



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิจัยและพัฒนาการเกษตร)

ปริญญา

วิจัยและพัฒนาการเกษตร

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการนำความร้อนของดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินต่อปริมาณการใช้น้ำของยางพารา

Effects of Soil Heat Conductance Resulted from Changes of Soil Water Content on the Amount of Water Use by Rubber Trees

นามผู้วิจัย นางสาวอัญชุลี รัตนากินันท์ชัย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์กฤษฎา สังขศิลา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์นวรรตน์ อุดมประเสริฐ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์บัญชา ขวัญยืน, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(รองศาสตราจารย์วรวิทย์ สิริพลวัฒน์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการนำความร้อนของดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินต่อปริมาณการใช้น้ำของ
ยางพารา

Effects of Soil Heat Conductance Resulted from Changes of Soil Water Content on the Amount
of Water Use by Rubber Trees

โดย

นางสาวอัญชุลี รัตนากินันท์ชัย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิจัยและพัฒนาการเกษตร)

พ.ศ. 2554

อัญชุลี รัตนานันทชัย 2554: ผลของการนำความร้อนของดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลง
ความชื้นดินต่อปริมาณการใช้น้ำของยางพารา ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิจัยและ
พัฒนาการเกษตร) สาขาวิจัยและพัฒนาการเกษตร โครงการสหวิทยาการระดับ
บัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์กฤษฎา สังขศิลา, Ph.D.
77 หน้า.

หาปริมาณการใช้น้ำระดับแปลงปลูกยางพาราโดยวิธี Bowen ratio และความสัมพันธ์ของ
ความชื้นดินต่อการใช้น้ำของยางพาราและค่าการนำความร้อนของดิน เลือกหากับแปลงปลูก
ยางพาราอายุ 10 ปี ภายในศูนย์วิจัยยางจะเชิงเตรา อ.สนามชัยเขต จ.จะเชิงเตรา (N 13.33
E 101.27) โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในและเหนือทรงพุ่ม และที่
เหนือทรงพุ่มเก็บข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์สุทธิเพิ่มเติม นอกจากนี้ได้จัดเก็บอุณหภูมิดินและ
ความชื้นดิน (ที่ระดับความลึก 0.0 และ 0.10 m.) เก็บข้อมูลต่อเนื่องทุกๆ 5 นาที เริ่มตั้งแต่ 1
มกราคม 2551 ถึงสิ้นสุด 31 ธันวาคม 2552 ผลคำนวณพบว่าค่าการใช้น้ำของยางพาราในปี 2551 มีค่า
อยู่ในช่วง 28.8 ถึง 128.1 mm month⁻¹ เดือนกุมภาพันธ์มีค่าการใช้น้ำสูงสุด เดือนธันวาคมเป็น
เดือนที่มีค่าการใช้น้ำน้อยสุด ในปี 2552 ค่าการใช้น้ำอยู่ในช่วง 24.1 ถึง 87.8 mm month⁻¹ เดือน
สิงหาคมมีค่าการใช้น้ำสูงสุด เดือนกุมภาพันธ์มีค่าการใช้น้ำน้อยสุด ความแตกต่างกันของการใช้
น้ำทั้ง 2 ปี เกิดจากปริมาณฝนที่ตกไม่เท่ากัน เดือนกุมภาพันธ์ปี 2551 มีฝนตกมากกว่า ได้รับ
พลังงานแสงอาทิตย์สุทธิสูงกว่า และมีความเร็วลมมากกว่าจึงทำให้การใช้น้ำในเดือนนี้สูงกว่าของ
ปี 2552 เป็นอย่างมาก ความชื้นดินกับค่าการใช้น้ำของยางพารา และความชื้นดินกับค่าการนำ
ความร้อนของดินมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าการใช้น้ำของยางพาราจะมาก
หรือน้อยนั้น นอกจากจะขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ และช่วงอายุการเจริญเติบโตของยางพาราแล้ว
ความชื้นดินยังมีอิทธิพลอย่างมากต่อค่าการใช้น้ำของยางพารา เนื่องจากยางพาราใช้น้ำจากดินเป็น
หลัก เมื่อความชื้นดินสูง จึงมีน้ำให้ยางพาราใช้ได้อย่างเพียงพอ แต่หากความชื้นต่ำ จึงมีน้ำให้
ยางพาราใช้ได้อย่างจำกัดถึงแม้ว่าจะต้องการใช้น้ำมาก

Anchulee Rattanapinunchai 2011: Effects of Soil Heat Conductance Resulted from Changes of Soil Water Content on the Amount of Water Use by Rubber Trees. Master of Science (Agricultural Research and Development), Major Field: Agricultural Research and Development, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Kumut Sangkhasila, Ph.D. 77 pages.

