงส่วนมากใช้กับความดันของน้ำไม่มากนัก ไม่เกิน 40 เมตร ขนาดท่อขึ้นอยู่กับจำนวนหัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งอยู่บนเส้นท่อ และอัตราจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำแต่ละหัว ขนาดท่อที่ใช้อยู่ระหว่าง 12 มิลลิเมตร ถึง 25 มิลลิเมตร ความยาวไม่เกิน 300 เมตร ติดตั้งในพื้นที่ ที่มีความลาดชันไม่เกิน 3% และความแตกต่างของความดันในเส้นท่อไม่เกิน 0.5 dHs

จำนวนหัวปล่อยน้ำ และอัตราไหลของน้ำผ่านท่อแขนง

การหาจำนวนหัวปล่อยน้ำทั้งหมดบนท่อแขนงนั้น ขึ้นอยู่กับความยาวทั้งหมดของท่อแขนง ระยะห่างของต้นพืชในแถว และจำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้นพืช ซึ่งหาได้โดยสมการ

$$Nle = \frac{L1 \times Ne}{Sp}$$

โดยที่

Nle = จำนวนหัวปล่อยน้ำทั้งหมดบนท่อแขนง, หัว

Ne = จำนวนหัวปล่อยน้ำต่อต้น, หัว

L1 = ความยาวของท่อแขนง, เมตร

Sp = ระยะห่างระหว่างต้นพืชในแถว, เมตร

สำหรับอัตราการไหลของน้ำในเส้นท่อขึ้นอยู่กับจำนวนของหัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งอยู่บนเส้นท่อ และอัตราไหลของหัวปล่อยน้ำ ซึ่งหาได้โดยสมการ

$$Q1 = \frac{Nle\ qa}{60} \quad \frac{L1\ qa}{Se\ 60}$$

โดยที่

Q1 = อัตราการไหลของน้ำในเส้นท่อ, ลิตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

qa = อัตราการไหลเฉลี่ยของหัวปล่อยน้ำ, ลิตร/ชั่วโมง/หัว

Se = ระยะห่างของหัวปล่อยน้ำบนเส้นท่อ, เมตร

การคำนวณความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อ

สำหรับท่อที่มีขนาดเล็ก (ไม่เกิน 125 มิลลิเมตร หรือ 5 นิ้ว) สามารถหาอัตราส่วนความดันที่สูญเสียต่อความยาวท่อได้จากสมการ

$$J = K\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} = \frac{100h_f}{L}$$

$$Td = Ud[0.1(Pd)^{0.5}]$$

โดยที่

J = อัตราส่วนความดันที่สูญเสีย, เมตร/100 เมตร

h_f = ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืด, เมตร

K = ค่าคงที่, 7.89×10^7 ที่ 20°C

Q = อัตราไหลของน้ำในเส้นท่อ, ลิตร/วินาที

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ, มิลลิเมตร

L = ความยาวของท่อ, เมตร

กรณีของท่อแขนง ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการติดตั้งหัวปล่อยน้ำ ดังนั้น อัตราส่วนความดันที่สูญเสียสามารถคำนวณใหม่ได้ดังสมการ

$$J' = J\frac{Se + fe}{Se}$$

โดยที่

J' = อัตราส่วนความดันที่สูญเสียเมื่อติดตั้งหัวปล่อยน้ำ, เมตร/100 เมตร

Se = ระยะห่างของหัวปล่อยน้ำบนเส้นท่อ, เมตร

fe = ค่าสัมประสิทธิ์ความดันที่สูญเสียเนื่องจากหัวปล่อยน้ำ, เมตร

ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อแขนง หาได้จากสมการ

$$h_f = J'Fl/100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

F = 0.36

ความดันต้นทางของท่อแขนง

หาได้จากสมการ

$$Hl = Ha + k\,hf + 0.5dEl$$

โดยที่

Hl = ความดันต้นทางของท่อแขนง, เมตร

Ha = ความดันใช้งานที่หัวปล่อยน้ำ, เมตร

k = ค่าคงที่, 0.75 สำหรับท่อขนาดเดียว และ 0.63 สำหรับการใช้ท่อสองขนาด

hf = ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อ, เมตร

dEl = ความแตกต่างระหว่างพื้นที่ + สำหรับลาดขึ้น, - สำหรับลาดลง

สำหรับการวางท่อแบบคู่แยกจากท่อประธานย่อย (Pair of Lateral)

ความดันต้นทางหาได้จากสมการ

$$Hl = Ha + \& hf - (Y - 0.5)\,dEp$$

โดยที่

dEp = [sLp/100]

Y = ตำแหน่งที่ดีที่สุดบนท่อประธานย่อย (ดูจากตารางภาคผนวกที่ 1) พิจารณาจากค่า dEp/hf

& = $0.75\,[Y^{3.75} + (1 - Y)^{3.75}]$ หรือดูค่าได้จากตารางภาคผนวกที่ 1

s = เปอร์เซ็นต์ความลาดชัน

Lp. = ความยาวของท่อแขนงรวมทั้งสองข้างของท่อประธานย่อย ณ ตำแหน่งทางออกของน้ำหนึ่งๆ, เมตร

ความแตกต่างของความดันในเส้นท่อ

หาได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$dH1 = Bh_f$$

โดยที่

dH1 = ความแตกต่างของความดันในเส้นท่อแขนง, เมตร

ค่า B ดูจากตารางภาคผนวกที่ 1

ตารางผนวกที่ 1.1 แสดงค่า Y, &, B จากค่า dEp/hf

dEp/hf	Y	&	B	dEp/hf	Y	&	B
0.00	0.50	0.11	0.15	1.00	0.85	0.42	0.15
0.05	0.53	0.11	0.15	1.05	0.86	0.43	0.15
0.10	0.56	0.12	0.15	1.10	0.87	0.45	0.14
0.15	0.58	0.13	0.15	1.15	0.88	0.47	0.14
0.20	0.60	0.14	0.16	1.20	0.89	0.49	0.13
0.25	0.63	0.15	0.16	1.25	0.90	0.50	0.13
0.30	0.65	0.16	0.16	1.30	0.91	0.52	0.12
0.35	0.67	0.18	0.16	1.35	0.91	0.53	0.12
0.40	0.69	0.19	0.17	1.40	0.92	0.55	0.11
0.45	0.71	0.21	0.17	1.50	0.93	0.58	0.10
0.50	0.72	0.23	0.17	1.60	0.94	0.60	0.09
0.55	0.74	0.25	0.17	1.70	0.95	0.63	0.08
0.60	0.75	0.26	0.17	1.80	0.96	0.65	0.07
0.65	0.77	0.28	0.17	1.90	0.97	0.67	0.06
0.70	0.78	0.30	0.17	2.00	0.98	0.69	0.05
0.75	0.80	0.32	0.16	2.10	0.98	0.70	0.04
0.80	0.81	0.34	0.16	2.20	0.99	0.72	0.03
0.85	0.82	0.36	0.16	2.30	0.99	0.73	0.02
0.90	0.83	0.38	0.16	2.40	1.00	0.74	0.01
0.95	0.84	0.40	0.15	2.75	1.00	0.75	0.00

For F = 0.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Manifold Design

ความดันที่ยอมให้สูญเสียได้ในท่อประธานย่อย (Manifold)
(Allowable Pressure Head Loss), (dHm)a

$$(dHm)a = dHs - dH1$$

โดยที่

(dHm)a = ความดันที่ยอมให้สูญเสียได้ในท่อประธานย่อย, เมตร
dHs = ความดันที่ยอมให้สูญเสียได้ในระบบ, เมตร
dH1 = ความดันที่สูญเสียในท่อแขนง, เมตร

ความดันของท่อประธานย่อย (Length), L

$$L = (Nr - 0.5)Sr \quad .....Single$$
$$L\,p = (Nr - 1)Sr \quad .....Pair$$

โดยที่

L = ความยาวของท่อประธานย่อยสำหรับการวางแบบ Single, เมตร
Lp = ความยาวของท่อประธานย่อยสำหรับการวางแบบ Pair, เมตร
Nr = จำนวนแถวของพืช พืชท่อแขนงที่ต้องจ่ายน้ำให้, แถว
Sr = ระยะระหว่างแถว, เมตร

ความดันต้นทางของท่อประธานย่อย (Inlet pressure), Hm

$$Hm = Hl - khf + 0.5\,dEl$$

โดยที่

Hm = ความดันต้นทางของท่อประธานย่อย, เมตร
Hl = ความดันต้นทางของท่อแขนง, เมตร
k = 0.75 สำหรับท่อประธานย่อย 1 ขนาด, 0.63 สำหรับ 2, 0.5 สำหรับการใช้ท่อต่อกันตั้งแต่ 3 ขนาดขึ้นไป
hf = ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดภายในเส้นท่อ, เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

dEl = ความแตกต่างของพื้นที่ (+ลาดขึ้น, - ลาดลง), %

อัตราไหลของน้ำในท่อประธานย่อย, (Manifold flow rate), Qm L/s

$$Qm = Nl\ (Q1)p \quad .....Pair\ Lateral$$
$$Qm = N1\ (Q1) \quad .....Single\ Lateral$$

โดยที่

N1 = จำนวนแถวของท่อแขนงที่ต่อกับท่อประธานย่อย, แถว

Q1 = อัตราไหลของน้ำในท่อแขนง, ลิตร/วินาที

(Q1)p = Q1 x 2

ขั้นตอนวิธีการออกแบบท่อประธานย่อยโดยวิธี HGL (Hydraulic grade line)

ขั้นที่ 1 คำนวณหา Hydraulic grade at point x along a pipe-friction, Hx

จาก

$$Hx = (dHm)a + dE.....Downhill$$
$$Hx = (dHm)a \quad .....Level$$
$$Hx = (dHm)a - dE.....Uphill$$

โดยที่

(dHm)a = ความดันที่ยอมให้สูญเสียได้ในท่อประธานย่อย, เมตร

dE = ความแตกต่างของระดับพื้นที่ที่วางท่อ = L x S/100, เมตร

S = เปอร์เซ็นต์ความลาดชันของพื้นที่ตามแนววางท่อ, %

ขั้นที่ 2 สำหรับ Downhill manifold ให้ S >=100 dE/L หาขนาดท่อจากสมการ

$$Hx = (JFL/100)(X/L)^{1/a} + [S^{a/b} / J^{1/b}) \times L/100(1 - F)]$$
$$J = K\,(Qm)^b / D^c$$

โดยที่

x = L, Hx จาก ขั้นที่ 1, a = 2.75, F = 1/2.75, b = 1.75, c = 4.75

สำหรับ level และ uphill กำหนดให้ hf น้อยกว่าหรือเท่ากับ Hx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ขนาดท่อ ให้ปรับขนาดท่อไปที่ขนาดใหญ่ที่สุดที่ต้องการใช้ไม่ควรเกิน 108.5 มิลลิเมตร (4 นิ้ว) คำนวณหาค่า J ใหม่อีกครั้ง จากสูตร

$$J = K\,(Qm)^{1.75} / D^{4.75}$$

โดยที่

K = 7.89×10^{7}

Qm = อัตราไหลในเส้นท่อประธานย่อย, ลิตร/นาที

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในเส้นท่อ, มิลลิเมตร

และคำนวณค่า S จากสมการ

$$S = [\frac{(Hx - JFL/100)J^{1/b}}{(L/100)(1 - F)}]^{b/a}$$

ขั้นที่ 3 ให้เลือกขนาดท่อที่ต้องการใช้ 3 ขนาด ขนาดท่อที่เล็กที่สุดไม่ควรเล็กกว่าครึ่งหนึ่งของท่อที่ใหญ่ที่สุด (ท่อต้นทาง)

ขั้นที่ 4 ใช้ค่า S จากขั้นที่ 2 หา ϕ จากสมการ

$$\phi = (L/Qm)(S/K)^{1/b}$$

คำนวณหา ความยาวของท่อแต่ละขนาดจากสมการ

$$X_1 = \phi[\frac{b(D_2)^{c/d} - b(D_1)^{c/b}}{(D_1)^{-c} - (D_2)^{-c}}]^{1/a}$$

ขั้นที่ 5 นำค่า x จาก 4 มาหาความยาว เริ่มจาก x1, x2,.....,xn จากสมการ

L1 = (x1 - 0)

L2 = (x2 - x1)

L3 = $(L - X_{n-1})$

ขั้นที่ 6 คำนวณหา hf จากสมการ

$$hf = \frac{FK}{100}(Qm/L)^{b}\left(\frac{(x_1)^{a}}{(D_1)^{c}} + \frac{(x_2)^{a} - (x_1)^{a}}{(D_2)^{c}} + \ldots + \frac{(x_n)^{a} - (x_{n-1})^{a}}{(D_n)^{c}}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

F = 1/a

L = ความยาวของท่อประธานย่อย, เมตร

K = 7.89×10^7

a = 2.75

b = 1.75

c = 4.75

Qm = อัตราไหลของน้ำในเส้นท่อประธานย่อย, ลิตร/วินาที

x_1 = L_1

x_2 = $L_1 + L_2$

x_n = L

D_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่เล็กที่สุด, มิลลิเมตร

D_2 = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ใหญ่กว่า D_1 (ถัดจาก D_1), มิลลิเมตร

ขั้นที่ 7 คำนวณหา ความดันต้นทางของท่อประธานย่อย, Hm จากสมการ

$$Hm = H1 + khf + 0.5\,dE1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Main Line Design

สำหรับสูตรที่ใช้คำนวณ ออกแบบท่อประธานมีดังนี้

ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อ (head loss gradient), J

$$J = K\frac{Q^a}{D^b} = \frac{hf}{L/100}$$

โดยที่

J = ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืดในเส้นท่อ, เมตร/100 เมตร

K = 7.89×10^7 และ 9.58×10^7 สำหรับ D > 125 mm. (5 in.)

