การพัฒนาระบบให้น้ำและปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับสวนทุเรียน

IMPROVEMENT OF FERTIGATION FOR DURIAN ORCHARD

สุรินทร์ ไวยเจริญ

SURIN WAIJAROEN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาปฐพีวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

ISBN 974-640-355-2

การพัฒนาระบบให้น้ำและปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับสวนทุเรียน

IMPROVEMENT OF FERTIGATION FOR DURIAN ORCHARD

T040609

สุรินทร์ ไวยเจริญ

SURIN WAIJAROEN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาปฐพีวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2544

ISBN 974-648-355-2

ขหมู่.....
ขทะเบียน 40609
น, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2544

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPROVEMENT OF FERTIGATION FOR DURIAN ORCHARD

SURIN WAIJAROEN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN SOIL SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2001

ISBN 974-648-355-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2001

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาระบบให้น้ำและปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับสวนทุเรียน

IMPROVEMENT OF FERTIGATION FOR DURIAN ORCHARD

ชื่อนักศึกษา นายสุรินทร์ ไวยเจริญ

รหัสประจำตัว 39066500

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา ปฐพีวิทยา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ	
ผศ.ดร.เทียนชัย สุวรรณเวช	
ผศ.ดร.อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 12 มิถุนายน 2544 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องประชุมภาควิชาปฐพีวิทยา (A-408) ชั้น 4 อาคารเจ้าคุณทหาร

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๖ **เดือน** มิถุนายน **พ.ศ.** ๒๕๔๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาระบบให้น้ำและปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับสวนทุเรียน
ชื่อนักศึกษา นายสุรินทร์ ไวยเจริญ
รหัสประจำตัว 39066500
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา ปฐพีวิทยา
พ.ศ. 2544
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ. ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ

บทคัดย่อ

การใช้ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) เพื่อคำนวณการให้น้ำทุเรียน โดยวิธี Penman-Monteith ในปี 2541 มีค่า 1,290 มม. โดยค่า ETo ในช่วงฤดูแล้ง อยู่ระหว่าง 4-6 มม./วัน และในช่วงฤดูฝนอยู่ระหว่าง 1-4 มม./วัน นอกจากนี้ การใช้ Tensiometer วัดความชื้นในดินที่ระดับ 15 และ 45 ซม. ให้อยู่ระหว่าง 100 ถึง 400 mbars หรือใช้ Water Content Reflectometer (WCR) วัดความชื้นในดินที่ระดับ 0-30 ซม. อยู่ในช่วง 0.1-0.2 $ม.^3/ม.^3$ ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่ให้กับทุเรียน 200-400 ลิตร/ต้น/วัน (ค่าการคายระเหยน้ำของทุเรียน 200 ลิตร/ต้น/วัน) ยังมีการใช้ Stem Diameter Sensor วัดการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งทุเรียน ซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นในเวลากลางคืนและลดลงในตอนกลางวัน และมีความสัมพันธ์กับการคายน้ำของพืช ก็เป็นอีกวิธีที่วัดการใช้น้ำของทุเรียน

การทดลองให้ปุ๋ยเคมีแบบหว่านทางดินและการให้ในระบบน้ำอัตรา 30%, 50%, และ 70% ของอัตราทางดิน รวม 4 กรรมวิธีทดลองในทุเรียนพันธุ์หมอนทอง (*Durio zibethinus* Murray) ในชุดดินทุ่งหว้าที่มีดินบน เป็นดินร่วนปนทราย (Coarse-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Typic Paleudults) โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD พบว่าต้นทุเรียนมีการเจริญเติบโตทั่วไปไม่แตกต่างกัน เช่น ความสมบูรณ์ต้น ขนาดทรงพุ่ม ขนาดเส้นรอบวงต้น และผลผลิต แต่จากการวิเคราะห์ตัวอย่างใบทุเรียนหลังจากแตกใบอ่อน 45 วัน ในปีที่ 2 พบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบ ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบ รวมทั้งปริมาณดอกของต้นทุเรียนที่ทำการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน กับการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 50% และ 70% ของอัตราทางดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีปริมาณสูงกว่าการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ฉะนั้นการให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่ 50-70% ของอัตราทางดิน จึงน่าจะเหมาะสมสำหรับทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Improvement of Fertigation for Durian Orchard
Student	Mr. Surin Waijaroen
Student ID.	39066500
Degree	Master of Science
Programme	Soil Science
Year	2001
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Itthisunthorn Nuntagij

ABSTRACT

Water requirement of durian was calculated from reference evapotranspiration (ETo) by Penman-Monteith method value ranging 4-6 mm/day in dry season and 1-4 mm/day in wet season (in 1998 is 1,290 mm/year). The other way soil moisture measurement as a criterion can be used to control soil moisture and water use of durian by either tensiometer at 15 and 45 cm depth ranges with 100-400 mbar or water content reflectometer (WCR) at 0-30 cm ranges with 0.1-0.2 m^3/m^3 which is equal 200-400 litre/plant/day of water applied to durian. The measurement of daily expansion or shrinkage of durian stem diameter by using stem diameter sensor can also be used for water requirement of durian. The increasing and decreasing of durian stem diameter at nighttime and daytime are related to its evapotranspiration as well.

The experiment on fertigation for durian (*Durio zibethinus* Murray, Mon Thong variety) was conducted on sandy loam Thung Wa soil (Coarse-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Typic Paleudults) for two years. Four treatments of RCBD were consisted of the broadcast fertilization at the recommended rate, fertigation at 30%, 50% and 70% of the recommended rate. The general performance of the canopy, the growth rate and yields of all treatments in the two years were not significantly different. In the second year, the chemical analysis of mature leaves was conducted. The nitrogen content of leaves as well as the chlorophyll concentration and the number of flowers from 50% and 70% fertigation treatments were not different from the broadcast fertilization, but both of them were higher than that from 30% fertigation (P= 0.05). In conclusion, the fertigation at 50% and 70% of the total of soil application can be recommended for durian orchard.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ช่วยตรวจสอบและแก้ไข จาก รศ. ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมทั้งอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมทุกท่าน ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คุณปัญจพร เลิศรัตน์ นักวิชาการของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรีและผู้ร่วมงานทุกท่าน ที่ช่วยเหลือในด้านการจัดการและดูแลสวนทุเรียน ตลอดจนช่วยเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ

สุดท้ายขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรินทร์ ไวยเจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 สถานที่ทำการวิจัย 1

บทที่ 2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2

2.1 ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง หรือ Evapotranspiration (ETo) 2

2.2 การใช้ Time Domain Reflectometer (TDR) ในการวัดความชื้นดิน 6

2.2.1 หลักการทำงานของ TDR 6

2.2.2 องค์ประกอบของ TDR 7

2.2.3 การใช้ TDR วัดความชื้นดินเพื่อควบคุมการให้น้ำชลประทานแก่พืช 8

2.3 การใช้ Tensiometer ในการวัดความชื้นดิน 8

2.3.1 หลักการทำงานของ Tensiometer 8

2.3.2 การใช้ Tensiometer ในการควบคุมการให้น้ำชลประทาน 9

2.4 การใช้ Stem Diameter Sensor ในการควบคุมการให้น้ำชลประทาน 12

2.5 การให้ปุ๋ยในระบบน้ำแก่พืช (Fertigation) 13

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 15

3.1 อุปกรณ์การวิจัย 15

3.2 วิธีการวิจัย 19

3.3 การคำนวณค่า ETo สูตรของ Penman ปี 1948 24

3.4 การติดตั้งสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติของสวนทดลอง 25

3.5 การคำนวณ ETo จากสูตรของ Modified Penman 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

3.6 การคำนวณ ETo จากสูตรของ Penman-Monteith 29

3.6.1 Crop Canopy Resistance 29

3.6.2 Aerodynamic Resistance 29

3.6.3 Modified Psychometric Constant 30

3.7 การคำนวณ ETc 32

3.8 การคำนวณการให้น้ำพืช 33

3.9 การคำนวณความชื้นในดิน 33

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 34

4.1 ลักษณะของชุดดินทุ่งหว้า 34

4.2 ค่าความชื้นในดิน 35

4.3 ค่าการคายระเหยน้ำของพืช 36

4.4 การใช้ Tensiometer และ WCR (Water Content Reflectometer) ในการวัดความชื้นดิน 43

4.5 การใช้ Stem diameter sensor วัดการใช้น้ำของทุเรียน 49

4.6 การทดลองการให้ปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับทุเรียน 53

4.6.1 ปริมาณธาตุอาหารในดิน 53

4.6.2 การเจริญเติบโตด้านลำต้นและใบ 60

4.6.3 การเจริญเติบโตด้านผลผลิต 62

4.6.4 คุณภาพของทุเรียน 63

4.6.5 ผลตอบแทนต่อต้น 64

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 66

บรรณานุกรม 68

ภาคผนวก ก ลักษณะและ ค่าวิเคราะห์ดินของชุดดินทุ่งหว้า (Tg) 75

ภาคผนวก ข แสดงข้อมูลภูมิอากาศและค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ปี พ.ศ. 2541.. 77

ภาคผนวก ค แสดงข้อมูลภูมิอากาศและค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ปี พ.ศ. 2542 89

ประวัติผู้เขียน 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่

2.1 สรุปการใช้น้ำชลประทานทั้งหมด 11

3.1 กรรมวิธีทดลอง 20

3.2 ข้อมูลภูมิอากาศ คาบ 30 ปี จ. จันทบุรี 24

3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของไม้ผล (Kc) ในช่วงต่างๆ ของพัฒนาการของพืช 32

3.4 ความลึกของรากพืชที่ใช้ในการดูดน้ำ (Effective Root) 32

4.1 ค่า FC และ PWP ของชุดดินทุ่งหว้า 35

4.2 ค่า AWC ของชุดดินทุ่งหว้า 35

4.3 เปรียบเทียบค่า ETo จากการคำนวณกับของ ดิเรก ทองอร่าม (2529) 36

4.4 ค่าการใช้น้ำของทุเรียนในแต่ละเดือน คำนวณจากข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 30 ปี เพื่อใช้วางแผนการให้น้ำทุเรียน 38

4.5 ค่าการใช้น้ำของทุเรียนในแต่ละเดือน เพื่อใช้วางแผนการให้น้ำทุเรียน ปี 2541 39

4.6 แสดงข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนในปี 2541-2542 บริเวณสวนทุเรียนทดลอง 40

4.7 ค่าปริมาณน้ำที่ให้ทุเรียน ปริมาณฝน การคายระเหยน้ำของทุเรียน ปริมาณความชื้นในดิน และค่าแรงดึงน้ำของ Tensiometer ที่ระดับต่าง ๆ ในช่วง วันที่ 23 มี.ค. ถึง 21 เม.ย. 2541 ... 47

4.8 ความสมบูรณ์ต้นทุเรียนหมอนทองในการทดลองให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่าง ๆ ในปี 2541-2542 60

4.9 ขนาดทรงพุ่มต้นทุเรียนหมอนทองในการทดลองให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่าง ๆ ในปี 2541-2542 60

4.10 ขนาดเส้นรอบวงต้นทุเรียนหมอนทองในการทดลองให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่าง ๆ ในปี 2541-2542 61

4.11 ปริมาณ Chlorophyll N P K Ca และ Mg ในใบทุเรียนหมอนทองในการทดลองให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่าง ๆ ในปีที่ 2 (2541-2542) 61

4.12 ปริมาณดอกทุเรียน จำนวนผลต่อต้นและปริมาณผลผลิตต่อต้นของทุเรียนจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่าง ๆ ในปีที่ 2 (2541-2542) 63

4.13 คุณภาพของทุเรียนหมอนทองจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบให้น้ำอัตราต่าง ๆ ในปีที่ 2 (2541-2542) 63

4.14 ผลตอบแทนการผลิตทุเรียนหมอนทองที่ทำการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่าง ๆ 4 อัตรา 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่

2.1 แสดงองค์ประกอบของ TDR 8

2.2 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ Tensiometer ควบคุมการให้น้ำโดยอัตโนมัติ 11

2.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำในดิน 12

3.1 แสดง Thermocouple sensor วัดอุณหภูมิ (°C) และความชื้นในอากาศ (%) 16

3.2 แสดง Water Content Reflectometer (WCR)สำหรับวัดความชื้นดินและ Pyranometer sensor สำหรับวัด net radiation 17

3.3 แสดง Datalogger CR21X สำหรับเก็บข้อมูลอัตโนมัติ 18

3.4 แสดง Datalogger CR10X สำหรับเก็บข้อมูลอัตโนมัติ 18

3.5 แสดง Tensiometer + Transducer sensor สำหรับวัดแรงดึงของดิน (mbar) 19

3.6 แสดงแผนผังระบบการให้ปุ๋ยและน้ำโดยอัตโนมัติในสวนทุเรียนทดลอง 22

3.7 แสดงสถานีตรวจอากาศและระบบการให้ปุ๋ยในสวนทดลอง 23

3.8 แสดงการติดตั้ง Tensiometer และ WCR ภายในทรงพุ่มทุเรียน 26

3.9 แสดงเครื่องวัด Stem diameter sensor 27

3.10 แสดงโปรแกรม MS Excel ที่ใช้ในการคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืช 31

4.1 หน้าตัดดินของชุดดินทุ่งหว้า (Tg) 34

4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่า ETo จากการคำนวณกับของ ดิเรก ทองอร่าม (2529) 36

4.3 แสดงข้อมูลสภาพภูมิอากาศบริเวณสวนทดลองตั้งแต่ ม.ค. 2541- เม.ย. 2542 41

4.4 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ค่า ETo ระหว่างวิธีของ Penman กับ Penman Monteith 42

4.5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่า ETo ของ Penman Monteith กับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ 42

4.6 กราฟเปรียบเทียบค่าแรงดึงน้ำจาก Tensiometer กับค่าปริมาณน้ำในดินจาก WCR ตั้งแต่วันที่ 29 ม.ค. ถึง 2 ก.ค. 2541 45

4.7 กราฟแสดงปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำในดิน ปริมาณน้ำที่ให้ทุเรียน และค่าการระเหยน้ำของทุเรียนตั้งแต่วันที่ 29 ม.ค. ถึง 2 ก.ค. 2541 46

4.8 กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ให้ และการเปลี่ยนแปลงแรงดึงของ Tensiometer ที่ระดับต่าง ๆ เป็นรายชั่วโมง ในระหว่างวันที่ 23 มี.ค. ถึง 21 เม.ย. 2541 48

4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งทุเรียนเทียบกับปริมาณความชื้นในดินในช่วงที่ไม่มีการให้น้ำ และให้น้ำบางช่วง 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งทุเรียนเทียบกับปริมาณความชื้นในดิน ในช่วงที่มีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ 51

4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบของกิ่งทุเรียนกับปริมาณความชื้นในดิน ในช่วงที่มีการให้น้ำและมีฝนตกสม่ำเสมอ 52

4.12 เปรียบเทียบค่า pH ในดินของกรรมวิธีต่าง ๆ ในแต่ละระดับความลึก 55

4.13 เปรียบเทียบค่า Avai. Pในดินของกรรมวิธีต่าง ๆ ในแต่ละระดับความลึก 56

4.14 เปรียบเทียบค่า Exch. K ในดินของกรรมวิธีต่าง ๆ ในแต่ละระดับความลึก 57

4.15 เปรียบเทียบค่า Ca ในดินของกรรมวิธีต่าง ๆ ในแต่ละระดับความลึก 58

4.16 เปรียบเทียบค่า Mg ในดินของกรรมวิธีต่าง ๆ ในแต่ละระดับความลึก 59

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ทุเรียนเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญ สามารถส่งไปขายต่างประเทศนำรายได้เข้าประเทศจำนวนมาก ดังนั้นคุณภาพและความสม่ำเสมอของผลผลิตจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก ซึ่งต้องอาศัยการจัดการที่ดี ระบบการให้น้ำและปุ๋ยเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดคุณภาพของผลผลิตทุเรียน ดังนั้นหากมีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการผลิต ก็อาจทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง ระบบการให้น้ำที่เหมาะสมเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มคุณภาพผลผลิตได้ โดยระบบจะต้องสามารถควบคุมปริมาณและเวลาในการให้น้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตทุเรียนทำให้พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่เกิดสภาพน้ำขังหรือดินแห้งเกินไป การเจริญเติบโตจะไม่มีการหยุดชะงัก

ระบบการให้น้ำแบบหยดหรือแบบให้ในปริมาณแต่น้อย (Drip or Trickle irrigation) เป็นระบบที่มีการให้น้ำแก่พืชอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดระบบหนึ่ง โดยเฉพาะเมื่อมีการให้ปุ๋ยรวมกับระบบให้น้ำ (Fertigation) จึงเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยใช้ร่วมกับการคำนวณค่าคายระเหยน้ำของพืช (ETc) หรือเครื่องมือวัดความชื้นในดิน เช่น Tensiometer เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการให้น้ำและปุ๋ยตามความต้องการของพืชไม่มากหรือน้อยเกินไป ช่วยลดปัญหาขาดแคลนน้ำและแรงงานภาคเกษตร อีกทั้งยังลดปัญหาการสะสมของอนุมูล NO_3^- ที่มากับปุ๋ยไนโตรเจนในแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งจะเป็นปัญหากับสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่งด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืช และนำมาใช้ในการกำหนดการให้น้ำแก่ทุเรียน ทำให้การให้น้ำถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้ Tensiometer กำหนดการให้น้ำแก่ทุเรียน

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยทางดินกับการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

1.2.4 เพื่อหาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ

1.3 สถานที่ทำการวิจัย

สวนทุเรียนเกษตรกร อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง หรือ Evapotranspiration (ETo)

การคำนวณ ETo มีหลายวิธีด้วยกัน Smith et al. (1992) ได้จัดอันดับของความน่าเชื่อถือ โดยดูที่ค่า SEE (Standard Error of Estimate) เมื่อเทียบกับค่าที่วัดจริงด้วยวิธี Lysimeter ซึ่งเฉลี่ยจากหลายสถานที่ด้วยกันทั้งในเขตแห้งแล้งและเขตอบอุ่น ได้ลำดับดังนี้

1. Penman-Monteith
2. 1982 Kimberly-Penman
3. FAO-PPP-17 Penman
4. Penman (1963)
5. Penman (1963), VPD # 3
6. 1972 Kimberly-Penman
7. FAO-24 Radiation
8. FAO-24 Blaney-Criddle
9. FAO-24 Penman (c=1)
10. Jansen-Haise
11. Hargreaves et al. (1985)
12. Businger-van Bavel
13. FAO-24 Corrected Penman
14. FAO-24 Pan
15. SCS Blaney-Criddle
16. Christiansen Pan
17. Pan Evaporation
18. Turc
19. Priestley-Taylor
20. Thornthwaite

นอกจากนี้ Allen et al. (1989) ก็ได้ศึกษาในทำนองเดียวกัน ได้ลำดับดังนี้

1. Penman-Monteith
2. 1982 Kimberly-Penman

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Penman (1963)
4. 1972 Kimberly-Penman
5. FAO-24 Corrected Penman

ตัวอย่างสูตรต่างๆ ที่ใช้คำนวณ ETo จาก วิบูลย์ บุญยธโรกุล (2526)

สูตรของ Thornthwaite

$ETo = 1.60\ L_d\ (10\ T/I)^a$

ETo = การใช้น้ำของพืชอ้างอิง ที่จะเกิดขึ้นในระยะ 30 วัน หน่วยเป็น ซม.

L_d = ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่มีแสงแดด ซึ่งบอกเป็นจำนวนเท่าของ 12 ชั่วโมง ในเดือนต่างๆ ซึ่งคิดว่ามี 30 วัน

T = อุณหภูมิเฉลี่ยประจำเดือน ($^{\circ}C$)

I = ดัชนีความร้อนตลอดปี ซึ่งเท่ากับผลรวมของดัชนีความร้อน i

$i = (T/5)^{1.5}$

$a = 0.675 \times 10^{-6} I^3 - 0.771 \times 10^{-4} I^2 + 0.01792\ I + 0.49239$

สูตรของ Blaney- Criddle

$u = k.f = k.(t.p/100)$

u = ปริมาณการใช้น้ำของพืชประจำเดือน เป็นนิ้ว

k = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชรายเดือน
= 1 ถ้าเป็นการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

t = อุณหภูมิเฉลี่ยประจำเดือน ($^{\circ}F$)

p = เปอร์เซ็นต์ของชั่วโมงกลางวันของเดือนนั้นในระยะเวลา 1 ปี

สูตรของ Makkink

$ETo = 0.61\ Q\ (\Delta/\Delta + \gamma) - 0.12$

ETo = การใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่เป็นหญ้า (มม./วัน)

Q = รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ได้รับ (มม./วัน)

$Q = Q_A\ (0.26 + 0.50\ n/N)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q_A = รังสีจากดวงอาทิตย์ที่จะได้รับบนผิวโลกเมื่อไม่มีบรรยากาศปกคลุมอยู่ เทียบให้เป็นอัตราการระเหยของน้ำเป็น มม./วัน

n = ระยะเวลาที่ได้รับแสงจริง

N = ระยะเวลาที่มีแสงแดดนานที่สุดที่จะเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลานั้น อัตราส่วน n/N คำนวณได้จากค่าขีดความครึ้มของเมฆ (Cc 0-8)

$n/N = 0.745 + 0.095Cc - 0.02Cc^2$

Δ = ความลาดเทของกราฟของความดันไอน้ำอิ่มตัว (saturated vapor pressure) กับอุณหภูมิที่จุดซึ่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ย

γ = Psychrometric constant

สูตรของ Jensen - Haise

$ETo = C_T (T - T_x) Q$

ETo = การใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่เป็นอัลฟัลฟา (มม./วัน)

Q = รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ได้รับ (มม./วัน)

C_T = สัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับความกดดันของบรรยากาศ

$C_T = 1 / (C_1 + C_2 . C_H)$

$C_1 = 38 - 2.0 \times Elev./ 305$

Elev = ความสูงเฉลี่ยของพื้นที่เหนือระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นเมตร

C_2 = 7.6 เมื่ออุณหภูมิเป็น (°C)

$C_H = 50 /(e_2 - e_1)$

e_2 = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของอากาศในเดือนที่ร้อนที่สุดของปี เป็นมิลลิบาร์

e_1 = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของอากาศในเดือนที่ร้อนที่สุดของปี เป็นมิลลิบาร์

T_x = ค่าคงที่สำหรับพื้นที่เพาะปลูก

$T_x = -2.50 - 0.14 (e_2 - e_1) - Elev. / 550$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรของ Penman จะมีฟังชั่นของลมเป็นส่วนประกอบดังนี้

$$\lambda ET = \frac{\Delta(Rn-G)+\gamma 6.43 f(u)(e_a-e_d)}{\Delta+\gamma}$$

λET = latent heat flux of evaporation (MJ m^{-2} d^{-1})

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

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

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

Δ = slope vapor pressure curve (kPa $^{o}C^{-1}$)

γ = psychometric constant (kPa $^{o}C^{-1}$)

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

$f(u) = (a_w + b_w U_2)$

U_2 = ความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตร

สำหรับสูตรของ **Penman-Monteith** ต่างจากสูตรของ Penman สูตรอื่นๆ เนื่องจากใช้ค่า r_a (Aerodynamic Rresistance) และ ค่า r_c (Canopy Resistance) ของหญ้า ในการคำนวณด้วย ดังนี้

$$\lambda ET = \frac{\Delta(Rn-G)+86400\rho c_p(e_a-e_d)/r_a}{\Delta+\gamma(1+r_c/r_a)}$$

λET = latent heat flux of evaporation (MJ m^{-2} d^{-1})

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

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

ρ = atmospheric density (kg m^{-3})

c_p = specific heat moist air (MJ kg^{-1} $^{o}C^{-1}$)

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

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

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

Δ = slope vapor pressure curve (kPa $^{o}C^{-1}$)

γ = psychometric constant (kPa $^{o}C^{-1}$)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่ได้กล่าวมา สำหรับช่วงเวลาที่สั้นที่สุดในการคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526)

1. สูตรของ Thornthwaite - ไม่สั้นกว่า 1 เดือน
2. สูตรของ Blaney-Criddle - ตลอดฤดูการเพาะปลูก
3. สูตรของ Makkink - ไม่สั้นกว่า 10วัน (เมื่อใช้ค่ารังสีดวงอาทิตย์จากการวัด)
4. สูตรของ Jensen-Haise - ไม่สั้นกว่า 5 วัน (เมื่อใช้ค่ารังสีดวงอาทิตย์จากการวัด)
5. สูตรของ Penman - ไม่สั้นกว่า 1 วัน (เมื่อใช้ค่ารังสีดวงอาทิตย์จากการวัด)

นอกจากนี้ Graaf and Ende (1981) กล่าวว่า ค่าการคายระเหยน้ำของพืช (ETo) จะมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วน Fares and Mansell (1996) ได้ทำ simulation สำหรับหาค่า ETo, Ra (Radiation), PE (Pan Evaporation) ซึ่งได้ค่าที่มีความสัมพันธ์อย่างสูง (R^2 = 0.8, 0.999 และ 0.8 ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับค่าที่มีผู้คำนวณไว้ก่อนในบริเวณเดียวกัน

สำหรับการคำนวณ Crop Evapotranspiration (ETc) สามารถคำนวณจาก Evaporative (Latent) Heat Flux โดยสูตรของ Bowen Ratio Energy-balance Method ดังนี้

$$LE = \frac{Rn - S}{\beta + 1}$$

LE = latent heat flux

Rn = net flux of solar radiation

S = soil heat flux

β = Bowen ratio

คำนวณ ETo จากสูตรของ Modified Penman ทำให้หาค่า Kc (Crop Coefficient) จาก ETc/ETo (Gutie`rrez and Meinzer. 1994; Grattan et al. 1998)

2.2 การใช้ Time Domain Reflectometer (TDR) ในการวัดความชื้นดิน

2.2.1 หลักการทำงานของ TDR

TDR สามารถวัดปริมาณน้ำในดินได้โดยตรง โดยการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแล้ววัดการสะท้อนกลับของคลื่น ทำให้ทราบความเร็วของคลื่น (V) และระยะทางที่คลื่นเดินทาง (L) ในช่วงเวลาที่คลื่นเดินทางไปกลับ (t) จะได้สมการ

$$V = 2L / t$$

โดยถ้าให้ความเร็วของแสงในอวกาศ ($c = 3 \times 10^8$ m/s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V = c / \sqrt{Ka}$$

Ka = dielectric constant

สำหรับดิน ค่าคงที่ (dielectric constant, Ka) จะมีความสัมพันธ์กับความชื้นในดินตามหลัก third-degree polynomial (Topp et al., 1980) ตามสมการดังนี้

$$\text{Soil water content (SWC)} = -5.3 \times 10^{-2} + 2.29 \times 10^{-2}\, Ka - 5.5 \times 10^{-4}\, Ka^2 + 4.3 \times 10^{-6}\, Ka^3$$

โดย Ka คำนวณได้จาก

$$Ka = (ct / 2L)^2$$

สำหรับการวัด SWC โดยใช้ TDR มีขั้นตอนดังนี้

1. ปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงผ่านดิน
2. วัดการเดินทางของคลื่นที่ผ่านความลึกของดินตามความยาวแท่งโลหะที่เสียบลงในดิน
3. คำนวณค่า Ka จากเวลาและความลึกของดิน
4. คำนวณ SWC จากความสัมพันธ์ระหว่าง SWC กับ Ka จากสมการ

โดยทั่วไปแล้ว TDR ที่มีขายเป็นการค้าทั่วไป สามารถคำนวณ SWC ให้เรียบร้อยแล้ว

Topp et al. (1980) ยังแสดงให้เห็นว่า TDR สามารถวัดความชื้นได้โดยตรงไม่ขึ้นกับชนิด อุณหภูมิ ความหนาแน่น และความเค็มของดิน ทำให้สามารถใช้ได้กว้างขวาง แต่ Werkhoven (1993) กล่าวว่าการใช้ TDR (Time domain reflectometer) สามารถใช้วัดความชื้นได้อย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ แต่ต้องปรับค่าตามชนิดของดินนั้นๆ เพื่อความแม่นยำและยังใช้เป็นข้อมูลวางแผนการให้น้ำกับพืช

2.2.2 องค์ประกอบของ TDR

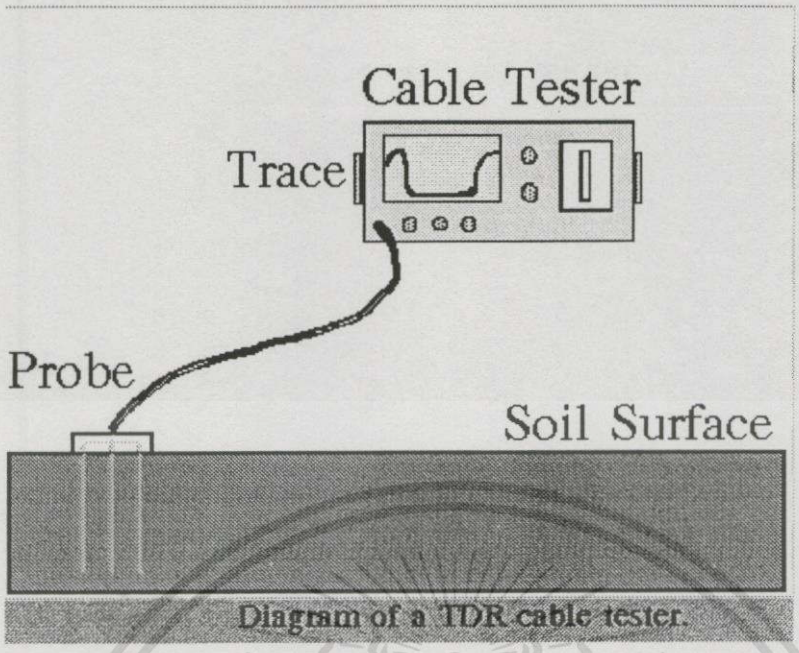
TDR มีหลายรูปแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับแต่ละบริษัทที่ผลิตออกจำหน่าย แต่ก็มีองค์ประกอบหลักเหมือนกัน

จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นองค์ประกอบของ TDR

- แท่งโลหะ (probe)
- สายส่งสัญญาณที่เชื่อม probe กับ TDR
- ตัวเครื่อง TDR ที่วิเคราะห์และเก็บข้อมูล สามารถเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ต่อไป

สำหรับการติดตั้ง ทำได้โดยการฝังแท่งโลหะลงไปในดินในแนวนอน ซึ่งค่าที่ได้จะเฉลี่ยจากชั้นดินนั้นๆ หรือเสียบจากผิวดินในแนวตั้ง ซึ่งค่าที่ได้จะเฉลี่ยจากความลึกของแท่งโลหะที่เสียบลงไปในดินนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของ TDR

2.2.3 การใช้ TDR วัดความชื้นดินเพื่อควบคุมการให้น้ำชลประทานแก่พืช

Parchomchuk et al. (1997) ได้ใช้ TDR วัดความชื้นดิน เพื่อรักษาปริมาณน้ำในดิน Sandy Loam ในบริเวณราก (root zone) ของแอปเปิ้ลไว้ที่ 15% โดยเริ่มการทดลองให้วัดปริมาณน้ำในดินก่อนการให้น้ำ จนถึงให้น้ำไปแล้ว 24 ช.ม. ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของดิน พืช และระบบชลประทานที่ใช้ ได้ค่า SWC เพิ่มขึ้น 0.4% ในแต่ละชั่วโมงของการให้น้ำ ฉะนั้นถ้าต้องการรักษาปริมาณน้ำในดินที่ 15% ก็ให้วัดปริมาณน้ำในดินก่อนให้น้ำว่ามีเท่าไร แล้วแทนค่าลงในสูตรข้างล่างนี้ก็จะทราบว่าต้องให้น้ำกี่ชั่วโมง ซึ่งจะรักษาระดับปริมาณน้ำในดินในบริเวณรากพืชได้ตลอดเวลา จากสูตร

จำนวนชั่วโมงของการให้น้ำ = (15% -SWC ก่อนให้) / (0.4 %/ ชม.)