Rubber trees water uses calculated by Bowen Ratio method, and the relationships between soil water content and water use by rubber trees and soil thermal conductivity were presented. Data were collected from the 10 year old rubber plantation, located in Chachoengsao Rubber Research Center, Sanamchaikhet District, Chachoengsao Province (N13.33 E101.27). Collected data included within and above canopy air temperature and relative humidity, above canopy net radiation, soil temperature and moisture at 0 and 0.10 m data. Data were automatically logged for every 5 minutes continuous starting from 1st January 2008 to 31st December 2009. Results showed that in 2008, water use by rubber trees were ranging from 28.8 - 128.1 mm month⁻¹. Water use in February was highest while that in December was lowest. In 2009, water use by rubber trees were ranging from 24.1 – 87.8 mm month⁻¹. Water use in August was highest while that in February was lowest. The 2-year water uses were different because of differences in amount of rainfall and other climatic conditions. In February 2008, amount of rainfall, net radiation and wind speed of the plantation were higher than those of the same month in 2009. The relationships between soil water content and water use by rubber trees and soil thermal conductivity in 2-year were statistically significant. Results of this experiment strongly showed that the water uses by rubber trees were largely dependent on the climate and growth stage of the rubber trees. Soil water content also contribute to water use. Rubber trees mainly absorb water from soil. The higher soil water content, the more water is contained. Rubber trees have sufficient amount water consumed. On contrary, when soil water content is low, amount of soil water is limited for rubber trees to be uptaken even the great evaporative demand exists.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กมุท สังขศิลา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
รองศาสตราจารย์ ดร. นวรัตน์ อุดมประเสริฐ และรองศาสตราจารย์ ดร. บัญชา ขวัญเย็น อาจารย์ที่
ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์
ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ธงชัย มาลา ประธานในการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย และ
ดร.วิสุทธิ วีรสาร ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์
ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยยางมะเขือเทศ จ.มะเขือเทศ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์สถานที่
ในการทำทดลอง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ผู้ให้ความรัก ให้กำลังใจ คอยสนับสนุนทุกๆ
อย่าง ขอขอบคุณพี่ชาย น้องชาย ที่ให้กำลังใจ ขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกท่านที่คอย
ช่วยเหลือและให้กำลังใจจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

อัญชุลี รัตนากินันท์ชัย

เมษายน 2554

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	22
ผลและวิจารณ์	27
ผล	27
วิจารณ์	63
สรุปและข้อเสนอแนะ	66
สรุป	66
ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	67
ภาคผนวก	75
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	77

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนขององค์ประกอบดิน	25
2	สภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนปี 2541-2550	29
3	สภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 และปี 2552	30
4	อุณหภูมิดินเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 และปี 2552	43
5	ความชื้นดินเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 และปี 2552	46
6	ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 และปี 2552	55
7	ค่าการใช้น้ำระดับแปลงปลูกเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 และปี 2552	58
8	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความชื้นดินกับการใช้น้ำของยางพารา และค่า thermal conductivity ของดินปี 2551 และปี 2552	60
ตารางผนวกที่		
1	สัดส่วนเนื้อดินและเนื้อดินของแปลงทดลอง	76

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	รังสีสุทธิดวงอาทิตย์รายวันปี 2551 และปี 2552	32
2	อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552	34
3	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552	36
4	ความเร็วลมเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552	38
5	ปริมาณน้ำฝนรายวันปี 2551 และปี 2552	40
6	อุณหภูมิดินเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552	42
7	ความชื้นดินเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552	45
8	การเคลื่อนที่ของความร้อนผ่านดินโดยการนำความร้อนเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552	48
9	ความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552	50
10	ค่า Ground heat flux เฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552	52
11	ค่า Bowen ratio เฉลี่ยรายวัน ปี 2551 และปี 2552	54
12	การใช้น้ำระดับแปลงปลูกเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552	57
13	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับค่าการใช้น้ำของยางพาราปี 2551 และปี 2552	61
14	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับค่า thermal conductivity ของดินปี 2551 และปี 2552	62

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

Julian date	=	วันในรอบปี
mm	=	มิลลิเมตร
cm	=	เซนติเมตร
m	=	เมตร
°C	=	องศาเซลเซียส
K	=	เคลวิน
S	=	วินาที
d	=	วัน
R_n	=	รังสีสุทธิดวงอาทิตย์ ($\text{MJ mm}^{-2} \text{d}^{-1}$)
G	=	พลังงานความร้อนในดิน ($\text{MJ mm}^{-2} \text{d}^{-1}$)
G_c	=	conductive soil heat flux ($\text{MJ mm}^{-2} \text{d}^{-1}$)
G_s	=	soil heat storage ($\text{MJ mm}^{-2} \text{d}^{-1}$)
T	=	อุณหภูมิอากาศ (K)
ET_p	=	ค่าการใช้น้ำของพืช (mm d^{-1})
k_t	=	thermal conductivity of soil ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)
β	=	Bowen ratio (ไม่มีหน่วย)
C_p	=	ความร้อนจำเพาะของอากาศแห้ง ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)
P_a	=	ความดันบรรยากาศ (kPa)
ε	=	สัดส่วนระหว่างมวลโมเลกุลของน้ำต่ออากาศแห้ง (ไม่มีหน่วย)
L	=	ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (J kg^{-1})
e	=	ความดันไอน้ำของบรรยากาศ
$e^{\circ}(T)$	=	ความดันไอน้ำที่อิ่มตัวของบรรยากาศที่เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (kPa)
RH	=	ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ
ΔT	=	ผลต่างของอุณหภูมิ (K)
Δz	=	ผลต่างของระดับความลึก (m)
Δt	=	ช่วงเวลาที่ต่างกันของอุณหภูมิ (หน่วยเวลา)
C	=	ความจุความร้อนของดิน ($\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1}$)