Q = อัตราไหลของน้ำในเส้นท่อ, มิลลิเมตร

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ, มิลลิเมตร

a = 1.75 และ 1.83 สำหรับ D > mm. (5 in.)

b = 4.75 และ 4.83 สำหรับ D > 125 mm. Z5 in.)

L = ความยาวของท่อ, เมตร

hf = ความดันที่สูญเสียเนื่องจากความฝืด, เมตร

วิธีการหาขนาดท่อประธาน

จากข้อกำหนด ความเร็วของน้ำที่ไหลในเส้นท่อประธาน ไม่เกิน 1.5 เมตร/วินาที จะได้ สม การสำหรับหาขนาดท่อ คือ

$$D = 29.1\ Q^{0.5}$$

โดยที่

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ, มิลลิเมตร

Q = อัตราไหลของน้ำในเส้นท่อ, ลิตร/วินาที

หรือจะใช้ข้อมูลในตารางต่อไปนี้ พิจารณาเลือกท่อประธานก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1.2 อัตราไหลสูงสุดในท่อขนาดต่างๆ

ขนาดท่อ		อัตราการไหลสูงสุด (ลิตร/วินาที)
นิ้ว	มิลลิเมตร	
2	55.4	3.66
2½	67.4	5.2
3	83.4	8.2
4	108.7	12.6
6	160.0	28.4
8	108.4	50.5
10	259.7	75.5
12	308.1	113.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pump Design

การคำนวณหาขนาดเครื่องสูบน้ำ (Pump)

ข้อมูลที่ต้องการสำหรับการหาขนาดของเครื่องสูบน้ำได้แก่ อัตราการไหลของน้ำที่ต้องการทั้งระบบ และผลรวมของความดันทั้งหมดที่คำนวณได้ สำหรับเครื่องสูบน้ำนั้นแยกเป็นตัวปั๊ม และเครื่องให้พลังงานได้แก่ เครื่องยนต์ หรือมอร์เตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

ฉะนั้นขั้นแรกในการคำนวณขนาดของเครื่องสูบน้ำนั้นจะต้องคำนวณหาอัตราการไหลทั้งหมดของระบบที่ออกแบบไว้แล้วใน ข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นคำนวณหาผลรวมของความดันทั้งหมดที่ใช้ และสูญเสียไปในระบบดังนี้

1. ความดันที่ต้องการที่หัวปล่อยน้ำ, เมตร
2. ความดันที่สูญเสียในท่อแขนงเนื่องจากความฝืด, เมตร
3. ความดันที่สูญเสียในท่อประธานย่อยเนื่องจากความฝืด, เมตร
4. ความดันที่สูญเสียในท่อประธานเนื่องจากความฝืด, เมตร
5. ความดันที่สูญเสีย เนื่องจากข้อต่อต่างๆ (ประมาณไม่เกิน 10%), เมตร
6. ความดันที่สูญเสียในเครื่องกรองน้ำ (ประมาณ 2 - 4 เมตร), เมตร
7. ระดับน้ำที่ต้องดูดขึ้นเหนือระดับพื้นผิวดินถึงเครื่องสูบน้ำ, เมตร
8. ระดับความสูงต่ำของพื้นที่ ถ้าสูงขึ้น + ต่ำลง - , เมตร
9. การสูญเสียจากสาเหตุอื่นๆ (ประมาณ 10%)

เมื่อหาความดันทั้งหมดได้แล้ว ก็เอามารวมกันเป็นผลรวมของความดันทั้งหมดที่ต้องการ หลังจากนั้น นำไปหาขนาดของเครื่องสูบน้ำที่ต้องการจากสมการ

$$Hp = (1/75)(Q \times H) / Eff \text{..... แรงม้า}$$

โดยที่

Hp = กำลังของเครื่องที่จะฉุดปั๊มน้ำ, แรงม้า

Qs = อัตราการไหลของน้ำทั้งหมด, ลิตร/วินาที

H = ความดันรวมทั้งหมด, เมตร

Eff = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

ถ้าต้องการเปลี่ยนมาใช้เครื่องที่เป็นมอร์เตอร์ไฟฟ้า มักจะบอกเป็นกิโลวัตต์ (KW) หาได้จากสมการ

1 Hp = 0.746 KW และ 1 KW = 1.34 Hp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 2

หลักการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชโปรแกรม NutriCal

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชโดยทั่วไปในบ้านเราจะเตรียมตามสูตรต่างๆ ซึ่งจะต้องเตรียมจากน้ำที่ค่อนข้างบริสุทธิ์มีสารต่างๆ ละลายเจือปนอยู่น้อย เช่น น้ำฝน, น้ำกรอง แต่ถ้าในระบบการปลูกพืชเพื่อเป็นการค้าจำเป็นจะต้องใช้น้ำจากแหล่งน้ำในท้องถิ่น เช่นจากน้ำประปา น้ำบาดาล หรือจากแม่น้ำลำธาร (ที่ผ่านการกรองเอาสารแขวนลอยต่างๆ ออกไปแล้ว) ซึ่งน้ำเหล่านี้จะมีพวกแร่ธาตุต่างๆ ละลายอยู่ไม่มากก็น้อย ถึงแม้ว่าเราสามารถจะกรองธาตุต่างๆ เหล่านี้ออกได้แต่ก็ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง วิธีการหนึ่งที่สามารถนำน้ำเหล่านี้มาใช้ได้โดยตรงโดยการคำนวณปริมาณสารอาหารและกรดที่จะใส่ลงในน้ำ เพื่อเพิ่มเติมธาตุอาหารและปรับค่า pH ให้ได้ตามความต้องการของเรา

<u>ขั้นตอนการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร</u>มีดังนี้

ก่อนอื่นต้องทราบถึง

1. ค่า pH และ ค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลายที่เราต้องการ
2. ค่า pH และ ค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารดั่งเดิมในน้ำที่เราจะใช้เตรียม (ค่าวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ)
3. ชนิดของกรดและปุ๋ยที่จะใช้เตรียม (คำนึงถึงราคาและความยากง่ายในการจัดหาและเก็บรักษา)

องค์ประกอบของสารละลายสูตร "Coic-Lesant"

เช่นต้องการเตรียมสารละลายตามสูตรของ"Coic-Lesant" ซึ่งองค์ประกอบของสารละลายนี้จะได้จากการศึกษาทางสรีระวิทยาและองค์ประกอบของพืชโดยจัดแบ่งชนิดสารละลายเป็นกลุ่มๆ ตามปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจน และค่า pH ของสารละลาย ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะสูตรสารละลายที่มีความเข้มข้นของ ไนโตรเจน(N)=14.4 me/l และค่า pH=5.8 เท่านั้นซึ่งเป็นสารละลายที่เหมาะกับพืชผักและไม้ดอกไม้ประดับทั่วๆ ไปองค์ประกอบของสารละลาย "Coic-Lesaint" แสดงในตารางผนวกที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2.1 องค์ประกอบของสารละลาย "Coic-Lesaint" pH 5.8

อิออน	ความเข้มข้น(me/l)	ธาตุ	ปริมาณธาตุหรือออกไซด์ (mg/l)
NO_3^-	12.2	N	170.8
NH_4^+	2.2	N	30.8
$HPO_4^=$ หรือ($H_2PO_4^-$)	2.2 หรือ (1.1)	P	34.1 (P_2O_5 = 78.1)
K^+	5.2	K	202.8 (K_2O = 244.4)
Ca^{++}	6.2	Ca	124.0 (CaO = 173.6)
Mg^{++}	1.5-3	Mg	18-36 (MgO = 30-60)
$SO_4^=$	1.5	S	24.0

อัตราส่วนของ N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 0.4 : 1.2			
อัตราส่วนร้อยละของ K : Ca : Mg = 39.6 : 47.6 : 12.8			
ปริมาณจุลธาตุอาหารในการเตรียมสารละลาย 10 ลบ.ม.ใช้ปริมาณดังนี้			
Ammonium molybdate	$(NH_4)_2MoO_4$ (49% Mo)	0.5	gm
Boric acid	H_3BO_3 (11.7% B)	15	gm
Manganese sulfate	$MnSO_4.4H_2O$ (24% Mn)	20	gm
Zinc sulfate	$ZnSO_4.7H_2O$ (22%Zn)	10	gm
Copper sulfate	$CuSO_4.5H_2O$ (25% Cu)	2.5	gm
Fe (EDTA หรือ คีเรต ชนิดอื่น)		6-20	gm

การหาปริมาณกรดเพื่อปรับค่า pH ให้ได้ค่าตามต้องการ

เช่นถ้าต้องการปรับค่า pH ของน้ำให้ได้ 5.8 จะต้องทำดังนี้

โดยทั่วไปน้ำจากแหล่งต่างๆ จะมีค่า pH สูงกว่า 5.8 ค่า pH ของน้ำที่สูง เนื่องจากผลของอนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และบางครั้งจะมีอนุมูลของคาร์บอเนต ($CO_3^=$) รวมอยู่ด้วย ดังนั้นจำเป็นต้องเติมกรด เพื่อกำจัดอนุมูลเหล่านี้ออกทั้งหมดหรือบางส่วน และมีผลลดค่า pH ของน้ำ นอกจากนี้กรดที่เติมลงไปยังใช้เพื่อสะเทินความเป็นด่างของปุ๋ย $(NH_4)_2HPO_4$ โดยทุกๆ 2.2 me ของ $(NH_4)_2HPO_4$ ที่ใช้จะต้องใช้กรด HNO_3 1 me เพื่อสะเทินความเป็นด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดที่เติมลงในน้ำจะปลดปล่อย H^+ ซึ่งจะรวมตัวกับน้ำได้ H_3O^+และเข้าทำปฏิกริยากับ HCO_3^-, $CO_3^=$ เกิด น้ำ และก๊าซ CO_2 ระเหยออกจากน้ำ ดังสมการต่อไปนี้