Parchomchuk et al. (1997) ยังกล่าวอีกว่า การใช้ TDR วัดปริมาณน้ำในดิน ไม่สามารถบอกการใช้น้ำของพืชได้ จากค่า SWC ในช่วงการให้น้ำ เมื่อเทียบกับค่าการใช้น้ำ Evaporation จาก Class A pan มีความสัมพันธ์กันน้อย (r^2<0.40) เนื่องจากปริมาณน้ำในดินมีการสูญเสียไปกับการไหลเลยเขตรากพืช (Deep Percolation) และการแพร่กระจายไปด้านข้าง นอกจากการระเหยและพืชนำไปใช้

2.3 การใช้ Tensiometer ในการวัดความชื้นดิน

2.3.1 หลักการทำงานของ Tensiometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ Tensiometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมการให้น้ำในสวนผลไม้ ตลอดจนใช้วัดและศึกษาเกี่ยวกับความชื้นในดินอย่างกว้างขวาง Tensiometer สามารถวัดระดับพลังงานที่อนุภาคดินดูดยึดน้ำอยู่ที่ผิวของอนุภาค และในช่องว่างขนาดเล็กในดิน ซึ่งระดับพลังงานนี้เป็นสิ่งที่รากพืชจะต้องเอาชนะในการดูดใช้น้ำจากดิน นั่นคือ Tensiometer จะแสดงถึงระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นอย่างยิ่งในการให้น้ำแก่พืช ช่วงการทำงานของ Tensiometer อยู่ระหว่าง 0-0.85 บรรยากาศ ถ้าค่า Tension ของน้ำในดินสูงกว่านี้ จะมีอากาศบางส่วนสามารถซึมผ่านกระเปาะดินเผาเข้าไปในเครื่องได้ และค่า Tension ที่อ่านได้จะไม่เพิ่มขึ้น นั่นคือไม่สามารถใช้ Tensiometer วัดความชื้นในดินขณะดินแห้งมากๆ ได้ แต่เนื่องจากเครื่อง Tensiometer ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง ทำให้การใช้เครื่องมือนี้โดยเกษตรกรเป็นไปอย่างไม่กว้างขวางเท่าที่ควร ในปัจจุบันสามารถประกอบเครื่องมือนี้ขึ้นใช้เองได้ (อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2533) และได้มีการพัฒนามาใช้ในการควบคุมการให้น้ำโดยอัตโนมัติ

2.3.2 การใช้ Tensiometer ในการควบคุมการให้น้ำชลประทาน

การใช้ Tensiometer ควบคุมการให้น้ำในการปลูกพืช หลักการโดยทั่วไป Tensiometer จะเป็นตัวควบคุมค่า Tension ของน้ำในดินให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ล่วงหน้า Klein (1983) ใช้ Tensiometer ควบคุมการให้น้ำในสวนต้นท้อ (Peach) และต้นองุ่น โดยฝัง Tensiometer ในดิน 2 ระดับ คือที่ความลึก 30 และ 60 ซม. จะเริ่มให้น้ำเมื่อค่าที่ระดับความลึก 30 ซม. อ่านได้เท่ากับ 25-30 kPa ปริมาณน้ำที่ให้แต่ละครั้งจะควบคุมโดยเครื่อง Tensiometer ที่ระดับ 60 ซม. โดยปริมาณน้ำที่ให้จะให้จนกระทั่งค่าที่อ่านได้โดย Tensiometer ที่ 60 ซม. ลดลงมาที่ระดับ 10 kPa จากการควบคุมโดยระบบนี้สามารถลดการใช้น้ำได้ 12-23% เมื่อเทียบกับการควบคุมการให้น้ำแบบ Pan evaporation Veken et al. (1982) ทดลองใช้ Tensiometer ควบคุมการให้น้ำกับมะเขือเทศ ผลการทดลองปรากฏว่าสามารถประหยัดปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชได้ 50% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการให้น้ำแบบทั่วๆ ไป โดยไม่มีผลต่อผลผลิตของมะเขือเทศ Nuntagij (1988) ทดลองปลูกมะเขือเทศ พบว่าระดับความเครียดของน้ำในดินที่เหมาะสมกับมะเขือเทศคือ ที่ระดับ 35 cbars อิทธิสุนทร นันทกิจ (2539) เปรียบเทียบระดับความเครียดของน้ำในดิน 3 ระดับ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเยอร์บีร่าที่ปลูกในระบบน้ำหยด และมีการให้สารละลายธาตุอาหารพืชตลอดการปลูก พบว่าที่ระดับความเครียดของน้ำในดินเท่ากับ 35 cbars พืชเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

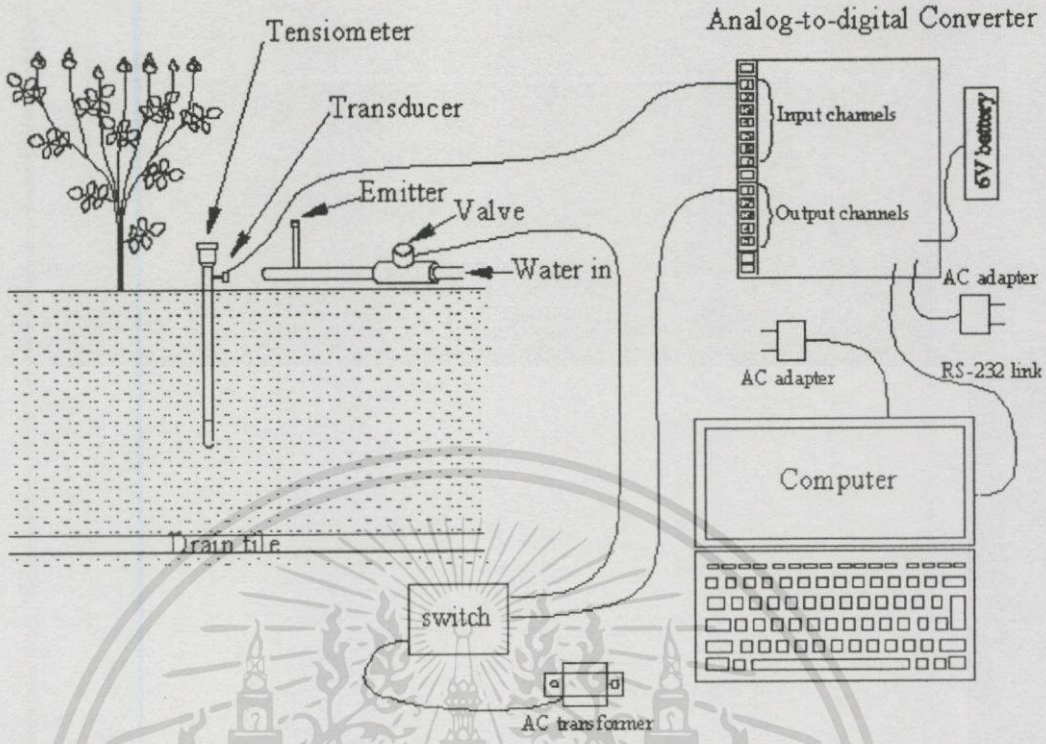
Eyk (1994) ทดลองให้น้ำในอโวกาโด โดยใช้ Tensiometer ควบคุมในช่วงต่างๆ พบว่า ที่ field capacity จนถึง -15cb เป็นช่วงที่ให้ผลผลิตพืชสูงสุด แต่ในมะเขือเทศที่ปลูกในดินทราย Clark et al. (1994) ได้ใช้ Tensiometer ควบคุมการใช้น้ำที่ระดับ -10 cb หรือ ให้น้ำที่ 0.75 ของ pan evaporation ให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน (Locascio and Smajstrla. 1996) Smajstrla and Locascio (1994) ใช้ magnetic switching tensiometer ควบคุมที่ระดับ 10 cb ซึ่งปริมาณที่ให้เท่ากับ 0.5 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pan evaporation ในสวนองุ่น Chovelon and Brieugne (1995) ใช้ Tensiometer ควบคุม soil water tension ที่ 20 cb หรือ 60 cb ส่วนการฝัง Tensiometer ที่ระดับ 25 ซม. โดยให้ soil water potential ไม่เกิน pF 2.4 ทำให้ผลผลิต raspberry สูงขึ้น (Kruger. 1993) และเพื่อเป็นการประหยัดน้ำมากยิ่งขึ้น Pier and Doerge (1995) ได้ใช้ Tensiometer ควบคุม 2 ระดับ คือที่ 30 และ 60 ซม. สามารถให้น้ำที่เหมาะสมกับแตงโม และป้องกันการชะล้างธาตุอาหารและ denitrification Buerkert (1995) ได้ใช้ suction cup และ Tensiometer ติดตั้งในหลายระดับความลึก เพื่อวัดการสูญเสียไนเตรต โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยไนเตรตในปริมาณมาก หรือการมีฝนตกหลังใส่ปุ๋ย

ได้มีการพัฒนาระบบอัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม มี Tensiometer เป็นตัววัดความชื้นและส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อสั่งปิดเปิดน้ำ (รูปที่ 2.2) ซึ่งจากการศึกษาในข้าวสาลีเฉลี่ย 3 ฤดู พบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตได้ 8% และประหยัดน้ำ 24% (Al Amud and Mohammad. 1995) ซึ่งโดยทั่วไปจะมีการติดตั้ง pressure transducer กับ Tensiometer เพื่อวัด soil water potential ทำให้ค่าที่วัดได้ตอบสนองได้รวดเร็วและสามารถต่อเชื่อมกับ datalogger ได้ด้วย (Narar et al. 1994) โดย Azooz and Arshad (1994) ได้เสริมว่า การใช้ pressure transducer-tensiometer ในการวัดความชื้น ควรจะมีการปรับค่าในห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในสนาม นอกจากนี้การใช้ Tensiometer ร่วมกับ electronic pressure transducer ในการติดตามการเปลี่ยนแปลง soil water potential ตั้งแต่ระดับ 1 เมตร ถึงหลายร้อยเมตร จากผิวดิน ซึ่งข้อจำกัดอยู่ที่การสัมผัสของ porous cup กับดิน ค่าที่ได้จะตอบสนองช้า แต่ไม่เป็นปัญหาในการศึกษาดินระดับลึกๆ และอุณหภูมิในระดับลึกๆ ก็ค่อนข้างคงที่ (Hubblell and Sisson. 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบที่ใช้ Tensiometer ควบคุมการให้น้ำโดยอัตโนมัติ (Oki et al. 1995)

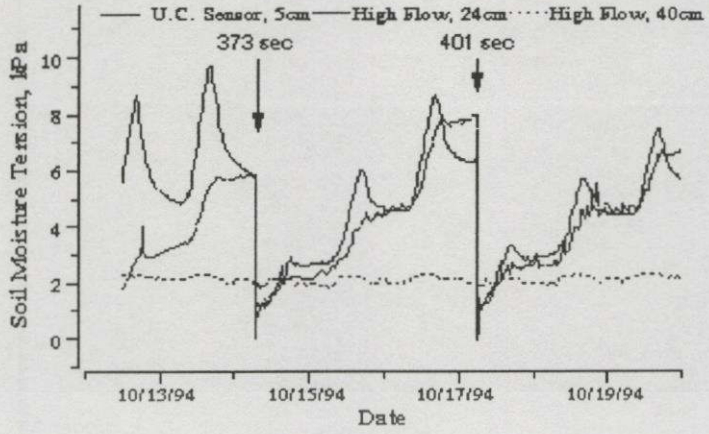
การใช้ Tensiometer ควบคุมการให้น้ำโดยอัตโนมัติ สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินได้ตลอดเวลา เพื่อให้เหมาะกับความต้องการน้ำของพืช ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งสามารถลดการใช้น้ำลงเกือบครึ่ง (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 สรุปการใช้น้ำชลประทานทั้งหมด

	การใช้น้ำทั้งหมด		จำนวนการให้	การให้ต่อครั้ง	การให้ต่อวัน
	gallons	gal/1000sq.ft.		gal/1000sq.ft.	gal/1000sq.ft.
ให้ตามเวลา	9042	12735	15	849	77.2
Tensiometer	4989	8179	28	292	49.6

ที่มา : Oki et al. (1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของน้ำในดิน (Oki et al. 1995)

Revol et al. (1995) ได้ศึกษาระบบ drip irrigation เปรียบเทียบกับระบบ sprinkling irrigation สรุปได้ว่า พืชให้ผลผลิตสูงขึ้น โดยการจัดการระบบที่สำคัญคือ ตรวจสอบระบบการกรองและอัตราการไหลของน้ำ มี Tensiometer เป็นตัวควบคุม สำหรับการใช้ Tensiometer ในบริเวณที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง สามารถป้องกันน้ำในดินมากจนเกิดโรครากเน่า (root asphyxia) ได้ (Pszczolkowaski. 1995) ส่วน Earl (1996) สามารถใช้ข้อมูลจาก Tensiometer ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินในแต่ละสถานที่ได้ ส่วน Gikonyo and Biamah (1995) ได้ทำการศึกษาการกระจายของน้ำในระบบรากของส้ม โดยติดตั้ง Tensiometer ในระดับต่างๆ จนถึง 150 ซม. เพื่อวัดน้ำในดิน อย่างไรก็ดี ค่าที่ได้จากการใช้ Tensiometer ยังมีข้อผิดพลาดบางประการ Greenwood and Daniel (1996) จึงได้พัฒนา Double-puncture Technique ให้สามารถปรับปรุงการใช้ Single-puncture Tensiometer วัดค่าในสนามให้มีค่าที่ถูกต้องมากขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องเสียเวลารอให้แรงดัน (pressure) สมดุลหรือใช้สมการช่วยในการปรับค่า

นอกจากนี้มีการเปรียบเทียบการใช้ Class A pan evaporation กับ Tensiometer ควบคุมการให้น้ำในสวนส้ม พบว่า ทั้งสองวิธีใช้น้ำใกล้เคียงกัน คือ 24.5 ม.^{3} และ 26.1 ม.^{3} ตามลำดับ (Plessis. 1994) ส่วนทางด้าน Werkhoven (1993) ได้เปรียบเทียบการใช้ TDR (Time domain reflectometer) กับ Tensiometer ควบคุมการให้น้ำ ซึ่ง TDR จะให้ผลที่ดีกว่า และสามารถเก็บข้อมูลไว้ได้ แต่ต้องมีการปรับค่าให้ถูกต้องกับชนิดดิน นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้ 2 hand-held moisture meters วัดความชื้นดินชนิดต่างๆ เทียบกับ Tensiometer (Faber et al. 1993) หรือใช้การวัดรัศมีของต้นโดย Dendometer เปรียบเทียบกับการใช้ Tensiometer วัดความชื้นดิน พบว่าพลังงานน้ำในดิน (soil water potential) ที่ระดับ -1000 hPa มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรัศมีของลำต้น (Liu et al. 1995) มีการใช้ค่า predawn leaf water potential (PLP) โดย Ledore and Itier (1994) เป็นค่าตัดสินใจในการให้น้ำ เปรียบเทียบกับการใช้อุณหภูมิ แสง และ Tensiometer ในความลึกต่างๆ พบว่าการให้น้ำตามค่า PLP มีความเป็นไปได้ในถั่วเหลือง ทานตะวันและข้าวโพด แต่ Cointepas

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

and Lopaz (1993) ไม่เห็นด้วยที่จะใช้ Tensiometer โดยเฉพาะในดินที่เหนียวจัดหรือทรายจัด จึงทดลองใช้การวัด leaf water potential หรือวัดขนาดของต้นหรือผลแทน พบว่าการวัดการเจริญของผลทุกสัปดาห์เป็นวิธีการที่ประหยัดและมีความเป็นไปได้ในการวัดแบบอัตโนมัติ

2.4 การใช้ Stem Diameter Sensor ในการควบคุมการให้น้ำชลประทาน

Stem diameter sensors เป็นเครื่องมือวัดการเปลี่ยนแปลงที่ต้นพืช ทำให้ทราบการใช้น้ำของพืช ได้มีการใช้ stem diameter sensors เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้น (stem diameter) ซึ่งพบว่า มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับพลังงานน้ำในใบพืช (leaf water potential) (Huck and Klepper. 1976; Klepper et al. 1971) นอกจากนี้ Naor et al. (1995) ได้เปรียบเทียบค่าความเครียดของน้ำ (plant water stress) กับผลผลิตแอปเปิ้ล พบว่าปริมาณผลผลิตแอปเปิ้ลมีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานน้ำในต้นพืช (stem water potential) มากกว่าค่าพลังงานน้ำในดิน และในใบพืช (leaf water potential) ตามลำดับ จากการควบคุมการให้น้ำในแตง (muskmelon plants) แบบอัตโนมัติโดยการใช้ stem diameter sensors วัดการใช้น้ำของแตงในเรือนกระจก พบว่าแตงให้ผลผลิตและคุณภาพเท่ากับที่ควบคุมโดยระบบธรรมดา (Sato et al. 1994)

นอกจากนี้มีการใช้ sensors ที่คล้ายกัน คือ sensors of micromorphological change ติดตั้งในสวนแอปเปิ้ล เพื่อควบคุมระบบให้น้ำ โดย sensors จะวัดการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งก้านและผล (Huguet et al. 1990) และในอโวกาโด (Kalmar and Lahav. 1977) ส่วนการวัดอัตราการเจริญของผลเช่น Assaf et al. (1982) แต่ Selles and Berger (1994) ใช้ sensors วัดเส้นผ่าศูนย์กลางผลและต้นท้อพร้อมกับวัดความชื้นดิน พบว่าการเจริญเติบโตของต้นได้รับผลมาจากการขาดน้ำมากกว่าผล จึงใช้การวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น ในการให้น้ำพืช

2.5 การให้ปุ๋ยในระบบน้ำแก่พืช (Fertigation)

การให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ เป็นเทคนิคที่พัฒนาสำหรับให้ปุ๋ยได้ตามความต้องการของพืช เป็นระบบที่ง่าย ไม่แพงและมีประสิทธิภาพ (Papadopoulos and Eliades. 1987) พืชจะตอบสนองได้ดีกว่าการให้ปุ๋ยแบบหว่านหรือแบบใส่ตามร่อง ซึ่งจะเห็นว่าผลผลิตพืชจะใกล้เคียงกันหรือสูงกว่าการใช้ปุ๋ยในระบบน้ำเพียง 50% เปรียบเทียบกับการให้ทางดิน (Haynes. 1985; Layne et al. 1996; Worley et al. 1995) จากการทดลองในส้ม Dasberg et al. (1988) พบว่าการให้ปุ๋ยกับส้มในอัตรา 160 กก/เฮกตาร์ ในระบบน้ำจะให้ผลผลิตสูงกว่าการให้ทางดิน นอกจากนี้ ปัญจพร เลิศรัตน์ และคณะ (2540ก) ได้ทดลองใส่ปุ๋ยในระบบน้ำให้กับมังคุด อัตรา 12.5, 25 และ 50% เปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยทางดิน พบว่าผลผลิตมังคุดไม่แตกต่างกัน ส่วนในเงาะการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ อัตรา 25 และ 50% จะให้ผลผลิตสูงกว่าให้ทางดิน (ปัญจพร เลิศรัตน์ และคณะ. 2540ข)

การใช้ปุ๋ยในอัตราสูงเกินไป ไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตสูงขึ้น (Spiers. 1996) นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยในอัตราสูงทำให้เกิดการชะล้างปุ๋ยไนโตรเจนในรูปไนเตรตมากตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Syvertsen and Smith. 1996) ส่วน Papadopoulos (1986) ยังพบว่านอกจากจะมีการสูญเสียไนเตรตแล้ว ยังมีการสะสมไนโตรเจนที่ใบเพิ่มขึ้นด้วย แต่ในกรณีที่ใส่ปุ๋ยต่างชนิดกัน Neilsen et al. (1993) ได้ทดลองใส่ปุ๋ย $Ca(NO_3)_2$ ทำให้ปริมาณแคลเซียมในใบเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ย ยูเรีย และแอมโมเนียมไนเตรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์การวิจัย

3.1.1 ต้นทุเรียน พันธุ์หมอนทองที่มีความสมบูรณ์สม่ำเสมอกัน อายุ 8 ปี จำนวน 64 ต้น (ระยะปลูก 10 X 10 ม. เท่ากับ 16 ต้น/ไร่)

3.1.2 อุปกรณ์การให้น้ำ แบบมินิสปริงเกอร์ (ปั๊มน้ำ ท่อส่งน้ำ หัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ อัตราการไหล 80 ลิตร/ชม.)

3.1.3 อุปกรณ์ดูดจ่ายสารละลายปุ๋ย (Fertilizer Injection Pump) แบบ Suction Type รุ่น 4-01 ของบริษัท Amiad ใช้แรงดันน้ำในการทำงาน อัตราจ่ายปุ๋ย 9-320 ลิตร/ชม. ที่ความดัน 0.5-8 บาร์

3.1.4 ปุ๋ยเคมีที่ละลายน้ำได้ง่ายเพื่อใช้เป็นแม่ปุ๋ย ได้แก่ ยูเรีย (46-0-0) โพแทสเซียมไนเตรต (13-0-46) โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (12-60-0) โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (0-52-34) และโพแทสเซียมซัลเฟต (0-0-50)

3.1.5 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ดินและพืช

3.1.6 อุปกรณ์วัดทรงพุ่มทุเรียน ได้แก่ ไม้เมตร เทปวัด

3.1.7 อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณ และคุณภาพผลผลิต ได้แก่ เครื่องชั่ง เวอร์เนียแคลิปเปอร์ เครื่องวัดความหวาน (Brix meter) เป็นต้น

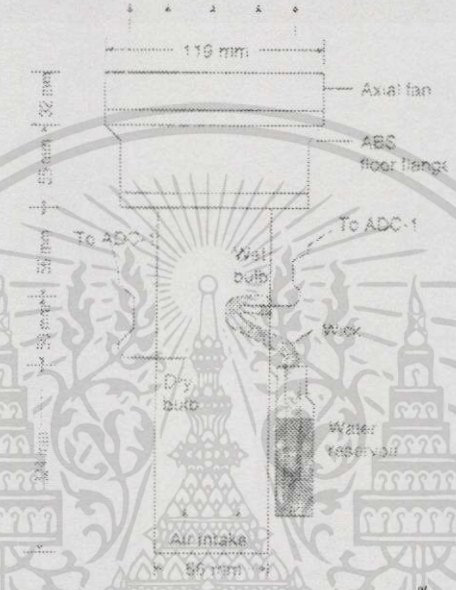
3.1.8 อุปกรณ์สถานีวัดอากาศ ประกอบด้วย

3.1.8.1 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (mm) เป็นแบบ Tipping Bucket Rain Gauge (Omnidata รุ่น ES 160) ส่งสัญญาณออกเป็นจำนวน Pulse กรวยรับน้ำฝนทำจากอลูมิเนียม เส้นผ่าศูนย์กลางของกรวย 8 นิ้ว ส่วนถ้วยวัดน้ำฝน (Tipping bucket) ทำจาก acrylic ส่งสัญญาณออกเป็น Digital โดยสวิตช์แบบ magnetic reed (0.6 ms: 10 watts max.) การกระดกของถ้วยวัดน้ำฝนหนึ่งครั้งเท่ากับปริมาณ 0.01นิ้ว (0.254 มม.)

3.1.8.2 เครื่องวัดความเร็วลม (m /s) เป็นแบบ Three cup Anemometer ประกอบด้วยถ้วยพลาสติกครึ่งวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มม. จำนวน 3 ถ้วย ต่อเชื่อมกันและหมุนรอบแกนหมุน การหมุนของถ้วยทั้งสามจะเกิดสัญญาณแบบ AC sine wave ซึ่งความถี่ที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับความเร็วลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.8.3 Thermocouple sensor วัดอุณหภูมิ (°C) และความชื้นในอากาศ (%) เป็นแบบกระเปาะเปียกตามแบบของ Adam and Pritchard (1994) (รูปที่ 3.1) ประกอบด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบ Thermocouple 2 อัน โดยอันที่ 1 วัดอุณหภูมิอากาศ ส่วนอันที่ 2 วัดแบบกระเปาะเปียก ค่าที่ได้นำมาคำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ โดย Datalogger CR10X วัดที่ระดับความสูง 2 เมตร จากผิวดิน



รูปที่ 3.1 แสดง Thermocouple sensor วัดอุณหภูมิ (°C) และความชื้นในอากาศ (%)
(Adam and Pritchard. 1994)

3.1.8.4 Sensors วัดปริมาณแสง (MJ m-2d-1) ของ Li-cor รุ่น 2000 SA Pyranometer sensor (รูปที่ 3.2) ตัววัดเป็น High stability silicon photovoltaic สัญญาณที่ส่งออก 79.9 μA /1000 Wm-2 ต่อเข้ากับ Datalogger โดยมีความต้านทาน 100 Ω 1 % ต่อคร่อมขั้ววัดเพื่อได้สัญญาณเป็นมิลลิโวลต์

3.1.8.5 Dataloger CR21X (รูปที่ 3.3) และ CR10X (รูปที่ 3.4) ของ Campbell Sci. สำหรับต่อกับ sensors ต่างๆ เพื่อเก็บข้อมูลได้ตลอดเวลาตามต้องการ เช่น เป็นนาที ชั่วโมง หรือเป็นวัน ต่อเนื่องกันเป็นเดือนๆ ขึ้นกับข้อมูลที่เก็บ

3.1.9 อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำในดินและพืช

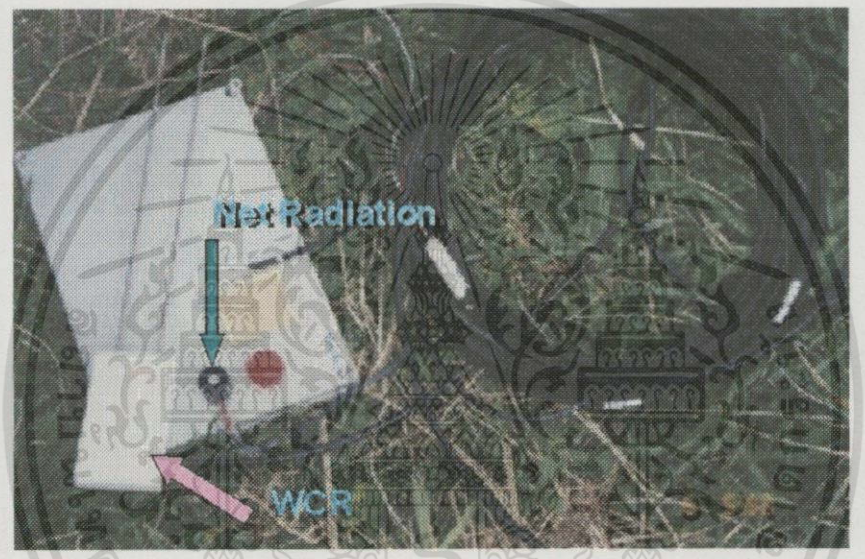
3.1.9.1 Water Content Reflectometer (WCR) รุ่น CS615-L ของ Campbell Sci. (1996) (รูปที่ 3.2) สำหรับวัดความชื้นในดิน (m^3/m^3) ซึ่งสามารถวัดความชื้นตั้งแต่ 0-100 % โดยอาศัยหลักการทำงานเช่นเดียวกับ TDR (Time Domain Reflectometer) ซึ่งมีราคาถูกและใช้ได้ง่ายกว่า แต่จะมีความแปรปรวนจากค่า EC และอุณหภูมิมากกว่า TDR (Campbell and Anderson, 1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

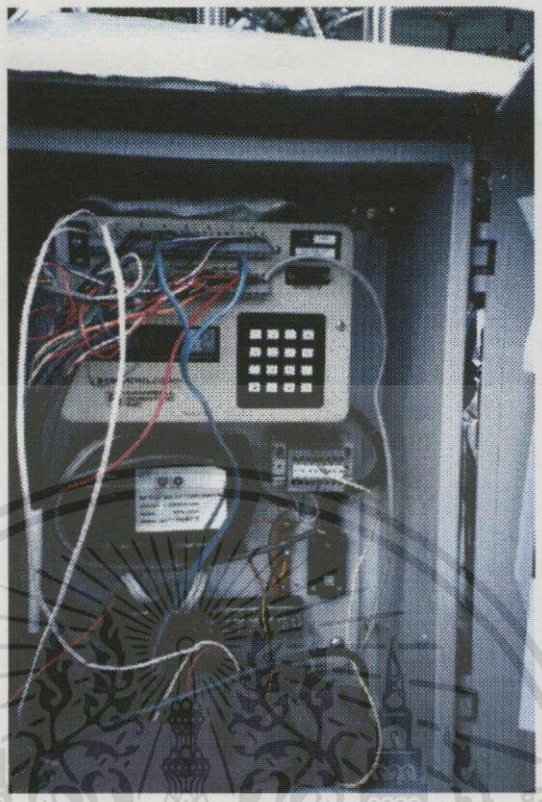
3.1.9.2 Tensiometer + Transducer sensor (รูปที่ 3.5) สำหรับวัดแรงดึงของดิน (mbar) ที่ระดับความลึก 15 45 75 และ 105 ซม. โดย Tensiometer จัดทำตามแบบ อิทธิสุนทร นันทกิจ (2533) ส่วน Transducer sensor เป็นของ Motorola รุ่น PMX 2100 VG ซึ่งสามารถวัดความเครียดได้ 100 KPa

3.1.9.3 เครื่องวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้น (Stem diameter sensor) โดยใช้เครื่องวัดระยะทางอย่างละเอียดของ Balluff รุ่น BAW-030-PB-1-K-5 วัดระยะในช่วง 2-10 มม. ส่งสัญญาณ 1.4 mA = 0 mm ถึง 10 mA = 10 mm

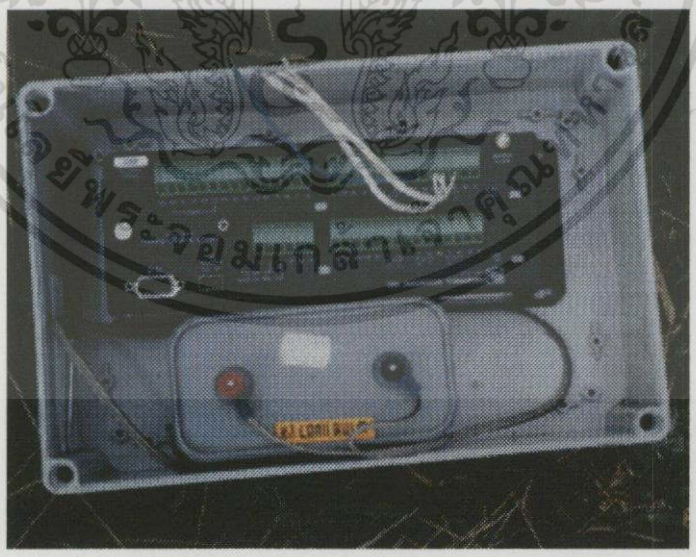


รูปที่ 3.2 แสดง Water Content Reflectometer (WCR) สำหรับวัดความชื้นดินและ Pyranometer sensor สำหรับวัด net radiation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
40609

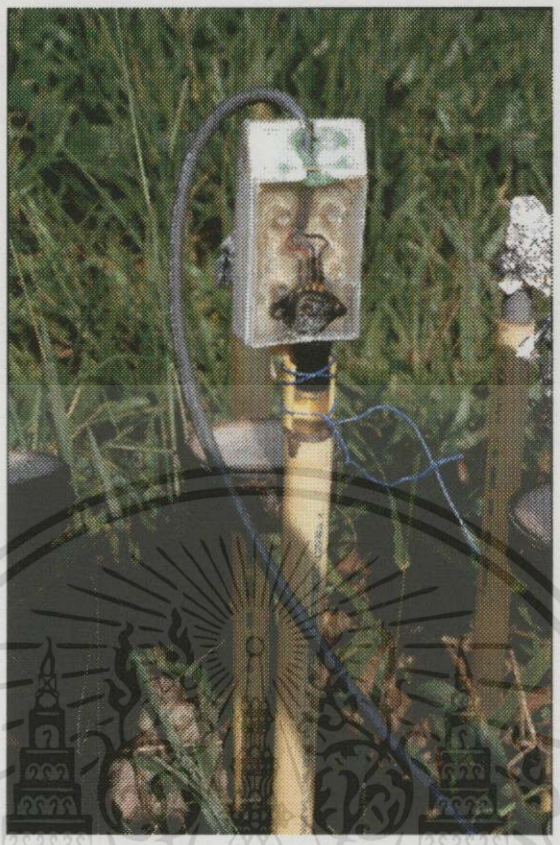


รูปที่ 3.3 แสดง Datalogger CR21X สำหรับเก็บข้อมูลอัตโนมัติ



รูปที่ 3.4 แสดง Datalogger CR10X สำหรับเก็บข้อมูลอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดง Tensiometer + Transducer sensor สำหรับวัดแรงดึงของดิน (mbar)