ผลของการนำความร้อนของดินที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินต่อปริมาณ การใช้น้ำของยางพารา

Effects of Soil Heat Conductance Resulted from Changes of Soil Water Content on the Amount of Water Use by Rubber Trees

คำนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกน้ำยางธรรมชาติมากที่สุดในโลก ไม่เพียงแต่น้ำยางธรรมชาติเท่านั้นที่สามารถส่งออกได้ น้ำยางพารายังสามารถนำมาแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์เพื่อส่งออกได้อีกด้วย การปลูกยางพาราเป็นการเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับประเทศ และเป็นพืชทดแทนป่าไม้ที่ลดจำนวนลง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542) การปลูกยางพาราจะอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติเป็นหลัก พื้นที่ที่ปลูกยางพาราจึงควรมีปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 2,000 mm year-1 การที่มีปริมาณฝนตกในปริมาณที่มากจะทำให้ดินมีความชื้นสูงเพราะในดินมีปริมาณน้ำมาก พืชจึงสามารถนำน้ำไปใช้ได้ตลอด การเจริญเติบโตไม่หยุดชะงัก ให้ผลผลิตเต็มที่ สถาบันวิจัยยาง (มปป) กล่าวว่า ต้นยางพาราที่ปลูกในภาคใต้ให้ผลผลิตที่มากกว่าและสามารถเปิดกรีดได้เร็วกว่า ต้นยางที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ดังนั้นการที่จะประเมินว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมานั้นเพียงพอต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของยางพาราหรือไม่ ต้องทำการหาค่าการใช้น้ำของยางพารา ซึ่งได้มีผู้ศึกษาหาค่าการใช้น้ำของพืชโดยวิธีการต่างๆ โดยวิธีที่ได้รับการยอมรับว่ามีค่าแม่นยำมากที่สุดคือ วิธี lysimeter แต่วิธีนี้มีความยุ่งยากในการทำและผลที่ได้ใช้ได้เฉพาะที่ จึงได้มีผู้คิดวิธีใหม่ๆขึ้นมา เช่นวิธี Bowen ratio, วิธี Eddy covariance ซึ่งทั้งสองวิธีนี้ต่างได้รับการยอมรับว่ามีค่าใกล้เคียงกับวิธี lysimeter โดยวิธีที่ผู้ทำเลือกใช้คือวิธี Bowen ratio เป็นวิธีหาค่าการใช้น้ำโดยใช้เทคนิคสมดุลพลังงาน มาหาค่าการใช้น้ำของยางพาราและศึกษาความสัมพันธ์ของการใช้น้ำของยางพารา ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน เพื่อนำผลที่ศึกษาได้ไปเป็นแนวทางพิจารณาพื้นที่ปลูกยางพาราที่มีความเหมาะสมด้านปริมาณน้ำที่มีให้ยางพาราใช้อย่างเพียงพอต่อไป

วัตถุประสงค์

1. หาผลของการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินต่อการนำความร้อนของดิน
2. หาผลของการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินต่อการใช้น้ำของยางพารา



การตรวจเอกสาร

1. การใช้น้ำของพืช (consumptive water use)

น้ำที่ปรากฏในโลกจะอยู่ในสภาพและแหล่งต่าง ๆ กัน ทั้งน้ำจืด น้ำเค็ม น้ำในดิน น้ำในอากาศในรูปของไอน้ำ และน้ำแข็งที่ปกคลุมขั้วโลก ในจำนวนนี้มีการหมุนเวียนเป็นวัฏจักร โดยส่วนใหญ่เป็นการแลกเปลี่ยนระหว่างผิวโลกและบรรยากาศ โดยการระเหยและการกลั่นตัวตกกลับสู่ผิวโลก น้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะพืช ซึ่งมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 75-90% น้ำมีบทบาทต่อการมีชีวิตตลอดจนการเจริญเติบโตของพืช นับตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอกจนกระทั่งออกดอกออกผล ถ้าพืชขาดน้ำอย่างมากเป็นเวลานานๆ จะทำให้พืชถึงตายได้