$$H_3O^+ + HCO_3^- \text{ ---------> } H_2CO_3 + H_2O$$

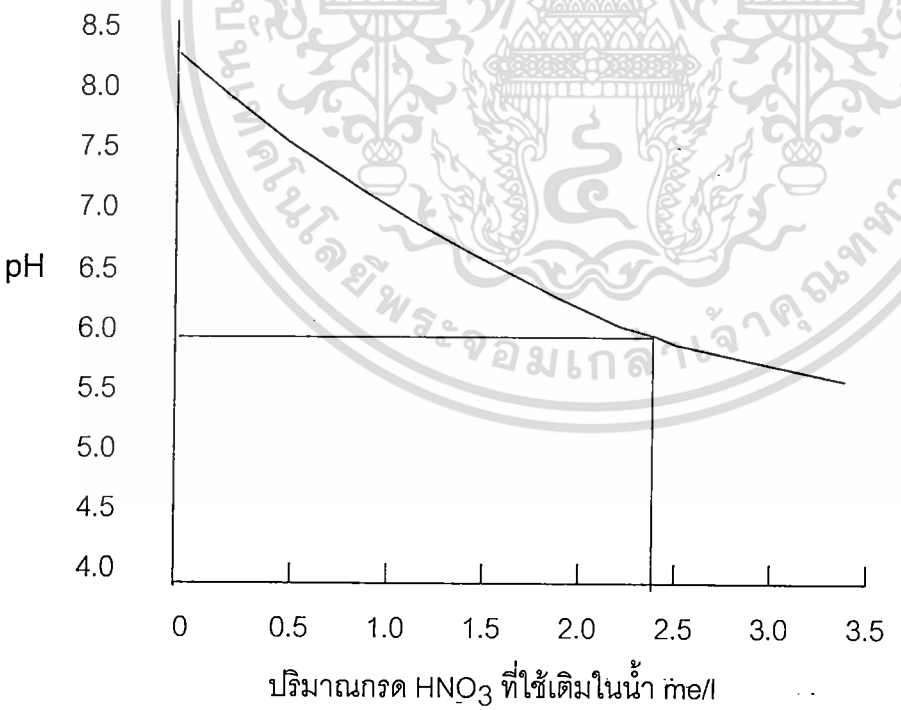
$$H_2CO_3 \text{ ---------> } H_2O + CO_2$$

$$H_3O^+ + CO_3^= \text{ ---------> } HCO_3 + H_2O$$

$$H_3O^+ + HCO_3^- \text{ ---------> } H_2CO_3 + H_2O$$

$$H_2CO_3 \text{ ---------> } H_2O + CO_2$$

ปริมาณกรดที่ใช้ในการปรับค่า pH จะได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และเราสามารถหาได้เอง จากการค่อยๆ เติมกรดลงในน้ำ วัดค่า pH ที่เปลี่ยน และเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกรดที่ใช้กับการเปลี่ยนค่า pH หลังจากนั้นสามารถคำนวณปริมาณกรดที่ต้องใช้ต่อปริมาณสารละลายที่ต้องการรกรดที่ใช้ในการปรับค่า pH ของน้ำได้แก่ HNO_3, H_2SO_4, H_3PO_4 ปริมาณธาตุอาหารในกรดแต่ละชนิดแสดงในตารางที่



รูปผนวกที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และปริมาณกรด HNO_3 ที่ใช้เติมในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณปริมาณธาตุอาหารที่ต้องใส่เพิ่มลงในน้ำ

1 จุลธาตุอาหาร (Fe, Mo, B, Zn, Cu, Mn) ปริมาณที่ใส่จะเท่ากันหมดโดยไม่คำนึงถึงองค์ประกอบของน้ำ

2 ธาตุอาหารหลัก (N, P, K, Ca, Mg, S) ปริมาณที่ใส่จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของน้ำเพื่อปรับให้ค่าปริมาณธาตุอาหารเท่ากับความเข้มข้นที่ต้องการ

เนื่องจากค่าความเข้มข้นของสารละลาย "Coic-lesaint" จะบอกในหน่วย me/l ซึ่งคำจำกัดความของ me (Milliequivalent) คือค่าของน้ำหนักอะตอมของธาตุหรือน้ำหนักโมเลกุลของอนุมูลหารด้วยวาเลนซีของธาตุหรือของอนุมูลนั้น ตารางที่ .แสดงค่า me ของสารอาหารและ ธาตุที่พบอยู่ในน้ำและสารละลายธาตุอาหารทั่วไป และในการคำนวณจำเป็นต้องเปลี่ยนค่า me ให้เป็นหน่วยน้ำหนักเป็น กรัมหรือกิโลกรัมของธาตุอาหาร หรือปุ๋ยที่จะใส่โดยคูณจำนวน me ของธาตุอาหารหรือปุ๋ยด้วยค่าในตารางผนวกที่ 2 เช่น NH_4NO_3 1.1 me จะหนัก = 1.1 x 80 = 88 กรัม

ตารางผนวกที่ 2.2 นน.ของปุ๋ยที่ต้องใช้ (mg) เพื่อให้ได้ธาตุอาหาร 1 me

ชนิดปุ๋ยที่ใช้ สูตรทางเคมี		นน.	นน.ปุ๋ยเป็น gm หรือ mg ต่อ eq หรือ me	
Ammonium nitrate	NH_4NO_3	80	80	80
Potassium nitrate	KNO_3	101	101	101
Calcium nitrate	$Ca(NO_3)_2$	164	82	82
**	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	236	118	118
	$Ca(NO_3)_2.H_2O$	182	91	91
Magnesium nitrate	$Mg(NO_3)_2.6H_2O$	256	128	128
Ammonium dihydrogenphosphate	$NH_4H_2PO_4$	115	115	115
Ammonium monohydrogenphosphate	$(NH_4)_2HPO_4$	132	66	66
Potassium dihydrogenphosphate	KH_2PO_4	136	136	136
Potassium sulfate	K_2SO_4	174	87	87
Ammonium sulfate	$(NH_4)_2SO_4$	132	66	66
Magnesium sulfate	$MgSO_4.7H_2O$	246	123	123
	$MgSO_4$	120	60	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2.3 ความเข้มข้นของกรดชนิดต่างๆที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

กรด HNO_3

ความหนาแน่น	% HNO_3	ปริมาตร(ml)/กรด 1 me
1.13	30	178
1.33	53.5	89
1.355	57.9	80.4
1.356	58	80
1.361	59	78.5
1.372	61	75
1.38	62.5	73
1.39	65	70
1.4	67	67
1.41	69	64.6

H_3PO_4

ความเข้มข้น	% H_3PO_4
1.25	37
1.58	75
1.7	85

H_2SO_4

ความเข้มข้น	% H_2SO_4
1.83	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณ

หลักในการคำนวณ ในการเตรียมสารละลายวัตถุประสงค์หลักให้ได้องค์ประกอบของสารในสารละลายที่เตรียมเท่ากับสูตรที่เราต้องการ แต่ในบางครั้งไม่สามารถทำให้เท่ากันได้ทุกตัว เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารบางตัวที่มีปนอยู่ในน้ำแล้ว หรือชนิดปุ๋ยที่ใช้ผสมจะมีความแตกต่างกันในธาตุอาหาร แต่อย่างไรสารละลายที่เตรียมขึ้นจะยึดหลักดังนี้

คือการคำนวณจะยึดหลักให้ค่าความเข้มข้นของ NO_3^-, NH_4^+ และ $HPO_4^=$ คงที่ คือ 12.2, 2.2 และ 2.2 me/l ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่นสามารถเปลี่ยนแปลงได้บ้าง แต่อัตราส่วนร้อยละของ K:Ca:Mg จะต้องคงที่ตามสูตรที่ต้องการเตรียม เช่นถ้าเตรียมตามสูตรของ "Coic-Lesaint" จะมีอัตราส่วน คือ 39.6:47.6:12.8

ตัวอย่าง เราต้องการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชจากน้ำที่มีองค์ประกอบดังนี้ K^+= 0.05 me/l, Ca^{++}= 3.5 me/l, Mg^{++}= 0.55 me/l, NH_4^+= 0 me/l, NO_3^-= 0 me/l, $H_2PO_4^-$= 0 me/l, $HPO_4^=$= 0 me/l, $SO_4^=$= 0.6 me/l วิธีการโดยจะเริ่มจากเติมค่าต่างๆลงในตารางที่ 4 เป็นลำดับดังนี้

1.เติมค่าวิเคราะห์น้ำลงในแถวที่ 1 ในหน่วยของ me/l

2.ใส่ค่า 2.2 me ของ $HPO_4^=$ และ 2.2 me ของ NH_4 ลงในช่องของ $(NH_4)_2HPO_4$

3.จากการทดลองปรับค่า pH ของน้ำโดยการค่อยๆ เติมกรดและวัดค่า pH ของน้ำที่เปลี่ยน พบว่าเพื่อปรับค่า pH ให้ได้ 5.8 จะต้องใช้กรด 2.4 me (pH เริ่มต้น = 8.3) ในที่นี้ใช้ กรด HNO_3 ในการปรับค่า pH ดังนั้นเติมค่า 2.4 me ลงในแถว HNO_3

4.การที่เราใช้ $(NH_4)_2HPO_4$ ใส่ลงในสารละลาย และเนื่องจากเกลือนี้มีฤทธิ์เป็นด่าง มีผลให้ pH ของสารละลายสูงขึ้น เพื่อลดค่า pH จะต้องเติมกรด โดยต้องใช้กรด HNO_3 1me/l เพื่อแก้ความเป็นด่างของ $(NH_4)_2HPO_4$ 2.2 me/l ดังนั้นใส่ค่า 1 me ตามแถวของ HNO_3 และในช่อง H_3O^+ และ NO_3^-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2.4 ตารางที่ใช้ประกอบการคำนวณองค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหาร

ความเข้มข้น (me/l)										นน.ปุ๋ยที่ใส่/m^3
	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	NH_4^+	H_3O^+	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	$HPO_4^=$	$SO_4^=$	
ค่าวิเคราะห์น้ำ	.05	3.5	.55	-	-	.20			.6	
HNO_3					3.4	3.4				3.4 x 89 = 305 cm^3
H_3PO_4										
$NH_4H_2PO_4$										
$(NH_4)_2HPO_4$				2.2				2.2		2.2 x 66 = 145 gm
$Ca(NO_3)_2.4H_2O$		3.12				3.12				3.12x118 = 368.2gm
KNO_3	5.48					5.48				5.48 x 101 = 555 gm
K_2SO_4										
$MgSO_4.7H_2O$			1.23						1.23	1.23 x 123 = 150 gm
$Mg(NO_3)_2.6H_2O$										
NH_4NO_3										
ผลรวมทั้งหมด	5.53	6.62	1.78	2.2	3.4	12.2		2.2	1.83	

5.ใส่ NO_3^- ทั้งหมดเป็นจำนวน 2.4 + 1 = 3.4 me และในน้ำมีอนุมูล NO_3^- อยู่แล้ว 0.2 me เหลืออนุมูล NO_3^- ที่จะต้องเติมลงไปอีก 12.2 - 3.4 - 0.2 = 8.6 me โดยจะใส่ในรูปของ $Ca(NO_3)_2$ และ KNO_3

6.เมื่อเราใส่อนุมูล NO_3^- 8.6 me ในรูปของเกลือที่กล่าวมาแล้วก็จะเป็นการใส่ K^+ + Ca^{++} รวมกันจำนวน 8.6 me ด้วย เนื่องจากในน้ำมี (K^+) = .05 + (Ca^{++}) = 3.5 = 3.55 me ซึ่งรวมทั้งหมดจะมี Ca^{++} + K^+ อยู่ในสารละลายทั้งหมด เท่ากับ 8.6 + 3.55 = 12.15 me

7.เนื่องจากอัตราส่วนร้อยละของ K : Ca : Mg ในสารละลายจะต้องเท่ากับ 39.6 : 47.6 : 12.8 หรือเมื่อคิดเป็น % ของ K : Ca = 39.6*100/(39.6+47.6) : 47.6*100/(39.6+47.6) = K : Ca = 45.5 : 54.5 ดังนั้นในสารละลายจะมี

- K^+ = (12.15 x 45.5) / 100 = 5.53 me ปริมาณของ KNO_3 ที่ใส่จะเท่ากับ 5.53 - 0.05 = 5.48 me

- Ca^{++} = (12.15 x 54.5) / 100 = 6.62 me ปริมาณของ $Ca(NO_3)_2$ ที่ใส่จะเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.62 - 3.5 = 3.12 me

8.ใส่ค่า 5.48 ในช่องจุดตัดระหว่างแนวนอนของ KNO_3 กับแนวตั้งของ K^+ และ NO_3^- ตามลำดับ

9.ใส่ค่า 3.12 ในช่องจุดตัดระหว่างแนวนอนของ $Ca(NO_3)_2$ กับแนวตั้งของ Ca^{++} และ NO_3^- ตามลำดับ