3.2 วิธีการวิจัย

ทำการทดลองในสวนทุเรียนของเกษตรกร อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ระหว่างเดือนมิถุนายน 2540 ถึงมิถุนายน 2542 ในชุดดินทุ่งหว้า (Tg) เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย (Coarse-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Typic Paleudults)

3.2.1 แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Randomize Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ มี 4 กรรมวิธี โดยใช้ทุเรียน 4 ต้น ในแต่ละกรรมวิธี

3.2.2 กรรมวิธีทดลอง แสดงในตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 กรรมวิธีทดลอง

กรรมวิธีทดลอง	ปริมาณธาตุอาหาร $N-P_2O_5-K_2O$ (กก./ต้น/ปี)	สูตรปุ๋ย $N-P_2O_5-K_2O$	อัตรา (กก.)	ระยะเวลาการใส่ปุ๋ย
1.ปุ๋ยเคมีทางดิน (100%)	1.07-1.42-2.72	15-15-15	2.0	หลังเก็บเกี่ยว
		8-24-24	2.0	ก่อนออกดอก
		12-17-17	2.0	ช่วงติดผล
		0-0-50	2.0	ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน
		รวม	8.0	(ใส่เดือนละครั้ง)
2.ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ (30%)	0.321-0.426-0.816	15-15-15	0.6	หลังเก็บเกี่ยว
		8-24-24	0.6	ก่อนออกดอก
		12-17-17	0.6	ช่วงติดผล
		0-0-50	0.6	ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน
		รวม	2.4	(ใส่อาทิตย์ละ 3 ครั้ง)
3.ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ (50%)	0.535-0.710-1.360	15-15-15	1.0	หลังเก็บเกี่ยว
		8-24-24	1.0	ก่อนออกดอก
		12-17-17	1.0	ช่วงติดผล
		0-0-50	1.0	ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน
		รวม	4.0	(ใส่อาทิตย์ละ 3 ครั้ง)
4.ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำ (70%)	0.749-0.994-1.904	15-15-15	1.4	หลังเก็บเกี่ยว
		8-24-24	1.4	ก่อนออกดอก
		12-17-17	1.4	ช่วงติดผล
		0-0-50	1.4	ก่อนเก็บเกี่ยว 1 เดือน
		รวม	5.6	(ใส่อาทิตย์ละ 3 ครั้ง)

3.2.3 การเก็บข้อมูล

3.2.3.1 ประเมินความสมบูรณ์ ของต้นจากขนาดทรงพุ่ม ใบ กิ่งก้าน ลำต้น และการเข้าทำลายของโรคและแมลง โดยการวัดพื้นที่ผิวบริเวณรอบนอกทรงพุ่ม (วันทนีย์ ชุมจิตต์ และคณะ. 2536) จากสูตร

พื้นที่ผิวทรงพุ่ม = $4/3\ \pi rh$ ตารางเมตร

เมื่อ r = รัศมีทรงพุ่ม

h = ความสูงทรงพุ่ม (ความสูงต้น – ความสูงชายพุ่ม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 เก็บตัวอย่างดิน ตามชั้นดินจากหน้าตัด กว้าง 1 เมตร ลึก 2 เมตร แบบ core soil เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) และ Saturation Hydraulic Conductivity เก็บดินแบบ sieved soil เพื่อวิเคราะห์ทางเคมี และหาชนิดของเนื้อดิน (texture) ปริมาณน้ำในดินที่ระดับความดันต่างๆ โดยใช้เครื่อง Pressure Plate

เก็บตัวอย่างดินเพื่อหาความอุดมสมบูรณ์และปริมาณธาตุอาหารในดิน โดยเก็บตัวอย่างภายในทรงพุ่มที่ระดับ 0-30 และ 30-60 ซม. ในแต่ละกรรมวิธี ก่อนและหลังการทดลอง ทำการวิเคราะห์หา โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยการสกัดด้วย 1N NH_4OAC (pH=7) แล้วนำไปวัดด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer สำหรับ available P สกัดด้วย น้ำยา Bray No.2 และวัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer ส่วน pH วัดจากสัดส่วนดิน : น้ำ 1:1 และ EC วัด 1 : 5

3.2.3.3 เก็บตัวอย่างใบทุเรียน ก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทุกๆ ปี โดยเลือกเก็บจากใบที่ความสูงประมาณกึ่งกลางทรงพุ่ม ตำแหน่งใบที่ 3 ของช่อใบ ซึ่งเป็นใบไม่อ่อนหรือแก่เกินไป (ใบเพสลาด) มีอายุประมาณ 45 วันหลังจากแตกใบอ่อน จำนวนต้นละ 20 ใบ ในแต่ละกรรมวิธีนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น ผึ่งให้แห้ง อบที่อุณหภูมิ 70°C นาน 24 ชั่วโมง บดให้ละเอียด นำตัวอย่างมาย่อยด้วยกรด HNO_3 : $HClO_4$ (อัตราส่วน 5:1) จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาไนโตรเจนโดยวิธี Micro-Kjeldahl สำหรับ Total P วัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer ส่วน Total K Ca และ Mg นั้น นำไปวัดด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer

3.2.3.4 ตรวจสอบปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบทุเรียน โดยสุ่มเก็บใบทุเรียนจากรอบทรงพุ่ม ตำแหน่งใบที่ 3 อายุใบประมาณ 45 60 90 และ 120 วันหลังจากแตกใบอ่อน จำนวน 20 ใบ นำมาล้างให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง เจาะใบบริเวณเนื้อใบ นำมาหั่นให้ละเอียดเพื่อเตรียมสกัดคลอโรฟิลล์ โดยประยุกต์จากวิธีของ Arnon (1949) ซึ่งทำการสกัดคลอโรฟิลล์จากใบด้วยสาร Acetone นำไปบดละเอียดด้วย Ultraturrex และปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่อง centrifuge นาน 15 นาที แล้วนำสารสกัดไปอ่านค่า absorbance ที่ 645 nm และ 663 nm จากเครื่อง Spectrophotometer นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ จากสูตร

$C = 20.2\ D_{645} + 8.02\ D_{663}$

C = Total Chlorophyll (mg/l)

D_{645} = ค่า absorbance ที่ 645 nm

D_{663} = ค่า absorbance ที่ 663 nm

3.2.4 ติดตั้งระบบการให้ปุ๋ยและน้ำ ตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3.1 รูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7

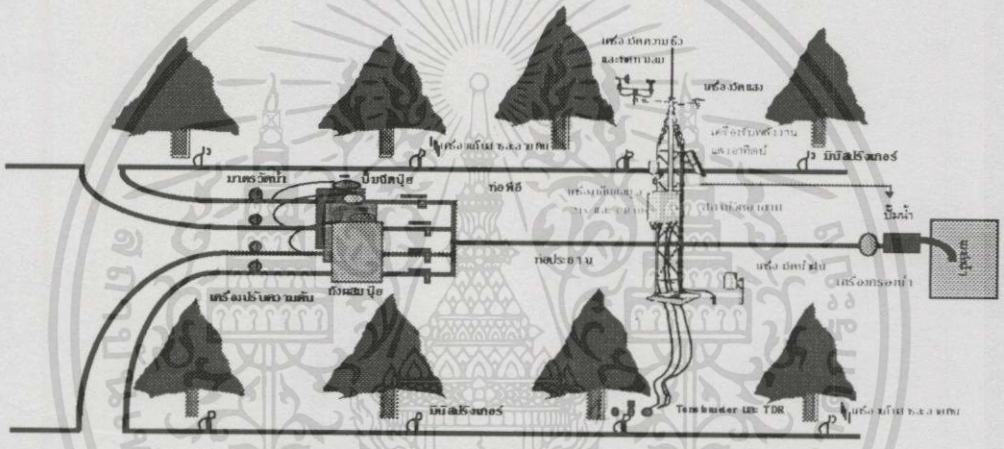
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 คำนวณการให้น้ำ จากค่าการคายระเหยน้ำของพืช (ETo) และจากการใช้เครื่องมือวัดความชื้นดิน (Tensiometer)

3.2.6 ป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามความจำเป็น

3.2.7 เก็บเกี่ยวผลผลิต และตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของผลผลิต โดยทำการวัดขนาดผล น้ำหนักผลเฉลี่ย ความหนาเปลือก ความหนาเนื้อ น้ำหนักเปลือก น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักเมล็ด ความหวาน และสัดส่วนที่บริโภคได้

3.2.8 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT



รูปที่ 3.6 แสดงแผนผังระบบการให้ปุ๋ยและน้ำโดยอัตโนมัติในสวนทุเรียนทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 แสดงสถานีตรวจอากาศและระบบการให้ปุ๋ยในสวนทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การคำนวณค่า ETo สูตรของ Penman ปี 1948 (วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526)

คำนวณค่าการระเหยของพืชอ้างอิงเฉลี่ยเป็นรายเดือนและรายปี โดยใช้ข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา (2530) ซึ่งเป็นข้อมูลสถิติภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2499-2528) ของจังหวัดจันทบุรี ที่ ตำแหน่งละติจูด 12° 36'N ระดับความสูง 3 เมตรจากระดับน้ำทะเล ซึ่งประกอบด้วยตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลภูมิอากาศ คาบ 30 ปี จ. จันทบุรี

Month	Mean Temp (o C)	RH (%)	Cc(0-10)	WS (Knot)
Jan	25.2	71.5	4.9	3.0
Feb	26.3	77.4	6.0	2.0
Mar	27.2	79.3	6.3	1.7
Apr	27.9	80.8	6.8	1.6
May	27.6	84.6	8.1	1.4
Jun	27.3	86.0	8.8	1.9
Jul	27.0	86.2	8.9	1.8
Aug	26.9	86.6	9.1	1.9
Sep	26.5	87.9	8.8	1.1
Oct	26.4	83.9	7.4	1.9
Nov	26.0	75.9	5.9	3.6
Dec	25.2	70.5	4.8	4.0

การคำนวณใช้สูตรของ Penman ปี 1948 (วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526):

$ETo = (\Delta Qn + \gamma Ea) / (\Delta + \gamma)$

ETo = ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงที่เป็นหญ้า (มม./วัน)

Δ = ความลาดเทของกราฟของความดันไอน้ำอิ่มตัว (Saturated Vapor Pressure) กับอุณหภูมิที่จุดซึ่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ย

γ = Psychrometric constant

Qn = รังสีสุทธิจากดวงอาทิตย์ (Net solar radiation) เทียบให้เป็นอัตราการระเหยของน้ำ (มม./วัน)

ในกรณีที่ไม่มีการวัดรังสีสุทธิของดวงอาทิตย์ จะประมาณได้จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Qn = Qa (1-r) (0.26+0.50 n/N)- σ T4 (0.56-0.0797 ed1/2) (0.10+0.90 n/N)

Qa = รังสีจากดวงอาทิตย์ที่จะได้รับบนผิวโลกเมื่อไม่มีบรรยากาศปกคลุมอยู่ เทียบให้เป็นอัตราการระเหยของน้ำเป็น มม./วัน

r = สัมประสิทธิ์ของการสะท้อน (0.20 สำหรับพืชที่เขียวและสด)

n = ระยะเวลาที่ได้รับแสงจริง

N = ระยะเวลาที่มีแสงแดดนานที่สุดที่จะเกิดขึ้นได้ในช่วงเวลานั้น อัตราส่วน n/N คำนวณได้จากค่าขีดความครึ้มของเมฆ (Cc 0-8)

n/N = 0.745+0.095Cc -0.02Cc2

σT4 =รังสีที่สะท้อนจากวัตถุที่มีผิวดำสนิทเทียบให้เป็นอัตราการระเหยของน้ำเป็น มม./วัน

ea = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศ (mb)

ed = ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของจุดน้ำค้าง (dew point) (mb)

= (ความชื้นสัมพัทธ์ X ea)

Ea = ปริมาณการระเหยของน้ำเนื่องจากการเคลื่อนไหวของลมและความชื้นของอากาศ เป็น มม./วัน

= 0.262 (ea - ed)(1+0.0062 U2)

U2 = ความเร็วเฉลี่ยของลมที่ระดับเหนือจากพื้นดิน 2 เมตร (km/day)

= U1 log 2 / log h = U1 0.3010 / log h

U1 = ความเร็วลมเป็นกิโลเมตรต่อวันซึ่งวัดที่ระดับเหนือพื้นดิน h เมตร

1 Knot = 44.478 km/day

3.4 การติดตั้งสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติของสวนทดลอง

ทำการติดตั้งสถานีตรวจอากาศอัตโนมัติ ในสวนทุเรียนของเกษตรกร ที่ตำแหน่งละติจูด 12° 29'N ลองจิจูด 102° 19'E ที่ระดับความสูง 5 เมตร จากระดับน้ำทะเล จากรูปที่ 3.7 ซึ่งประกอบด้วย

เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (mm.)

เครื่องวัดความเร็วลม (m/s) และทิศทางลม ที่ระดับ 3 เมตร จากพื้นดิน

Thermocuple sensor วัดอุณหภูมิ (°C) และความชื้นในอากาศ (%) ที่ระดับ 2 เมตร จากพื้นดิน

Sensor วัดปริมาณแสง (MJ $m^{-2}d^{-1}$) (Licor รุ่น 2000 X) ที่ระดับ 3 เมตร จากพื้นดิน

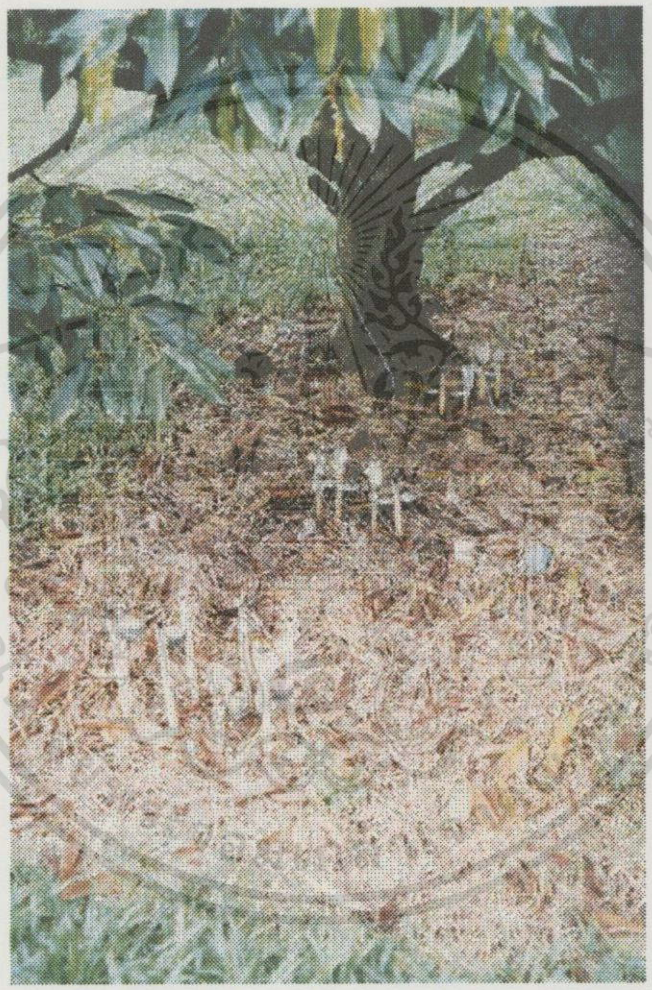
Campbell Sci. Water Content Reflectometer (WCR) สำหรับวัดความชื้นในดิน (m^3/m^3) ที่ระดับ 0-30 ซม. และ 30-60 ซม. จากผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tensiometer + Transducer Sensor โดยใช้ Tensiometer ซึ่งจัดทำขึ้นตามแบบของ อิทธิสุนทร นันทกิจ (2533) สำหรับวัดแรงดึงของดิน (mbar) ที่ระดับความลึก 15 45 75 และ 105 ซม. (รูปที่ 3.8)

เครื่องวัดการคายระเหยน้ำ (Class A Pan)

เครื่องวัดเส้นผ่าศูนย์กลางบริเวณกิ่งของทุเรียน โดยใช้ Stem Diameter Sensor (รูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.8 แสดงการติดตั้ง Tensiometer และ WCR ภายในทรงพุ่มทุเรียน

โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกวัดทุก 30 วินาที และคงค่าเฉลี่ยเก็บเข้าเครื่องบันทึกข้อมูลทุกชั่วโมงไว้ใน Datalogger 21X และ CR10X ของ Campbell Scientific ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้อัตโนมัติตลอด 24 ชั่วโมง และดึงข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับ Datalogger ด้วยโปรแกรม PC208 ของ Campbell Scientific โดยจะเก็บข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ทุก 30 วัน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 แสดงเครื่องวัด Stem diameter sensor

จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลรายวัน ซึ่งสามารถตรวจสอบการใช้น้ำของพืชได้ทุกวัน เพื่อจะได้ให้น้ำได้ตามต้องการในแต่ละวัน หรือ 2-3 วันต่อครั้ง การคำนวณใช้สูตร Modified Penman (Schwab et al. 1996) และสูตรของ Penman-Monteith

3.5 การคำนวณ ETo จากสูตรของ Modified Penman (Schwab et al. 1996)

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

ETo = ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงที่เป็นหญ้า (mm/d)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

T = อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ($^{\circ}$C)

γ = 0.00163 P/ λ

P = 101.3 - 0.01055EL

λ = 2.501 - 2.361 X 10 -3T

P = ความดันบรรยากาศ (kPa)

EL= ระดับความสูง (m)

T = อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ($^{\circ}$C)

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

Rs = รังสีแสงอาทิตย์ที่รับได้บริเวณผิวโลก (MJ m-2d-1)

α = สัมประสิทธิ์ของการสะท้อนหรือ albedo (0.25 สำหรับพืชที่เขียวและสด)

σ = Stefan-Boltzman constant (4.903 X 10-9 MJ /m2. d .K4)

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

a1 = ค่าคงที่

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

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-2d-1)

= 0.75 Ra

Ra = รังสีแสงอาทิตย์ที่รับได้ในสภาพไม่มีบรรยากาศ (MJ m-2d-1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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)

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

3.6 การคำนวณ ETo จากสูตรของ Penman-Monteith

การคำนวณ ETo จากสูตรของ Penman-Monteith ที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น เพื่อให้ง่ายในการคำนวณ Smith et al. (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

3.6.1 Crop Canopy Resistance (r_c)

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)

3.6.2 Aerodynamic Resistance (r_a)

สำหรับค่ามาตรฐานของความสูงของลม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ที่ระดับ 2 เมตร และค่ามาตรฐานความสูงของหญ้าที่ 0.12 เมตร

r_a = 208 / u_2

r_a = Aerodynamic Resistance (s m^{-1})

u_2 = ความเร็วลมวัดที่ระดับ 2 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 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})

(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

สำหรับการคำนวณค่าต่างๆ นอกเหนือจากนี้ สามารถใช้สูตรคำนวณปัจจัยที่เหมือนกันตามสูตรของ Penman ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

ฉะนั้นค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงที่เป็นหญ้า (mm/d)

$$ETo = \lambda ETo / \lambda \quad (mm/d)$$

การคำนวณได้ใช้โปรแกรม MS Excel โดยเขียนสูตรคำนวณได้ตามต้องการจากข้อมูลโดยใส่ข้อมูลลงในช่องที่กำหนด ซึ่งประกอบด้วย ค่าต่อไปนี้

1.ระบุตำแหน่งของสถานีวัดอากาศ จากค่า ละติจูด ($^{\circ}$)

2.ระบุค่าความสูงจากระดับน้ำทะเล (m)

3. ระบุค่าความสูงของเครื่องวัดความเร็วลม (m)

4. อุณหภูมิเฉลี่ย (T, $^{\circ}$C)

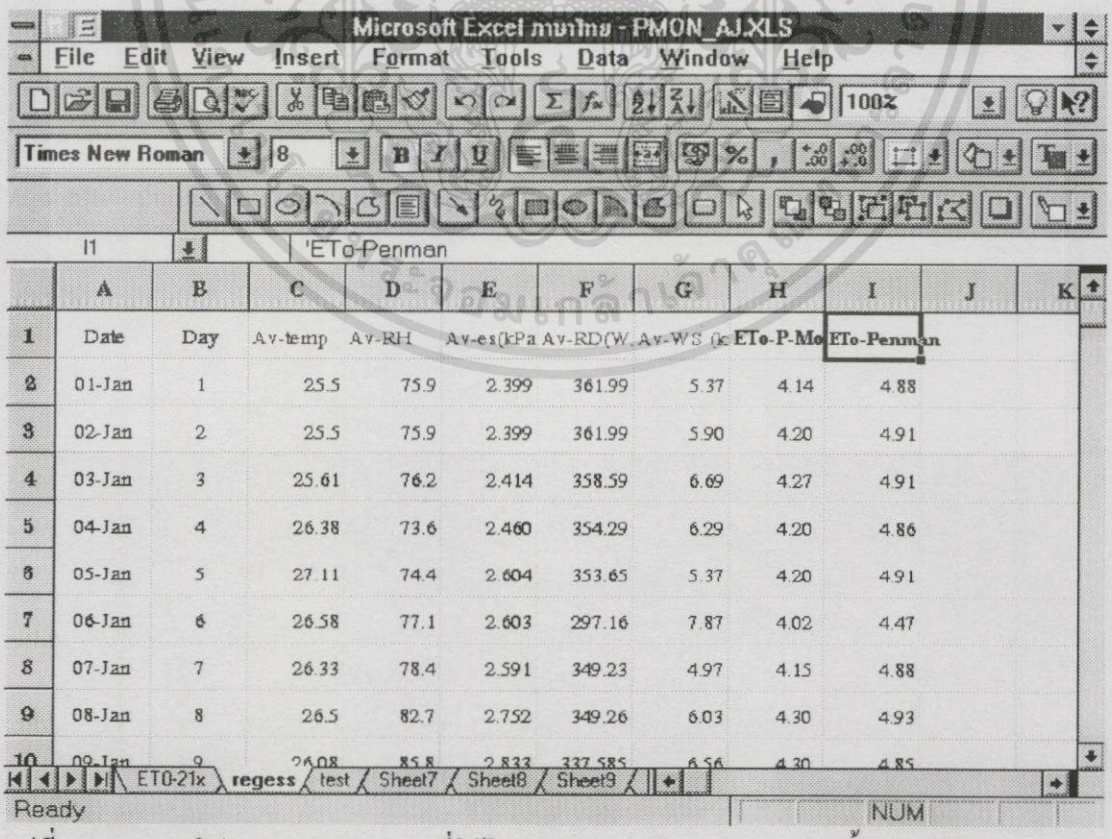
5. ความชื้นสัมพัทธ์ (RH, %)

6. ความดันไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศ (ea, kPa)

7. ความเข้มแสงที่รับได้จริงบนผิวโลก (Rs, W m^{-2})

8. ความเร็วลม (WS, km h^{-1})

ใส่ข้อมูลตามช่องของวันที่ที่กำหนดไว้ ก็จะได้ค่า ETo 2 ค่า คือจากสูตรของ Modified Penman และ สูตรของ Penman-Monteith ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงโปรแกรม MS Excel ที่ใช้ในการคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การคำนวณ ETc

การคำนวณค่าการคายระเหยน้ำของพืชจริง คำนวณจาก ETc = Kc . ETo (มม./วัน)

ETc = ค่าการคายระเหยน้ำของพืชจริง (Crop Water Requirement)

Kc = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)

สำหรับในไม้ผล สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก (2535) ได้คำนวณค่า Kc ไว้ตามช่วงต่างๆ ของการพัฒนาการของพืช ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของไม้ผล (Kc) ในช่วงต่างๆ ของการพัฒนาการของพืช

ช่วงพัฒนาการของพืช	ชนิดของไม้ผล				
	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ส้ม	ไม้ผลอื่นๆ
การพัฒนาการทางด้านกิ่งก้านสาขา	0.60	0.60	0.60	0.65	0.75
การชักนำการออกดอก	0.00	0.00/0.60	0.00	0.00/0.65	0.00
การพัฒนาการของดอก	0.75	0.75	0.75	0.70	0.75
การติดผล	0.50	0.75	0.75	0.70	0.75
การพัฒนาการของผลอ่อน	0.60	0.80	0.80	0.75	0.75
การเจริญเติบโตของผล	0.85	0.85	0.85	0.75	0.80
การเริ่มสุกแก่	0.75	0.85	0.85	0.75	0.75

ที่มา : สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก (2535)

นอกจากนี้การคำนวณการใช้น้ำของพืชยังขึ้นกับความลึกของระบบราก สำหรับไม้ผลแต่ละชนิดจะมีความลึกของรากที่มีประสิทธิภาพในการดูดน้ำต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ความลึกของรากพืชที่ใช้ในการดูดน้ำ (Effective Root)

ชนิดของไม้ผล	ความลึกของระบบราก (ซม.)
ทุเรียน	20 - 30
เงาะ	30 - 60
มังคุด	90 -120
ส้มต่างๆ	120 -150
ไม้ผลอื่นๆ	100 -200

ที่มา : สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก และ ปัญจพร เลิศรัตน์ (2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทุเรียนจะเห็นว่ามีระบบรากลึกเพียง 20-30 ซม. ซึ่งตื้นมาก ในการคำนวณการใช้น้ำของทุเรียน จึงใช้ความลึกรากที่ 60 ซม. ซึ่งเป็นความลึกเฉลี่ยของรากไม้ผล

3.8 การคำนวณการให้น้ำพืช

โดย Cuenca (1989) ได้คำนวณ ดังนี้

$IR = CWR - Pef$

IR = ปริมาณน้ำที่จะให้ (mm)

CWR = ปริมาณความต้องการน้ำของพืชรวมกับประสิทธิภาพของระบบและปริมาณน้ำสำหรับชะล้างเกลือ (mm)

Pef = ปริมาณฝนที่ใช้ได้ (mm/month)

$Pef = F(D)\,[1.25(Pt)^{0.824} - 2.93] \times 10^{(0.000955ETc)}$

F(D) = ฟังชั่นของปริมาณน้ำในดินที่ระดับความลึกที่ต้องการ

Pt = ปริมาณน้ำฝนทั้งหมด (mm/month)

ETc = ค่าการคายระเหยน้ำของพืชจริง (mm/month)

$F(D) = 0.53 + 0.0116D - 8.94 \times 10^{-5}(D)^2 + 2.32 \times 10^{-7}(D)^3$

D = ความลึกของน้ำในดินที่ต้องการให้ชลประทาน (mm)

ในกรณีที่มีปริมาณฝนใช้ได้ (Pef) ที่คำนวณมีค่ามากกว่า ETc ก็ให้ Pef ไม่เกินค่า ETc

3.9 การคำนวณความชื้นในดิน

Schwab et al. (1996) ได้ใช้สูตร

$Aw = (FCv - PWPv)\,Dr/100$

Aw = ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (% by Volume)

FCv = ปริมาณความชื้นในดินที่ความจุสนาม (ที่ความดัน 0.33 หรือ 0.1 bar แต่ Yingjajaval (1993) ได้ใช้ความดันที่ 0.05 bar) (% by volume)

PWPv = ปริมาณความชื้นในดินที่จุดเหี่ยวถาวร (ที่ความดัน 15 bar, % by Volume)

Dr = ระดับความลึกของชั้นราก (cm)

โดย $Pv = Pd.\,As$

Pv = ปริมาณความชื้นในดิน (% by volume)

Pd = ปริมาณความชื้นในดิน (% by weight)

As = ความหนาแน่นรวมของดิน (g/cm^3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ลักษณะของชุดดินทุ่งหว้า (Tg : Thung Wa Series)

จากการสำรวจ ขุดหลุมดินศึกษาทำคำอธิบายหน้าตัดดิน (soil profile description) และวิเคราะห์ดิน (ภาคผนวก ก.) บริเวณสวนทุเรียนที่ทำการทดลอง พบว่าเป็นชุดดินทุ่งหว้า (Tg) (รูปที่ 4.1) ซึ่งในจังหวัดจันทบุรีมีชุดดินทุ่งหว้า เนื้อที่ประมาณ 1,956 ไร่ (ศิริชัย กิตยารักษ์ และคณะ. 2523) จัดอยู่ใน Great soil group Gray Podzolic Soils หรือ วุฒิชาติ สิริช่วยชู (2542) จำแนกตามระบบ Soil Taxonomy ได้ Coarse-loamy, siliceous, isohyperthermic Oxic Dystropepts (Soil Survey Staff. 1975) และ Coarse-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Typic Paleudults (Soil Survey Staff. 1998)

รูปที่ 4.1 หน้าตัดดินของชุดดินทุ่งหว้า (Tg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นดินที่เกิดจากตะกอนลำน้ำพัดพามาทับถมกัน หรือเกิดจากการสลายตัวโดยตรงของพวกหินแกรนิต บนที่ลาดเชิงเขาหรือเนินตะกอนรูปพัดติดต่อกัน หรือหุบเขาที่มีการทับถม สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด ถึงลูกคลื่นลอนชัน มีความลาดชัน 2-8 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ปานกลางถึงเร็ว มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินเร็ว มีระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 2 เมตร ตลอดปี

ลักษณะเนื้อดินบน 20 ซม. เป็นดินร่วนปนทราย สีพื้นเป็นสีน้ำตาลเข้มปนเทา ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ประมาณ 5.6-6.0 ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายหยาบ สีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนเหลือง จุดประสีเหลืองปนน้ำตาล ปฏิกิริยาดินเป็นกรดแก่จัดมาก มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.0

4.2 ค่าความชื้นในดิน

จากการวิเคราะห์ดินทางกายภาพ (ตารางที่ 4.1) ทำให้ทราบความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (AWC) ของชุดดินที่ศึกษา ตามตารางที่ 4.2 ซึ่งในชั้นรากของทุเรียนที่ระดับ 60 ซม. มีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเท่ากับ 65.69 มม.