1.1 ความสำคัญของน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ

- มีผลต่อกระบวนการรากฐานของการเจริญเติบโต การเพิ่มขนาดของเซลล์ต้องการน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการขยายตัวของเซลล์ เมื่อพืชขาดน้ำ เซลล์จะขยายตัวเพิ่มขนาดไม่ได้ เป็นผลให้อวัยวะพืชเล็กและแคระแกร็น
- เป็นตัวทำลายอาหารและแร่ธาตุอาหาร และเป็นตัวกลางในการลำเลียงธาตุอาหารในดิน พาแร่ธาตุอาหารเข้ามายังบริเวณรากพืช เมื่อรากดูดแร่ธาตุอาหารเข้ามาในต้นพืช น้ำจะเป็นตัวลำเลียงพาแร่ธาตุอาหารไปยังใบ เพื่อทำการสังเคราะห์เป็นอาหาร น้ำจะลำเลียงอาหารที่ได้ออกจากแหล่งสังเคราะห์ไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช
- รักษารูปร่างของเซลล์และต้นพืช เซลล์ที่มีชีวิตของพืชจะต้องเป็นเซลล์เต่งที่มีน้ำบรรจุอยู่เต็ม ถ้ามีน้ำไม่เต็ม เซลล์จะเหี่ยว หากเซลล์พืชเหี่ยวมากจะทำให้ต้นพืชตายไปในที่สุด
- เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการทางสรีรวิทยาและกระบวนการทางชีวเคมี ขบวนการต่าง ๆ ในพืชหรือสิ่งมีชีวิต เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ การสังเคราะห์สารที่ใช้ในการเจริญเติบโต ฯลฯ ขบวนการเหล่านี้จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบด้วยเสมอ การสังเคราะห์แสง สร้างอาหารเป็นแป้งและน้ำตาลสะสมในพืชมาจากการรวมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้ากับน้ำ ขบวนการเผาผลาญอาหารหรือการหายใจก็จะมีการใช้ น้ำ และการสร้างน้ำขึ้น นอกจากนี้ น้ำยังเกี่ยวข้องกับการควบคุมปรากฏการณ์การเจริญเติบโตอื่น ๆ อีก เช่น การงอกของเมล็ด การพักตัวของพืช การชักนำการออกดอก เป็นต้น

1.2 ความหมายของการใช้น้ำของพืช

การใช้น้ำของพืช หมายถึง ปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียไปจากแปลงพืชโดยการคายน้ำจากพืชและการระเหยน้ำจากดิน (นวรรตน์, 2541)

1.2.1 การคายน้ำ (transpiration) เป็นปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินเพื่อนำไปใช้หล่อเลี้ยงลำต้นและส่วนต่างๆ ของพืช และขนส่งขึ้นไปบำรุงส่วนต่างๆ ของพืชแล้วคายออกสู่บรรยากาศทางปากใบ (ดิเรก, 2545) การคายน้ำของพืชจะต้องมีความสมดุลกับปริมาณน้ำที่พืชได้รับ หากพืชไม่คายน้ำ หรือคายน้ำน้อย พืชจะดูดน้ำได้น้อยเช่นกัน Robbins *et al.* (1965) พบว่าร้อยละ 98 ของปริมาณน้ำที่พืชดูดไปใช้ได้สูญเสียดังกล่าวไปในรูปของไอน้ำในกระบวนการคายน้ำของพืช

1.2.2. การระเหยน้ำ (evaporation) เป็นกระบวนการที่น้ำจากผิวน้ำหรือผิวดินเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำสู่บรรยากาศ (เฉลิมพล, 2542) ซึ่งพัชร (2549) กล่าวว่าพลังงานความร้อนที่อยู่ผิวดิน ลม และพลังงานรังสีดวงอาทิตย์สุทธิ (net radiation, R_n) มีส่วนช่วยในการระเหยน้ำในธรรมชาติ ซึ่งอัตราการระเหยน้ำในแต่ละวันไม่คงที่ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของพลังงานรังสีดวงอาทิตย์และความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละวัน (Morgan, 1984)

จักรพงษ์และวิสุทธิ (2523) กล่าวว่า การสูญเสียน้ำของดินโดยการระเหยน้ำ โดยทั่วไปจะน้อยกว่าการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำ ถ้าพืชนั้นๆ มีร่มเงาหนาแน่น แต่การระเหยน้ำจากผิวดินอาจเพิ่มขึ้นได้ ถ้าอุณหภูมิของดินกับอุณหภูมิของอากาศเหนือผิวดินต่างกันมากวิบูลย์ (2526) กล่าวว่า การระเหยของน้ำจากพื้นที่เพาะปลูกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของดิน วิธีการเพาะปลูกหรือวิธีการให้น้ำ โดยปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียไปจากแปลงพืชโดยการระเหยน้ำ และการคายน้ำ เรียกว่า การคายระเหยน้ำ (evapotranspiration, ET) (นวรรตน์, 2541) ซึ่งปริมาณการระเหยของน้ำจากผิวดินจะมีค่าประมาณ 15-17 % ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดของพืช (Doorenbos and Pruitt, 1992)

นักอุตุนิยมวิทยาได้แบ่งการคายระเหยน้ำ ออกเป็น 2 ลักษณะ (เกษม, 2539) คือ

1. การคายระเหยน้ำจริง (actual evapotranspiration, E_a) หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่เกิดขึ้น จากการระเหยน้ำและการคายน้ำของพืช สู่บรรยากาศได้จริงในสภาวะอากาศขณะนั้น โดยมีพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ ลม ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ ความชื้นดิน เป็นปัจจัยควบคุม ปริมาณน้ำที่จะสูญเสียโดยการคายระเหยน้ำ