10.อัตราส่วนร้อยละของ K : Ca : Mg จะต้องเท่ากับ 39.6:47.6:12.8 (เมื่อคิดเป็น % ของผลรวมของ K+Ca+Mg) ในสารละลายมี Ca = 6.62 ดังนั้นจะต้องใส่ Mg = (12.8 x 6.62)/47.6 = 1.78 me Mg^{++} ในน้ำมี Mg^{++} อยู่แล้ว 0.55 me ดังนั้นจะต้องใส่เพิ่มอีก 1.78 - 0.55 = 1.23 me ใส่ในรูปของ $MgSO_4.7H_2O$ ใส่ค่า 1.23 ในช่องจุดตัดระหว่างแนวนอนของ $MgSO_4.7H_2O$ กับแนวตั้งของ Mg^{++} และ $SO_4^=$ ตามลำดับ

11.ผลรวมของ $SO_4^=$ ทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.6 + 1.23 = 1.83 ซึ่งค่านี้จะสูงกว่าค่าในสูตรสารอาหารเล็กน้อย (1.5 me/l) แต่เป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่ใช้ได้ คือความเข้มข้นของ $SO_4^=$ ในสารละลายสามารถมีได้ถึง 2 me/l

12.ในการคำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้ (กรัม) ในการเตรียมสารละลาย 1 ลูกบาศก์เมตร คำนวณโดยคูณจำนวน me ของสารที่ใช้ในแต่ละแถวด้วย น้ำหนักปุ๋ย และกรดที่ให้ไว้ในตารางผนวกที่ 2 และ 3 ใส่ค่าเหล่านี้ในแนวตั้งของช่องสุดท้าย

<u>วิธีการเตรียมสารละลาย</u>

หลังจากที่รู้ปริมาณของสารต่างๆที่ต้องเติมลงในน้ำ เพื่อเตรียมสารละลาย 1 ลูกบาศก์เมตร การเตรียมสารละลายนั้นโดยทั่วไปจะเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงและเมื่อต้องการใช้ก็จะนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นตามต้องการ โดยจะเตรียมสารละลายแยกเป็น 2 ถัง เนื่องจากปุ๋ยบางชนิดไม่สามารถผสมกันโดยตรงที่ระดับความเข้มข้นสูงๆ ซึ่งวิธีการเตรียมจะมีขั้นตอนดังนี้ เช่น เมื่อเราต้องการสารละลายธาตุอาหารทั้งหมด 10 ลูกบาศก์เมตร จะเตรียมสารละลาย 2 ถัง ถังละ 50 ลิตร (ตัวอย่างจากที่คำนวณมาแล้วในตอนต้น)

ถังที่ 1

ต้องทำการผสมตามลำดับขั้นดังนี้

-ใส่น้ำ 20 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ใส่กรด HNO_3 เท่ากับปริมาณที่ต้องใช้เพื่อปรับ pH ของสารละลาย 9.95 ลูกบาศก์เมตร ให้ได้ pH=5.8 รวมกับปริมาณเพื่อแก้ความเป็นด่างเนื่องจากผลของปุ๋ย $(NH_4)_2HPO_4$ จากตัวอย่างใช้ HNO_3 (53.5%) = 305 ลูกบาศก์เซนติเมตร/สารละลาย 1ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นใช้กรดทั้งหมด 9.95 x 305/1000 = 3.035 ลิตร

-ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทั้งหมดในรูป($(NH_4)_2HPO_4$ = 145 x 10/1000= 1.450 กก. (ปุ๋ยนี้ต้องละลายในน้ำ 10 ลิตร ก่อนผสม)

-ในถังที่ 1 นี้อาจใส่ N, K, Mg ในรูปของ ซัลเฟต, ไนเตรท, ฟอสเฟต, แอมโมเนียม ที่ละลายในน้ำก่อนผสม แต่ในถังนี้ห้ามใส่แคลเซียมเด็ดขาดเพราะจะทำปฏิกริยา กับฟอสเฟตตกตะกอน ในที่นี้จะใส่ KNO_3 ทั้งหมดในถังนี้ เพื่อลดความเข้มข้นของสารละลายในถังที่ 2 ปริมาณ KNO_3 ที่ใส่เท่ากับ 555 x 10/1000 = 5.55 กก.

-ใส่จุลธาตุอาหารทั้งหมดในถังนี้ ยกเว้นเหล็ก

-เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 50 ลิตร คนสารละลายให้ผสมกันดี

pH ของสารละลายในถังนี้จะต้องต่ำกว่า 3

ถังที่ 2

ต้องทำการผสมตามลำดับดังนี้

-ใส่น้ำ 20 ลิตร

-ใส่กรด HNO_3 เพื่อปรับ pH ของน้ำในถังนี้ (50 ลิตร) ในที่นี้ต้องใส่ 0.05x305x1000/1000 = 15.25 ลูกบาศก์เซนติเมตร

-ใส่ปุ๋ยที่มีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบทั้งหมดในถังนี้ (ปุ๋ยนี้ต้องละลายในน้ำ 12 ลิตร ก่อน) ในที่นี้เราจะละลายปุ๋ย $Ca(NO_3)_2$ จำนวน 305 x 10 / 1000 = 3.05 กิโลกรัม ในน้ำ 12 ลิตร หลังจากนั้นจึงเทใส่ในถังที่ 2

-ใส่เหล็กทั้งหมดในรูปคีเลต (chelate) อัตราที่ใช้จะมีส่วนผสมของเหล็กอยู่ในช่วง0.6 ถึง 2 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ในที่นี้จะใส่ในรูป Fe-EDTA (6% Fe) ซึ่งมีเหล็ก 0.6 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นต้องใส่เหล็กในรูป Fe-EDTA ทั้งหมดเป็นจำนวน (100 x 0.6/6) x 10 = 100 กรัม โดยที่จะต้องนำเอาสารประกอบเหล็กละลายในน้ำ 12 ลิตรก่อน

-เติมน้ำลงในถังให้ครบ 50 ลิตร กวนสารละลายให้เข้ากันดี

pH ของสารละลายในถังที่ 2 จะอยู่ในช่วง 4 ถึง 6

ในถังนี้ห้ามใส่ ปุ๋ยที่มี อนุมูลซัลเฟต และ ฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ในกรณีพืชที่ปลูกแสดงอาการขาดธาตุเหล็ก ให้วัดค่า pH ของสารละลายในถังที่ 2 ถ้าค่า pH ต่ำกว่า 3 ให้เตรียมสารละลายนี้ใหม่ เนื่องจาก Fe-EDTA สามารถคง สภาพอยู่ในรูปคีเลตได้ในช่วงของ pH 3 - 6.5 แต่ถ้าค่าของ pH ถูกต้อง ให้เพิ่มความเข้มข้นของเหล็กในสารละลาย โดยเฉพาะพืชที่ใช้ในการปรุงแต่งกลิ่นอาหาร เช่น ผักชี คื่นฉ่าย มีความต้องการเหล็กมากเป็นพิเศษ อาจต้องการมากกว่าพืชปกติถึง 2 เท่า

เหล็กคีเลตที่สามารถนำมาใช้ในการผสมสารละลายคือ

Fe-EDTA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH =3 - 6 แสงแดดทำให้เสื่อมสภาพได้

Fe-DTPA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH =2 - 7แสงแดดทำให้เสื่อมสภาพได้

Fe-HEDTA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH =2 - 9 เสื่อมสภาพได้ง่าย

Fe-EDDHA สามารถคงรูปที่พืชใช้ได้ในช่วง pH =2 - 9 มีราคาแพง

Fe-EDTA และ Fe-DTPA มีการใช้มากที่สุด

สารละลายทั้งสองถังนี้เมื่อจะนำไปใช้ จะทำการเจือจางในอัตราส่วน 1:200 เช่น ถ้าต้องการใช้สารละลายธาตุอาหารพืช 5 ลูกบาศก์เมตร = 5,000 ลิตร ต้องใช้สารละลายเข้มข้น ถังที่ 1 และถังที่ 2 ถังละ = (1/200) x 5000 = 25 ลิตร และปรับปริมาตรโดยเติมน้ำ ให้ครบ 5,000 ลิตร

ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากคุณภาพน้ำที่ใช้

1. ในกรณีที่น้ำที่ใช้มีความเป็นกรด (pH < 5.5) ต้องใช้ Potassium bicarbonate เพื่อใช้ปรับค่า pH (มักไม่คอยพบมากนัก)

2. ในกรณีที่น้ำที่ใช้มีปริมาณ Ca มากเกินไป (>200 mg/l) จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณของ Mg และ K เพื่อรักษาอัตราส่วนของ Ca:K:Mg ตามที่กำหนดไว้ และลดปริมาณ $Ca(NO_3)_2$ ลง

3. ในกรณีที่น้ำมี Mg > 4 me/l ต้องเพิ่มปริมาณ Ca และ K เพื่อรักษาอัตราส่วนของ K : Ca : Mg ให้คงที่

4. ในกรณีน้ำที่ใช้มีปริมาณ Fe มากเกินไป (>1 ppm) เมื่อเหล็กอยู่ในรูป ferrous จะอยู่ในรูปสารละลายแต่เมื่อสัมผัสกับอากาศจะทำปฏิกริยากับออกซิเจนตกตะกอน ทำให้เกิดการอุดตันที่หัวหยดหรือที่ถังกรอง เพื่อแก้ปัญหานี้จะต้อง oxidize เหล็กให้อยู่ในรูป ferric ก่อนและกรองตะกอนที่เกิดขึ้นโดยใช้ถังกรองทราย สารที่ใช้ oxidize เหล็กอาจใช้พวก Potassium permanganate โดยใช้อัตราสาร 0.6 ppm ต่อความเข้มข้นเหล็ก 1 ppm แต่เป็นวิธีการที่แพงมากอาจไม่คุ้มกับการลงทุน อาจใช้วิธีฉีดน้ำให้เป็นฝอยในอากาศเพื่อให้เกิดการ oxidize โดยตรงกับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ในกรณีที่น้ำที่ใช้มีปริมาณ $NaHCO_3$ มากมีผลให้ pH ของน้ำสูงและต้องใช้กรด HNO_3 เป็นปริมาณมากในการปรับ pH ของสารละลายมีผลให้ปริมาณ $Ca(NO_3)_2$ ที่ใช้น้อยจนปริมาณ Ca ไม่พอ ในกรณีนี้ให้ใช้กรดH_3PO_4 แทนกรด HNO_3บางส่วน

6. ถ้าน้ำที่ใช้มีปริมาณของ $SO_4^=$ มาก ให้ใช้ $Mg(NO_3)_2$ แทน $MgSO_4$

การตรวจสอบสารละลายธาตุอาหารหลังจากเตรียมแล้ว

หลังจากเราเตรียมสารละลายเสร็จแล้วจำเป็นต้องมีการตรวจสอบว่าสารละลายที่ได้มีค่า pH และค่าความเข้มข้น (EC) เป็นไปตามที่เราต้องการหรือไม่

1.ค่า pH ของสารละลายที่ได้จะต้องได้ประมาณ 5.8

2.ความเข้มข้นของสารละลาย ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหาร คือผลรวมของเกลือที่มีอยู่แล้วในน้ำรวมกับเกลือของปุ๋ยและกรดที่ใส่เพิ่มเข้าไป ซึ่งวัดเป็น gm หรือ mg ของเกลือ/ลิตร สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Q = EC \times K$$

Q = ปริมาณของเกลือ gm/litre

EC = electrical conductivity mS/cm

K = ค่าคงที่ อยู่ในช่วง 0.8 ถึง 0.9 ขึ้นอยู่กับชนิดของเกลือ

โดยทั่วไปค่า EC ของสารละลายที่ใช้ปลูกพืชจะมีค่าอยู่ในช่วง 1.5 - 3 mS/cm ในการทดสอบว่าสารละลายที่เตรียมขึ้นมีปริมาณของเกลือตามความต้องการหรือไม่สามารถทำได้ดังนี้

1 วัดค่า EC ของน้ำที่ใช้เตรียมสารละลาย (EC_1)

2 วัดค่า EC ของสารละลายที่เตรียมเสร็จแล้ว(EC_2)