ตารางที่ 4.1 ค่า FC และ PWP ของชุดดินทุ่งหว้า

Horizon (cm.)	BD (g/cm^3)	WC by wt.		WC by vol			
		0.1 bar (%)	15 bar (%)	0.1 bar (%)	15 bar (%)	0.1 bar (m^3/m^3)	15 bar (m^3/m^3)
0-20	1.36	11.13	2.780	15.136	3.780	0.151	0.038
20-55	1.44	10.87	3.438	15.655	4.950	0.157	0.050
55-100	1.46	14.40	6.860	21.028	10.015	0.210	0.100
100-140	1.78	15.02	6.527	26.738	11.618	0.267	0.116

ตารางที่ 4.2 ค่า AWC ของชุดดินทุ่งหว้า

Horizon (cm.)	AWC			
	% wt	% vol	m^3/m^3	mm/depth(m)
0-20	8.35	11.36	0.1136	22.71
20-55	7.43	10.71	0.1071	37.47
55-100	7.54	11.01	0.1101	49.56
100-140	8.49	15.12	0.1512	60.48

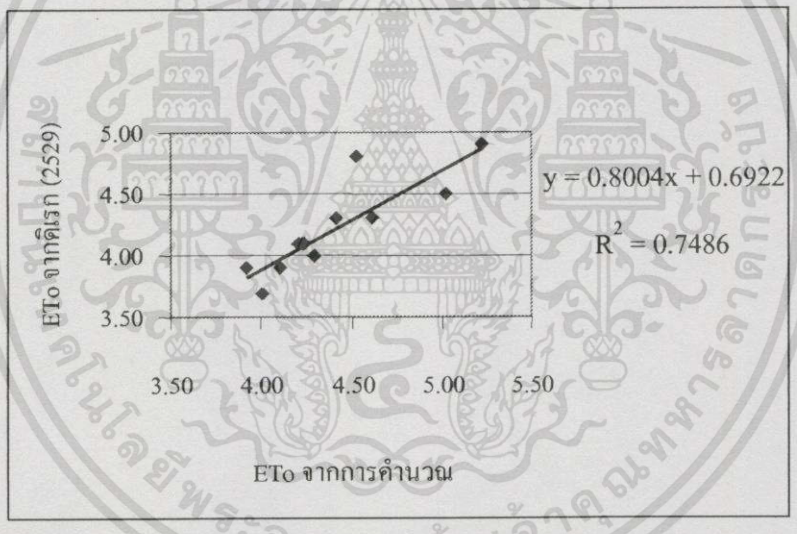
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ค่าการคายระเหยน้ำของพืช

จากข้อมูลภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย 30 ปี ทำให้ทราบค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน) โดยสูตรของ Penman 1948 (วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526) ตามตารางที่ 4.3 และเปรียบเทียบกับค่าที่ ดิเรก ทองอร่าม (2529) ได้คำนวณไว้โดยสูตรของ Modified Penman ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่ระดับ $r^2 = 0.7486$ ตามรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่า ETo จากการคำนวณกับของ ดิเรก ทองอร่าม (2529)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
คำนวณ	4.23	4.53	5.03	5.22	4.62	4.21	4.11	4.01	3.92	4.30	4.42	4.24
ดิเรก	4.10	4.80	4.50	4.90	4.30	4.10	3.90	3.70	3.90	4.00	4.30	4.10



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่า ETo จากการคำนวณกับของ ดิเรก ทองอร่าม (2529)

จากการคำนวณค่า ETo ของแต่ละเดือนโดยวิธี Penman 1948 ตามตารางที่ 4.4 ได้ค่ารวมทั้งปี 1,606 มม. ค่า ETcrop ทั้งปีเท่ากับ 1,365 มม. ซึ่งเป็นค่าที่สูงสุดที่เป็นไปได้ เนื่องจากใช้ค่า Kc = 8.5 ซึ่งมากที่สุดของทุเรียน เพื่อใช้วางแผนและระบบการให้น้ำที่เหมาะสม เพราะต้องวางระบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุดหรือเต็มที่ไว้ก่อน จากตารางที่ 4.4 การให้น้ำทุเรียนในช่วง 5 เดือน (Net irrigation require) เท่ากับ 500 มม. แต่ที่ประสิทธิภาพของระบบ 80% (Gross irrigation require) เท่ากับ 625 มม. เมื่อเทียบกับข้อมูลของปี 2541 ซึ่งเป็นปีที่แล้งผิดปรกติ จากตารางที่ 4.5 ได้ค่า ETo รวมทั้งปี 1,291 มม. ค่า ETcrop ทั้งปีเท่ากับ 1,097 มม. ซึ่งเป็นค่าที่สูงสุดที่เป็นไปได้ เนื่องจากใช้ค่า Kc = 8.5 ซึ่งมากที่สุดของทุเรียน การให้น้ำทุเรียนในช่วง 6 เดือน (Net irrigation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

require) เท่ากับ 633 มม. แต่ที่ประสิทธิภาพของระบบ 80% (Gross irrigation require) เท่ากับ 791 มม. จากข้อมูลเป็นรายเดือน จะเห็นว่าจะมีการให้น้ำในช่วง 5-6 เดือน ในช่วงฤดูฝนไม่จำเป็นต้องมีการให้น้ำ เนื่องจากมีปริมาณฝนเพียงพอ ค่าที่ได้จะใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณ เพื่อวางระบบการให้น้ำให้เหมาะสมสำหรับสวนทุเรียนต่อไป เช่น ขนาดหัวมินิสปริงเกอร์ ขนาดของท่อน้ำต่างๆ ขนาดปั๊มน้ำ เป็นต้น ในสภาพความเป็นจริงปริมาณฝนในแต่ละปีมีปริมาณมากน้อยต่างกัน หรือมีฝนทิ้งช่วงหลายวัน จากปริมาณฝนตลอดปีเท่ากับ 2,927 มม. เป็นฝนที่ใช้ประโยชน์ได้เพียง 865 มม. เท่านั้น จึงเป็นไปได้ที่พืชมีการขาดน้ำได้ในฤดูฝน หรือมีปริมาณฝนน้อยกว่าค่าเฉลี่ย เช่น ในปี 2541 มีปริมาณฝนเพียง 1,647 มม. เท่านั้น จึงมีความจำเป็นที่จะมีการให้น้ำในช่วงฤดูฝนด้วย

ฉะนั้นเวลาจะให้น้ำจริงจะต้องดูค่า Kc ของทุเรียนในช่วงนั้นๆ ควบคู่ไปกับค่า ETo ที่วัดได้ในเวลานั้นของสถานีอากาศที่บริเวณนั้นๆ หรือใกล้เคียงเป็นรายวันในการพิจารณาให้น้ำแต่ละครั้ง เช่นในกรณีสวนทุเรียนที่ทำการศึกษาได้ติดตั้งสถานีตรวจอากาศ เพื่อเก็บข้อมูลสภาพภูมิอากาศต่างๆ (ตารางที่ 4.6 และ รูปที่ 4.3) สำหรับข้อมูลโดยละเอียดเป็นรายวันแสดงใน ภาคผนวก ข. และ ค. จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่า ETo โดยใช้โปรแกรม MS Excel ซึ่งใช้สูตรของ Modified Penman (Schwab et al. 1996) เปรียบเทียบกับสูตรของ Penman-Monteith (Allen et al. 1989) ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกันทั้ง 2 สูตร และมีความสัมพันธ์ที่ค่า $r^2 = 0.99$ (รูปที่ 4.4) โดยวิธี Penman-Monteith ได้ค่าต่ำกว่าเล็กน้อยและเป็นค่าที่เชื่อถือได้มากที่สุด (Smith et al. 1992) สำหรับในกรณีที่หาความสัมพันธ์กับพลังงานแสงอาทิตย์ที่รับได้บริเวณผิวโลก ค่า ETo จากการคำนวณด้วย สูตรของ Penman-Monteith มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับค่าพลังงานแสงอาทิตย์ คือ $r^2 = 0.93$ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (Graaf and Ende. 1981; Fares and Mansell. 1996) ซึ่งค่า ETo ที่คำนวณได้โดยวิธี Penman-Monteith ในปี 2541 มีค่า 1,290 มม. มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ย 30 ปี ซึ่งมีค่า 1,606 มม. อาจเนื่องจากปี 2541 มีภาวะแห้งแล้งจาก ปรากฏการณ์ El neno จากการศึกษาของ Haman et al. (1997) ที่ Florida ค่า ETo ที่ทำการศึกษา 3 ปี มีค่า 1,250, 1,222 และ 1,271 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับ ค่าจากข้อมูลเฉลี่ย 30 ปี คือ 1,255 มม. แสดงว่าสภาพภูมิอากาศในแต่ละปีของไทยมีความแปรปรวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าการใช้น้ำของทุเรียนในแต่ละเดือน คำนวณจากข้อมูลภูมิอากาศเฉลี่ย 30 ปี เพื่อใช้วางแผนการให้น้ำทุเรียน

Month	ETo[1/] (mm/day)	ETo[2/] (mm/month)	Rain (mm)	Kc ทุเรียน	ETcrop (mm)	Eff. rain (Pef) (mm)	Net irr. req. (mm)	Gross irr. req. (80%, mm)
Jan	4.23	131	12.7	0.85	112	9	103	128
Feb	4.53	127	45.0	0.85	108	32	76	95
Mar	5.03	156	61.6	0.85	133	45	88	110
Apr	5.22	157	112.7	0.85	133	76	57	71
May	4.62	143	348.8	0.85	122	122	0	0
Jun	4.21	126	486.3	0.85	107	107	0	0
Jul	4.11	127	472.2	0.85	108	108	0	0
Aug	4.01	124	521.8	0.85	106	106	0	0
Sep	3.92	118	511.5	0.85	100	100	0	0
Oct	4.30	133	285.7	0.85	113	113	0	0
Nov	4.42	133	56.1	0.85	113	39	73	92
Dec	4.24	132	12.2	0.85	112	9	103	129
Total		1,606	2,927		1,365	865	500	625

[1/] ค่า ETo (mm/day) จากสูตรของ Penman (1948)

[2/] ค่า ETo (mm/month) จากสูตรของ Penman (1948)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าการใช้น้ำของทุเรียนในแต่ละเดือน เพื่อใช้วางแผนการให้น้ำทุเรียน ปี 2541

Month	ETo[1/] (mm)	Rain (mm)	Kc ทุเรียน	ETcrop (mm)	Eff. rain (Pef) (mm)	Net irr. req. (mm)	Gross irr. req. (80%, mm)
Jan	135	13	0.85	115	9	105	132
Feb	125	11	0.85	106	7	99	123
Mar	151	6	0.85	128	3	125	156
Apr	142	3	0.85	121	0	120	151
May	106	269	0.85	90	145	0	0
Jun	72	452	0.85	61	211	0	0
Jul	96	252	0.85	82	135	0	0
Aug	91	274	0.85	77	144	0	0
Sep	78	264	0.85	66	136	0	0
Oct	97	65	0.85	82	42	40	51
Nov	94	28	0.85	80	19	61	76
Dec	104	10	0.85	88	6	82	103
Total	1,291	1,647		1,097	859	633	791

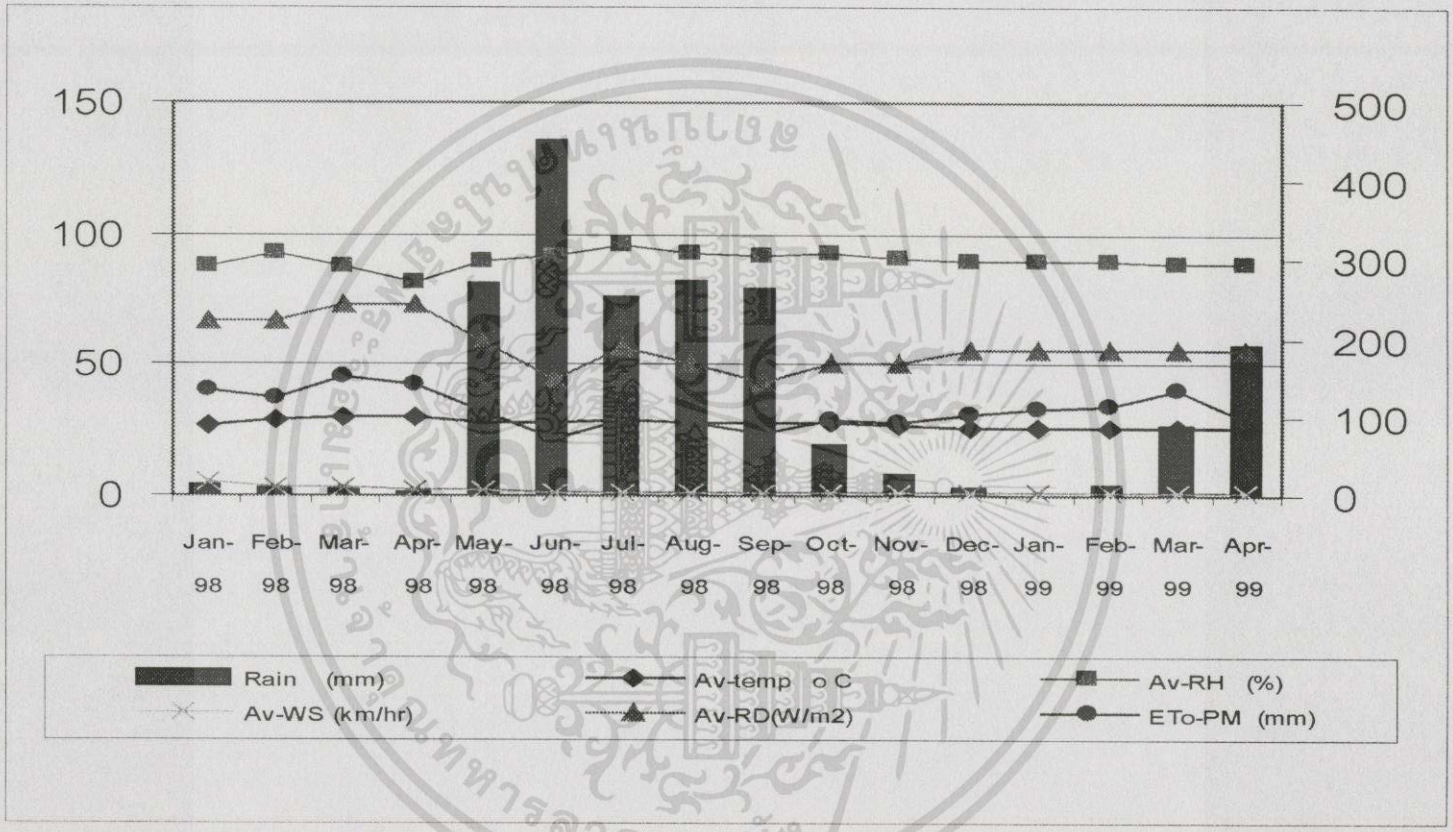
[1/] ค่า ETo (mm/day) จากสูตรของ Penman Monteith

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

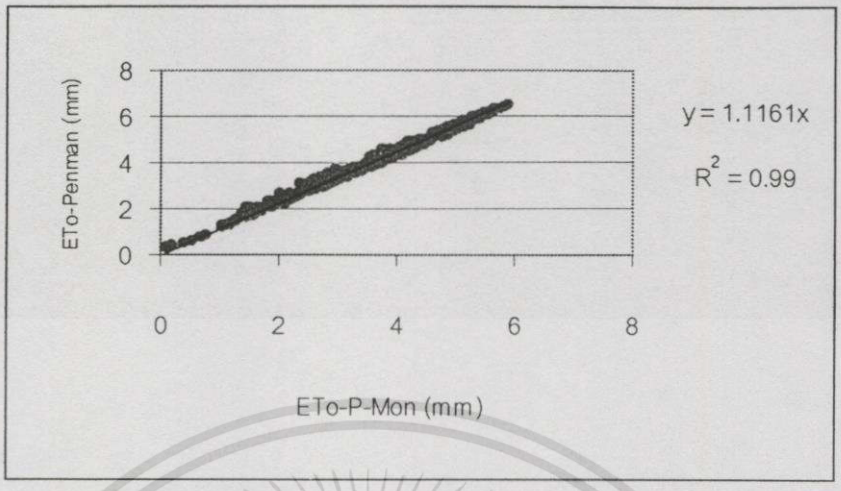
ตารางที่ 4.6 แสดงข้อมูลภูมิอากาศรายเดือนในปี 2541-2542 บริเวณสวนทุเรียนทดลอง

Months	Av-temp °C	Av-RH (%)	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain (mm)	ETo-PM (mm)	ETo-P (mm)
Jan-98	26.66	87.25	222.24	5.46	13	135	147
Feb-98	29.05	92.93	222.78	2.62	11	125	137
Mar-98	29.40	87.25	244.19	2.63	6	151	168
Apr-98	30.07	80.81	241.64	2.45	3	142	161
May-98	28.14	89.67	194.65	1.88	269	106	119
Jun-98	27.31	91.88	147.14	1.52	452	72	81
Jul-98	28.36	95.72	189.01	0.69	252	96	106
Aug-98	27.94	92.30	169.52	0.65	274	91	103
Sep-98	27.25	91.75	144.93	0.63	264	78	89
Oct-98	27.46	92.07	167.19	0.55	65	97	109
Nov-98	26.95	90.62	168.60	0.64	28	94	106
Dec-98	25.77	89.48	186.29	0.76	10	104	118
Total	**334.36**	**1,081.73**	**2,298.18**	**20.48**	**1647**	**1291**	**1,444**
Jan-99	25.73	89.31	186.20	0.76	1	111	129
Feb-99	25.68	89.12	185.83	0.76	13	112	120
Mar-99	25.64	88.84	186.57	0.77	90	132	149
Apr-99	25.57	88.58	185.81	0.78	191	95	109

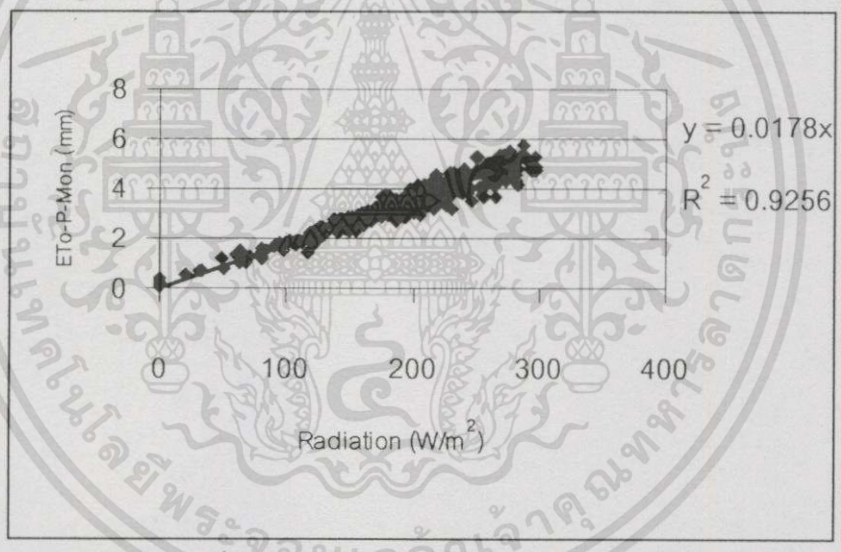
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงข้อมูลสภาพภูมิอากาศบริเวณสวนทดลองตั้งแต่ ม.ค. 2541 – เม.ย. 2542



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ค่า ETo ระหว่างวิธีของ Penman กับ Penman Monteith



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า ETo ของ Penman Monteith กับ ค่าพลังงานแสงอาทิตย์

จากรายงานของ Steduto (1999) กล่าวว่า การวัดค่า Kc ของไม้ยืนต้นมีความยุ่งยากและซับซ้อนมาก เนื่องจากมีพื้นที่บางส่วนเป็นพื้นที่ว่างไม่ถูกปกคลุมด้วยทรงพุ่ม คือพื้นที่บริเวณระหว่างแถวพืช และมีหลายช่วงการเปลี่ยนแปลง เช่น ช่วงมีใบ ผลัดใบ เจริญเติบโต ออกดอก และติดผล ค่า Kc ที่ได้ส่วนใหญ่จึงเป็นค่าจากการคาดคะเนมากกว่าการทดลองจริงในสนาม ฉะนั้นการใช้ค่า Kc เพื่อคำนวณหาการคายน้ำของไม้ผล อาจไม่แม่นยำนัก และการลงทุนเกี่ยวกับสถานีวัดอากาศมีราคาแพง จึงเหมาะกับสวนขนาดใหญ่ หรือ เป็นสถานีกลางสำหรับเกษตรกรโดยรอบเป็นบริเวณกว้าง ไม่เหมาะกับสวนเล็กๆ ซึ่งการใช้ Tensiometer หรือเครื่องมือวัดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในดินชนิดอื่นๆ น่าจะสะดวกและประหยัดกว่ามาก หรืออาจใช้ค่าการคายระเหยของพืช (ETo) จากข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา ควบคู่กับเครื่องมือวัดความชื้นในดิน เพื่อเป็นการตรวจสอบค่าเพื่อความแน่นอน

4.4 การใช้ Tensiometer และ WCR (Water Content Reflectometer) ในการวัดความชื้นดิน

ในสวนทุเรียนทดลองได้มีการใช้ Tensiometer และ WCR (Water Content Reflectometer) วัดความชื้นดินเพื่อควบคุมการให้น้ำ มีระบบการให้น้ำเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยเมื่อ WCR มีค่าเท่ากับ 0.10 ม.^{3}/ม.^{3} หรือ Tensiometer มีค่าเท่ากับ 200 mbars Datalogger ก็จะเปิดสวิตช์ให้ปั๊มน้ำทำงานเพื่อให้น้ำทุเรียน จนกระทั่ง มีค่า WCR เท่ากับ FC ที่ 0.15 ม.^{3}/ม.^{3} หรือ Tensiometer มีค่าเท่ากับ 100 mbars Datalogger ก็จะปิดสวิตช์ให้ปั๊มน้ำหยุดทำงาน ซึ่งมีการทดลองใช้ประมาณ 1 เดือน แต่เนื่องจากมีปัญหาจากกระแสไฟฟ้าขัดข้องบ่อย ทำให้ไม่สามารถให้น้ำตามที่ต้องการได้ และมีการงดให้น้ำในช่วงก่อนออกดอก ซึ่งทำให้เจ้าหน้าที่ที่ดูแลการให้น้ำมีความยุ่งยากและไม่สามารถไปดูแลได้ตลอด เนื่องจากเป็นสวนของเกษตรกร จึงได้ใช้วิธีติดตั้ง Timer ควบคุมการให้น้ำ พร้อมกับการปิดเปิดสวิตช์โดยตรงในบางครั้ง โดยดูค่าจาก Tensiometer ที่ ฝังไว้เป็นตัวตรวจสอบให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

จากข้อมูลตั้งแต่วันที่ 29 มกราคม ถึง 2 กรกฎาคม 2541 พบว่า ค่าแรงดึงน้ำที่วัดได้จาก Tensiometer จะมีค่ามากกว่า 200 ถึง 700 mbars ซึ่งเป็นช่วงแล้งและมีการให้น้ำชลประทาน ส่วนค่าที่วัดได้จาก WCR ให้ผลกลับกันคือ มีค่าความชื้นในดินน้อย มีค่าต่ำกว่า 0.08 - 0.1 ม.^{3}/ม.^{3} เมื่อมีการให้น้ำชลประทานมากขึ้นหรือมีปริมาณฝนตกมากขึ้น ทำให้ค่าความชื้นในดินเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.3 ม.^{3}/ม.^{3} และค่าแรงดึงของ Tensiometer น้อยกว่า 200 mbars ตามรูปที่ 4.6 และ 4.7 นอกจากนั้นใน รูปที่ 4.7 ยังมีค่า ETc ของทุเรียน จากการคำนวณค่า ETo และ ค่า Kc ที่ 0.85 เมื่อเทียบกับค่าที่ให้น้ำจริงพบว่า น้อยกว่าปริมาณน้ำที่ให้จริงเล็กน้อย แต่ค่าความชื้นในดินก็ยังคงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือ 0.1 ถึง 0.2 ม.^{3}/ม.^{3} (FC = 0.15 ม.^{3}/ม.^{3}) และในช่วงฤดูฝนทำให้ความชื้นในดินสูงขึ้นที่ 0.2 ถึง 0.3 ม.^{3}/ม.^{3} ซึ่งในทำนองเดียวกัน จากการศึกษาของ Locasio and Smajstrla (1996); Smajstrla and Locasio (1994) และ Plessis (1994) พบว่า การใช้ค่า pan evaporation ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่า ETo ที่ 0.5 ถึง 0.75 เท่าของ ETo จะใช้น้ำใกล้เคียงกับการใช้ Tensiometer ที่ระดับแรงดึงน้ำที่ 10 cbars

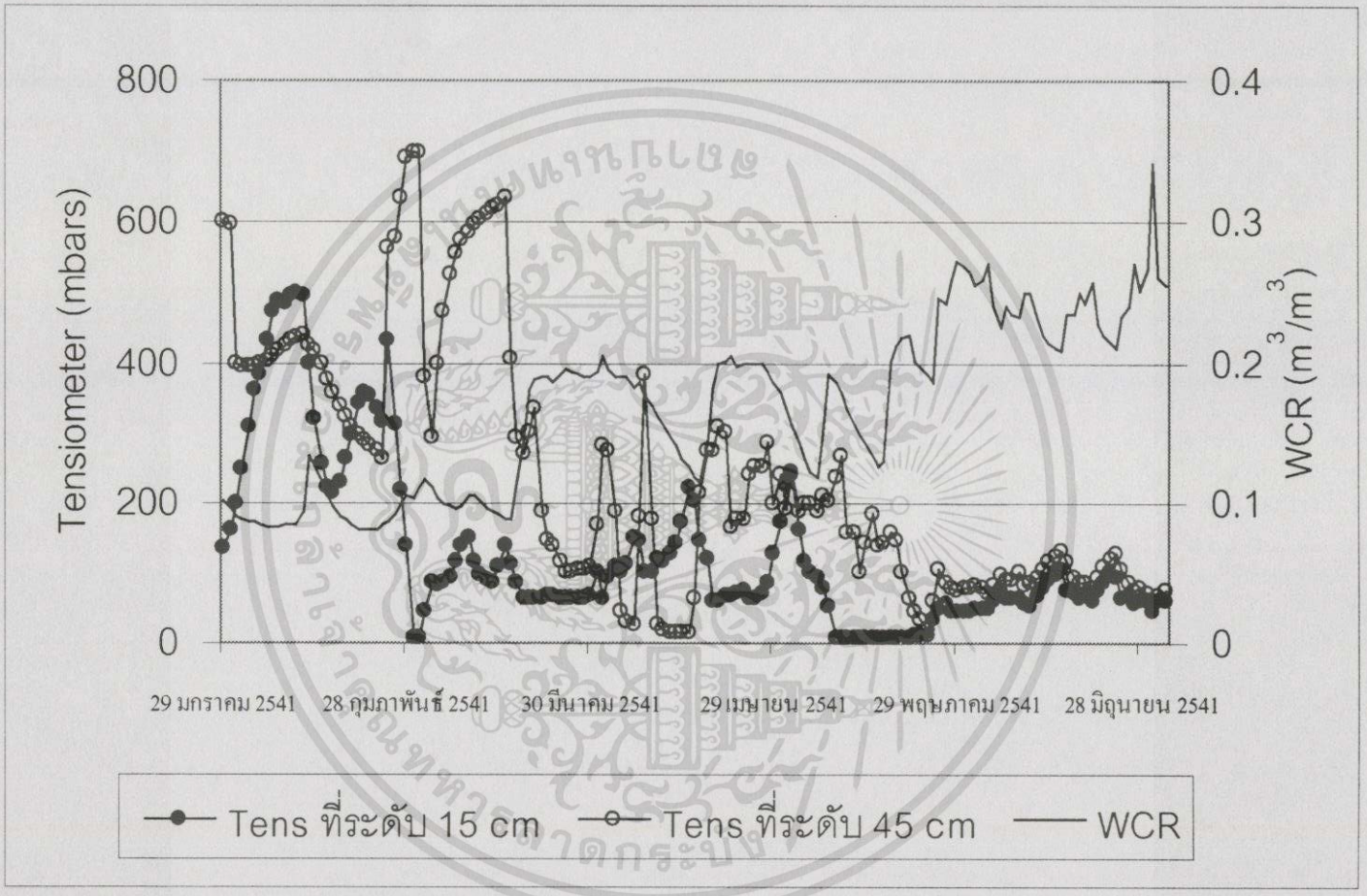
ในกรณีที่ได้เก็บข้อมูลเป็นรายชั่วโมง ตามรูปที่ 4.8 ระหว่างวันที่ 23 มีนาคม ถึง 21 เมษายน 2541 พบว่าช่วงนี้เป็นช่วงฤดูแล้งมีฝนตกน้อยมาก จึงมีการให้น้ำทุกวัน โดยในสัปดาห์แรกของกราฟ มีการให้น้ำปริมาณมาก (ตารางที่ 4.7 ประมาณ 350-490 ลิตร/ต้น/วัน) ค่าที่ได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

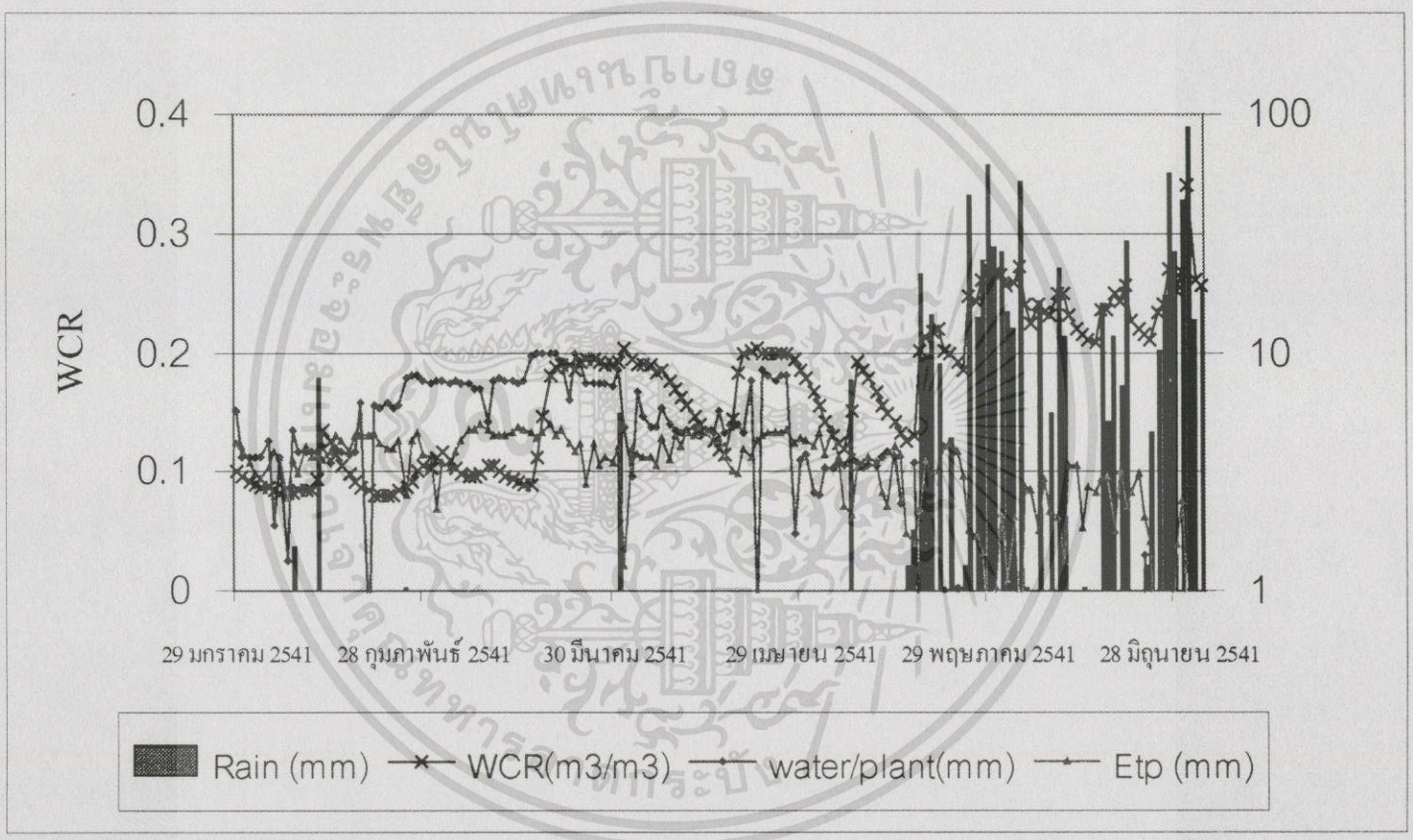
Tensiometer ที่ระดับความลึก 15 และ 45 ซม. มีค่าต่ำ ส่วนที่ระดับ 75 ซม. ค่าจะต่ำลงแล้วสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งแสดงว่าเมื่อเติมน้ำลงไปใน Tensiometer เนื่องจากดินแห้งมาก น้ำก็จะซึมออกจาก Tensiometer อย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่ให้ควบคุมความชื้นดินให้เหมาะสมอยู่ที่ระดับ 0-45 ซม. แสดงว่าความชื้นในดินที่เพียงพอถึงค่อนข้างมากต่อทุเรียนจะอยู่ที่ระดับความลึก 15 และ 45 ซม. โดยความชื้นในดินที่ 20 ซม.จากค่า WCR จะอยู่ในช่วง 0.18-0.2 ม.^{3}/ม.^{3} ในสัปดาห์ที่ 2, 3 และ 4 ของกราฟ มีการให้น้ำลดลง (ประมาณ 200-300 ลิตร/ต้น/วัน ซึ่งใกล้เคียงกับค่าการคายระเหยน้ำของทุเรียน 200 ลิตร/ต้น/วัน) ทำให้ค่า Tensiometer ที่ ระดับ 15 และ 45 ซม. สูงขึ้นเล็กน้อย และลดลงเป็นช่วงๆ ตั้งแต่ 100 ถึง 400 mbars และค่า WCR ระหว่าง 0.1-0.16 ม.^{3}/ม.^{3} ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับทุเรียน (ตารางที่ 4.7)