2. การคายระเหยน้ำได้สูงสุด (potential evapotranspiration, E_p) หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่เกิดจากการระเหยน้ำและการคายน้ำของพืชสู่บรรยากาศได้สูงสุดในสภาวะอากาศขณะนั้นจากพื้นที่ผิวระเหยนั้นๆ ปริมาณการคายระเหยน้ำได้สูงสุดนี้จะมีค่าสูงกว่าหรือเทียบเท่ากับปริมาณการคายระเหยน้ำจริงเสมอ ถ้ามีน้ำอำนวยให้เกิดการคายระเหยน้ำได้ตลอดเวลา

ปัจจัยที่มีผลต่อการคายระเหยน้ำ

ปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ

- แสงอาทิตย์ แสงมีผลต่อการเพิ่มอุณหภูมิของพืชและสิ่งแวดล้อมโดยตรง (สมบุญ, 2548) จากการศึกษาของ Chunkao (1971) พบว่าปริมาณรังสีคลื่นสั้นจะมีความสัมพันธ์ต่ออุณหภูมิและการคายระเหยน้ำโดยตรงเมื่อโลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ในปริมาณมากอัตราการระเหยน้ำก็จะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากรังสีที่โลกได้รับมีความร้อนทำให้น้ำที่อยู่ในดินและผิวโลกเกิดการระเหยไปสู่บรรยากาศ

- อุณหภูมิ อุณหภูมิอากาศได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ โดยจะแปรผันตรงกับปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับ ถ้าอุณหภูมิอากาศสูง โอกาสที่น้ำจะกลายเป็นไอน้ำจะสูงขึ้นด้วย นั่นหมายความว่า อุณหภูมิยิ่งสูงการคายระเหยน้ำก็จะยิ่งสูงขึ้น (วิชา, 2535)

- ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นสัมพัทธ์บรรยากาศมีผลโดยตรงกับการคายระเหยน้ำ ซึ่งหากความชื้นในบรรยากาศมีน้อย คือ อากาศแห้ง จะเกิดความแตกต่างขึ้นระหว่างความชื้นในบรรยากาศความชื้นในช่องว่างในใบพืช (ช่องว่างอากาศในใบนี้จะมีไอน้ำอิ่มตัวอยู่ตลอดเวลา) และความชื้นที่ผิวดินมาก ทำให้การคายระเหยน้ำเกิดขึ้นได้มากและรวดเร็ว ถ้าความชื้นในบรรยากาศมี

มาก คือ อากาศชื้น จะมีความแตกต่างของความชื้นในบรรยากาศ ในใบพืช และที่ผิวดินน้อย ทำให้เกิดการคายระเหยน้ำน้อย

- ลม ลมที่พัดผ่านจะพัดไอน้ำจากบริเวณที่มีความชื้นสูงไปสู่บริเวณที่มีความชื้นต่ำทำให้บริเวณที่เคยมีความชื้นสูงมีไอน้ำลดลง โอกาสที่น้ำในบริเวณที่มีความชื้นต่ำจะระเหยก็มีมากขึ้น

- สภาพความชื้นในดิน พืชต้องอาศัยความชื้นจากดินในการคายน้ำ ถ้าสภาพความชื้นในดินน้อยพืชก็ต้องเก็บน้ำไว้ใช้มากกว่าที่ปล่อยไปเพื่อการคายน้ำ

ปัจจัยทางด้านพืช

ปัจจัยทางด้านพืชมีผลต่อการคายระเหยน้ำอยู่ในรูปการคายน้ำจากปากใบของพืช ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชพรรณ ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไป เช่น จำนวนใบ ขนาดใบ จำนวนปากใบ เป็นต้น ซึ่งทำให้โอกาสที่พืชคายน้ำได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน นอร์ตัน (2541) กล่าวว่า การปิดปากใบ จำนวนและขนาดของใบ จำนวนใบ การม้วนหรือการพับของใบ ความลึกและการเพิ่มจำนวนของราก มีผลต่อการคายน้ำของพืช เช่น หากพืชมีใบมากขึ้น หรือพื้นที่ผิวใบยิ่งมาก การคายระเหยน้ำก็ยิ่งมาก ในหญ้าบางชนิดจะมีการม้วนของใบเพื่อลดพื้นที่ในการคายน้ำ

1.3 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

1.3.1. การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยวิธีตราวัด (ไอสด, 2543)

1.3.1.1 ถังวัดการใช้น้ำ (lysimeter)

ถังวัดการใช้น้ำ เป็นการนำถังฝังลงในดินซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่ปลูกพืชชนิดเดียว โดยมีสภาพของดินภายในและภายนอกคล้ายคลึงกันมากที่สุด ปริมาณการใช้น้ำของพืชนิยมนอกเป็นค่าความลึกของน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา เช่น มิลลิเมตรต่อวัน ถังวัดการใช้น้ำสามารถแยกออกได้ตามลักษณะการทำงาน 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