3 คูณค่าผลต่างของ EC ในข้อ 1 และ 2 (EC_3) ด้วย 0.8 ถึง 0.9 ซึ่งจะได้ค่าความเข้มข้นของปุ๋ยและกรดที่ใส่ลงในสารละลาย ซึ่งค่าที่ได้นี้ต้องใกล้เคียงกับปริมาณจริงๆๆ ของปุ๋ยและกรดที่ใส่ลงในสารละลาย ถ้าต่างกันมากแสดงว่ามีข้อผิดพลาดต้องแก้ไข

$$EC_2 - EC_1 = EC_3$$

$$EC_3 \times 0.8 \text{ หรือ } 0.9 = q_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 3

สูตรคำนวณค่า Evapotranspiration (ETP)

1.การคำนวณ ETo จากสูตรของModified Penman

ค่า ETo ที่คำนวณจาก Datalogger CR10X ข้อมูลที่ได้จะละเอียดเพราะเป็นข้อมูลรายวันและรายชั่วโมง ซึ่งเราสามารถตรวจสอบการใช้น้ำของพืชได้ทุกวัน การคำนวณใช้สูตร Modified Penman (Schwab และคณะ ,1996)

$$\lambda ETo = (\Delta/(\Delta+\gamma))(Rn-G) + (\gamma/(\Delta+\gamma))\, 6.43(1.0+0.53v2)\,(es-ed)$$

ETo = ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงที่เป็นหญ้า (มม./วัน)

λ = latent heat of vaporization of water (MJ/kg)

Δ = slope of the saturation vapor pressure curve (kPa/ $^{\circ}$C)

γ = Psychrometric constant (kPa/ $^{\circ}$C)

Rn = รังสีแสงอาทิตย์สุทธิ (MJ $m^{-2}d^{-1}$)

G = heat flux density to soil (MJ $m^{-2}d^{-1}$)

$= 0.38\,(T_{day\,n} - T_{day\,n-1})$

v2 = ความเร็วเฉลี่ยของลมที่ระดับเหนือจากพื้นดิน 2 เมตร (m/s)

es = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศ (kPa)

ed = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของจุดน้ำค้าง(dew point)(kPa)

= (ความชื้นสัมพัทธ์ X es)

โดย $\Delta = 0.20(0.00738T + 0.8072)^{7} - 0.000116$ kPa / $^{\circ}$C

T = อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ($^{\circ}$C)

$\gamma = 0.00163\,P/\lambda$

$P = 101.3 - 0.01055\,EL$

$\lambda = 2.501 - 2.361 \times 10^{-3} T$

P = ความดันบรรยากาศ (kPa)

EL = ระดับความสูง (m)

T = อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ($^{\circ}$C)

$Rn = (1-\alpha)\,Rs - \sigma\,(Ta)^{4}\,[a1-0.139(ed)^{0.5}]\,(a\,Rs/Rso + b)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rs = รังสีแสงอาทิตย์ที่รับได้บริเวณผิวโลก ($MJ\ m^{-2}d^{-1}$)

α = สัมประสิทธิ์ของการสะท้อนหรือ albedo (0.25 สำหรับพืชที่เขียวและสด)

σ = Stefan-Boltzman constant (4.903×10^{-9} $MJ/m^2 . d . K^4$)

Ta = อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ($^{\circ}K$)($^{\circ}C + 273$)

a1 = ค่าคงที่

$= 0.26 + 0.1\ e^{-[0.0154(J-180)]^{\wedge}2}$

J = ลำดับวันของปี (1 ถึง 365)

Rs/Rso > 0.7 a = 1.126 b = -0.07

Rs/Rso < 0.7 a = 1.017 b = -0.06

Rso = รังสีแสงอาทิตย์ที่รับได้บริเวณผิวโลกในสภาพที่ไม่มีเมฆ ($MJ\ m^{-2}d^{-1}$)

= 0.75 Ra

Ra = รังสีแสงอาทิตย์ที่รับได้ในสภาพไม่มีบรรยากาศ ($MJ\ m^{-2}d^{-1}$)

$= 37.58\ dr\ [\omega s\ Sin\ (\xi)\ Sin\ (\delta) + Cos\ (\xi)\ Cos\ (\delta)\ Sin\ (\omega s)]$

ξ = ค่าละติจูด ในหน่วยเรเดียน (-S, +N)

δ = the declination

$= 0.4093\ Sin\ (2\pi\ (284 + J)/ 365)$

dr = ความสัมพันธ์ของระยะทางของโลกจากดวงอาทิตย์

$= 1 + 0.033\ Cos\ (2\pi J/365)$

ωs = มุม (เรเดียน)

$= Arc\ Cos\ [- Tan\ (\xi)\ Tan\ (\delta)]$

2.การคำนวณ ETo จากสูตรของ Penman-Monteith

การคำนวณ ETo จากสูตรของ Penman-Monteith ที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น เพื่อให้ง่ายในการคำนวณ Smith และคณะ (1992) ได้แบ่งสูตรออกเป็น 2 ช่วง ดังนี้

ETo = ETrad + ETaero

ETrad = radiation term ($mm\ d^{-1}$)

ETaero = aerodynamic term ($mm\ d^{-1}$)

นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอีกหลายตัวที่ใช้ในสูตรของ Penman-Monteith ดังนี้

1. crop canopy resistance (r_c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

r_c = 200 / LAI (s m^{-1})

LAI = leaf area index

สำหรับหญ้าอ้างอิง

LAI = 24 h_c

h_c = 0.12 m.

LAI = 24 x 0.12 = 2.88

r_c = 200/2.88 = 70 (โดยประมาณ)

2. aerodynamic resistance (r_a)

สำหรับค่ามาตรฐานของความสูงของลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ที่ระดับ 2 เมตร และค่ามาตรฐานความสูงของหญ้า ที่ 0.12 เมตร

r_a = 208 / u_2

r_a = aerodynamic resistance (s m^{-1})

u_2 = ความเร็วลมวัดที่ระดับ 2 เมตร

3. modified Psychrometric constant (γ^*)

$$\gamma^* = \gamma\left(1+\frac{r_c}{r_a}\right)$$

γ = Psychrometric constant

r_c = crop canopy resistance (s m^{-1})

r_a = aerodynamic resistance (s m^{-1})

Aerodynamic Term

$$ETaero = \frac{\gamma}{\Delta+\gamma^*}\frac{0.622}{P}\frac{3.486P}{1.01(T+273)}86400\frac{U_2}{208}(e_a-e_d)$$

$$= \frac{\gamma}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)}\frac{900}{(T+273)}U_2(e_a-e_d)$$

ETaero = aerodynamic term (mm d^{-1})

U_2 = windspeed (m s^{-1})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(e_a-e_d) = vapour pressure deficit (kPa)

T = air Temperture (^oC)

900 = conversion factor

Radiation Term

$$ETrad = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma *}(Rn - G)\frac{1}{\lambda}$$

ETrad = radiation term (mm d^{-1})

Rn = net radiation (MJ m^{-2} d^{-1})

G = soil heat flux (MJ m^{-2} d^{-1})

λ = latent heat of vaporization (MJ kg^{-1})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวกที่ 4

เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ Tensiometer

SOIL-MOISTURE TENSIOMETER

Tensiometer เป็นเครื่องมือวัดความเครียดเมตริก (metric suction) ของความชื้นในดิน ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เพื่อกำหนดตารางและปริมาณการให้น้ำชลประทานแก่พืช และยังสามารถใช้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับความชื้นในดินได้อย่างกว้างขวาง ความเครียดเมตริกของความชื้นในดิน เกิดจากการที่อนุภาคของดินดูดยึดความชื้นไว้ที่ผิวของอนุภาคและในช่องว่างขนาดเล็กในดิน (Capillary pores) จึงทำให้ความชื้นในดิน (ขณะดินยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ) อยู่ในสภาวะที่ไม่อิสระ ซึ่งจะมีผลถึงความยากง่ายในการที่รากพืชจะดูดน้ำไปใช้จากดินที่ระดับความชื้นหนึ่งๆ กล่าวคือพืชจะต้องใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของน้ำอย่างน้อยเท่ากับความเครียดของน้ำในดินจึงจะดูดน้ำไปใช้ได้ การบอกปริมาณน้ำในดินเพียงอย่างเดียวเป็นการไม่เพียงพอเพราะเราไม่ทราบว่าน้ำในดินขณะนั้น มีระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชมากน้อยแค่ไหน แต่ถ้าเราบอกเป็นระดับความเครียดของน้ำในดิน ก็เท่ากับบอกให้ทราบถึงระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินต่อพืชในขณะนั้นๆ ซึ่งระดับความเครียดเมตริกของน้ำในดินสามารถวัดโดย Tensiometer

1. **องค์ประกอบและหลักการทำงานของ** Tensiometer

องค์ประกอบของ Tensiometer แสดงอยู่ในรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

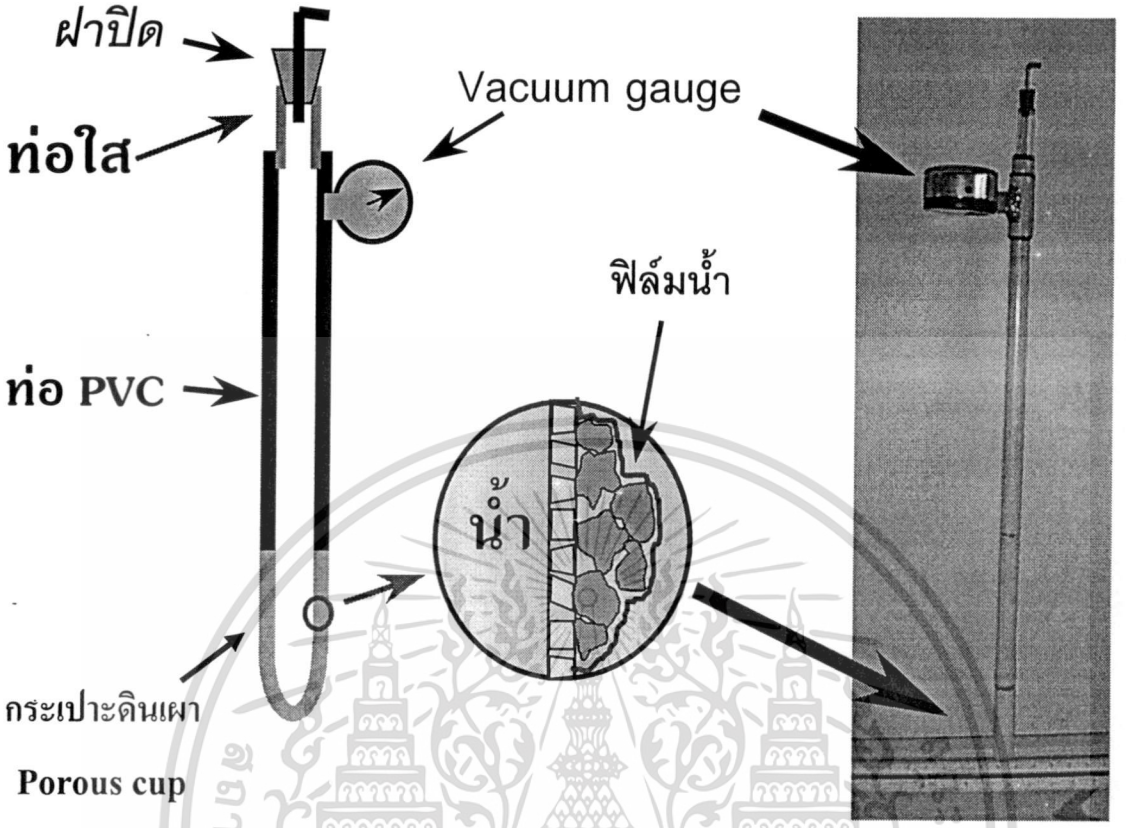
1. กระเปาะดินเผา (Porous ceramic cup) จะฝังอยู่ในดิน ณ ระดับความลึกที่ต้องการวัดความเครียดของน้ำในดิน

2. ท่อกลวง เชื่อมระหว่างกระเปาะดินเผากับเครื่องวัดความเครียด

3. เครื่องวัดความเครียด ซึ่งมีอยู่หลายแบบ คือ vacuum gauge, mercury manometer, closed-arm manometer นอกจากนี้ยังมีแบบ transducer ซึ่งเป็นเครื่องวัดความเครียดที่อาศัยหลักทางอิเลคโทรนิคที่นำมาใช้ไม่นานมานี้ ซึ่งสามารถวัดค่าความเครียดได้ละเอียดและถูกต้องมาก