โดยสรุปต้นทุเรียนอายุ 8 ปี เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มประมาณ 8 เมตร (คิดเป็นพื้นที่ใต้ทรงพุ่ม 50 ตร.ม.) ในช่วงหน้าแล้งมีความต้องการน้ำประมาณ 200 – 400 ลิตร/ต้น/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบค่าแรงดึงน้ำจาก Tensiometer กับค่าปริมาณน้ำในดินจาก WCR ตั้งแต่วันที่ 29 มค. 2541 ถึง 2 กค. 2541

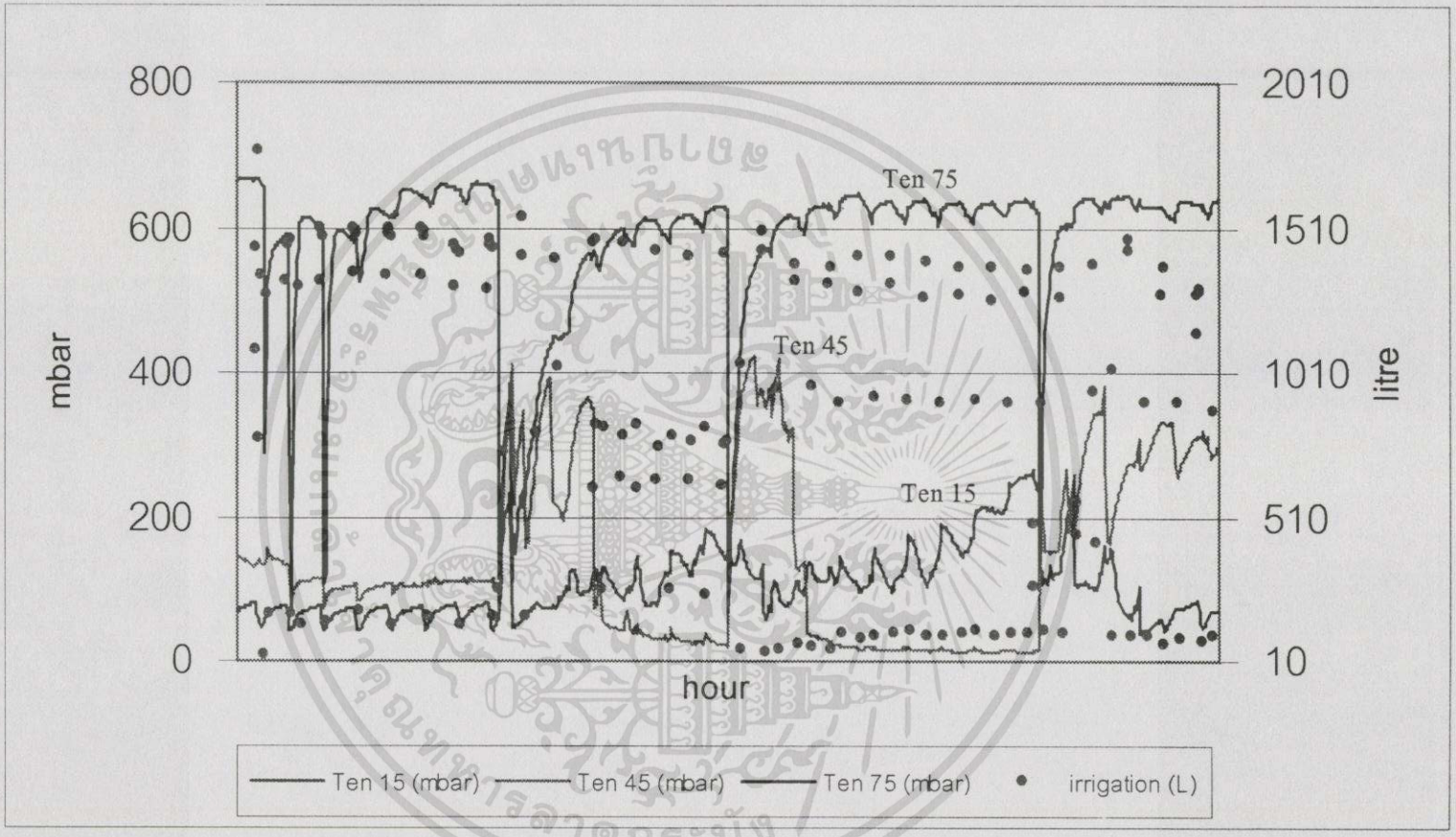


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำในดิน ปริมาณน้ำที่ให้ทุเรียน และ ค่าการคายระเหยน้ำของ ทุเรียน ตั้งแต่วันที่ 29 มค. 2541 ถึง 2 กค. 2541

ตารางที่ 4.7 ค่าปริมาณน้ำที่ให้ทุเรียน ปริมาณฝน การคายระเหยน้ำของทุเรียน ปริมาณความชื้นในดิน และค่าแรงดึงน้ำของ Tensiometer ที่ระดับต่างๆ ในช่วงวันที่ 23 มี.ค. ถึง 21 เม.ย. 2541

Month	water/16pl (litre) (a)	water/pl (mm) (b/50 m^2)	water/pl (litre) (b=a/16)	Rain (mm)	ETc (mm) Kc=0.85	WCR 20 (m^3/m^3)	Ten15 (mbar)	Ten45 (mbar)	Ten75 (mbar)
23-Mar-98	5034	6.25	315	0.0	4.10	0.190	66	148	649
24-Mar-98	7894	9.81	493	0.0	3.83	0.186	68	138	655
25-Mar-98	7302	9.07	456	0.0	4.11	0.191	64	116	603
26-Mar-98	5928	7.36	371	0.0	2.80	0.195	63	102	522
27-Mar-98	6020	7.48	376	0.0	4.13	0.194	64	100	536
28-Mar-98	5944	7.38	372	0.0	3.36	0.191	64	104	591
29-Mar-98	5994	7.45	375	0.0	3.59	0.190	65	107	629
30-Mar-98	5731	7.12	358	0.0	3.47	0.189	69	110	645
31-Mar-98	6818	8.47	426	5.6	4.02	0.193	101	170	651
1-Apr-98	3912	4.86	245	0.8	1.27	0.204	65	282	488
2-Apr-98	2432	3.02	152	0.0	3.93	0.195	94	276	286
3-Apr-98	5446	6.77	340	0.0	3.73	0.189	108	189	467
4-Apr-98	4343	5.40	271	0.0	3.64	0.190	100	44	562
5-Apr-98	3872	4.81	242	0.0	3.62	0.189	114	32	594
6-Apr-98	3885	4.83	243	0.0	3.36	0.182	150	27	602
7-Apr-98	4667	5.80	292	0.0	4.36	0.186	148	179	615
8-Apr-98	3966	4.93	248	0.3	3.52	0.177	100	382	465
9-Apr-98	3802	4.72	238	0.0	4.54	0.169	101	175	568
10-Apr-98	3746	4.65	234	0.0	4.00	0.162	119	25	614
11-Apr-98	3807	4.73	238	0.0	4.56	0.155	116	17	630
12-Apr-98	3870	4.81	242	0.0	4.49	0.147	129	16	633
13-Apr-98	3741	4.65	234	0.0	4.80	0.140	143	15	627
14-Apr-98	3775	4.69	236	0.0	4.61	0.132	174	14	628
15-Apr-98	3748	4.66	234	0.0	4.25	0.125	221	14	625
16-Apr-98	4524	5.62	283	0.0	4.38	0.119	202	64	628
17-Apr-98	3752	4.66	235	0.3	3.66	0.115	146	216	546
18-Apr-98	3869	4.81	242	0.5	3.15	0.143	120	275	608
19-Apr-98	3989	4.96	249	0.3	3.08	0.183	60	274	635
20-Apr-98	3715	4.61	232	0.3	3.94	0.199	60	308	634
21-Apr-98	6052	7.52	378	0.3	3.67	0.201	67	301	625

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

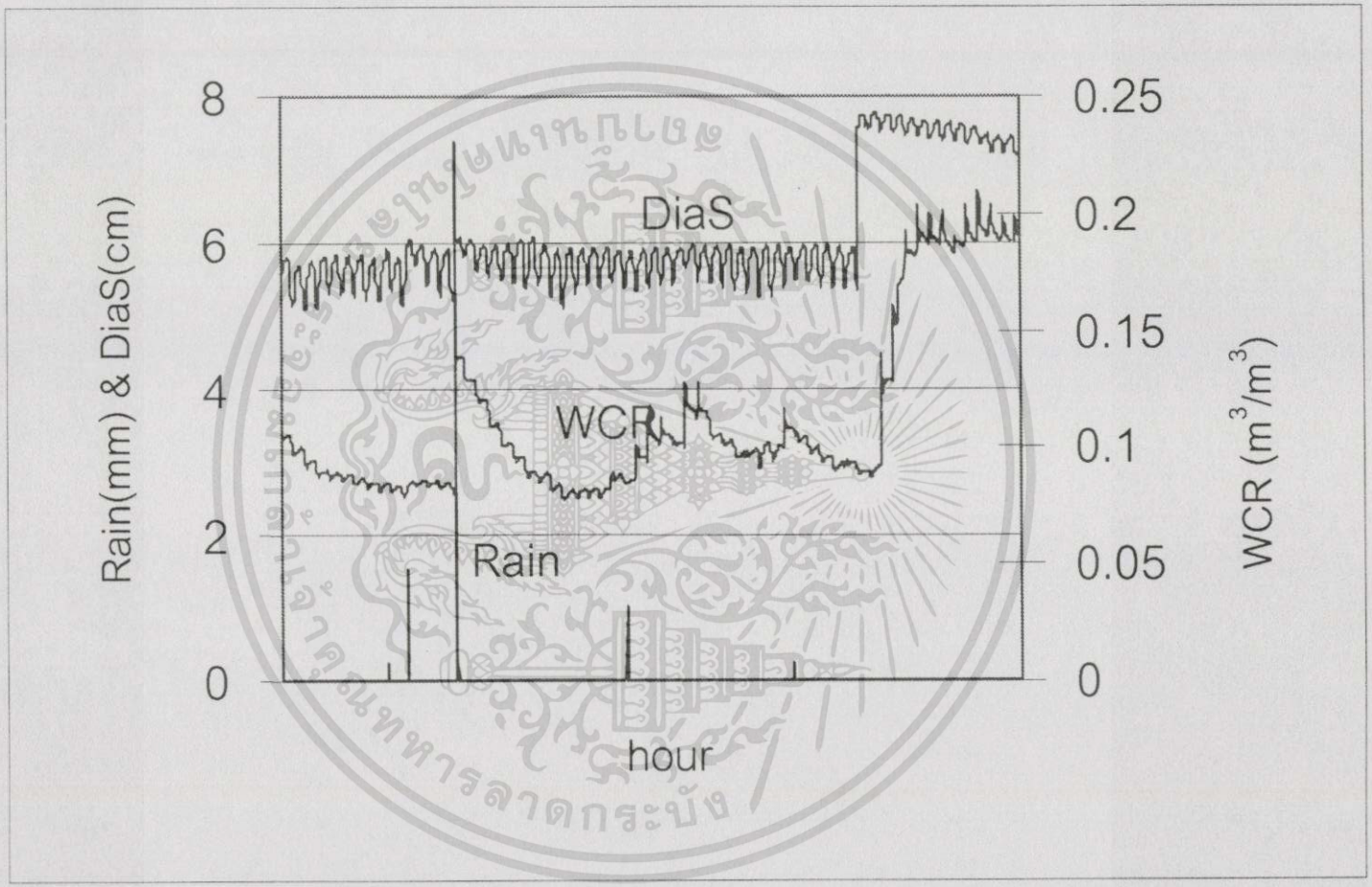


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงปริมาณน้ำที่ให้ และการเปลี่ยนแปลงแรงดึงของ Tensiometer ที่ระดับต่างๆ เป็นรายชั่วโมง ในระหว่างวันที่ 23 มี.ค. ถึง 21 เม.ย. 2541

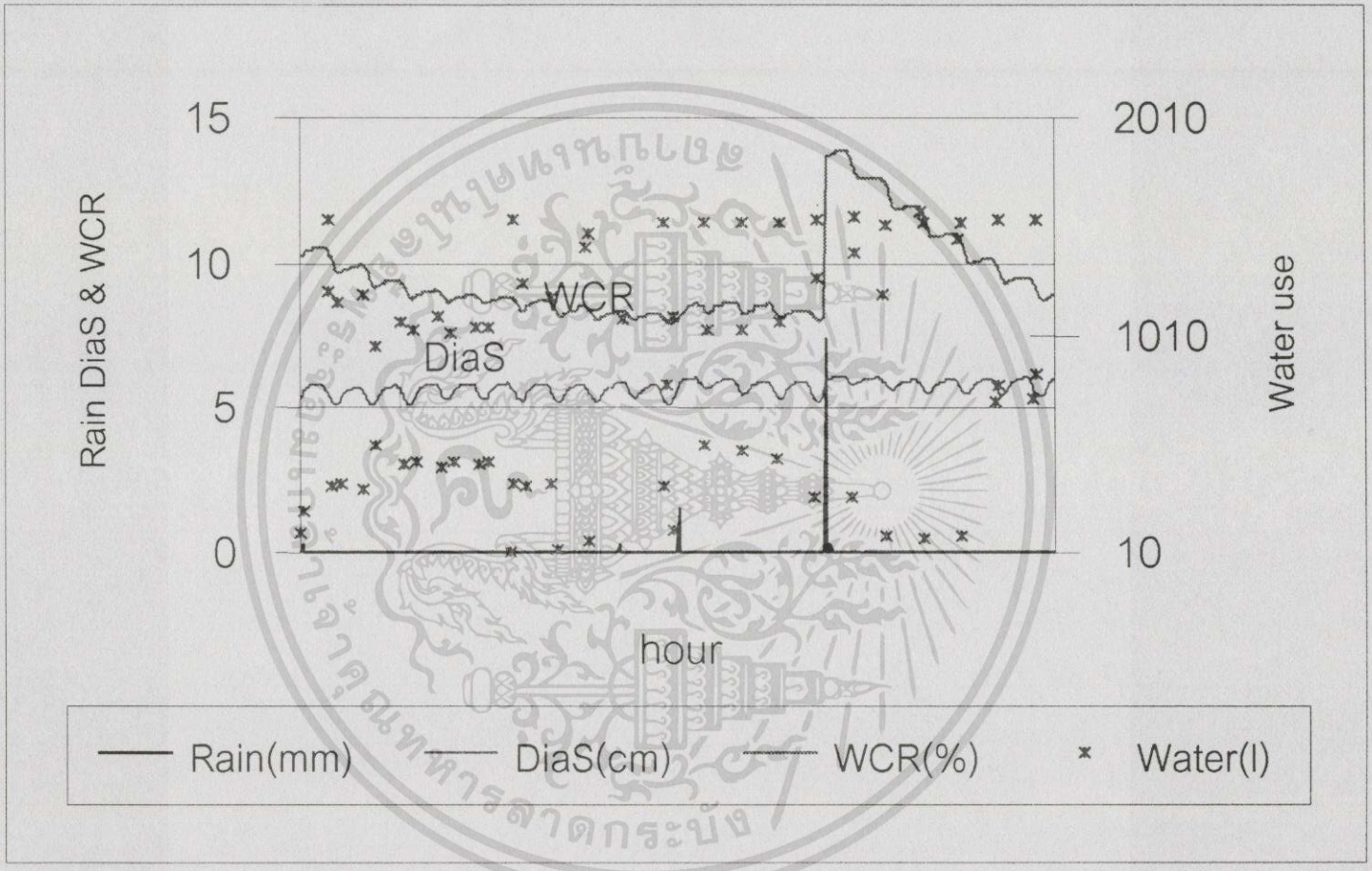
4.5 การใช้ Stem Diameter Sensor วัดการใช้น้ำของทุเรียน

การใช้ Stem Diameter Sensor มีข้อได้เปรียบที่เป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงที่พืชโดยตรง แต่การวัดอาจยุ่งยาก และเป็นการวัดแบบต่อเนื่อง (Goldhamer et al. 1999) งานวิจัยยังมีไม่มาก จากรูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งทุเรียน จะมีค่าเพิ่มขึ้นในเวลากลางคืนและมีค่าลดลงในตอนกลางวัน ซึ่งพบว่าในรอบวันความสูงของกราฟในแต่ละวัน จะไม่เท่ากันขึ้นกับการใช้น้ำของทุเรียน เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นในดิน และปริมาณน้ำฝน ในช่วงที่ไม่มีการให้น้ำ ปริมาณความชื้นในดินต่ำ ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางจะเปลี่ยนแปลงมากในรอบวัน หรือความสูงของกราฟมีค่ามาก แสดงว่าต้นทุเรียนดูดใช้น้ำจากดินค่อนข้างยากในเวลากลางวัน เนื่องจากดินแห้งต้องใช้พลังงานมาก ในทางกลับกัน ถ้าดินมีความชื้นสูงพืชดูดน้ำได้ง่ายใกล้เคียงกับอัตราคายน้ำของพืช ทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางลดลงน้อยกว่าเมื่อดินแห้ง สำหรับช่วงที่มีการให้น้ำ ซึ่งความชื้นในดินมีค่ามาก การเปลี่ยนแปลงของเส้นผ่าศูนย์กลางจะแคบกว่า (รูปที่ 4.9 และ รูปที่ 4.10) โดยเฉพาะในช่วงที่มีฝนสม่ำเสมอ ตามรูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงของเส้นผ่าศูนย์กลางจะน้อยมากจนถึงไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งแสดงว่าอัตราการดูดใช้น้ำของพืชใกล้เคียงกับการคายน้ำ จากการศึกษาของ Goldhamer et al. (1999) ในต้นท้อ (peach) พบว่าปัจจัยที่แสดงค่าการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนเมื่อมีการขาดน้ำ คือ ค่าความชื้นในดิน (maximum daily available soil water content fluctuations) จะเปลี่ยนแปลงชัดเจนที่สุด รองลงมาคือ ค่าการเปลี่ยนแปลงของเส้นผ่าศูนย์กลางต้น (โดยค่า minimum daily trunk diameter ดีกว่าค่า maximum daily trunk shrinkage ดีกว่าค่า maximum daily trunk diameter) ค่าพลังงานน้ำในต้น (stem water potential) ค่าพลังงานน้ำในใบ (leaf water potential) และ ค่าการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ต่างๆ เหล่านี้ในต้นทุเรียนให้มากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงที่มีการงดให้น้ำเพื่อบังคับให้ทุเรียนออกดอก ว่าควรจะงดให้น้ำนานเท่าไรจึงจะเหมาะสม

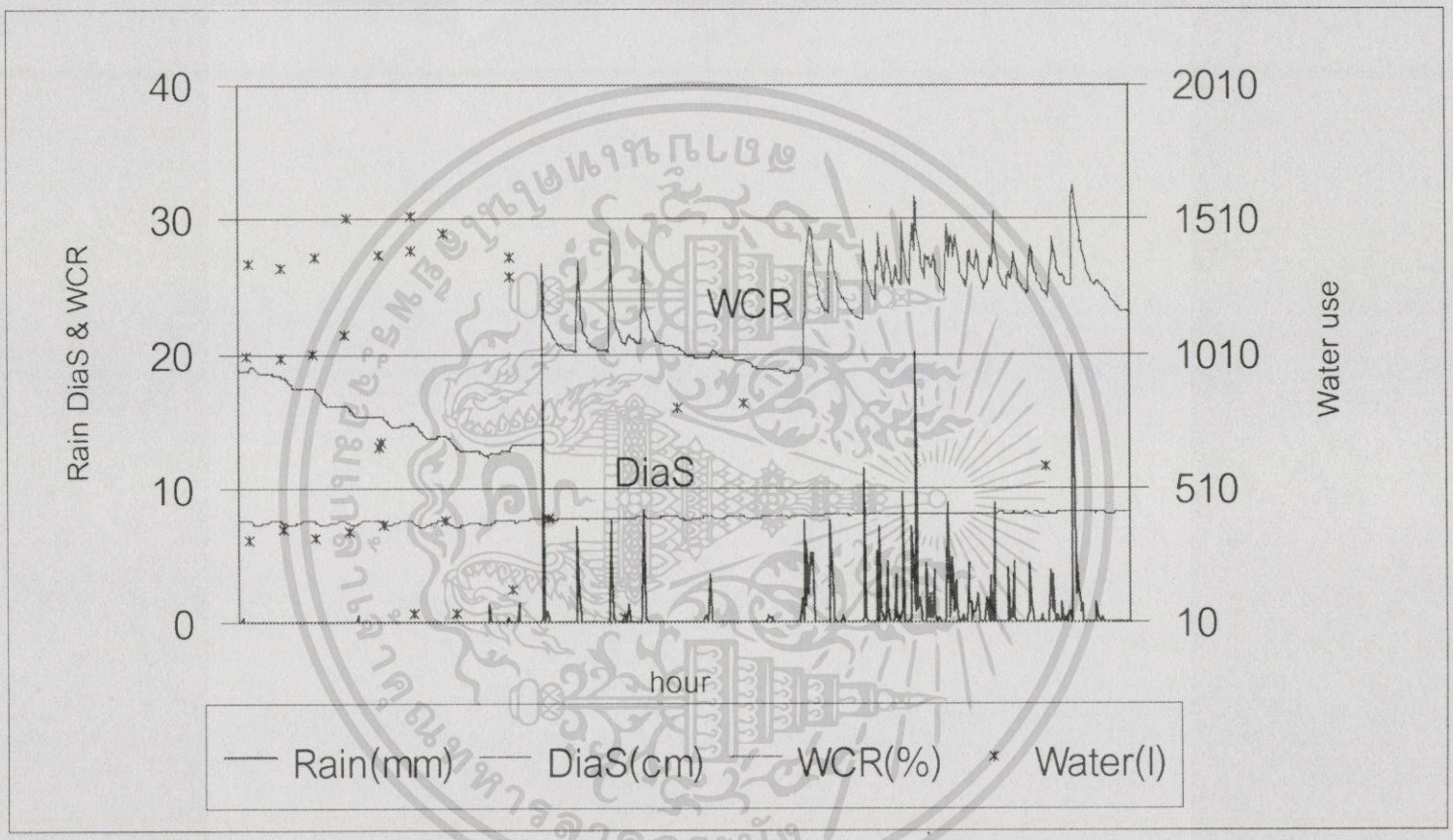
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งทุเรียนเทียบกับปริมาณความชื้นในดินในช่วงที่ไม่มีการให้น้ำและให้น้ำบางช่วง



รูปที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งทุเรียนเทียบกับปริมาณความชื้นในดินในช่วงที่มีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งทุเรียนเทียบกับปริมาณความชื้นในดินในช่วงที่มีการให้น้ำและมีฝนตกสม่ำเสมอ

4.6 การทดลองการให้ปุ๋ยในระบบน้ำสำหรับทุเรียน

เป็นการทดลองเปรียบเทียบการให้ปุ๋ยน้ำอัตราต่างๆ กัน เทียบกับการให้ปุ๋ยทางดิน ซึ่งผลการทดลองมีดังนี้

4.6.1 ปริมาณธาตุอาหารในดิน

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดลองในแต่ละกรรมวิธีพบว่า ดินมี pH เป็นกรด หลังจากหว่านปูนขาวเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดด่าง ทำให้ pH เพิ่มขึ้นในดินบน (0-15 ซม.) ในช่วงปีที่ 1 และ 2 (รูปที่ 4.12) ส่วนในดินล่าง (15-90 ซม.) pH มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเพราะปูนไม่สามารถลงไปทำปฏิกิริยากับดินล่าง ยกเว้นจากการวิเคราะห์ดินในปีที่ 2 ในระดับความลึก 15-30 ซม. pH สูงเล็กน้อยเพราะปูนอาจซึมลงไปได้บ้าง และมีการใช้ปุ๋ย $Ca(NO_3)_2$ ซึ่งละลายได้ดี จึงสามารถซึมลงไปในดินล่างได้ดีกว่าปูนที่ละลายได้ยากกว่า เนื่องจากปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรต และ ยูเรีย เมื่อมีการใช้ปุ๋ยในปริมาณมากขึ้นก็ทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดมากขึ้นด้วย เพราะจะไปลดปริมาณแคลเซียมในดินลง ส่วนการใส่ปุ๋ย $Ca(NO_3)_2$ จะช่วยเพิ่มแคลเซียมในดิน (Lord et al. 1981) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธีทดลองต่างๆ ที่มีการใส่ปุ๋ยในอัตราสูง ปุ๋ยทางดิน 100% และปุ๋ยในระบบน้ำ 70% pH ของดินจะสูงขึ้นไม่มากนัก เนื่องจากผลของปุ๋ยเคมีที่มีแต่ไนโตรเจนมีผลยับยั้งการเพิ่ม pH ของดิน

สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในดิน พบว่ามีการสะสมเพิ่มขึ้นเป็นปริมาณมากตลอด 2 ปี (รูปที่ 4.13) โดยกรรมวิธีที่ 1 (ให้ปุ๋ยทางดิน 100%) ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยมากที่สุด ก็จะมีการสะสมฟอสฟอรัสมากที่สุดด้วย โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 324 ppm ส่วนกรรมวิธีที่ 4 (ให้ปุ๋ยในระบบน้ำ 70%) กรรมวิธีที่ 3 (ให้ปุ๋ยในระบบน้ำ 50%) และ กรรมวิธีที่ 2 (ให้ปุ๋ยในระบบน้ำ 30%) มีการสะสมตามลำดับ คือ 281 197 และ 180 ppm โดยส่วนใหญ่ฟอสฟอรัสจะสะสมอยู่ในชั้นดินบน (0-15 ซม.) และสะสมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 15-30 ซม. ส่วนในช่วง 30-90 ซม. มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากฟอสฟอรัสจะเคลื่อนย้ายน้อยมาก แสดงว่า มีการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสแก่ทุเรียนมากเกินไป และทุเรียนก็มีการใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณน้อย ประมาณ 0.19-0.21% (ตารางที่ 4.11) รวมทั้งการชะละลาย (leaching) ฟอสฟอรัสก็มีปริมาณน้อยเช่นกัน จึงเป็นไปได้ที่จะมีการลดปริมาณการให้ฟอสฟอรัสลงให้เหลือเพียง 30% ของอัตราที่ให้ทางดินหรือน้อยกว่า เนื่องจากดินที่ปลูกพืชส่วนใหญ่ถ้ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า 20 ppm ก็ถือว่าเป็นระดับปริมาณที่สูง (กองสำรวจและจำแนกดิน. 2543) และควรศึกษาอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมสำหรับทุเรียนต่อไป

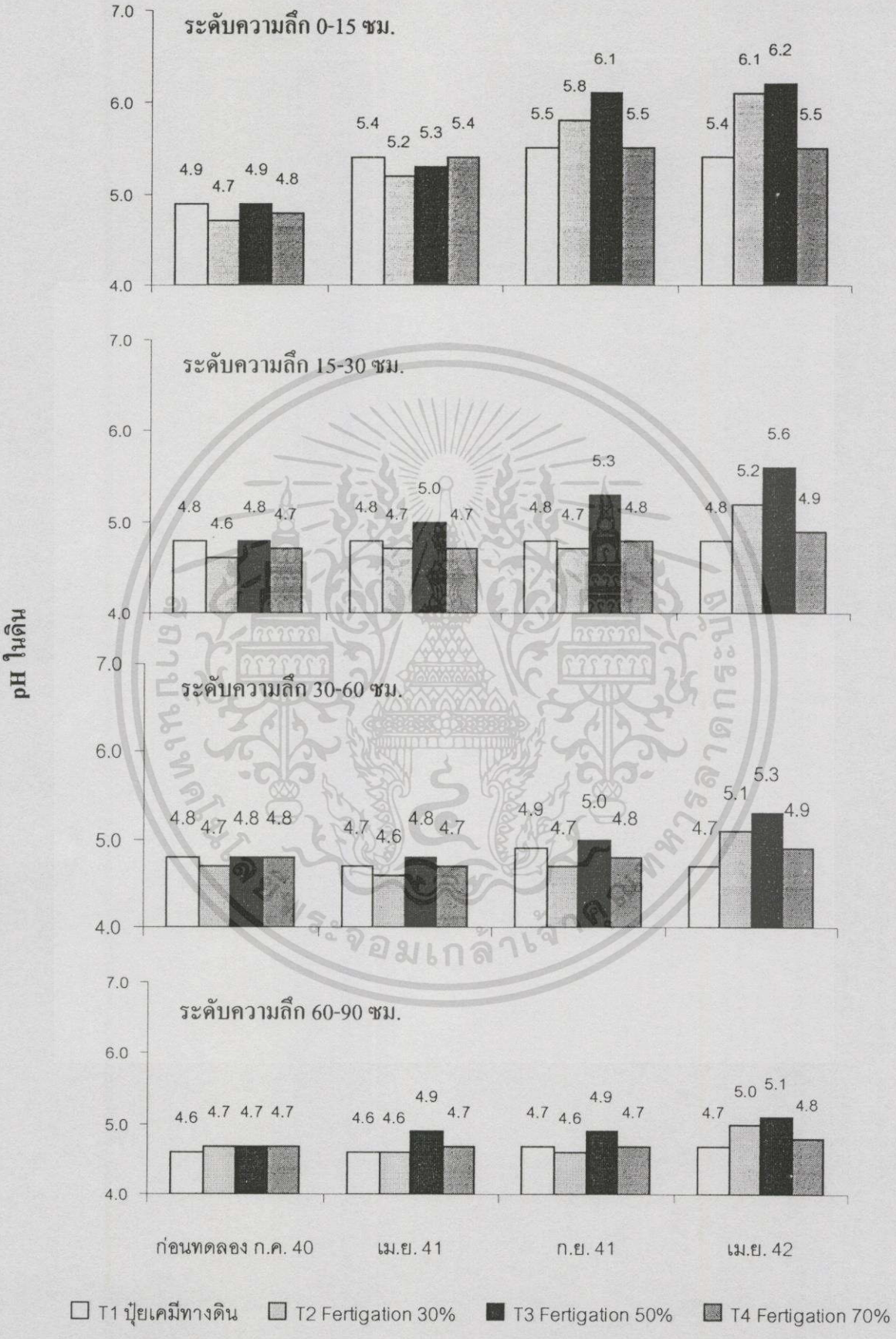
ส่วนการเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียม (รูปที่ 4.14) แสดงว่าดินบนมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ถึงแม้ว่าอัตราการใส่โพแทสเซียมจะต่างกันหรือระยะเวลาใส่ปุ๋ยจะนานขึ้น ยกเว้นในช่วง 10 เดือนแรก ซึ่งค่าวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ดินบนจะสูงกว่าช่วงอื่นๆ เนื่องจากเป็นฤดูแล้งและใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีนั้นมีปริมาณฝนตกน้อย ดังนั้นการชะละลาย จะมีน้อย ส่วนในช่วงอื่นโพแทสเซียมจะมีการสะสมในดินบนไม่มากนัก เนื่องจากโพแทสเซียมสามารถเคลื่อนย้ายลงสู่ดินล่างไปกับฝนและน้ำชลประทานได้ดีกว่าฟอสฟอรัสและเมื่อพิจารณาตามความลึก การใส่ปุ๋ยทางดินจะมีการสะสมโพแทสเซียมในดินล่างมากกว่าการใส่ปุ๋ยทางน้ำ จะเห็นได้ชัดที่ระดับความลึก 15-30 ซม. ที่ 15 เดือนปริมาณโพแทสเซียมที่ให้ปุ๋ยทางดินจะมีถึง 79 ppm ขณะที่การให้ทางน้ำมีสูงสุดที่ 35 ppm และที่ระดับความลึก 30-60 ซม. ที่ 15 เดือนการให้ทางดินก็มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด และที่ระดับความลึก 60-90 ซม. ปริมาณโพแทสเซียมจะไม่แตกต่างกัน จากกราฟนี้แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมมีแนวโน้มที่จะถูกชะละลายลงดินล่างและสูญหายไปจากดินได้มากกว่าฟอสฟอรัสมาก โดยเฉพาะที่ใส่ให้ทางดิน และการชะละลายนี้จะมีสูงมากในช่วงเปลี่ยนจากฤดูแล้ง (10 เดือน คือเดือนเมษายน) เป็นฤดูฝน (15 เดือน คือเดือนกันยายน) เนื่องจากในฤดูแล้งสามารถควบคุมปริมาณการให้น้ำได้อย่างพอเหมาะไม่มีน้ำส่วนเกินที่จะชะปุ๋ยโพแทสเซียมลงสู่ดินล่าง แต่เมื่อเข้าฤดูฝนจะมีการชะละลายปุ๋ยโดยน้ำฝน และการชะละลาย จะมีมากถ้าให้ปุ๋ยทางดิน เนื่องจากการให้ปุ๋ยทางดินจะให้ครั้งละมาก ๆ จึงมีความเข้มข้นสูง การชะละลายก็จะสูงด้วย ส่วนการให้ในระบบน้ำ ความเข้มข้นที่ให้จะต่ำและสม่ำเสมอความเข้มข้นในดินจึงต่ำการชะละลายน้อย และการดูดใช้ของพืชจะสม่ำเสมอและดูดใช้ได้มากกว่าการให้ทางดินจึงมีเหลือตกค้างในดินน้อยกว่า