ก. ประเภทวัด โดยไม่เกี่ยวข้องกับน้ำหนัก เป็นการวัดปริมาตรหรือความลึกของน้ำที่หายไปจากถังแล้วเทียบมาเป็นปริมาณน้ำที่พืชใช้ได้แก่

- ถังวัดการใช้น้ำแบบระบายน้ำ โดยอาศัยความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปและระบายออกที่ก้นถัง

- ถังวัดการใช้น้ำแบบน้ำใต้ดินคงที่ เป็นการให้น้ำแก่พืชที่ปลูกโดยทางใต้ผิวดิน โดยการสร้างน้ำใต้ดินที่มีระดับคงที่ขึ้นภายในถังซึ่งระดับน้ำใต้ดินดังกล่าวนี้ควบคุมโดยวาล์วลูกลอย

- ถังวัดการใช้น้ำของข้าว สำหรับวัดการใช้น้ำของข้าวโดยเฉพาะ ประกอบด้วยถังขนาดเดียวกัน 4 ถัง เป็นถังเปิดหัวท้ายทั้งสองด้าน จำนวน 2 ถัง และปิดก้นจำนวน 2 ถัง ในแต่ละแบบจะมีถังหนึ่งที่ไม่มีการปลูกข้าว แต่จะใช้วัสดุแบบอื่น เช่น หล้าแห้งปักแทนข้าว

ข. ประเภทวัดโดยอาศัยน้ำหนัก วัดการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยน้ำหนักหรือส่วนที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนัก เช่น ความดันหรือความเค้น ได้แก่

- ถังวัดการใช้น้ำแบบวัดด้วยเครื่องชั่ง

- ถังวัดการใช้น้ำแบบหุ่นลอย

1.3.1.2 ถาดวัดการระเหย

ถาดวัดการระเหย เป็นเครื่องที่ใช้วัดการระเหยของน้ำ ค่าที่อ่านจากขอวัดระดับน้ำเป็นเซนติเมตรแต่นิยมใช้วัดเป็นมิลลิเมตร โดยกรณีที่ไม่มีฝนตกลงมา การระเหยจะมีค่าเท่ากับน้ำที่ลดลงไปในถาดวัดการระเหย ถาดวัดการระเหยมีอยู่หลายรูปแบบ แต่ที่ใช้เป็นมาตรฐานในสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยานั้นเป็นถาดวัดการระเหยแบบ Class-A

จากการศึกษาของ Koichiro (1996) พบว่าการคายระเหยน้ำเฉลี่ยในป่าธรรมชาติเขตร้อนชื้นมีค่าอยู่ระหว่าง $1,450-1,750 \text{ mm year}^{-1}$ และในป่าธรรมชาติเขตกึ่งร้อนอยู่ระหว่าง $1,150-1,400 \text{ mm year}^{-1}$ ค่าการคายระเหยจากถาด (pan evaporation) ที่ลีนถิ่น จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ของสถานีวิจัยลุ่มน้ำแม่กลองมีค่าเท่ากับ $1,340 \text{ mm year}^{-1}$ หากคำนวณปริมาณการคาย

ระเหยจริงโดยให้เท่ากับ 0.7 ของค่าที่ได้จากถาดวัดการระเหยจะมีค่าเท่ากับ 938 mm year⁻¹ (Suksawang and Tangtham, 1996)

1.3.2. การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศ

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมทั่วไปในการหาค่าการใช้น้ำของพืชในหมุ่บัณฑิตนิคมวิทยา เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก

1.3.2.1 Penman-Monteith

เป็นวิธีการสำหรับใช้คำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration ; ET₀) (Allen *et.al.*, 1998)

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

เมื่อ R_n คือ พลังงานสุทธิดวงอาทิตย์เหนือทรงพุ่ม (MJ m⁻² day⁻¹) G คือพลังงานความร้อนที่เก็บไว้ในดิน (MJ m⁻² day⁻¹) T คือ อุณหภูมิอากาศ (°C) Δ คือ ความชันของกราฟความดันไอน้ำอิ่มตัว (kPa °C⁻¹) U₂ คือ ความเร็วลม (m s⁻¹) e_s คือ ความดันไอน้ำอิ่มตัวเฉลี่ยของบรรยากาศ (kPa) e_a คือ ความดันไอน้ำเฉลี่ยของบรรยากาศ (kPa) γ คือ psychrometric constant (kPa °C⁻¹) หาได้จากสมการ (5) (Allen *et.al.*, 1998)

$$\gamma = \frac{C_p^{air} \times P_a}{\lambda_v \times MW_{ratio}} \quad (2)$$

เมื่อ C_p^{air} คือ ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศแห้ง (MJ kg⁻¹ °C⁻¹) P_a คือ ค่าความดันบรรยากาศ (kPa) λ_v คือ ความร้อนแฝงที่น้ำกลายเป็นไอ เท่ากับ 2.45 (MJ kg⁻¹) MW_{ratio} คือ สัดส่วนระหว่างมวลโมเลกุลของน้ำต่ออากาศแห้ง (ใช้ค่า 0.622)