4. ฝาปิด เป็นทางเติมน้ำและไล่อากาศออกจาก Tensiometer ขณะใช้งาน ส่วนต่างๆ ของ Tensiometer จะบรรจุน้ำเต็มทุกส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปผนวกที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบของ Tensiometer และรูปขยายกระเปาะดินเผา เมื่อสัมผัสอยู่กับอนุภาคดิน โดยมีฟิล์มน้ำเป็นตัวเชื่อม

หลักการทำงานของ Tensiometer จากรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงให้เห็นส่วนขยายของกระเปาะดินเผาขณะที่สัมผัสกับอนุภาคของดิน ผนังของกระเปาะดินเผาจะมีคุณสมบัติพิเศษโดยมีช่องว่างขนาดเล็ก และมีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมออยู่เป็นจำนวนมาก ขณะที่กระเปาะดินเผาเปียก ช่องในผนังกระเปาะดินเผาจะบรรจุน้ำเต็มทุกส่วน ความตึงผิวของน้ำที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ จะเป็นตัวอุดรูของช่องว่างขนาดเล็กนี้ไว้ โดยน้ำสามารถไหลผ่านช่องนี้ได้ แต่ฟิล์มน้ำจะอุดไม่ยอมให้อากาศเคลื่อนผ่านโดยฟิล์มน้ำจะทำหน้าที่คล้ายแผ่นยางบางๆ เคลือบปิดช่องว่างนี้ และฟิล์มน้ำนี้ก็จะเชื่อมต่อเป็นผืนเดียวกับฟิล์มน้ำที่ล้อมรอบอนุภาคของดิน ขณะที่ดินแห้งฟิล์มน้ำที่ล้อมรอบอนุภาคดินจะบางลง และยึดติดกับอนุภาคดินด้วยแรงที่มากขึ้น และจะเกิดแรงดึงน้ำออกจาก Tensiometer ผ่านทางช่องที่ผนังของกระเปาะดินเผา ทำให้น้ำใน Tensiometer เกิดความเครียด (Tension) ขึ้นและความเครียดนี้จะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งการไหลของน้ำจากภายใน Tensiometer ออกสู่ดินหยุด จุดนี้ความเครียดน้ำในดินจะเท่ากับความเครียดในน้ำ Tensiometer ในทางกลับกันถ้ามีการให้น้ำแก่ดิน อาจจะเนื่องจากฝนตกหรือให้น้ำชลประทานความเครียดของน้ำในดินจะลดลง ขณะที่ความเครียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำใน Tensiometer ยังคงสูงอยู่ น้ำจะไหลจากดินเข้าสู่ Tensiometer ผ่านทางช่องในกระเปาะดินเผา มีผลให้ความเครียดของน้ำใน Tensiometerลดลงจนความเครียดเท่ากับของน้ำในดิน น้ำก็จะหยุดไหล ค่าความเครียดของน้ำในดินที่ระดับความชื้นหนึ่งๆ สามารถอ่านได้จากเครื่องวัดความเครียดของ Tensiometer ถ้าการให้น้ำแก่ดินมากจนกระทั่งดินอิ่มตัว ค่าที่อ่านได้จาก Tensiometer จะอ่านได้ศูนย์ แสดงว่าน้ำขณะนั้นไม่มีความเครียดอยู่เลย

2. **ข้อจำกัดการใช้งาน** Tensiometer

ขณะที่ดินสูญเสียน้ำซึ่งอาจจะเป็นผลจากการดูดใช้น้ำของพืชหรือระเหยออกจากดิน ค่าที่อ่านได้จาก Tensiometer จะเพิ่มขึ้นโดยสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่หายไปจนถึงจุดพิกัดหนึ่งของ Tensiometer ซึ่งหลังจากจุดนี้แล้วถึงแม้ว่าน้ำจะถูกดึงออกจากดิน ต่อไปค่าที่อ่านได้จะไม่เพิ่มขึ้น ค่านี้จะคงที่อยู่จนกระทั่งมีการให้น้ำแก่ดินใหม่ ค่าที่อ่านได้ก็จะลดลงอยู่ในช่วงการทำงานของ Tensiometer ใหม่อีกครั้ง ซึ่งจุดพิกัดนี้ตามทฤษฎีควรวัดได้สูงสุดเมื่อความเครียดของน้ำเท่ากับ 1 บรรยากาศ แต่ในทางปฏิบัติสามารถวัดได้เพียงปริมาณ 0.8 บรรยากาศเท่านั้น เนื่องจากอากาศจะรั่วเข้าในกระเปาะดินเผา เมื่อความเครียดประมาณ 0.8 บรรยากาศ ซึ่งจะเป็นข้อจำกัดการใช้งานของ Tensiometer ดังนั้นการศึกษาความชื้นในดินช่วงที่แห้งมากๆ (ความเครียดน้ำในดินมากกว่า 0.8 บรรยากาศ) จะต้องใช้เครื่องมืออื่น เช่น resistance block หรือ Time domain reflectometer หรือ Neutron probe แต่อย่างไรก็ตามค่าความเครียดของน้ำในดินตั้งแต่ 0 ถึง 0.8 บรรยากาศนี้ ในดินเนื้อละเอียด จะมีปริมาณน้ำในดินมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (จาก FC-PWP) ส่วนในดินทรายจะมีประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งโดยทั่วไปการจัดการน้ำในดินต้องการให้น้ำอยู่ในสภาพที่พืชจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ซึ่งน้ำช่วงนี้จะอยู่ในช่วงการทำงานของ Tensiometer นอกจากนี้ค่าที่อ่านได้จาก Tensiometer สามารถอ่านได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และเป็นเครื่องมือวัดความชื้นในดินที่มีราคาถูกมาก จึงทำให้มีการใช้เครื่องมือนี้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

3. **ลักษณะและคุณสมบัติของส่วนต่างๆ ใน** Tensiometer

วัสดุที่ใช้ประกอบ Tensiometer ควรเป็นวัสดุที่คงทนต่อการใช้งานในไร่นา จุดข้อต่อต่างๆ และวัสดุที่ใช้ ยกเว้นกระเปาะดินเผาจะต้องไม่มีการรั่วของอากาศและน้ำ ผิวของกระเปาะดินเผาเมื่อทำให้เปียกจะต้องทนต่อแรงกดอากาศได้ 1 บาร์ (1 บาร์ = 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว) โดยไม่มีฟองอากาศซึมออก เมื่อแช่กระเปาะดินเผาในน้ำและความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของกระเปาะดินเผาจะต้องมากกว่า 1 มิลลิลิตรต่อนาที เมื่อให้ความดัน 1 บาร์ ที่ผนังของกระเปาะดินเผา เครื่องวัดความเครียดของ Tensiometer อาจจะอ่านค่าเป็น บาร์ (bars), เซ็นติบาร์ (Cm.bar) เซ็นติเมตร ปรอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(cm.Hg) บรรยากาศ (atm.) (1 bar = 100 c.bar = 75 cm.Hg = 0.987 atm.) ความไวของเครื่องวัดความเครียด จะต้องมีการเปลี่ยนปริมาตรเพียงเล็กน้อย เมื่อความเครียดเปลี่ยนไป คือประมาณ 1 มิลลิลิตร ต่อการเปลี่ยนความเครียด 1 บาร์ แต่อาจจะต้องใช้ที่มีความไวมากกว่านี้ ในการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ในสภาพการใช้งานทั่วๆ ไป Tensiometer จะมีการซึมของอากาศเข้าในเครื่องมือ ดังนั้นส่วนที่เป็นที่ดักอากาศควรเป็นวัสดุใส เพื่อที่จะสามารถดูปริมาตรการสะสมของอากาศได้ และถ้ามีฟองอากาศมากกว่า 2-3 มิลลิลิตร จะต้องไล่อากาศออกโดยการเติมน้ำให้เต็ม

ความยาวของ Tensiometer แต่ละอันจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความลึกของดินที่เราต้องการวัดความเครียด ดังนั้นความแตกต่างของระดับน้ำในแนวดิ่งจากเครื่องวัดความเครียดถึงกระเปาะดินเผาใน Tensiometer จะต่างกันด้วย ซึ่งความแตกต่างระดับนี้ จะทำให้เครื่องบอกระดับความเครียด อ่านค่าไม่เท่ากับ 0 ดังนั้น ก่อนใช้เครื่องมือจะต้องมีการปรับสเกลของเครื่องวัดความเครียดให้เท่ากับ 0 ก่อน แต่การที่จะปรับค่าที่อ่านจาก Vacuum gauge ให้เท่ากับ 0 ทำได้ยาก ดังนั้นโดยทั่วๆ ไปจะนำค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ ลบออก 1 เซนติบาร์ ของทุกๆ ระดับต่างกัน 10 เซ็นติเมตร เช่น ถ้าระดับต่างจากกระเปาะดินเผาถึงเครื่องวัดความเครียดในแนวตั้งเท่ากับ 30 เซ็นติเมตร และขณะนั้น Tensiometer อ่านค่าความเครียดของน้ำในดินได้ 40 เซนติบาร์ ดังนั้นค่าความเครียดของน้ำในดินจริงๆ เท่ากับ 40-3=37 เซนติบาร์ ส่วน Tensiometer ที่วัดความเครียดโดย Manometer เราสามารถปรับค่า 0 ได้โดยจัดลำดับความแตกต่างของกระเปาะดินเผาและ Manometer ให้เท่ากับที่จะใช้วัดในไร่นาจริงๆ และแช่กระเปาะดินเผาในน้ำ โดยให้น้ำท่วมกระเปาะดินเผาอยู่ครึ่งหนึ่ง และทำเครื่องหมายระดับปรอทใน Manometer ซึ่งจะเป็นจุด 0 ที่ต้องการ

4.การเตรียมและทดสอบเครื่อง Tensiometer ก่อนนำไปใช้งาน

ก่อนนำเครื่องไปใช้งานต้องมีการเตรียมและทดสอบเครื่องมือก่อนโดยเริ่มจาก

4.1ทำให้กระเปาะดินเผาเปียกน้ำก่อน โดยใช้กระป๋องพลาสติกเติมน้ำที่ใสสะอาดเช่นน้ำฝน น้ำประปา น้ำกรอง หรือน้ำกลั่น ประมาณครึ่งกระป๋อง เปิดฝา Tensiometer เติมน้ำให้เต็มเครื่องมือและตั้งไว้ในกระป๋องให้ ไม่ต้องปิดฝา ปล่อยแช่ไว้ 2- 3 วัน ถ้าไม่สามารถแช่เครื่องมือในน้ำได้ ให้เริ่มในหัวข้อ 4.2 เลย

4.2 เปิดฝาและเติมน้ำให้เต็มทุกส่วน น้ำที่ใช้อาจใช้น้ำกลั่น น้ำฝน น้ำประปา หรือน้ำที่ใสสะอาด ที่สำคัญจะต้องไม่มีตะกอน <u>น้ำที่ใช้ควรต้มให้เดือดประมาณ 5-10 นาที</u> และเทใส่ขวดปิดฝาปล่อยให้เย็นในขวดปิดฝา เพื่อไล่อากาศที่ละลายอยู่ในน้ำออก เมื่อเติมน้ำเต็มทุกส่วนแล้วปล่อยให้เครื่องมือตั้งอยู่ในแนวดิ่งจนกระทั่งกระเปาะดินเผาอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยจะเห็นน้ำหยดจากปลายกระเปาะดินเผา เติมน้ำให้เต็ม Tensiometer ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ดูดอากาศในเครื่องมือและอากาศที่ละลายอยู่ในน้ำออกให้หมดโดย ใช้ปั๊มดูดอากาศ (vacuum pump) หรือใช้กระบอกเข็มฉีดยา (syringe) ต่อเข้ากับจุกยางดูดอากาศออกจากน้ำและส่วนต่างๆ ของ Tensiometer ทางด้านบน โดยให้แรงดึงจนกระทั่งเครื่องวัดความเครียดอ่านได้ 80-85 เซนติบาร์ (60-64 เซนติเมตรความสูงปรอท) จะเกิดฟองอากาศลอยขึ้นสู่ที่ดักอากาศ (air trap) ไล่อากาศจำนวนนี้ออกโดยใส่น้ำให้เต็มใหม่ ทำหลายๆ ครั้งจนฟองอากาศที่เกิดขึ้นมีน้อยมาก ซึ่งการทำดังนี้จะเป็นการดึงอากาศออกจากผนังของกระเปาะดินเผาและจากเครื่องวัดความเครียดด้วยรวมทั้งอากาศที่ละลายอยู่ในน้ำด้วย เหตุที่ต้องดึงอากาศออกจากเครื่องมือให้หมดเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากอากาศสามารถยืดและหดตัวได้มาก (ปริมาตรเปลี่ยนตามความดัน) ดังนั้นถ้ามีอากาศอยู่ในเครื่องมือเมื่อเกิดความเครียด(Suction) อากาศจะมีการขยายตัวมากทำให้ Vacuum gauge อ่านค่าที่ถูกต้องช้าลง มีผลให้ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือมีผลตอบสนองต่อค่าความชื้นในดินช้า