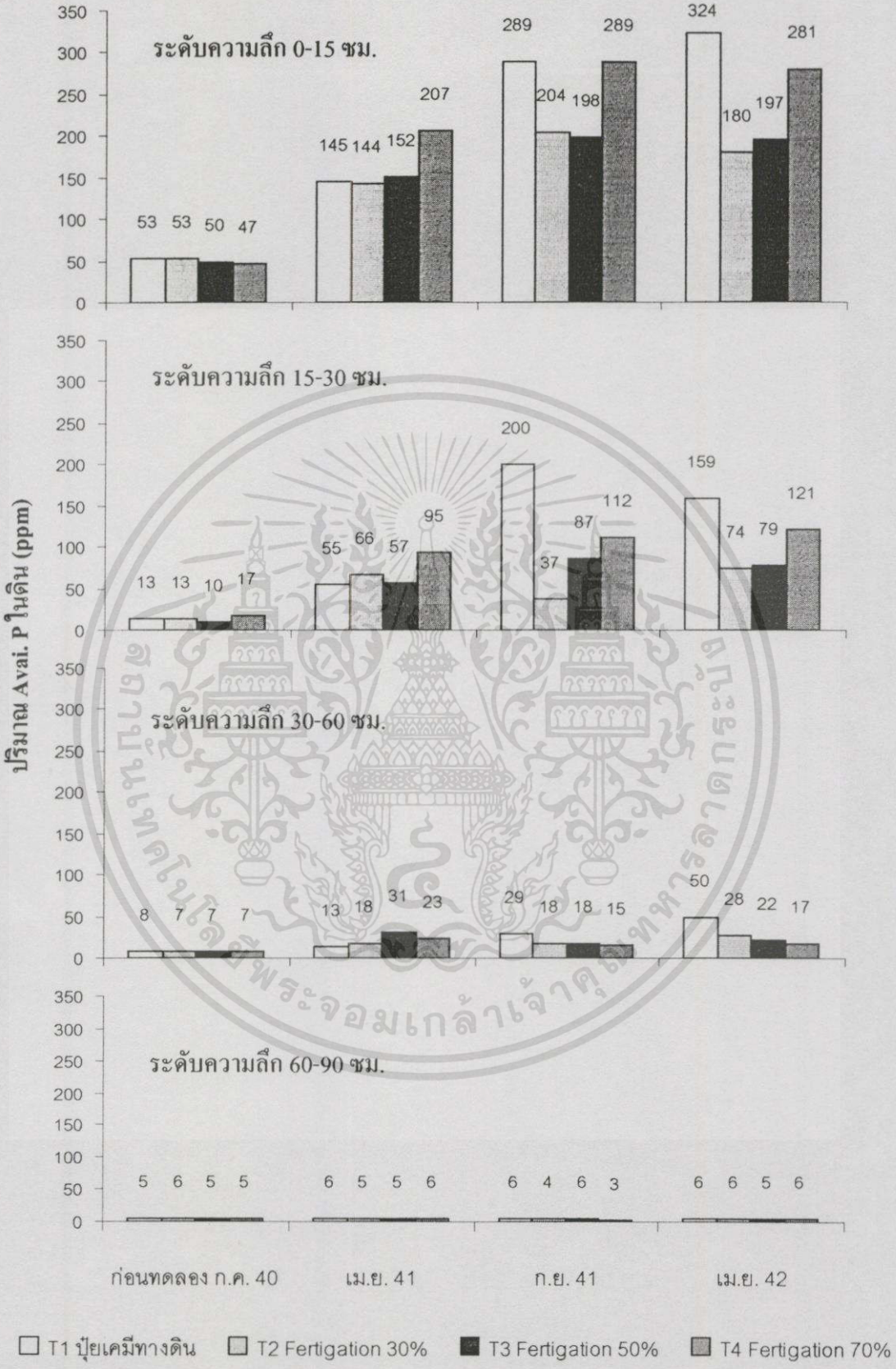
ค่าวิเคราะห์ของแคลเซียมและแมกนีเซียม แสดงในรูปที่ 4.15 และ 4.16 จะมีลักษณะคล้าย ๆ กัน กล่าวคือหลังจากการทดลองปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม จะมีมากกว่าก่อนการทดลองในทุกตำรับการทดลองเนื่องจากการใส่ปูนลงในดินเพื่อปรับ pH ของดิน โดยครั้งแรกเมื่อเริ่มการทดลองมีการใส่ปูน Dolomite อัตรา 2 กก./ต้น ดังนั้นหลังจากเดือนที่ 10 ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม จะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด หลังจากนั้นปริมาณแมกนีเซียม ค่อนข้างจะคงที่จนสิ้นสุดการทดลอง ส่วนแคลเซียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากมีการใส่ปูนขาวเพื่อปรับปรุงดิน และผลของปูนที่ใส่จะมีผลอยู่ที่ผิวดิน (0-15 ซม.) ในดินล่าง (15-90 ซม.) ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลของการใส่ปูนในไม้ผลจะมีผลอยู่บริเวณผิวดินเป็นส่วนใหญ่ การเคลื่อนที่ของแคลเซียมและแมกนีเซียมลงสู่ดินล่างได้ ดังนั้นการใส่ปูนในไม้ผลอาจต้องมีการใส่เป็นประจำทุกปีโดยดูจากค่า pH ของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



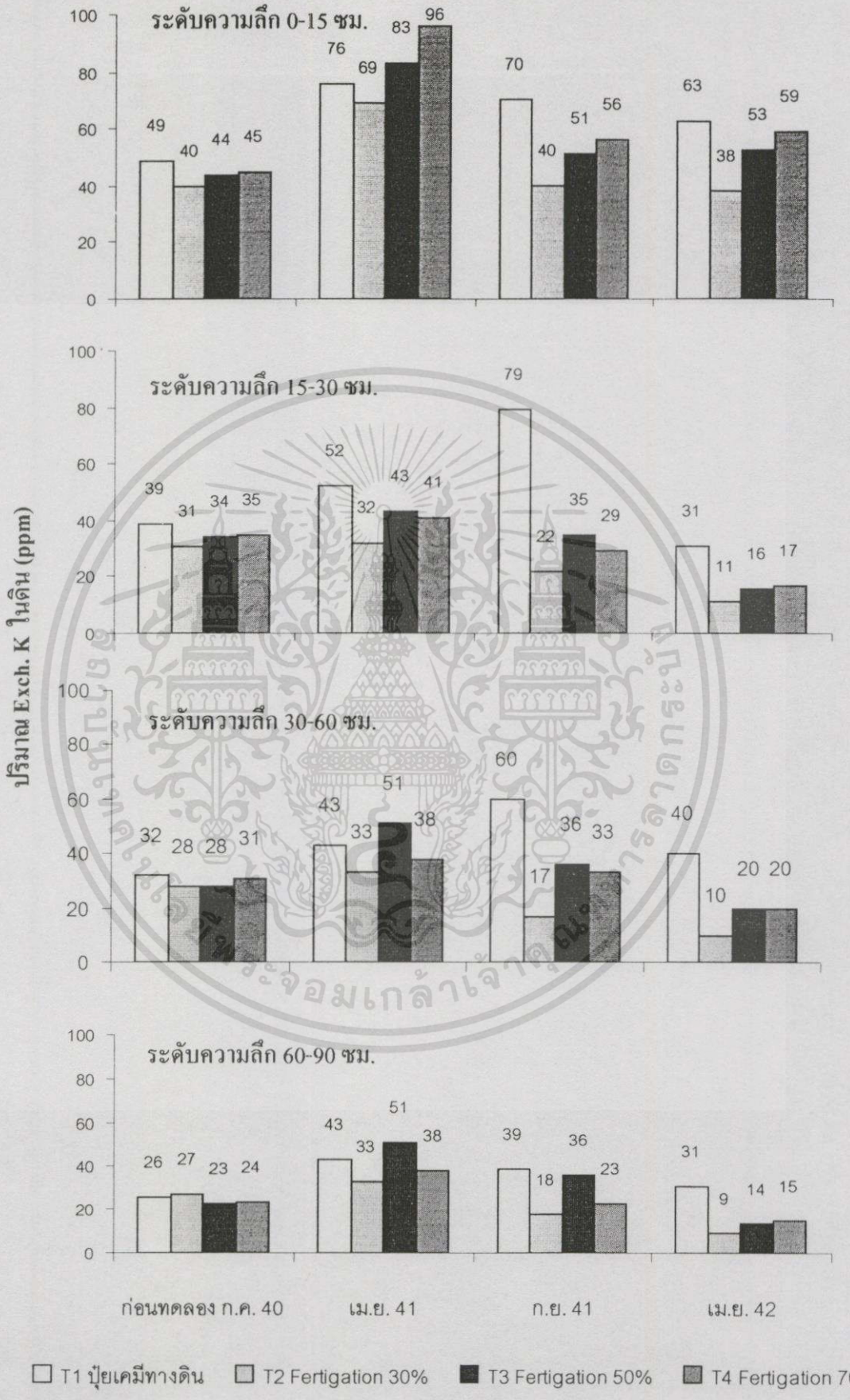
รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบค่า pH ในดินของกรรมวิธีต่างๆในแต่ละระดับความลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



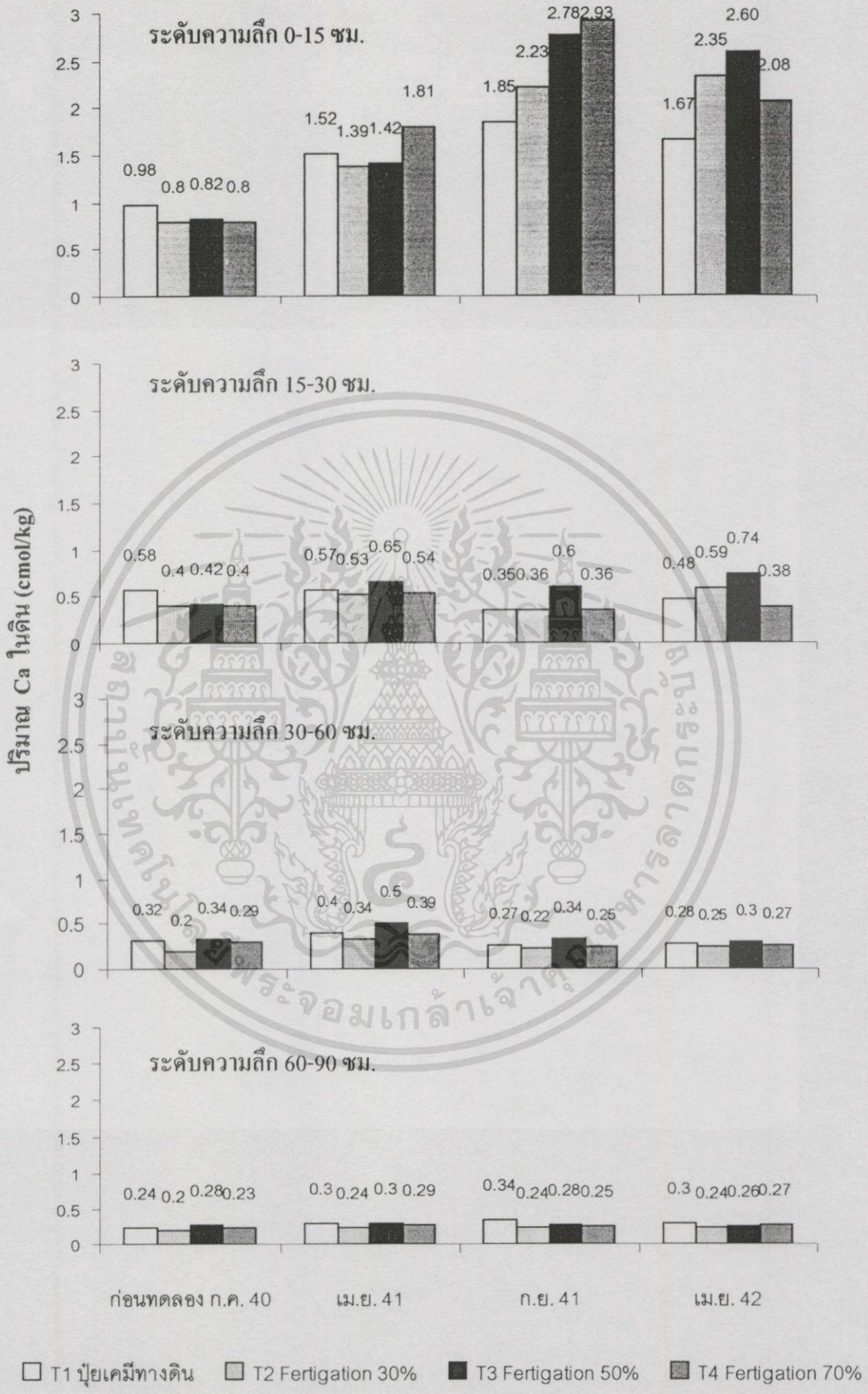
รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบค่า Avai. P ในดินของกรรมวิธีต่างๆในแต่ละระดับความลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



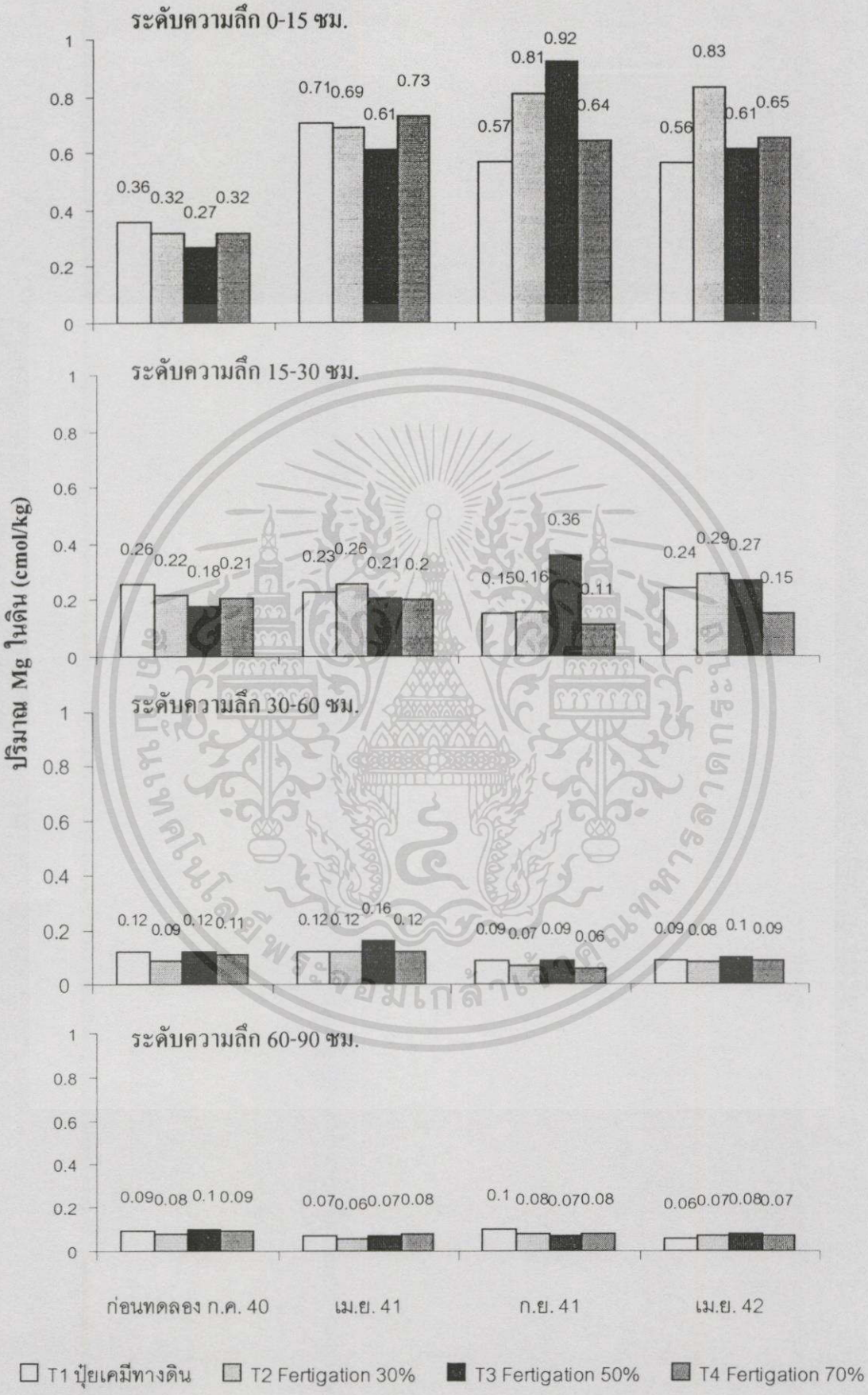
รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า Exch. K ในดินของกรรมวิธีต่างๆในแต่ละระดับความลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบค่า Ca ในดินของกรรมวิธีต่างๆในแต่ละระดับความลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบค่า Mg ในดินของกรรมวิธีต่างๆในแต่ละระดับความลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 การเจริญเติบโตด้านลำต้นและใบ

จากการให้ปุ๋ยเคมีแบบหว่านทางดินและการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 30, 50 และ 70% ของอัตราทางดิน รวม 4 กรรมวิธีทดลองนั้น พบว่าต้นทุเรียนมีการเจริญเติบโตทั่วไปไม่แตกต่างกัน เช่น ความสมบูรณ์ต้น ขนาดทรงพุ่ม ขนาดเส้นรอบวงต้น ดังแสดงในตารางที่ 4.8 4.9 และ 4.10 คาดว่าเป็นเพราะต้นทุเรียนทดลอง มีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว (อายุ 8-9 ปี) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอัตราการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น มักเปลี่ยนแปลงชัดเจนในช่วงการเจริญเติบโต 3-4 ปีแรก หลังจากนั้นมีการเจริญเติบโตค่อนข้างคงที่และอย่างช้าๆ และระยะเวลาในการทดลองเพียง 2 ปี ซึ่งอาจยังไม่แสดงผลให้เห็นอย่างเด่นชัด

ตารางที่ 4.8 ความสมบูรณ์ต้นทุเรียนหมอนทองในการทดลองให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ ในปี 2541-2542

	ความสมบูรณ์ต้นทุเรียน (%)		
กรรมวิธีการทดลอง	ก่อนการทดลอง	การทดลองปีที่ 1	การทดลองปีที่ 2
T_1 = ปุ๋ยเคมีทางดิน	74.38	70.62	76.87
T_2 = 30% ของอัตราทางดิน	71.00	69.37	71.87
T_3 = 50% ของอัตราทางดิน	74.25	71.87	78.75
T_4 = 70% ของอัตราทางดิน	71.88	70.62	80.62
CV. (%)	6.13	5.08	12.12
Statistical significant	NS	NS	NS

ตารางที่ 4.9 ขนาดทรงพุ่มต้นทุเรียนหมอนทองในการทดลองให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ ในปี 2541-2542

	ขนาดทรงพุ่มต้นทุเรียน (ตารางเมตร)		
กรรมวิธีการทดลอง	ก่อนการทดลอง	การทดลองปีที่ 1	การทดลองปีที่ 2
T_1 = ปุ๋ยเคมีทางดิน	75.59	69.25	73.62
T_2 = 30% ของอัตราทางดิน	78.05	71.09	68.55
T_3 = 50% ของอัตราทางดิน	70.12	68.64	63.48
T_4 = 70% ของอัตราทางดิน	74.58	70.57	63.64
CV. (%)	18.12	19.57	18.81
Statistical significant	NS	NS	NS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ขนาดเส้นรอบวงต้นทุเรียนหมอนทองในการทดลองให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ ในปี 2541-2542

กรรมวิธีการทดลอง	ขนาดเส้นรอบวง (ซม.)		
	ก่อนการทดลอง	การทดลองปีที่ 1	การทดลองปีที่ 2
T_1 = ปุ๋ยเคมีทางดิน	72.61	75.55	86.24
T_2 = 30% ของอัตราทางดิน	78.62	81.17	91.50
T_3 = 50% ของอัตราทางดิน	72.59	75.47	84.58
T_4 = 70% ของอัตราทางดิน	73.10	75.62	86.16
CV. (%)	6.02	6.19	6.97
Statistical significant	NS	NS	NS

อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ตัวอย่างใบทุเรียนหลังจากแตกใบอ่อน 45 วัน ในปีที่ 2 พบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นทุเรียนที่ทำการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน กับการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 50% และ 70% ของอัตราทางดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างจากอัตราการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 30% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.11) ในทำนองเดียวกันจากการวัดความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบก็มีความแตกต่างเช่นเดียวกับปริมาณไนโตรเจนในใบ (ตารางที่ 4.11) จากการที่ใบพืชทดลองมีปริมาณความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์มากขึ้นเป็นส่วนสำคัญในการบ่งบอกความสามารถในการสังเคราะห์แสง ประสิทธิภาพการสะสมอาหารของพืชที่มีต่อการส่งเสริมขบวนการภายในต่าง ๆ ของพืชได้ดีมากขึ้นด้วย (Leopold and Kriedemann. 1985) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 30% ของทางดินเป็นอัตราที่ต่ำเกินไป พืชแสดงอาการขาดธาตุอาหารบางตัว โดยเฉพาะไนโตรเจน

ตารางที่ 4.11 ปริมาณ Chlorophyll N P K Ca และ Mg ใบทุเรียนหมอนทองในการทดลองให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ ในปีที่2 (2541-2542)

กรรมวิธีการทดลอง	ใบทุเรียน ช่วงหลังแตกใบอ่อน 45 วัน					
	Chlorophyll	N	P	K	Ca	Mg
	ก./ก. น.น.แห้ง	%	%	%	%	%
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	2.6	12.6	9.6	23.4	12.2
Statistical significant	*	*	NS	NS	NS	NS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในใบพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติทุกกรรมวิธีทดลอง จากตารางที่ 4.11 จะเห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสในใบมีปริมาณน้อยมาก คือประมาณ 10 เท่า เมื่อเทียบกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม แสดงว่าความต้องการปริมาณฟอสฟอรัสในใบทุเรียนมีน้อยมาก เนื่องจากปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ให้ในทุกกรรมวิธีมีอัตราสูง จึงทำให้มีฟอสฟอรัสเหลือตกค้างในดินเป็นจำนวนมาก (รูปที่ 4.13) และฟอสฟอรัสจะสูญเสียจากการชะละลายน้อยมาก

จากการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมในใบมีปริมาณสูงกว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แสดงว่าใบทุเรียนต้องการโพแทสเซียมในปริมาณสูง แต่เนื่องจากมีการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูง จึงทำให้ทุกกรรมวิธีทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.11) และการสูญเสียโพแทสเซียมจากการชะละลายไม่มากนัก ส่วนธาตุอื่นๆ เช่น แคลเซียม และแมกนีเซียม ไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากใช้ปูนขาวและปุ๋ยแคลเซียม แมกนีเซียม เท่าๆ กันในแต่ละกรรมวิธี

4.6.3 การเจริญเติบโตด้านผลผลิต

การออกดอกและการติดผลของทุเรียนมีความสำคัญต่อปริมาณผลผลิตที่ได้รับค่อนข้างมาก และเนื่องจากดอกทุเรียนมีข้อจำกัดในการผสมติด ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การติดผลน้อยกว่าพืชทั่วไป ปริมาณการออกดอกของทุเรียนที่มากขึ้น จึงมีส่วนช่วยให้มีโอกาสได้รับผลผลิตมากขึ้น และเลือกตำแหน่งไว้ผลให้เหมาะสมมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆกัน 4 อัตรา ติดต่อกัน 2 ปี พบว่า ในปีแรกทุเรียนไม่ออกดอก เนื่องจากสภาพอากาศมีอุณหภูมิสูงผิดปกติ ไม่มีความหนาวเย็นเพียงพอ ทำให้ทุเรียนติดดอกออกผลน้อยมาก ทั่วทั้งบริเวณภาคตะวันออก โดยเฉพาะพันธุ์หมอนทอง ทำให้ไม่สามารถเก็บผลผลิตได้ สำหรับในปีที่ 2 ต้นทุเรียนทดลองมีปริมาณดอกต่อต้นแตกต่างกันทางสถิติ โดยต้นทุเรียนที่ได้รับปุ๋ยเคมีอัตราต่ำสุด คือ 30% ของอัตราทางดิน มีปริมาณดอกต่อต้นต่ำสุดด้วย (ตารางที่ 4.12) ในขณะที่ต้นทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีทางดินอัตรา 100% และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำอัตรา 50% และ 70% ของอัตราทางดิน มีปริมาณดอกต่อต้นสูงกว่า ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลผลิตที่ได้ โดยการให้ปุ๋ยทางดิน 100% และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ 30% 50% และ 70%ของอัตราทางดิน จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มที่ การให้ปุ๋ยทางดิน 100% และการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ 50% และ 70%ของอัตราทางดินมีผลผลิตสูงกว่าการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ 30% ของอัตราทางดิน นอกจากนี้มีแนวโน้มที่การเพิ่มอัตราปุ๋ยสูงขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตมากขึ้นด้วย จากตารางที่ 4.12 ยังแสดงให้เห็นว่าต้นทดลองที่ได้รับปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 50% และ 70% ของอัตราทางดิน มีปริมาณดอกต่อต้นไม่แตกต่างจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน ทั้งที่ได้รับปุ๋ยเคมีปริมาณน้อยกว่า เนื่องจากประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำดีกว่า มีส่วนช่วยในการสะสมอาหารได้ดีมากขึ้น โดยเฉพาะทุเรียนเป็นไม้ผลอีกชนิดหนึ่งที่มีการออกดอกที่กิ่งก้านของลำต้น ซึ่งต้องการให้มีการสะสมอาหารข้ามฤดูที่มากเพียงพอต่อการแตกกิ่งและการออกดอกในฤดูถัดมาด้วย (Weinbaum et al. 1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ปริมาณดอกทุเรียน จำนวนผลต่อต้นและปริมาณผลผลิตต่อต้นของทุเรียนจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ ในปีที่ 2 (2541-2542)

กรรมวิธีการทดลอง	จำนวนดอก/ต้น	จำนวนผล/ต้น	ปริมาณผลผลิต (กก./ต้น)
T_1 = ปุ๋ยเคมีทางดิน	8874 b	44.5	171.39
T_2 = 30% ของอัตราทางดิน	5071 a	43.6	168.69
T_3 = 50% ของอัตราทางดิน	9719 b	44.3	173.70
T_4 = 70% ของอัตราทางดิน	9935 b	43.5	181.33
CV. (%)	23.09	23.6	23.4
Statistical significant	*	NS	NS

เนื่องจากทุเรียนมีปริมาณดอกจำนวนมาก ทำให้มีผลเป็นจำนวนมากด้วย แต่การมีผลจำนวนมากไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้ทุเรียนมีผลผลิตสูงและมีคุณภาพตามต้องการ จึงต้องมีการตัดแต่งให้เหลือปริมาณผลต่อต้นที่พอเหมาะ ในกรณีต้นทดลองได้กำหนดให้มีจำนวนผลต่อต้นเฉลี่ย 50 ผล จึงทำให้จำนวนผลต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4.6.4 คุณภาพของทุเรียน

คุณภาพของผลทุเรียนที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งน้ำหนักผล ความหนาเปลือก ความหนาเนื้อ สัดส่วนที่บริโภคได้และสีเนื้อ (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 คุณภาพของทุเรียนหมอนทองจากการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำอัตราต่างๆ ในปีที่ 2 (2541-2542)

กรรมวิธีการทดลอง	น้ำหนักผลเฉลี่ย (กรัม)	ความหนาเปลือก (ซม.)	ความหนาเนื้อ (ซม.)	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	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.5 ผลตอบแทนต่อต้น

สำหรับผลตอบแทนต่อต้นของทุเรียนของกรรมวิธีทดลองต่างๆ (ตารางที่ 4.14) ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ คือ ค่าเครื่องให้ปุ๋ย เฉลี่ยต้นละ 50 บาท และค่าปุ๋ยในระบบน้ำที่แพงกว่าปุ๋ยทางดิน (การทดลองครั้งนี้ใช้แม่ปุ๋ยผสมเองราคา 36.4 บาท/กก.) ส่วนที่ประหยัดได้คือค่าใส่ปุ๋ย ประมาณ 10 บาท/ต้น แต่เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ชนิดปุ๋ยที่ให้ทางน้ำและทางดินเป็นปุ๋ยชนิดเดียวกัน เพื่อลดความแปรปรวนจากปุ๋ยต่างชนิดกัน ทำให้ผลตอบแทนจากการให้ปุ๋ยในระบบน้ำทุกอัตราถูกกว่าการให้ทางดิน เนื่องจากใช้ปุ๋ยในปริมาณที่น้อยกว่า แต่ถ้าคิดราคาปุ๋ยทางดินเท่ากับ 20 บาท/กก. (ตารางที่ 4.14 ข้อที่ 6 และ 7) ทำให้ผลตอบแทนของทุกกรรมวิธีใกล้เคียงกัน

ปัจจัยที่ทำให้ปุ๋ยที่ใช้ในระบบน้ำมีราคาแพงเพราะต้องเป็นปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ง่ายและละลายได้หมด ทั้งต้องนำเข้าจากต่างประเทศ รวมทั้งปริมาณการใช้ทั้งประเทศยังมีน้อย การใช้แม่ปุ๋ยมาผสมใช้เองก็เป็นการลดต้นทุนลงได้ เนื่องจากแม่ปุ๋ยส่วนใหญ่ก็สามารถละลายน้ำได้ง่าย โดยเฉพาะ ไนโตรเจน และ โพแทสเซียม ยกเว้น ฟอสฟอรัส ซึ่งละลายน้ำได้ยาก ฉะนั้นจึงต้องใช้ฟอสฟอรัสชนิดที่ละลายน้ำได้ง่าย ซึ่งมีราคาแพงมาก ประมาณ 60 บาท/กก. ทำให้ต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยในระบบน้ำยังคงแพงกว่าการให้ทางดิน จากการที่ฟอสฟอรัสเป็นปุ๋ยที่ถูกชะละลายจากดินน้อย ทำให้มีการสะสมอยู่ในดินเป็นจำนวนมาก (จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน) ฉะนั้นการลดปริมาณการใช้ฟอสฟอรัสหรือการให้ฟอสฟอรัสทางดินแทนการให้ในระบบน้ำ น่าจะลดต้นทุนค่าปุ๋ยลงได้ ซึ่งน่าจะมีงานทดลองสนับสนุนด้วย

จากผลตอบแทนที่ได้มากกว่าต้นทุนถึง 2-3 เท่าที่ราคาผลผลิต 20 บาท/กก. ปัญหาความแปรปรวนของราคาจะมีผลต่อผลตอบแทนมาก ซึ่งราคาในแต่ละช่วงขายผลผลิตจะแตกต่างกันตั้งแต่ 5-50 บาท/กก. ฉะนั้นราคาผลผลิตที่มากกว่า 10 บาท/กก. ถ้าดูต้นทุนจากตารางที่ 4.14 เกษตรกรก็น่าจะมีกำไร แต่ปัญหามาจากการที่ตามความเป็นจริง เกษตรกรเพิ่มต้นทุนโดยไม่จำเป็นจากการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกินความจำเป็น ฉะนั้นการที่เกษตรกรสามารถใช้ปัจจัยการผลิตที่เหมาะสม ทำให้ลดต้นทุนการผลิตและลดความเสี่ยงจากราคาผลผลิตที่แปรปรวนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลตอบแทนการผลิตทุเรียนหมอนทองที่ทำการให้ปุ๋ยเคมีทางดินและในระบบน้ำ อัตราต่างๆ 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
1.1 ค่าอุปกรณ์				
- 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
-สารป้องกันกำจัดโรคแมลง	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	173.70	181.33
3. รายได้ผลผลิตต่อต้น	3,427.80	3,373.80	3,474.00	3,626.60
4. ผลตอบแทนสุทธิต่อต้น	2,543.86	2,654.00	2,696.28	2,790.48
5. ผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้น(%)	100.00	104.30	106.0	109.70
6. ผลตอบแทนสุทธิต่อต้น*	2,674.46	2,654.00	2,696.28	2,790.48
7. ผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้น (%)*	100.00	99.20	100.80	104.30

หมายเหตุ 1. 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.