ยุทธนาและเอกสิทธิ์ (2546) ได้ทำการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชของปี 2543 และปี 2544 โดยวิธี Penman-Monteith เท่ากับ 1,043 และ 1,036 mm year⁻¹ ในขณะที่วิธี Fuzzy logic เท่ากับ

1,082 และ 1,080 mm year⁻¹ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน โดยสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.705 และ 0.710

1.3.2.2 Blaney-Criddle

วิธีนี้อยู่บนพื้นฐานความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการใช้น้ำของพืชในแปลงปลูกจาก Western United State และข้อมูลเฉลี่ยรายเดือน และ%ของชั่วโมงกลางวันของเดือนนั้นในระยะเวลา 1 ปี (Blaney, 1955) ค่าสูตรถูกพัฒนาโดย FAO (Doorenbos and Pruitt, 1977) มีสมการดังนี้ (พัชร, 2549)

$$ET_p = k \frac{T_a P}{100} \quad (3)$$

โดย ET_p คือค่าการใช้น้ำของพืช (in mol⁻¹) T_a คือ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศรายเดือน (°F) k คือสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช p คือ%ของชั่วโมงกลางวันของเดือนนั้นในระยะเวลา 1 ปี

Bowen ratio

Bowen ratio เป็นการหาอัตราการคายระเหยน้ำจริงที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างพลังงานความร้อนที่ใช้เผาผลาญอากาศต่อพลังงานความร้อนที่ใช้เผาผลาญน้ำ ($\beta = H/LE_t$) โดยใช้สมการของสมดุลพลังงาน (energy balance method) เป็นสมการเบื้องต้นดังนี้ (Steven, 2001)

$$0 = R_n + G + LE_t + H \quad (1)$$

เมื่อ R_n คือค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์ ($W m^{-2}$), G คือพลังงานความร้อนในดิน ($W m^{-2}$), LE_t คือ พลังงานความร้อนในการเผาผลาญน้ำ ($W m^{-2}$), H คือพลังงานความร้อนในการเผาผลาญอากาศ ($W m^{-2}$) จากสมการดังกล่าวสามารถเขียนเป็นพลังงานความร้อนที่ใช้เผาผลาญน้ำเป็น

$$LE_t = \frac{R_n + G}{1 + \beta} \quad (2)$$

เมื่อ R_n คือค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์ ($W m^{-2}$), G คือพลังงานความร้อนในดิน ($W m^{-2}$), LE_e คือพลังงานความร้อนในการเผาผลาญน้ำ ($W m^{-2}$), β คือ Bowen ratio ไม่มีหน่วย

John, *et al.* (1997) กล่าวว่าวิธี Bowen ratio สามารถใช้ในการหาค่าการคายระเหยน้ำรายวันตลอดทั้งฤดูกาลได้และใช้ประมาณค่าการคายระเหยน้ำในเขตที่มีสภาพภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้งได้เช่นกัน ปิยพงษ์ (2544) ได้ศึกษาการประเมินค่าการคายระเหยน้ำโดยวิธี Bowen ratio ในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินหลายรูปแบบของจังหวัดสุโขทัย พบว่าในพื้นที่นาข้าวมีค่าการคายระเหยน้ำรายวันเฉลี่ย 4.4 mm พื้นที่ไร่อ้อยและพื้นที่ไร่ข้าวโพดมีค่าการคายระเหยน้ำรายวันเฉลี่ยในช่วงเริ่มต้นการเพาะปลูกเท่ากับ 3.8 และ 3.1 mm ตามลำดับ และในช่วงเจริญเติบโตเต็มที่เท่ากับ 4.1 และ 3.7 mm ตามลำดับ ป่าเบญจพรรณผสมป่าเต็งรัง มีค่าการคายระเหยน้ำเฉลี่ยรายวันในฤดูหนาวเท่ากับ 4.3 mm และในฤดูฝนเท่ากับ 4.9 mm

พัชร (2549) ศึกษาการหาปริมาณการใช้น้ำในระดับแปลงปลูกของยางพาราอายุ 10 ปีและ 2 ปี โดยวิธีตัดส่วนของโบเวน โดยทำการทดลองตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2548 พบว่าการคายระเหยน้ำรายเดือนของแปลงปลูกยางพาราอายุ 10 ปีมีค่า 174.62, 208.71, 107.59, 208.89, 188.36 และ 212.32 mm month⁻¹ ตามลำดับ ส่วนแปลงปลูกยางพาราอายุ 2 ปี มีค่าการคายระเหยน้ำรายเดือนเท่ากับ 181.61, 225.69, 269.88, 242.84, 240.42 และ 181.07 mm month⁻¹ ตามลำดับ แต่เนื่องจากแปลงปลูกยางพาราอายุ 10 ปี มีดินขางปกคลุมเต็มพื้นที่ทำให้ช่วยลดการสูญเสียน้ำโดยการคายระเหยน้ำจากดินจึงทำให้แปลงปลูกยางพาราอายุ 2 ปี มีค่าการคายระเหยน้ำสูงกว่าแปลงปลูกยางพาราอายุ 10 ปี