4.4 หลังจากนั้นทดสอบอัตราการนำน้ำของกระเปาะดินเผา โดยปิดฝา Tensiometer และตั้งทิ้งไว้ในอากาศหลายๆ ชั่วโมง (หรือตากไว้ที่พัดลมเพื่อเร่งการระเหยของน้ำ) น้ำจะระเหยออกจากกระเปาะดินเผามีผลให้เครื่องวัดความเครียดอ่านค่าได้ประมาณ 70 เซนติบาร์ (50 เซนติเมตรความสูงปรอท) ถ้ามีฟองอากาศเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยในที่ดักอากาศ แสดงว่าเครื่องมือนี้ไม่มีรอยรั่ว หลังจากนั้นจุ่มกระเปาะดินเผาลงในน้ำ ค่าที่อ่านได้จะเริ่มลดลงภายใน 2-3 วินาที และจะกลับมาอยู่ที่ 0 ภายใน 3-5 นาที แสดงว่าอัตราการนำน้ำของกระเปาะดินเผาอยู่ในอัตราที่ใช้ได้ แต่ถ้าค่าไม่อยู่ที่ 0 ถึงแม้เมื่อลบค่าความต่างระดับของน้ำจากกระเปาะดินเผาถึงเครื่องวัดความเครียดแล้ว (ค่าความต่างระดับหาได้จากข้อ 3) แสดงว่าเครื่องวัดความเครียดเสียจะต้องมีการแก้ไขหรือเปลี่ยนใหม่

5.การเคลื่อนย้ายไปใช้งาน

หลังจากเตรียมและทดสอบเครื่องมือแล้ว ในการนำไปใช้งานระหว่างเคลื่อนย้ายต้องระวังไม่ให้กระเปาะดินเผาแห้งเพาะจะทำให้มีการรั่วของอากาศเข้าในเครื่องมือ ซึ่งอาจทำโดยแช่ปลายกระเปาะดินเผาในน้ำสะอาดตลอดการเคลื่อนย้าย หรือใช้กระดาษทิชชู ชุบน้ำให้เปียกหุ้มกระเปาะดินเผาและใช้ถุงพลาสติกขนาดเล็กหุ้มกระดาษทิชชูอีกทีป้องกันการระเหยของน้ำ และระหว่างเครื่อนย้ายต้องระวังไม่ให้กระเปาะดินเผากระแทกกับของแข็งแรงๆเพาะจะแตกได้ง่ายโดยเฉพาะเมื่อกระเปาะดินเผาอิ่มตัวด้วยน้ำ

6.การติดตั้งเครื่อง Tensiometer เพื่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1การเลือกบริเวณติดตั้งเครื่อง Tensiometer เพื่อใช้งาน การเลือกบริเวณติดตั้งเครื่องมือเป็นสิ่งจำเป็นมากจะต้องเลือกบริเวณที่เป็นตัวแทนของพื้นที่เพาะปลูกให้มากที่สุดเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดการให้น้ำแก่พืชได้อย่างถูกต้อง ถ้าเลือกบริเวณผิดเช่นเลือกบริเวณที่พืชใช้น้ำน้อยกว่าบริเวณอื่นโดยเฉลี่ยจะทำให้การให้น้ำน้อยกว่าความต้องการของพืชซึ่งจะมีผลต่อผลผลิตของพืช

หลักการทั่วไปในการเลือกบริเวณติดตั้งเครื่องมือโดยทั่วไปจะต้องเลือกต้นพืชที่แข็งแรงและอยู่บริเวณที่รากพืชที่อยู่อย่างหนาแน่นและอยู่ทิศทางที่มีแสงอาทิตย์มาก คือบริเวณที่ดินมีการคายน้ำสูงสุด

ถ้าพืชมีระบบรากลึกกว่า 45 ซม. ควรติดตั้งเครื่องมือสองระดับ เครื่องแรกที่ความลึก 25 % ของความลึกราก อันที่สองที่ระดับความลึก 75 % ของความลึกราก เช่นพืชที่มีรากลึก 100 ซม. ดังนั้นเครื่องมืออันแรกจะอยู่ที่ระดับ 25 ซม. อันที่สองที่ระดับความลึก 75 ซม. แต่โดยทั่วไปจะฝังเครื่องมือลึกไม่เกิน 120 ซม.

เมื่อเริ่มใช้เครื่องมือครั้งแรกในสวนควรติดตั้งเครื่องมือหลายๆจุด เพื่อดูลักษณะความสม่ำเสมอของค่าที่อ่านได้ หลังจากมีข้อมูลมากพอก็เริ่มลดหรือเคลื่อนย้ายเครื่องมือในบางจุดที่ไม่จำเป็นไปใช้ที่อื่นได้ และเมื่อได้ตำแหน่งของเครื่องมือในพื้นที่หนึ่งๆซึ่งใช้เป็นตัวแทนของการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในพื้นที่นั้นแล้วควรติดตั้งเครื่องมือในตำแหน่งนั้นตลอดฤดูปลูกเพื่อสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินได้อย่างต่อเนื่อง

ตำแหน่งการติดตั้ง Tensiometer ในระบบให้น้ำแบบต่าง ๆ

1.ระบบให้น้ำแบบ Furrow Irrigation ติดตั้งเครื่องมือประมาณ 2/3 ของความยาวร่องน้ำ โดยปลายกระเปาะดินเผาเอียงเข้าหาร่องน้ำเล็กน้อย ถ้าเป็นไม้ผลติดตั้งทิศที่พระอาทิตย์ตอนบ่ายเช่นทิศตะวันตกเฉียงใต้ ถ้าเป็นพืชไร่ที่ปลูกเป็นแถวติดตั้งเครื่องมือในแถวพืช

2.ระบบให้น้ำแบบ Sprinkler Irrigation ถ้าเป็นไม้ผลติดตั้งทิศที่พระอาทิตย์ตอนบ่ายสองเช่นทิศตะวันตกเฉียงใต้ และต้องเลือกตำแหน่งที่ใบพืชไม่บังทิศทางของการฉีดน้ำไปยังตำแหน่งของ Tensiometer ถ้าเป็นพืชไร่ที่ปลูกเป็นแถวติดตั้งเครื่องมือในแถวพืช

3.ระบบให้น้ำแบบ Drip หรือ Mini sprinkler ถ้าเป็นไม้ผลติดตั้งทิศที่พระอาทิตย์ตอนบ่ายสองเช่นทิศตะวันตกเฉียงใต้ และอยู่ห่างจากหัวหยด ประมาณ 30 - 45 ซม. หรือประมาณ 60 - 90 ซม. ของหัว mini sprinkler คือให้อยู่ในพื้นที่เปียกของหัวให้น้ำ ถ้าเป็นพืชไร่ที่ปลูกเป็นแถวติดตั้งเครื่องมือในแถวพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2การติดตั้งเครื่องมือ เริ่มจากเจาะหลุมเพื่อฝังให้กระเปาะดินเผาอยู่ที่ระดับความลึกที่ต้องการวัดความเครียด โดยใช้แท่งโลหะกลวงผนังบาง มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับกระเปาะดินเผา ถ้าบริเวณนั้นเป็นดินแข็งหรือมีเศษหินอยู่มาก ก็ใช้แท่งเหล็กปลายแหลมเจาะลงไปถึงระดับความลึกที่ต้องการใส่ดินร่วนที่แยกเศษหินออกแล้วลงไปในหลุมและเทน้ำลงไปในหลุมเล็กน้อย แล้วจึงใส่ Tensiometer ลงในหลุม โดยหมุนพร้อมกับดันลงไปเพื่อให้ผนังของกระเปาะดินเผาสัมผัสกับดินได้สนิท ถ้าบริเวณนั้นมีหินขนาดใหญ่ไม่สามารถใช้เครื่องมือเจาะเป็นหลุมลงไปได้ก็ใช้เสียมขุดจนถึงระดับลึกที่ต้องการแล้วจึงวาง Tensiometer ให้กระเปาะดินเผาสัมผัสกับดินด้านข้างบริเวณที่ไม่มีหิน แล้วจึงกลบบริเวณกระเปาะดินเผาด้วยดินที่แยกเศษหินออกแล้ว หลังจากนั้นจึงกลบด้วยดินเดิมที่ขุดขึ้นมาและกดดินรอบๆให้แน่นและพูนดินรอบแท่ง Tensiometer เพื่อไม่ให้เป็นแอ่งขังน้ำ

6.3 การป้องกันความเสียหาย เมื่อติดตั้งเครื่องมือแล้วจะต้องทำเครื่องหมายให้เห็นได้ชัดเจนและต้องมีการป้องกันเครื่องมือเสียหาย เนื่องจากการปฏิบัติงานต่างๆ ในไร่นา เช่น จากรถแทรกเตอร์หรือสัตว์เลี้ยง โดยใช้ ท่อ PVC ท่อคอนกรีตหรือกล่องไม้ หรือถุงพลาสติกปิดเครื่องมือไว้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1.ป้องกันความเสียหายจากการปฏิบัติในไร่นาต่างๆ เช่น การดายหญ้า ใส่ปุ๋ย

2.เพื่อป้องกันให้หน้าปัดของVacuum gauge สะอาดและอ่านค่าได้ง่ายและป้องกันไม่ให้ไอน้ำเข้าไปใน gauge

3.ป้องกันการเกิดตะไคร่ในท่อใสของ Tensiometer โดยป้องกันไม่ให้แสงสองถึง

4.ลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรุนแรงของส่วนเหนือดินของเครื่องซึ่งจะมีผลต่อค่าที่อ่านได้

6.4การดูแลรักษาเครื่องขณะอยู่ในแปลงปลูกพืช ต้องมีการตรวจสอบเครื่องมืออยู่เสมอ ถ้าดินมีความชื้นสูง ค่าความเครียดที่อ่านได้ต่ำ จะเกิดการสะสมของอากาศที่ที่ดักอากาศเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าเป็นดินแห้งค่าที่อ่านได้อยู่ในช่วง 40-60 เซนติบาร์ จะเกิดการสะสมของฟองอากาศอย่างรวดเร็วในช่วง 2-3 วันแรก อากาศที่เกิดขึ้นนี้เนื่องจากอากาศบางส่วนที่ละลายอยู่ในน้ำ และจากอากาศที่ซึมผ่านเข้าทางผนังของกระเปาะดินเผา เมื่ออยู่ในสภาพความเครียดสูง ดังนั้นในช่วงแรกของการติดตั้งควรทำการตรวจสอบเครื่องมือทุกๆ 2 วัน เพื่อดูการสะสมของอากาศ ถ้ามีอากาศประมาณ 2-3 มิลลิลิตร ต้องไล่อากาศออกโดยเปิดฝาของเครื่องมือ และเติมน้ำให้เต็ม ปิดฝาให้สนิท เมื่อทำการไล่อากาศประมาณ 2-3 ครั้งแล้ว อัตราการสะสมอากาศจะช้าลง หลังจากนั้นการตรวจสอบเครื่องมืออาจจะตรวจ 1 อาทิตย์ต่อครั้ง หรือนานกว่านี้ก็ได้ และทุกๆ 30 - 60 วันควรใช้ Syringe ดูดอากาศ