* คิดราคาปุ๋ยทางดิน = 20 บาท/กก.

2. ราคาผลผลิตทุเรียนหมอนทองระหว่าง เม.ย. – พ.ค. 2542 = 20 บาท/กก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ที่คำนวณได้โดยวิธี Penman-Monteith ในปี 2541 มีค่า 1,290 มม. โดยค่า ETo ในช่วงฤดูแล้ง อยู่ระหว่าง 4-6 มม./วัน และในช่วงฤดูฝนอยู่ระหว่าง 1-4 มม./วัน มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ย 30 ปี ซึ่งมีค่า 1,606 มม. เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยรวมหลายปี แสดงว่าสภาพภูมิอากาศในแต่ละปีของไทยมีความแปรปรวนมาก

การให้น้ำแก่ทุเรียนปริมาณ 350-490 ลิตร/ต้น/วัน เป็นปริมาณที่มากเกินความต้องการของทุเรียน โดยดูจากการใช้ Tensiometer วัดความชื้นในดินต่อทุเรียนที่ระดับ 15 และ 45 ซม. จะวัดค่าแรงดึงที่ต่ำมาก คืออยู่ในช่วง 0-200 mbars และ เครื่อง Water Content Reflectometer (WCR) วัดความชื้นในดินได้สูง คืออยู่ในช่วง 0.18-0.2 ม.^{3}/ม.^{3} และเมื่อมีการให้น้ำลดลงอยู่ในช่วง 200-300 ลิตร/ต้น/วัน ทำให้ค่า Tensiometer ที่ ระดับ 15 และ 45 ซม. สูงขึ้นเล็กน้อย และลดลงเป็นช่วงๆ ตั้งแต่ 100 ถึง 400 mbarsและค่า WCR ระหว่าง 0.1-0.16 ม.^{3}/ม.^{3} ซึ่งเป็นปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับทุเรียน นอกจากนี้ การใช้ Stem Diameter Sensor วัดการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่าศูนย์กลางของกิ่งทุเรียน ซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นในเวลากลางคืนและลดลงในตอนกลางวัน และมีความสัมพันธ์กับการคายน้ำของพืช โดยสรุปต้นทุเรียนอายุ 8 ปี เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มประมาณ 8 เมตร ในช่วงแล้งมีความต้องการน้ำประมาณ 200-400 ลิตร/ต้น/วัน

การให้ปุ๋ยเคมีแบบหว่านทางดินและการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 30, 50 และ 70% ของอัตราทางดิน เมื่อดูจากค่าวิเคราะห์ดินพบว่าอัตราการให้ปุ๋ยทุกอัตราจะมีผลให้เกิดการสะสมปริมาณฟอสฟอรัส ในดินเป็นปริมาณที่มาก โดยเฉพาะเมื่ออัตราการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสสูงขึ้น การสะสมในดินก็จะสูงขึ้นมากไปด้วย พบมากถึงระดับ 324 ppm และเมื่อดูจากค่าวิเคราะห์ใบทุเรียนระดับฟอสฟอรัสในใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืชและเหลือสะสมอยู่ในดิน ดังนั้นอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นอัตราที่สูงเกินไป เกิดการสูญเสียค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยโดยไม่จำเป็น ควรลดอัตราการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงเหลือเพียงประมาณ 30-50% ของอัตราที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ส่วนในแง่การตอบสนองของพืช พบว่าต้นทุเรียนมีการเจริญเติบโตทั่วไปไม่แตกต่างกัน เช่น ความสมบูรณ์ต้น ขนาดทรงพุ่ม ขนาดเส้นรอบวงต้น ผลผลิต แต่จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนและความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ จากตัวอย่างใบทุเรียนหลังจากแตกใบอ่อน 45 วัน รวมทั้งปริมาณดอก ในปีที่ 2 พบว่าในกรรมวิธีที่ทำการให้ปุ๋ยเคมีทางดิน กับการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 50 และ 70% ของอัตราทางดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะมีปริมาณสูงกว่าการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำอัตรา 30% อย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญทางสถิติ ฉะนั้นการให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่ 50-70% ของอัตราทางดิน จึงน่าจะเหมาะสมสำหรับทุเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2530. **สถิติภูมิอากาศของประเทศไทย ในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2499-2528).** กระทรวงคมนาคม.

กองสำรวจและจำแนกดิน 2541. **การจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

ดิเรก ทองอร่าม. 2529. "ความต้องการน้ำของพืช." หน้า 239-356. ใน ชมรมผู้เผยแพร่ความรู้การเกษตรแห่งประเทศไทย **เกษตรยุคใหม่.** กรุงเทพฯ : ฟันนี่ พับบลิชชิ่ง.

ปัญจพร เลิศรัตน์ และคณะ. 2540ก. "ผลของการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำต่อการเจริญเติบโตพัฒนาการและผลผลิตเงาะ." **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540.** จันทบุรี : ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

ปัญจพร เลิศรัตน์ และคณะ. 2540ข. "ผลของการให้ปุ๋ยเคมีในระบบน้ำต่อการเจริญเติบโตพัฒนาการและผลผลิตมังคุด." **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2540.** จันทบุรี : ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

วันทนีย์ ชุมจิตต์ และคณะ. 2536. "การเพิ่มผลผลิตและการปรับปรุงคุณภาพของเงาะโดยการจัดการที่มีผลกระทบต่อ Source-Sink Relationship." ใน **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2536** จันทบุรี : ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน.** กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วุฒิชาติ สิริช่วยชู. 2542. **ชุดดินที่จัดตั้งในภาคใต้และพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย จำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดิน 1998** กรุงเทพฯ กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

ศิริชัย กิตยารักษ์ และคณะ. 2523. **รายงานสำรวจดินจังหวัดจันทบุรี** กรุงเทพฯ กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก และ ปัญจพร เลิศรัตน์. 2538. "การจัดการน้ำสำหรับไม้ผล." หน้า 160-171. ใน **การฟื้นฟูและอนุรักษ์ดินเพื่อการเกษตร.** กรุงเทพฯ : กองแผนงาน กรมพัฒนาที่ดิน.

สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก. 2535. "ความแห้งแล้ง." ใน **ความแห้งแล้งภัยธรรมชาติของชาวสวนภาคตะวันออก.** จันทบุรี : ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2533. "การใช้วัสดุดินเผาภายในประเทศเพื่อประกอบเครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ Tensiometer." หน้า 47-55. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2539. "ผลการควบคุมความเครียดของน้ำในดิน โดยระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบ Tensiometer ต่อการเจริญเติบโตของเยอบีร่า." หน้า 147-154. ใน **รายงานการประชุมทางวิชาการด้านไม้ดอกไม้-ประดับครั้งที่ 2.** เชียงใหม่ : สภาวิจัยแห่งชาติ.

Adam, L.R. and M.K. Pritchard. 1994. "A Low-cost Microcomputer System for Controlling Relative Humidity in Horticultural Storages." **HortTechnology.** 4(1): 51-54.

Al Amoud, A.I. and F. S. Mohammad. 1995. "Automatic Irrigation Scheduling by Remote Controlled Tensiometers under Arid Climatic Conditions." **International Agricultural Engineering Journal.** 4(3) : 131-145.

Allen, R.G. et al. 1989. "Operational Estimates of Reference Evapotranspiration." **Agronomy Journal.** 81 : 650-662.

Arnon, D. I. 1949. "Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts Polyphenoloxidase in Beta Vulgaris." **Plant Physiology.** 24(1) : 1-15.

Assaf, R. et al. 1982. "Apple fruit growth as a measure of irrgation control." **HortScience.** 17 : 59-61.

Azooz, R.H. and M.A. Arshad. 1994. "Laboratory Calibration of Pressure Transducer-tensiometer System for Hydraulic Studies." **Canadian-Journal-of-Soil-Science.** 74 (3) : 315-319.

Buerkert, B. et al. 1995. "Time Course of Nitrogen in Soil Solution and Nitrogen Uptake in Maize Plants as Affected by Form and Application Time of Fertilizer Nitrogen." **Journal of Agronomy and Crop Science.** 174(5) : 325-336.

Campbell, G.S. and R.Y. Anderson. 1998. "Evaluation of Simple Transmission Line Oscillators for Soil Moisture Measurement." **Computers and Electronics in Agriculture.** 20(1) : 31.

Campbell Scientific, Inc. 1996. **CS615 Water Content Reflectometer Instruction Manual. Version 8221-07.** Logan UT USA.

Chovelon, M. and A. Brieugne. 1995. "Irrigation of Table Grapes : an Automatic Tensiometric Channel." **Arboriculture-Fruitiere.** 484 : 22-25.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Clark, G.A. et al. 1994. "Tensiometer Control vs. Tomato Crop Coefficients for Irrigation Scheduling." **Paper American Society of Agricultural Engineers.** No. 942118, 8 pp.

Cointepas, J.P. and J. Lopez-Galvez. 1993. "Drip Irrigation in Loire Valley Orchards (France): Advantages and Limits." **Acta-Horticulturae.** 335 : 449-454.

Cuenca, R.H. 1989. **Irrigation System Design : an Engineering Approach.** New Jersey : Prentice-Hall.

Dasberg, S. et al. 1988. "Fertigation versus Broadcasting in an Orange Grove." **Fertilizer Research.** 15 : 147-154.

Earl, R. 1996. "Prediction of Trafficability and Workability Using Tensiometers." **Journal of Agricultural Engineering-Research.** 63(1) : 27-34.

Eyk , J.H. Van. 1994. "The Effect of Different Sprinkling Regimes on Yield and Fruit Size in Hass Avocado." **Preliminary results. Yearbook South African Avocado Growers' Association.** 17 : 88-90.

Faber, B. et. al. 1993. "Portable Soil Moisture Meters." **HortTechnology.** 3(2) : 195-199.

Fares, A. and R.S. Mansell. 1996. "A Potential Evapotranspiration Prediction Submodel for Multidimensional Water Flow in Soils." **Soil and Crop Science Society of Florida Proceeding.** 55 :36-45.

Gikonyo, J.K. and E.K. Biamah. 1995. "Influence of Drip Factors on Soil Moisture of a Fluvisol, in Kapsengere, Kenya." **Discovery-and-Innovation.** 7(3) : 289-298.

Goldhamer, D.A. et al. 1999. "Sensitivity of continuous and discrete plant and soil water status monitoring in peach trees subjected to deficit irrigation". **Journal of the American Society for Horticultural Science.** 124(4) : 437-444.

Graaf, R.D. and J.V.D. Ende. 1981. "Transpiration and Evapotranspiration of the Greenhouse Crops." **Acta Horticulturae.** 119 : 147-158.

Grattan, S.R. et. al. 1998. "New Crop Coefficients Estimate Water Use of Vegetables, Row Crops." **Califonia Agricuture.** 52(1) : 16-21.

Greenwood, K.L. and H. Daniel. 1996. "A Double-puncture Technique for Improving the Accuracy of Puncture Tensiometer Measurements." **Australian Journal of Soil Research.** 34(1) : 153-159.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gutie'rrez, M.V. and F.C. Meinzer. 1994. "Estimating Water Use and Irrigation Requirements of Coffee in Hawaii." **Journal of the American Society for Horticultural Science.** 119(3) : 652-657.

Haman, D.Z. et. al. 1997. "Evapotranspiration and Crop Coefficients for Young Blueberries in Florida." **Applied Engineering in Agriculture**. 13(2) : 209-216.

Haynes, R.J. 1985. "Principle of Fertilizer Use for Trickle Irrigated Crops." **Fertilizer Research.** 6 : 235-355.

Hubbell, J.M. and J.B. Sisson. 1996. "Portable Tensiometer Use in Deep Boreholes." **Soil Science.** 161(6) : 376-381.

Huck, M.G. and B. Klepper. 1976. "Water relation of cotton. II. Continuous estimates of plant water potential from stem diameter measurements." **Agronomy Journal.** 69 : 593-597.

Huguet, J.G. et. al. 1990. "The Use of Micromorphometry of Fruit Trees for Monitoring the Water Status and Control of Irrigation." **Fruit Belge.** 58(431) : 186-198.

Kalmar, D. and E. Lahav. 1977. "Water requirement of avocado in Israel. I. Tree and soil parameters." **Australian Journal of Agricultural Research.** 28:859-868.

Klein, I. 1983. "Drip Irrigation Based on Soil Matric Potential Conserves Water in Peach and Grape." **HortScience**. 18(6) : 942-944.

Klepper, B. et al. 1971. "Stem diameter in relation to plant water status." **Plant Physiology.** 48 : 683-685.

Kruger, E. 1993. "Raspberries Respond Well to Additional Water." **Gartenbau-Magazin.** 2 (11) : 50-51.

Layne, R.E.C. et. al. 1996. "Irrigation and Fertilizer Application Methods Affect Performance of High Density Peach Orchards." **HortScience**. 31(3) : 370-375.

Ledore, F. and B. Itier. 1994. "Yield Results with Direct Application of Water Stress Criteria in Irrigation Scheduling." 35-46p. in **17th ICID European Regional Conference on Irrigation and Drainage**. Varna, Bulgaria.

Leopold, A.C. and P.E. Kriedemann. 1985. **Plant Growth and Development.** 2nd Ed. UPM : MacGraw & Hill (Terjemahan).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Liu, J.C. et. al. 1995. "Effect of Soil Water Potential on Stem Radius Changes in Norway Spruce (*Picea abies*)." **Zeitschrift-fur-Pflanzenernahrung-und-Bodenkunde.** 158 (3) : 231-234.

Locasio, S.J. and A.G. Smajstrla. 1996. Water Application Scheduling by Pan Evaporation for Drip Irrigation Tomato." **Journal of the American Society for Horticultural Science.** 121(1) : 63-68.

Lord, W. J. et. al. 1981. "Soil, tree, and fruit responses to lime and to type and timing of nitrogenous fertilizer applications under 'Sturdeespur Delicious' apple trees." **Journal of the American Society for Horticultural Science.** 106(5) : 616-619.

Naor, A. et. al. 1995. "Stem water potential and apple size." **Journal of the American Society for Horticultural Science.** 120(4) : 577-582.

Navar, J. et. al. 1994. "Pressure Transducer and Mercury Water Manometer Measurements of Forest Soil Water Potential." **Applied Engineering in Agriculture.** 10(5) : 693-697.

Neilsen, G.H. et. al. 1993. "Growth and mineral composition of newly planted apple trees following fertigation with N and P." **Journal of the American Society for Horticultural Science.** 118(5) : 50-53.

Norrie, J. et. al. 1994. "Improvements in Automatic Irrigation of Peat Grown Greenhouse Tomatoes." **HortTechnology.** 4(2) : 154-159.

Nuntagij, I. 1988. "Effet D'unstress Hydrique Modere sur la Production et la Qualite de la Tomate de Serre." **In 7th Colloquium A.I.O.N.P.** Arslev Danemark.

Oki, L.R. et. al. 1995. **Reduction of Run-off in Greenhouse Cut Flower Crops Through Automated Irrigation Based on Soil Moisture Tension.** [Online]. Available : http://envhort.ucdavis.edu/jhl/tens/ccfc95.htm

Papadopoulos, I. and G. Eliades. 1987. "A Fertigation System for Experimental Purposes." **Plant and Soil.** 102 : 141-143.

Papadopoulos, I. 1986. "Nitrogen Fertigation of Greenhouse-grown Cucumber." **Plant and Soil.** 93 : 87-93.

Parchomchuk, P. et. al. 1997. "Practical Use of Time Domain Reflectrometry for Monitoring Soil Water Content in Microirrigated Orchards." **HortTechnology.** 7(1) : 17-22.

Pier, J.W. and T.A. Doerge. 1995. "Nitrogen and Water Interactions in Trickle-irrigated Watermelon." **Soil Science Society of America Journal.** 59(1) : 145-150.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Plessis, S.F. du. 1994. "Comparison of Evaporation Pan and Tensiometers as Methods of Irrigation Scheduling of Citrus." **Citrus Journal.** 4(4) : 24-25.

Pszczolkowski, T.P. 1995. "Effects and Visual Symptoms Associated with Root Asphyxia in cv. Sauvignon Grapes: A Professional Case and Proposed Management." **Revista Fruticola.** 16(1) : 11-15.

Revol, P. et. al. 1995. "Orchard Irrigation. Drip Irrigation in Question?" **Arboriculture Fruitiere.** 481 : 22-25.

Schwab, G. O. et. al. 1996. **Soil and Water Management System.** 4th edition. New York : John Wiley and Sons.

Selles van S.G. and A. Berger. 1994. "Relationship between Daily Fruit and Trunk Growth of Peach Trees and Irrigation Scheduling." **Agricultura Tecnica Santiago.** 54(3) : 252-258.

Smajstrla, A.G. and S.J. Locasio. 1994. "Irrigation Cutback Effects on Drip Irrigated Tomato Yields." 113-118. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society.** USA : Orlando Florida.

Smith, M. et. al. 1992. **Report on the Expert Consultation on Revision of FAO Metodologies for Crop Water Requirements.** Rome : FAO.

Soil Survey Staff. 1975. **Soil Taxonomy : A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys.** Washington, D.C. USDA.

Soil Survey Staff. 1998. **Key to Soil Taxonomy.** 8th Washington, D.C. USDA.

Spier, J. M. 1996. "Established 'Tifblue' rabbiteye Blueberries Respond to Irrigation and Fertilization." **HortScience.** 31(7) : 1167-1168.

Steduto, P. 1999. "Crop Water Requirements." in **Imphos Regional Workshop Plant Nutrient Management under Pressurized Irrigation Systems in the Mediterranean Region.** Jordan : Amman.

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. et. al. 1980. "Electromagnetic Determination of Soil Water Content : Measurement in Coxial Transmission Lines." **Water Resource. Research.** 16 : 574-582.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Veken, L. V. D. et. al. 1982. "Optimization of the Water Application in Greenhouse Tomatoes by Introducing a Tensiometer-controlled Drip Irrigation System." **Scientia Horticulturae.** 18 : 9-23.

Weinbaum, S. A. et. al. 1984. "Effects of Time of Nitrogen Application and Soil Texture on the Availability of Isotopocally Labeled 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.** 335 : 491-496.

Worley, R.E. et. al. 1995. "A Long Term Comparison of Broadcast Application versus Drip Fertigation of Nitrogen for Mature Pecan Trees." **HortTechnology.** 5(1) : 43-47.

Yingjajaval, S. 1993. **A Catalogue of Water Retention Function of Major Soil Series of Thailand.** Kamphaeng Saen : Department of Soil Science. Kasetsart University.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ลักษณะและค่าวิเคราะห์ดินของชุดดินทุ่งหว้า (Tg : Thung Wa Series)

Classification	Coarse-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Typic Paleudults (Soil Survey Staff, 1998)		
Location	Tambon Wang Sapparot Amphoe Klung Changwat Chanthaburi		
Coordinate	Latitude 12° 29' N Longitude 102° 19' E		
Parent material	Transported material of granite	Physiography	Foothill slopes
Topography	Undulating to gently rolling		
Slope	2-8 %	Elevation	5 m. (MSL)
Drainage	Well drained	Permeability	moderate to rapid
Runoff	Rapid	Vegetation	Durian orchard
Described by	Surin Waijaroen		

Horizon	Depth(cm.)	Description
Ap	0-20	Very dark grayish brown (10YR 3/2) coarse sandy loam; weak fine to medium subangular blocky structure; loose to soft, non sticky, non plastic; many fine roots, common medium roots; strongly acid (pH 5.5); clear, smooth boundary.
Bw	20-55	Light yellowish brown (10YR 6/4) coarse sandy loam; weak fine to medium subangular blocky structure; loose to soft, non sticky, non plastic; discontinuous patchy thin cutan on ped faces; common medium and coarse roots; very strongly acid (pH 4.5); gradual, smooth boundary.
Bt1	55-100	Brownish yellow (10YR 6/6-6/8) coarse sandy loam; weak medium and coarse subangular blocky structure; very friable, non sticky, non plastic; discontinuous patchy thin cutan on ped faces; few medium and coarse roots; very strongly acid (pH 4.5); gradual, smooth boundary.
Bt2	100-140	Brownish yellow (10YR 6/6) coarse sandy loam; common medium distinct mottles of pale brown (10YR 6/3); weak medium and coarse subangular blocky structure; very friable, slightly sticky, non plastic; discontinuous patchy thin cutan on ped faces; very strongly acid (pH 4.5).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANALYSIS RESULTS

(oven dry basis)

Soil series: Thung Wa series (Tg)

DEPTH (cm)	HORIZON	PARTICLE SIZE ANALYSIS (PERCENTAGES)								Texture		pH		Fe_2O_3 %	P,mg/kg (BRAY	K,mg/kg NH_4OAc
		USDA GRADING			SAND-FRACTION GRADING					lab	field	1:1	1:1			
		sand	silt	clay	VC	C	M	F	VF	result	estim^{n}	water	KCl	DC	NO. 2)	
0-20	Ap	76.9	14.3	8.8	4.6	24.2	20.1	18.5	9.5	SL	SL	5.6	5.4	-	323.8	-
20-55	Bw	77.6	12.3	10.1	9.8	27.9	23.3	13.6	3.0	SL	SL	4.5	4.0	-	136.2	-
55-100	Bt1	72.9	14.0	13.1	6.3	20.0	17.8	19.6	9.2	SL	SL	4.6	3.9	-	2.0	-
100-140	Bt2	68.1	12.2	19.7	10.9	20.6	12.1	14.8	9.7	SL	SL	4.4	3.8	-	1.5	-

DEPTH (cm)	HORIZON	C %	N %	EXCHANGE CAPACITY AND CATION (c mole(+)/kg)									BASE SATUR^{N} %		ECEC	Al
				Ca	Mg	K	Na	SUM cations (B)	EXTR ACID (A)	SUM (B+A)	CEC NH_4OAc (C)	CEC 100g CLAY	B/C*100	(B*100)/ (B+A)	cmole(+)/kg	KCl extr.
															(B+D)	(D)
0-20	Ap	1.04	0.06	2.6	1.7	0.1	0.2	4.6	3.8	8.4	4.5	51	102	55	4.6	0.00
20-55	Bw	0.26	0.03	0.4	0.1	0.1	0.2	0.8	3.7	4.5	2.3	23	35	18	1.9	1.07
55-100	Bt1	0.15	0.01	0.4	0.1	0.1	0.2	0.8	2.4	3.2	1.9	15	42	25	1.7	0.87
100-140	Bt2	0.08	0.01	0.4	0.1	0.1	0.2	0.8	2.8	3.6	2.7	14	30	22	2.2	1.42

Analyzed by Division of Soil Analysis

ภาคผนวก ข

แสดงข้อมูลภูมิอากาศและค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ปี พ.ศ. 2541

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Jan-98	25.50	75.90	243.34	5.37	0.00	4.71	5.24
2-Jan-98	25.50	75.90	225.42	5.90	0.00	4.49	4.96
3-Jan-98	25.61	76.20	236.17	6.69	0.00	4.77	5.20
4-Jan-98	26.38	73.60	206.37	6.29	0.00	4.31	4.75
5-Jan-98	27.11	74.40	217.69	5.37	0.00	4.45	4.96
6-Jan-98	26.58	77.10	245.03	7.87	0.00	5.27	5.65
7-Jan-98	26.33	78.40	235.82	4.97	0.00	4.65	5.18
8-Jan-98	26.50	82.70	224.44	6.03	0.00	4.48	4.90
9-Jan-98	26.08	85.80	194.84	6.56	0.00	3.95	4.30
10-Jan-98	26.05	86.70	227.11	6.56	0.00	4.44	4.83
11-Jan-98	26.09	86.10	210.31	5.50	0.00	4.08	4.49
12-Jan-98	26.15	86.40	219.23	6.03	0.00	4.28	4.67
13-Jan-98	28.17	79.10	190.77	7.08	4.57	4.11	4.44
14-Jan-98	26.55	82.60	137.56	5.37	4.57	3.13	3.48
15-Jan-98	26.20	84.10	238.42	7.87	0.51	4.88	5.24
16-Jan-98	25.89	83.90	261.97	7.08	3.05	5.16	5.59
17-Jan-98	25.06	97.90	264.22	6.82	0.00	4.78	5.17
18-Jan-98	25.79	97.80	256.00	5.24	0.00	4.57	4.94
19-Jan-98	26.28	98.00	208.06	4.97	0.00	3.79	4.10
20-Jan-98	27.09	98.20	210.03	5.11	0.00	3.90	4.20
21-Jan-98	26.79	98.80	200.82	5.50	0.00	3.80	4.10
22-Jan-98	26.55	99.30	196.11	6.29	0.00	3.67	3.95
23-Jan-98	26.67	99.20	232.17	5.37	0.00	4.31	4.65
24-Jan-98	26.87	99.70	185.28	5.11	0.00	3.45	3.71
25-Jan-98	27.21	99.60	223.66	6.16	0.00	4.20	4.52
26-Jan-98	27.13	99.10	231.25	5.50	0.00	4.38	4.72
27-Jan-98	27.30	99.70	235.61	3.26	0.00	4.45	4.79
28-Jan-98	28.10	91.10	235.61	2.01	0.25	4.47	4.95
29-Jan-98	28.64	74.60	244.47	3.45	0.00	4.89	5.57
30-Jan-98	27.77	76.80	241.31	2.36	0.00	4.71	5.43
31-Jan-98	28.45	86.00	210.31	1.70	0.00	4.02	4.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Feb-98	28.54	90.90	183.11	2.17	0.00	3.62	4.03
2-Feb-98	28.83	90.80	174.39	2.41	0.00	3.47	3.87
3-Feb-98	28.59	89.40	191.05	2.46	0.00	3.83	4.28
4-Feb-98	28.39	91.00	226.19	2.56	0.00	4.48	4.94
5-Feb-98	28.60	90.70	217.90	2.69	0.00	4.31	4.76
6-Feb-98	27.45	95.10	144.02	1.79	0.25	2.88	3.18
7-Feb-98	28.91	91.00	217.69	2.44	1.52	4.19	4.63
8-Feb-98	32.14	98.10	181.56	2.04	0.00	3.61	3.87
9-Feb-98	28.59	92.50	218.39	2.66	0.00	4.73	5.18
10-Feb-98	28.70	93.20	214.67	2.59	0.00	4.26	4.67
11-Feb-98	28.36	93.80	217.55	2.49	7.87	4.31	4.72
12-Feb-98	27.87	96.30	211.15	2.52	0.00	4.13	4.49
13-Feb-98	28.89	93.10	233.29	2.50	0.00	4.54	4.97
14-Feb-98	28.64	93.00	263.31	2.89	0.00	5.24	5.72
15-Feb-98	28.57	94.30	255.57	2.95	0.00	5.06	5.50
16-Feb-98	28.68	94.70	227.32	2.94	0.00	4.50	4.90
17-Feb-98	29.14	93.10	264.29	2.63	0.00	5.25	5.72
18-Feb-98	28.86	94.20	260.85	3.03	0.00	5.23	5.68
19-Feb-98	28.89	94.40	263.73	2.80	0.00	5.25	5.70
20-Feb-98	29.22	92.40	272.23	2.73	0.00	5.43	5.93
21-Feb-98	29.17	92.80	239.41	2.76	0.00	4.82	5.27
22-Feb-98	28.84	95.10	229.78	3.12	0.00	4.62	5.01
23-Feb-98	29.95	94.30	229.64	2.89	0.00	4.61	5.01
24-Feb-98	30.06	95.00	240.81	3.26	0.00	4.97	5.38
25-Feb-98	28.99	92.30	141.70	1.45	1.02	2.94	3.29
26-Feb-98	29.94	89.83	250.18	2.91	0.00	5.04	5.54
27-Feb-98	30.55	89.40	259.79	3.14	0.00	5.38	5.90
28-Feb-98	30.06	91.40	208.41	2.54	0.00	4.35	4.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Mar-98	29.58	89.80	208.20	2.21	0.00	4.27	4.74
2-Mar-98	28.38	93.40	127.15	0.94	0.00	2.60	2.92
3-Mar-98	29.18	90.60	205.60	2.37	0.00	4.03	4.47
4-Mar-98	29.19	90.80	193.51	2.17	0.00	3.87	4.30
5-Mar-98	29.51	90.70	222.54	2.55	0.00	4.47	4.93
6-Mar-98	29.54	89.80	249.74	2.80	0.00	5.05	5.56
7-Mar-98	29.54	89.40	278.14	2.97	0.00	5.62	6.16
8-Mar-98	29.19	88.80	274.06	3.00	0.00	5.52	6.07
9-Mar-98	28.24	85.50	297.33	2.46	0.00	5.82	6.47
10-Mar-98	27.32	85.10	292.27	2.64	0.00	5.58	6.22
11-Mar-98	27.34	86.80	280.39	2.76	0.25	5.27	5.86
12-Mar-98	28.19	88.70	276.87	2.70	0.00	5.24	5.79
13-Mar-98	28.83	89.50	269.77	2.81	0.00	5.24	5.77
14-Mar-98	29.45	89.50	271.67	2.84	0.00	5.37	5.91
15-Mar-98	29.49	88.40	286.78	3.16	0.00	5.76	6.32
16-Mar-98	28.32	89.30	280.60	2.68	0.00	5.54	6.11
17-Mar-98	29.78	84.50	273.08	2.97	0.00	5.36	5.96
18-Mar-98	30.52	87.00	254.66	2.96	0.00	5.19	5.74
19-Mar-98	30.64	85.90	259.30	3.01	0.00	5.38	5.95
20-Mar-98	29.75	85.00	288.12	3.10	0.00	5.91	6.53
21-Mar-98	29.46	84.60	261.62	2.97	0.00	5.27	5.87
22-Mar-98	29.52	84.00	278.35	2.86	0.00	5.55	6.17
23-Mar-98	30.03	82.50	241.52	2.49	0.00	4.83	5.45
24-Mar-98	30.18	83.40	221.34	2.46	0.00	4.50	5.08
25-Mar-98	29.95	86.80	237.09	2.87	0.00	4.84	5.37
26-Mar-98	29.61	87.00	161.60	2.00	0.00	3.29	3.75
27-Mar-98	30.25	84.80	242.78	2.54	0.00	4.86	5.43
28-Mar-98	29.24	87.70	195.27	1.89	0.00	3.96	4.45
29-Mar-98	29.99	84.70	213.19	2.40	0.00	4.22	4.77
30-Mar-98	30.70	85.10	200.75	2.59	0.00	4.08	4.60
31-Mar-98	30.45	85.80	226.54	3.43	5.59	4.73	5.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Apr-98	27.52	80.00	63.82	0.28	0.76	1.50	2.06
2-Apr-98	29.84	80.00	249.46	1.91	0.00	4.62	5.30
3-Apr-98	29.73	80.00	221.20	2.07	0.00	4.39	5.05
4-Apr-98	29.12	80.00	215.58	2.16	0.00	4.28	4.93
5-Apr-98	29.31	80.00	217.27	2.32	0.00	4.26	4.89
6-Apr-98	29.77	80.00	198.29	2.62	0.00	3.96	4.55
7-Apr-98	30.17	80.00	259.37	2.71	0.00	5.13	5.80
8-Apr-98	29.73	80.00	204.33	2.50	0.25	4.14	4.76
9-Apr-98	30.08	80.00	271.74	2.71	0.00	5.34	6.02
10-Apr-98	30.35	80.00	231.89	3.22	0.00	4.70	5.31
11-Apr-98	30.15	80.00	268.65	2.92	0.00	5.37	6.03
12-Apr-98	30.07	80.00	268.44	2.54	0.00	5.28	5.97
13-Apr-98	29.84	80.00	288.40	2.76	0.00	5.65	6.34
14-Apr-98	30.41	80.00	276.59	2.87	0.00	5.43	6.10
15-Apr-98	30.87	80.00	250.16	2.78	0.00	5.00	5.65
16-Apr-98	32.39	80.00	251.92	3.10	0.00	5.16	5.79
17-Apr-98	33.14	80.00	205.88	2.07	0.25	4.30	4.95
18-Apr-98	31.70	80.00	176.08	1.13	0.51	3.70	4.37
19-Apr-98	31.63	80.00	179.17	1.41	0.25	3.62	4.27
20-Apr-98	32.92	80.00	229.00	2.00	0.25	4.64	5.31
21-Apr-98	32.80	80.00	202.65	2.43	0.25	4.32	4.94
22-Apr-98	27.18	88.80	248.97	1.60	0.00	4.98	5.56
23-Apr-98	28.68	82.60	297.68	2.69	0.00	5.32	5.96
24-Apr-98	29.41	81.00	296.55	2.64	0.00	5.48	6.16
25-Apr-98	29.60	82.90	282.71	2.92	0.00	5.34	5.97
26-Apr-98	29.45	82.50	283.27	2.89	0.00	5.35	5.99
27-Apr-98	29.64	80.60	296.76	3.26	0.00	5.61	6.27
28-Apr-98	29.10	83.10	259.16	3.07	0.00	4.92	5.50
29-Apr-98	28.60	82.70	280.04	3.16	0.00	5.20	5.81
30-Apr-98	28.91	80.10	274.20	2.79	0.00	5.00	5.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-May-98	29.22	81.80	257.19	2.84	0.00	4.75	5.35
2-May-98	30.02	80.50	291.77	3.40	0.00	5.46	6.10
3-May-98	29.57	81.80	226.33	3.05	0.00	4.38	4.95
4-May-98	29.15	78.00	294.73	3.47	0.00	5.50	6.18
5-May-98	28.17	80.40	230.13	2.32	0.51	4.25	4.88
6-May-98	27.40	88.00	147.96	0.86	0.51	2.65	3.09
7-May-98	27.40	90.80	142.34	1.19	7.62	2.48	2.85
8-May-98	28.16	88.20	224.44	1.55	0.25	3.86	4.36
9-May-98	28.10	94.40	228.93	2.22	0.25	4.04	4.43
10-May-98	29.28	100.20	242.57	2.42	0.00	4.23	4.53
11-May-98	29.48	100.10	225.91	2.48	0.00	4.09	4.37
12-May-98	27.61	100.20	165.04	1.29	0.51	3.05	3.28
13-May-98	27.66	90.80	156.47	1.01	0.00	2.69	3.07
14-May-98	29.17	81.30	282.50	2.11	0.00	4.77	5.43
15-May-98	29.67	82.40	243.84	2.48	0.00	4.34	4.93
16-May-98	27.27	91.40	102.27	1.14	1.27	2.03	2.35
17-May-98	27.31	93.30	107.47	0.82	1.78	1.83	2.10
18-May-98	27.03	92.10	153.65	0.78	21.08	2.59	2.95
19-May-98	28.11	86.80	253.82	1.48	9.65	4.12	4.66
20-May-98	28.11	90.00	216.00	1.81	14.22	3.70	4.15
21-May-98	28.46	87.70	224.01	1.32	8.89	3.78	4.30
22-May-98	29.25	86.00	280.67	2.59	0.00	4.78	5.34
23-May-98	29.14	88.70	279.68	2.31	4.32	4.82	5.35
24-May-98	29.66	86.20	253.40	3.54	0.00	4.47	4.96
25-May-98	28.32	90.15	199.48	1.62	1.27	3.54	3.98
26-May-98	26.97	94.10	119.91	0.91	45.47	2.13	2.41
27-May-98	27.32	92.50	123.22	1.11	13.97	2.02	2.32
28-May-98	26.54	96.30	98.62	0.59	23.88	1.69	1.90
29-May-98	25.20	98.70	31.82	0.92	59.94	0.69	0.77
30-May-98	26.47	95.90	80.20	1.63	27.43	1.20	1.36
31-May-98	27.22	91.10	149.79	3.05	26.16	2.46	2.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Jun-98	25.86	96.40	71.27	0.41	14.73	1.29	1.47
2-Jun-98	27.24	92.80	155.13	2.17	12.45	2.41	2.71
3-Jun-98	25.85	98.20	33.00	0.92	51.31	0.72	0.81
4-Jun-98	28.36	90.30	205.88	2.06	1.02	3.17	3.56
5-Jun-98	28.68	89.30	188.73	1.93	0.00	3.16	3.57
6-Jun-98	26.47	94.30	115.28	1.01	16.26	2.08	2.35
7-Jun-98	27.72	86.40	230.48	1.53	0.00	3.49	4.00
8-Jun-98	26.66	92.20	151.62	0.97	5.59	2.51	2.85
9-Jun-98	26.38	94.30	150.91	1.31	22.35	2.40	2.69
10-Jun-98	26.25	96.00	98.34	1.12	11.68	1.58	1.78
11-Jun-98	27.58	88.30	266.40	1.69	0.25	3.99	4.49
12-Jun-98	28.40	88.10	255.57	1.67	0.00	3.97	4.48
13-Jun-98	27.28	93.90	128.14	1.01	1.02	2.18	2.47
14-Jun-98	27.12	90.80	201.03	1.77	0.00	3.20	3.60
15-Jun-98	27.27	90.90	194.35	1.38	0.25	3.05	3.45
16-Jun-98	28.15	89.60	216.14	2.05	15.75	3.42	3.85
17-Jun-98	28.43	88.90	219.52	2.24	5.08	3.57	4.02
18-Jun-98	27.03	93.40	122.87	1.28	11.68	2.12	2.40
19-Jun-98	28.10	90.30	245.94	1.56	7.11	3.72	4.17
20-Jun-98	27.36	93.40	161.53	0.94	28.96	2.63	2.96
21-Jun-98	28.13	89.20	193.09	1.98	0.25	3.06	3.47
22-Jun-98	28.76	86.90	225.84	2.06	0.76	3.64	4.12
23-Jun-98	28.22	89.80	141.14	1.94	1.27	2.41	2.76
24-Jun-98	27.65	92.60	111.97	1.56	4.57	1.90	2.18
25-Jun-98	28.53	88.90	0.01	2.02	10.16	0.11	0.31
26-Jun-98	28.36	89.50	0.02	1.89	17.02	0.21	0.41
27-Jun-98	25.43	96.40	0.01	1.46	56.13	0.42	0.51
28-Jun-98	26.06	94.90	122.23	1.34	26.16	1.82	2.06
29-Jun-98	26.74	92.30	186.97	1.56	42.93	2.82	3.18
30-Jun-98	25.37	98.10	20.83	0.81	87.60	0.53	0.61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Jul-98	25.68	97.3	49.91	0.83	13.46	0.77	0.89
2-Jul-98	25.18	96.8	68.67	0.331	18.54	1.11	1.27
3-Jul-98	25.18	96.8	68.67	0.331	3.30	1.06	1.21
4-Jul-98	30.08	87.3	117	0.707	3.30	1.43	1.81
5-Jul-98	28.72	85.7	90	0.542	15.24	1.65	2.08
6-Jul-98	30.18	87.3	266	0.762	0.00	4.15	4.71
7-Jul-98	28.57	89.6	155	0.63	1.02	2.69	3.11
8-Jul-98	28.79	90.6	204	0.685	4.32	3.27	3.71
9-Jul-98	28.58	91.2	203	0.838	28.19	3.30	3.72
10-Jul-98	28.39	92.5	184	0.639	4.57	2.98	3.36
11-Jul-98	28.51	93	198	0.769	9.14	3.19	3.57
12-Jul-98	29.07	93.5	264	0.809	0.00	4.18	4.61
13-Jul-98	29.47	94.3	281	0.789	3.56	4.53	4.97
14-Jul-98	27.33	97.1	134	0.737	19.81	2.38	2.62
15-Jul-98	27.34	98.3	210	0.625	8.64	3.32	3.61
16-Jul-98	27.8	97.3	210	0.625	0.00	3.32	3.62
17-Jul-98	28.8	97.3	210	0.625	0.00	3.36	3.66
18-Jul-98	29.84	96.8	265	0.861	0.00	4.32	4.68
19-Jul-98	29.62	98.7	269	0.747	0.00	4.52	4.86
20-Jul-98	30.08	98.5	267	0.808	0.00	4.49	4.82
21-Jul-98	29.48	98.4	261	0.786	0.00	4.43	4.77
22-Jul-98	28.87	98.5	210	0.698	0.00	3.59	3.87
23-Jul-98	28.28	97.5	186	0.562	28.45	3.14	3.42
24-Jul-98	28.27	98	180	0.569	4.06	2.98	3.24
25-Jul-98	28.53	97.7	238	0.983	13.72	3.87	4.20
26-Jul-98	28.34	98.7	177	0.877	6.60	2.98	3.22
27-Jul-98	28.19	99.1	111	0.787	33.27	1.89	2.04
28-Jul-98	28.63	99.7	212	0.788	1.02	3.53	3.79
29-Jul-98	28.21	100	200	0.596	2.54	3.40	3.64
30-Jul-98	26.97	100	188	0.482	28.45	3.18	3.42
31-Jul-98	28.09	99.9	182	0.421	1.02	2.93	3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Aug-98	27.46	100.1	124	0.607	2.29	2.13	2.29
2-Aug-98	27.1	100.2	153	0.768	23.88	2.56	2.74
3-Aug-98	28.14	100.1	175	0.589	1.52	2.85	3.05
4-Aug-98	27.82	91.4	175	1.597	0.25	2.99	3.37
5-Aug-98	28.79	84.9	147	1.053	21.84	2.44	2.92
6-Aug-98	28.47	85	165	0.947	18.54	2.85	3.37
7-Aug-98	26.65	96.6	92	0.641	47.75	1.73	1.93
8-Aug-98	26.68	94.5	63	0.479	46.99	1.07	1.27
9-Aug-98	27.05	94.9	80	0.492	13.97	1.32	1.53
10-Aug-98	27.07	94.7	107	0.443	9.65	1.79	2.04
11-Aug-98	26.66	94.1	111	0.583	27.94	1.89	2.16
12-Aug-98	28.08	90.3	167	0.481	0.76	2.69	3.09
13-Aug-98	27.35	89.5	203	0.67	5.84	3.47	3.95
14-Aug-98	27.65	87.7	188	0.586	0.00	3.13	3.62
15-Aug-98	27.91	87.7	196	0.586	0.51	3.30	3.80
16-Aug-98	28.44	88.4	240	0.606	1.78	4.02	4.56
17-Aug-98	27.12	90.6	206	0.561	1.27	3.59	4.06
18-Aug-98	28.58	86.6	224	0.511	10.16	3.71	4.27
19-Aug-98	27.72	89.9	199	0.516	1.52	3.49	3.97
20-Aug-98	28.05	89.6	178	0.646	0.51	3.05	3.50
21-Aug-98	27.59	89.8	149	0.622	4.06	2.62	3.04
22-Aug-98	27.36	91.8	154	0.75	6.35	2.68	3.05
23-Aug-98	27.64	89.2	177	0.622	0.00	3.03	3.48
24-Aug-98	29.27	84.8	242	0.708	0.00	4.10	4.72
25-Aug-98	29.84	96.1	231	0.593	0.00	4.21	4.58
26-Aug-98	28.53	95.9	165	0.546	1.27	3.12	3.43
27-Aug-98	28.57	96.9	188	0.572	0.00	3.39	3.70
28-Aug-98	28.89	97.3	207	0.715	0.25	3.75	4.07
29-Aug-98	27.64	97.2	122	0.401	18.29	2.31	2.54
30-Aug-98	29.27	97.2	231	0.645	1.52	4.08	4.43
31-Aug-98	28.84	88.3	196	0.474	5.59	3.59	4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Sep-98	28.2	89.8	179	0.535	3.05	3.27	3.73
2-Sep-98	27.44	89.4	229	0.687	2.54	4.05	4.58
3-Sep-98	27.72	90.4	209	0.596	4.32	3.67	4.14
4-Sep-98	28.13	90.5	170	0.653	0.25	3.02	3.44
5-Sep-98	27.16	91.4	154	0.702	0.76	2.82	3.22
6-Sep-98	27.13	89.6	228	0.857	7.11	3.96	4.48
7-Sep-98	27.53	89.5	158	0.775	2.79	2.78	3.21
8-Sep-98	27.54	91.6	160	0.615	4.83	2.86	3.25
9-Sep-98	27.64	90.8	175	0.575	0.76	3.12	3.55
10-Sep-98	27.83	92.1	151	0.556	0.51	2.71	3.08
11-Sep-98	27.26	92.1	157	0.681	24.13	2.87	3.25
12-Sep-98	26.07	94.2	131	0.653	33.02	2.41	2.72
13-Sep-98	26.04	97.3	67	0.463	19.81	1.18	1.33
14-Sep-98	27.45	89.9	161	0.894	14.22	2.76	3.17
15-Sep-98	27.6	90.4	90	0.817	18.03	1.65	1.97
16-Sep-98	29.49	83.4	168	1.159	0.25	3.01	3.56
17-Sep-98	26.63	96.2	49	0.521	24.13	1.20	1.38
18-Sep-98	27.68	91.9	155	0.604	14.99	2.71	3.09
19-Sep-98	26.5	93.8	95	0.571	1.02	1.83	2.10
20-Sep-98	26.75	93.8	106	0.532	5.84	1.88	2.15
21-Sep-98	27.04	92.8	156	0.528	22.61	2.78	3.14
22-Sep-98	26.64	95.7	84	0.441	2.03	1.56	1.77
23-Sep-98	26.43	95.7	82	0.508	21.08	1.50	1.70
24-Sep-98	27.62	90.7	159	0.519	0.51	2.78	3.19
25-Sep-98	27.23	92	121	0.616	6.10	2.25	2.59
26-Sep-98	27.71	89.2	196	0.54	0.00	3.53	4.03
27-Sep-98	25.91	95.7	81	0.501	5.33	1.63	1.85
28-Sep-98	25.85	95.9	107	0.564	19.05	1.90	2.13
29-Sep-98	27.87	86.8	220	0.591	0.25	3.79	4.36
30-Sep-98	27.29	89.8	150	0.64	4.57	2.81	3.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Oct-98	27.1	91.4	124	0.595	1.02	2.29	2.64
2-Oct-98	26.57	90.9	128	0.466	0.00	2.35	2.73
3-Oct-98	25.95	96.9	125	0.494	12.95	2.29	2.53
4-Oct-98	27.3	98.2	175	0.451	0.00	3.09	3.36
5-Oct-98	26.86	98.1	184	0.483	0.00	3.41	3.71
6-Oct-98	28.14	98.5	215	0.532	0.00	3.94	4.26
7-Oct-98	27.38	98.7	137	0.466	1.52	2.64	2.86
8-Oct-98	27.85	98.8	198	0.625	2.54	3.69	3.99
9-Oct-98	27.23	98.7	174	0.501	20.32	3.30	3.57
10-Oct-98	26.35	98.6	119	0.352	3.30	2.25	2.45
11-Oct-98	27.37	99	204	0.608	0.00	3.70	3.99
12-Oct-98	27.38	99.4	197	0.614	5.84	3.68	3.97
13-Oct-98	27.05	99.7	152	0.504	4.83	2.85	3.08
14-Oct-98	27.45	99.1	194	0.378	0.00	3.59	3.88
15-Oct-98	28.27	99.1	200	0.45	0.25	3.76	4.05
16-Oct-98	27.79	92.2	147	0.623	2.29	2.82	3.19
17-Oct-98	28.28	90.4	207	0.654	0.00	3.87	4.36
18-Oct-98	29	89.2	220	0.817	0.00	4.18	4.71
19-Oct-98	26.61	95.6	65	0.442	0.00	1.46	1.66
20-Oct-98	26.83	94.7	107	0.33	5.08	1.94	2.20
21-Oct-98	28.51	78.7	236	0.686	0.00	4.20	4.96
22-Oct-98	26.72	78.8	127	0.884	0.00	2.52	3.14
23-Oct-98	26.24	83.5	99	0.605	0.00	1.84	2.33
24-Oct-98	26.32	84.2	104	0.64	0.00	1.87	2.35
25-Oct-98	27.73	86.4	182	0.664	5.08	3.24	3.76
26-Oct-98	29.15	83.5	227	0.612	0.00	4.20	4.86
27-Oct-98	28.29	88.5	201	0.679	0.00	3.92	4.45
28-Oct-98	27.16	82.9	219	0.463	0.00	4.06	4.74
29-Oct-98	28.32	84	210	0.6	0.00	3.81	4.44
30-Oct-98	28.01	88.2	159	0.411	0.00	3.03	3.51
31-Oct-98	28.01	88.2	147	0.527	0.25	2.78	3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Nov-98	28.79	87.4	187	0.537	0.76	3.51	4.04
2-Nov-98	27.92	87.1	187	0.564	0.00	3.60	4.15
3-Nov-98	27.79	87.8	178	0.577	0.25	3.35	3.86
4-Nov-98	28.01	91.7	229	0.686	0.00	4.32	4.81
5-Nov-98	27.8	89.4	208	0.591	0.00	3.92	4.44
6-Nov-98	27.76	88.6	232	0.656	0.00	4.34	4.90
7-Nov-98	28.17	93.2	206	0.856	0.00	3.91	4.34
8-Nov-98	26.75	94.6	128	0.525	0.00	2.51	2.82
9-Nov-98	27.77	96.5	180	0.586	0.00	3.32	3.64
10-Nov-98	27.75	94.9	171	0.574	19.05	3.25	3.60
11-Nov-98	27.7	96	211	0.644	0.00	4.02	4.40
12-Nov-98	26.18	97.1	220	0.691	0.00	4.15	4.53
13-Nov-98	25.76	98.2	213	0.637	0.00	3.86	4.20
14-Nov-98	24.48	98.9	158	0.665	0.00	2.86	3.12
15-Nov-98	26.66	99	126	0.67	0.00	2.10	2.28
16-Nov-98	27.17	99.1	150	0.884	0.00	2.77	2.99
17-Nov-98	27.82	99.2	156	0.951	0.00	2.93	3.16
18-Nov-98	28.57	84.8	224	0.615	0.00	4.18	4.81
19-Nov-98	27.99	90.1	149	0.533	0.25	2.90	3.32
20-Nov-98	28.11	89.6	157	0.57	0.00	2.98	3.42
21-Nov-98	25.5	83.7	60	0.67	0.51	1.38	1.82
22-Nov-98	25.38	86.8	107	0.782	0.00	1.91	2.33
23-Nov-98	25.89	85.7	109	0.698	0.00	1.90	2.34
24-Nov-98	25.92	83.6	158	0.701	0.00	2.79	3.34
25-Nov-98	26.25	79.6	209	0.702	0.00	3.61	4.31
26-Nov-98	26.16	74	220	0.667	0.00	3.77	4.60
27-Nov-98	25.48	84.1	121	0.509	0.25	2.19	2.69
28-Nov-98	25.18	92.7	71	0.428	0.00	1.29	1.54
29-Nov-98	26.41	92.1	138	0.572	0.00	2.38	2.73
30-Nov-98	27.37	93	195	0.593	6.86	3.54	3.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Dec-98	26.79	94.5	189	0.578	0.25	3.54	3.93
2-Dec-98	27.24	94.8	197	0.65	0.00	3.64	4.02
3-Dec-98	26.76	97	165	0.492	6.60	3.11	3.41
4-Dec-98	27.59	95.8	207	0.607	0.00	3.84	4.21
5-Dec-98	28.17	95.9	217	0.758	1.02	4.14	4.53
6-Dec-98	27.72	97.2	217	0.687	0.00	4.20	4.57
7-Dec-98	27.99	97.6	207	0.818	0.00	3.97	4.31
8-Dec-98	27.41	97.5	211	0.718	0.00	4.06	4.42
9-Dec-98	25.21	78.6	140	0.487	0.00	2.62	3.27
10-Dec-98	24.08	74.9	176	0.562	0.00	2.98	3.73
11-Dec-98	23.31	74.3	81	0.706	0.25	1.44	2.06
12-Dec-98	22.68	76.5	83	1.528	1.78	1.53	2.06
13-Dec-98	23.43	70.6	148	1.146	0.00	2.37	3.10
14-Dec-98	23.34	71.3	147	0.792	0.00	2.38	3.13
15-Dec-98	23.61	70.4	119	1.411	0.00	2.03	2.72
16-Dec-98	22.12	72.4	158	1.534	0.00	2.70	3.40
17-Dec-98	22.91	76.9	187	0.81	0.00	2.85	3.53
18-Dec-98	24.6	80.7	226	0.686	0.00	3.55	4.23
19-Dec-98	25.84	83.9	214	0.626	0.00	3.58	4.19
20-Dec-98	26.07	97.6	211	0.603	0.00	3.79	4.14
21-Dec-98	26.09	100.4	216	0.593	0.00	3.93	4.23
22-Dec-98	25.53	100.5	188	0.485	0.00	3.42	3.68
23-Dec-98	25.12	100.1	188	0.364	0.00	3.35	3.62
24-Dec-98	27.2	100.3	194	0.525	0.00	3.44	3.70
25-Dec-98	27.04	100.1	213	0.748	0.00	4.03	4.33
26-Dec-98	27.09	100.2	220	0.68	0.00	4.14	4.45
27-Dec-98	27.42	100.1	199	0.697	0.00	3.76	4.04
28-Dec-98	27.19	100.1	215	0.853	0.00	4.09	4.40
29-Dec-98	26.34	100.2	211	0.859	0.00	3.97	4.27
30-Dec-98	26.58	93.5	209	0.685	0.00	3.79	4.21
31-Dec-98	26.34	79.9	222	0.72	0.00	3.91	4.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แสดงข้อมูลภูมิอากาศและค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ปี พ.ศ. 2542

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Jan-99	27.06	80.00	218	0.786	0.00	3.92	4.62
2-Jan-99	26.51	82.60	200	0.778	0.00	3.62	4.25
3-Jan-99	26.32	83.30	214	0.725	0.00	3.80	4.44
4-Jan-99	25.34	80.90	225	0.621	0.00	3.91	4.62
5-Jan-99	23.03	79.60	188	0.575	0.00	3.19	3.86
6-Jan-99	21.80	78.30	217	0.726	0.00	3.38	4.09
7-Jan-99	23.01	74.10	209	0.585	0.00	3.10	3.87
8-Jan-99	23.95	79.30	211	0.663	0.00	3.31	4.00
9-Jan-99	24.20	81.40	183	0.565	0.00	3.00	3.63
10-Jan-99	26.10	81.70	215	0.553	0.00	3.53	4.19
11-Jan-99	26.20	81.00	229	0.690	0.00	3.99	4.69
12-Jan-99	26.03	82.90	217	0.670	0.00	3.81	4.46
13-Jan-99	24.20	86.30	132	0.500	0.51	2.41	2.89
14-Jan-99	25.83	80.00	195	0.689	0.51	3.20	3.86
15-Jan-99	26.41	74.00	199	0.626	0.00	3.38	4.18
16-Jan-99	27.40	73.50	233	0.876	0.00	4.06	4.91
17-Jan-99	25.89	71.70	242	0.972	0.00	4.28	5.17
18-Jan-99	25.99	76.20	238	0.946	0.00	4.10	4.89
19-Jan-99	26.34	87.40	233	0.761	0.00	4.12	4.70
20-Jan-99	27.59	96.00	230	0.643	0.00	4.23	4.62
21-Jan-99	28.00	81.40	235	0.796	0.00	4.32	5.03
22-Jan-99	27.23	82.60	204	0.657	0.00	3.79	4.45
23-Jan-99	27.68	81.50	199	0.752	0.00	3.62	4.28
24-Jan-99	29.01	82.30	226	0.713	0.00	4.20	4.87
25-Jan-99	28.13	92.40	208	0.804	0.00	4.09	4.55
26-Jan-99	28.26	93.00	208	0.793	0.00	4.00	4.44
27-Jan-99	27.56	96.60	206	0.895	0.00	3.99	4.36
28-Jan-99	27.36	100.20	179	0.837	0.00	3.42	3.67
29-Jan-99	27.10	100.50	109	0.608	0.00	2.08	2.23
30-Jan-99	26.67	100.20	112	0.561	0.25	2.13	2.28
31-Jan-99	26.77	99.90	153	0.622	0.00	2.84	3.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Feb-99	26.07	100.50	179	0.801	0.00	3.34	3.59
2-Feb-99	27.51	100.40	241	0.844	0.00	4.44	4.76
3-Feb-99	26.71	100.20	205	0.690	5.08	3.90	4.19
4-Feb-99	26.11	100.40	109	0.474	0.00	2.05	2.21
5-Feb-99	23.25	100.60	239	0.810	0.00	4.25	4.61
6-Feb-99	23.49	100.20	214	0.764	0.00	3.54	3.85
7-Feb-99	25.37	100.30	243	0.659	0.00	4.12	4.44
8-Feb-99	25.44	100.30	226	0.713	0.00	4.02	4.33
9-Feb-99	25.66	100.40	244	0.755	0.00	4.35	4.69
10-Feb-99	25.44	100.80	244	0.672	0.00	4.37	4.71
11-Feb-99	26.70	100.30	238	0.635	0.00	4.28	4.60
12-Feb-99	27.14	100.10	187	0.721	8.38	3.47	3.73
13-Feb-99	27.70	100.30	182	0.681	0.00	3.42	3.67
14-Feb-99	27.60	100.50	215	0.791	0.00	4.12	4.41
15-Feb-99	26.26	100.20	143	0.623	0.00	2.76	2.97
16-Feb-99	27.48	100.00	237	0.643	0.00	4.37	4.70
17-Feb-99	26.84	99.80	242	0.641	0.00	4.57	4.92
18-Feb-99	27.12	100.20	234	0.739	0.00	4.37	4.69
19-Feb-99	26.91	99.90	230	0.862	0.00	4.31	4.64
20-Feb-99	27.49	99.70	213	0.733	0.00	3.98	4.28
21-Feb-99	26.87	100.40	241	0.760	0.00	4.56	4.89
22-Feb-99	27.19	100.80	253	0.781	0.00	4.73	5.07
23-Feb-99	26.56	100.30	218	0.513	0.00	4.09	4.39
24-Feb-99	26.67	99.90	232	0.722	0.00	4.27	4.60
25-Feb-99	27.60	99.70	234	0.868	0.00	4.35	4.68
26-Feb-99	28.19	100.00	186	0.795	0.00	3.53	3.79
27-Feb-99	28.24	100.10	212	0.903	0.00	4.11	4.40
28-Feb-99	27.91	99.80	206	0.858	0.00	3.99	4.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Mar-99	28.90	100.10	252	0.793	0.00	4.88	5.22
2-Mar-99	28.09	99.60	185	0.649	0.00	3.65	3.92
3-Mar-99	27.86	99.80	229	0.774	3.81	4.41	4.74
4-Mar-99	26.81	91.20	233	0.844	0.00	4.36	4.88
5-Mar-99	25.96	92.90	146	0.562	2.29	2.71	3.07
6-Mar-99	26.48	90.20	183	0.718	0.00	3.26	3.71
7-Mar-99	27.41	88.60	256	0.881	0.00	4.62	5.20
8-Mar-99	28.06	89.10	235	0.816	0.00	4.36	4.90
9-Mar-99	27.05	81.80	270	0.870	0.00	4.96	5.71
10-Mar-99	27.15	84.40	272	0.836	0.00	4.91	5.60
11-Mar-99	28.41	85.30	282	0.911	0.00	5.17	5.85
12-Mar-99	28.88	86.90	274	0.910	0.00	5.20	5.84
13-Mar-99	28.63	88.60	218	0.923	0.00	4.21	4.75
14-Mar-99	28.45	87.20	252	0.973	0.00	4.80	5.41
15-Mar-99	28.70	89.00	256	0.915	0.00	4.87	5.45
16-Mar-99	29.13	89.20	248	1.006	0.00	4.77	5.32
17-Mar-99	29.00	89.00	237	0.875	0.00	4.59	5.14
18-Mar-99	28.00	89.00	272	0.956	0.00	5.19	5.80
19-Mar-99	28.40	89.00	273	1.015	0.00	5.12	5.71
20-Mar-99	28.17	89.00	261	0.983	0.00	4.93	5.51
21-Mar-99	28.75	89.00	279	0.882	0.00	5.25	5.85
22-Mar-99	29.34	89.00	230	0.933	0.00	4.40	4.94
23-Mar-99	27.53	89.00	173	0.764	51.82	3.40	3.88
24-Mar-99	27.67	89.00	211	0.578	21.34	3.87	4.40
25-Mar-99	27.36	89.00	216	0.632	0.51	3.98	4.51
26-Mar-99	26.82	89.00	134	0.588	6.10	2.49	2.91
27-Mar-99	28.89	89.00	249	0.737	0.00	4.50	5.05
28-Mar-99	28.02	89.00	198	0.731	0.00	3.78	4.29
29-Mar-99	27.89	89.00	187	0.662	4.57	3.48	3.97
30-Mar-99	27.06	89.00	193	0.606	0.00	3.57	4.08
31-Mar-99	26.20	89.00	138	0.574	0.00	2.54	2.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค (ต่อ)

Date	Av-temp °C	Av-RH %	Av-RD (W/m2)	Av-WS (km/hr)	Rain mm	ETo-PM mm	ETo-Pen mm
1-Apr-99	26.93	89.00	203	0.569	0.00	3.56	4.06
2-Apr-99	26.78	89.00	177	0.637	9.14	3.18	3.66
3-Apr-99	26.78	89.00	187	0.606	0.00	3.34	3.82
4-Apr-99	26.64	89.00	140	0.467	3.56	2.51	2.93
5-Apr-99	28.24	89.00	233	0.687	0.00	4.12	4.65
6-Apr-99	26.83	89.00	143	0.541	41.91	2.71	3.15
7-Apr-99	26.77	92.20	144	0.459	1.02	2.58	2.94
8-Apr-99	27.21	88.50	236	0.570	6.10	4.14	4.70
9-Apr-99	26.87	92.60	130	0.512	0.00	2.37	2.70
10-Apr-99	29.04	86.00	242	0.602	0.00	4.25	4.86
11-Apr-99	26.67	93.30	121	0.509	0.25	2.41	2.74
12-Apr-99	26.84	99.50	125	0.453	13.97	2.23	2.41
13-Apr-99	25.62	101.30	98	0.424	11.94	1.83	1.95
14-Apr-99	27.97	100.80	274	0.822	10.92	4.78	5.12
15-Apr-99	26.80	101.00	178	0.587	3.30	3.30	3.53
16-Apr-99	28.12	100.90	186	0.700	1.02	3.29	3.51
17-Apr-99	27.88	101.10	196	0.594	8.38	3.62	3.86
18-Apr-99	27.00	29.63	188	0.578	1.27	2.97	4.69
19-Apr-99	27.00	18.69	248	0.771	0.00	3.42	5.36
20-Apr-99	28.00	69.92	139	0.502	0.00	2.33	3.16
21-Apr-99	28.00	98.00	165	0.487	7.87	3.00	3.27
22-Apr-99	28.16	100.50	239	0.616	0.00	4.34	4.64
23-Apr-99	27.76	99.70	198	0.689	0.00	3.62	3.89
24-Apr-99	26.36	99.30	73	0.472	29.46	1.43	1.56
25-Apr-99	28.09	100.10	161	0.966	8.89	2.73	2.93
26-Apr-99	28.58	100.20	170	0.862	2.54	3.07	3.29
27-Apr-99	29.64	87.10	232	0.815	0.00	4.15	4.71
28-Apr-99	27.00	90.80	182	0.467	10.41	3.43	3.88
29-Apr-99	27.57	90.70	210	0.682	18.54	3.61	4.07
30-Apr-99	27.55	91.40	155	0.545	1.02	2.72	3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายสุรินทร์ ไวยเจริญ เกิดเมื่อ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2505 ที่จังหวัดพังงา สำเร็จการศึกษา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2528

ปี พ.ศ. 2532 เข้ารับราชการในตำแหน่ง นักสำรวจดิน 3 สังกัด กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และปัจจุบัน ดำรงตำแหน่ง นักสำรวจดิน 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้