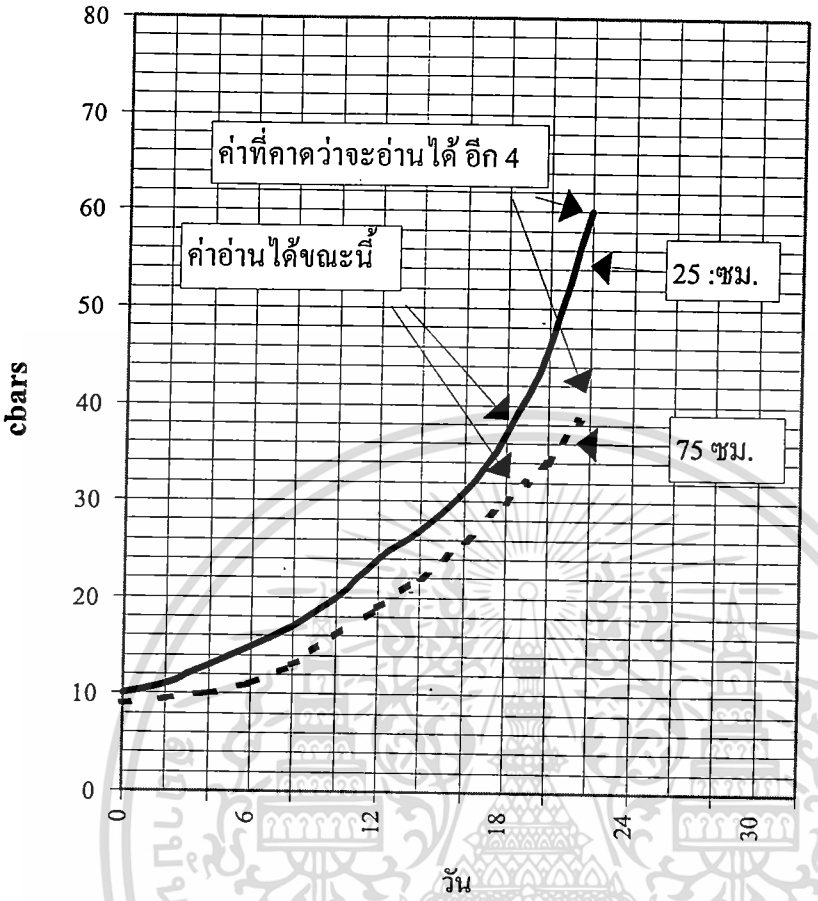
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกจากเครื่องมือและเติมน้ำให้เต็มเครื่องและปิดฝาเพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีอากาศเหรืออยู่ในเครื่องมือตลอดเวลาการใช้

7.การอ่านค่าและตีความหมายค่าที่อ่านได้จาก Tensiometer

โดยทั่วไปค่าที่อ่านได้จาก Tensiometer จะนำมาเขียนลงกราฟ เพื่อสะดวกในการติดตามการเปลี่ยนความชื้นในดินและตีความหมาย ทั่วไปกราฟประกอบด้วย ค่าที่อ่านจาก Tensiometer 2 ระดับ เช่นที่ 25 และ75 ซมขณะเดียวกันในกราฟนั้นก็สามารถรายงานเกี่ยวกับการจัดการต่างๆในแปลงปลูกพืช เช่น วันที่มีการให้น้ำ และปริมาณน้ำที่ให้ ปริมาณฝนที่ตก การให้ปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลง ช่วยให้เราทราบประวัติการให้น้ำได้อย่างต่อเนื่องและจากข้อมูลที่ได้สามารถคาดแนวโนมการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินได้ด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการจัดการน้ำ ดังนั้นการทำกราฟจากค่าที่อ่านได้จาก Tensiometer ตลอดฤดูปลูกพืชและทำอย่างต่อเนื่อง เป็นสิ่งสำคัญอย่างมากต่อการใช้เครื่อง Tensiometer ความถี่ในการเขียนกราฟนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการแห้งของดิน (อัตราการใช้น้ำของพืช และ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน) เช่นในดินทรายและอากาศร้อน ควรทำการอ่านค่าและบันทึกข้อมูลในกราฟ 2 - 3 ครั้ง/สัปดาห์ ถ้าอากาศไม่ร้อนและแห้งมากนัก อาจอ่านค่า อาทิตย์ละครั้งถ้าในช่วงที่มีฝนตกอาจมากกว่าอาทิตย์ละครั้งก็ได้ โดยทั่วไปหลังจากมีการให้น้ำสัก 2 - 3 ครั้งแล้วจากข้อมูลที่ได้สามารถบอกให้เราทราบถึงความถี่ในการบันทึกข้อมูลได้ดีขึ้น และควรมีการบันทึกข้อมูลก่อนและหลังการให้น้ำเพื่อทราบค่าที่อ่านได้ต่ำสุดและสูงสุด เวลาที่เหมาะที่สุดในการอ่านค่าจาก Tensiometer ควรทำในตอนเช้า ควรใช้นิ้วมือเคาะที่ Vacuum gauge เบาๆก่อนอ่านค่า ขณะที่เคาะเข็มจะมีการกระดิกเล็กน้อย และทิศทางการกระดิกของเข็มจะเป็นการแสดงให้เห็นว่าขณะนั้นดินอยู่ในทิศทางที่แห้งขึ้นหรือชื้นขึ้น และต้องอ่านค่าจากเครื่องมือก่อนที่จะเติมน้ำลงในเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปผนวกที่</u> 4.2 กราฟแสดงการบันทึกข้อมูลจาก Tensiometer ที่ระดับความลึก 25 และ 75 ซม. แสดงค่าที่อ่านได้ขณะนี้และค่าที่คาดว่าจะอ่านได้ในอีก 2 วันต่อมา

8.การใช้ Tensiometer กำหนดตารางการให้น้ำแก่พืช

การใช้ Tensiometer กำหนดตารางการให้น้ำแก่พืชนั้น สามารถทราบทั้งความถี่และปริมาณการให้น้ำในแต่ละครั้ง โดยติดตั้ง Tensiometer 2 ระดับ อันแรกให้กระเปาะดินเผาอยู่บริเวณที่มีรากพืชแพร่กระจายอยู่อย่างหนาแน่น ส่วนอันที่สองอยู่ใกล้ส่วนปลายของบริเวณรากพืชที่หนาแน่น และเราจะเริ่มให้น้ำแก่พืชเมื่อ Tensiometer อันบนอ่านค่าความเครียดได้สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ (เช่น 45 เซนติบาร์) หลังจากให้น้ำแก่ดินแล้วค่าที่อ่านได้จะลดลง หลังจากนั้นพืชก็ดูดน้ำไปใช้ ดินก็จะแห้ง ค่าความเครียดที่อ่านได้จะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าที่กำหนดไว้ เราก็จะให้น้ำอีกหมุนเวียนเช่นนี้ตลอดไป ทำให้เราทราบความถี่ในการให้น้ำ ส่วนปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละครั้ง ดูจากค่าที่อ่านได้จาก Tensiometer ตัวล่าง ถ้าค่าที่อ่านได้ต่ำแสดงว่าดินล่างมีความชื้นอยู่สูง ปริมาณนี้ที่ให้ในครั้งนั้นก็น้อย ในทางกลับกัน ถ้าค่าที่อ่านได้สูงแสดงว่าดินล่างแห้งก็จะต้องให้น้ำเป็นปริมาณมากขึ้น จากการติดตั้ง Tensiometer ทั้งสองอันนี้เราสามารถจัดตารางการให้น้ำแก่พืชให้เหมาะสมกับสภาพดินฟ้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศและความต้องการน้ำของพืชได้ ค่าความเครียดของน้ำในดินที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชเพื่อใช้กำหนดการให้น้ำนั้นจำเป็นจะต้องมีการทดลอง เพื่อได้ค่าที่เหมาะสมในแต่ละสภาพแวดล้อมในพืชแต่ละชนิดและในช่วงการเจริญเติบโตต่างๆ กันแต่จะต้องคำนึงถึงแง่การปฏิบัติการการลงทุนและผลตอบแทนด้วย จากการทดลองที่ผ่านมาในพืชหลายๆ ชนิด พบว่าการเจริญเติบโตของพืชจะลดลงอย่างมากเมื่อปล่อยให้พืชดูดน้ำจากดินไปใช้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ จากผลการทดลองนี้จึงเป็นแนวทางการพิจารณาการให้น้ำแก่พืช โดยจะเริ่มให้น้ำแก่พืชเมื่อพืชดูดน้ำไปใช้ 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์แก่พืช แต่นี่อาจจะเป็นการสิ้นเปลืองเกินไปคือไม่คุ้มกับทุน ดังนั้นอาจปล่อยให้ดินแห้งกว่านี้ก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปจะไม่ปล่อยให้พืชดูดน้ำไปใช้มากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งจากข้อมูลนี้เองจะใช้เป็นตัวกำหนดอย่างคร่าวๆ ของค่าที่อ่านได้จาก Tensiometer ที่จะเริ่มให้น้ำแต่ละครั้งโดยเปลี่ยนจากเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินเป็นระดับความเครียดของน้ำในดินโดยดูจากกราฟ Moisture-tension curve แต่ค่าที่แน่นอนของพืชแต่ละชนิดเพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพที่ต้องการควรได้จากการทดลองในแต่ละสภาวะแวดล้อมเช่น จากการทดลองศึกษาผลของความเครียดของน้ำในดินต่อผลผลิตของอ้อย โดยฝัง Tensiometer ที่ระดับความลึก 20 นิ้ว และจะเริ่มให้น้ำแก่อ้อยเมื่อค่าจาก Tensiometer อ่านได้ความเครียดเท่ากับ 0.25 บาร์ (19 cm.Hg), 0.45 บาร์ (34.2 cm.Hg), และ 0.65 บาร์ (49.4 cm.Hg) ตามลำดับ พบว่าผลผลิตอ้อยสูงสุดเมื่อให้น้ำแก่พืชที่ระดับความเครียด 0.25 บาร์

9.การให้น้ำแก่พืชกระถาง

หลักการจะเหมือนกับการให้น้ำกับพืชในสภาพไร่นา แต่ความลึกของดินในกระถางตื้น ดังนั้นไม่จำเป็นต้องหาความเครียดที่ระดับลึก การให้น้ำจะให้เมื่อค่าจาก Tensiometer ถึงค่าที่กำหนดไว้ และจะให้น้ำจนกระทั่งมีน้ำส่วนเกินไหลออกจากกระถาง ค่าความเครียดที่อ่านไว้จะเป็นศูนย์ แต่ถ้าปริมาณน้ำที่ให้น้อย คือไม่มีน้ำส่วนเกินไหลออกจากกระถาง ค่าที่อ่านได้จะลดลงแต่ไม่ถึง 0 โดยการปรับปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้ง เราสามารถที่จะจัดตารางการให้น้ำแก่พืช เพื่อให้ค่าความเครียดของน้ำในดินอยู่ในช่วงที่ต้องการได้

10.การวัดระดับน้ำใต้ดินโดย Tensiometer

การวัดระดับน้ำใต้ดินโดย Tensiometer นั้น ก่อนอื่นจะต้องทำการแบ่งสเกลของเครื่องวัดความเครียดในช่วงต่ำกว่า 0 โดยให้อ่านค่าออกเป็นมิลลิบาร์ ถ้าค่าที่อ่านจาก Tensiometer ต่ำกว่า 0 (ค่าเป็นลบ) แสดงว่าระดับน้ำใต้ดินขณะนั้นอยู่สูงกว่าความลึกของกระเปาะดินเผาที่ฝังอยู่ในดิน ซึ่งค่าที่อ่านเป็นลบของมิลลิบาร์ จะเท่ากับระยะเป็นเซนติเมตรจากระดับน้ำใต้ดินไปยังความลึกของ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระเปาะดินเผาแต่ถ้าอ่านได้สูงกว่า 0 แสดงว่าระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่ากระเปาะดินเผาและดินยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ

11.การใช้เครื่อง Tensiometer ดูดสารละลายดิน

นอกจากนี้ Tensiometer ยังสามารถใช้ศึกษาเกี่ยวกับน้ำในดินได้อย่างกว้างขวางอีกด้วยเช่น ศึกษาทิศทางและปริมาณการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ใช้กระเปาะดินเผาสกัดสารละลายดินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินที่ระดับความชื้นหนึ่งๆ โดยใช้แรงดึงน้ำออกจากดินผ่านทางรูพรุนของกระเปาะดินเผา และนำน้ำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารอีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้