Yabuki *et al.* (1983) ทำการศึกษาค่าการคายระเหยน้ำในพื้นที่ปลูกอ้อย พื้นที่ป่าดิบแล้ง และพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่ามีค่าเฉลี่ยการคายระเหยน้ำเท่ากับ 0.27, 0.14 และ 0.12 mm hour⁻¹ โดยกระบวนการคายน้ำขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศ ความเร็วลม สิ่งปกคลุมดินและธรรมชาติของดินเอง ซึ่งการคายน้ำของดินไม่ทำให้ดินสูญเสียน้ำมากกว่าการระเหยน้ำและกล่าวอีกด้วยว่ากระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดการสูญเสียในดินได้แก่ กระบวนการคายระเหย (Lutz and Chandler, 1957) และ Pukngam (2001) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการคายระเหยน้ำจากพื้นที่นาข้าว และพื้นที่ป่าชนิดต่างๆ ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยวิธี Bowen ratio ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2540 ถึงพฤษภาคม 2542 พบว่า การคายระเหยน้ำจริงเฉลี่ยรายวันของพื้นที่นาข้าว มีค่าเท่ากับ 3.3 mm ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมป่าเต็งรัง และสวนป่าสัก มีการคายระเหยน้ำจริงเท่ากับ 3.7 และ 3.6 mm day⁻¹ ตามลำดับ

วิธี Bowen ratio สามารถใช้ในการหาค่าการใช้น้ำเฉลี่ยรายวันของพืชชนิดต่างๆ ได้ และสามารถหาค่าการใช้น้ำได้ทุกพื้นที่ ทั้งในพื้นที่นาข้าว พื้นที่ปลูกพืชไร่ ป่าชนิดต่างๆ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการใช้ถังวัดการใช้น้ำ

ความชื้นในดิน

ความชื้นในดิน หมายถึง ปริมาณน้ำที่ถูกดูดยึดไปเก็บสะสมอยู่ในดินตามส่วนที่เป็นช่องว่างของดิน โดยความชื้นในดินนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของก๊าซที่ปรากฏอยู่ในดิน เนื่องจากความชื้นและก๊าซต่างก็อยู่ในส่วนที่เป็นช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน เมื่อดินมีความชื้นมากย่อมทำให้ปริมาณก๊าซที่อยู่ในดินลดลง ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างดินและบรรยากาศเหนือพื้นดินเป็นไปได้ยาก ทำให้ก๊าซออกซิเจนมีน้อยลง ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีมากขึ้น และน้ำในดินนี้เป็นส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

การวัดความชื้นของดิน

1. วิธีวัดโดยน้ำหนัก (gravimetric method) วิธีนี้เป็นแบบง่ายๆ คือ เก็บตัวอย่างดินที่ต้องการทราบความชื้นใส่กระป๋องความชื้น (moisture can) หรือห่อไว้ในแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ทราบมวลอยู่แล้ว รวบรวมตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกชนิดแน่นกันการรั่วไหลของไอน้ำ เมื่อนำกลับมาถึงห้องปฏิบัติการชั่งตัวอย่างดินพร้อมภาชนะบรรจุก่อนอบ จากนั้นนำเข้าอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105-110 °C ประมาณ 24 ชั่วโมง ชั่งมวลอีกครั้งเมื่อตัวอย่างเย็นแล้ว นำผลที่ได้มาคำนวณระดับความชื้นโดยมวล ดังสมการ

$$\theta_m = \frac{m_w}{m_s} \quad (3)$$

เมื่อ θ_m คือ ระดับความชื้นโดยมวล, m_w คือ มวลของน้ำในดิน (g), m_s คือ มวลของดินแห้งสนิท (g)

2. การใช้แท่งวัดความต้านทานไฟฟ้า (electrical resistance block) ประกอบด้วยแท่งวัสดุพอร์ซเลนขนาดเท่ากล่องไม้ขีดไฟ ซึ่งมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ฝังอยู่ภายในและมีสายไฟต่อเชื่อมออกมาสู่ภายนอก มีมิเตอร์วัดความต้านทานไฟฟ้า แท่งวัสดุพอร์ซเลนอาจเป็นพวกยิปซัม ไฟเบอร์กลาส หรือวัสดุพอร์ซเลนอื่นๆ การวัดความชื้นโดยวิธีนี้ต้องสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับค่าความต้านทานที่อ่านได้จากการวัดเส้นโค้งที่สร้างขึ้นสำหรับดินหนึ่งควรใช้เฉพาะกับดินนั้น (calibration curve) ถ้าเปลี่ยนชนิดของดินก็ควรสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่าขึ้นมาใหม่ เพราะลักษณะเฉพาะตัวทางความชื้นในดิน รวมทั้งปริมาณเกลือในดินแต่ละแห่งจะไม่เหมือนกัน แม้แต่ใช้วัดในดินเดียวกัน

3. การใช้เทนซิโอมิเตอร์ (tensiometer) เทนซิโอมิเตอร์ออกแบบไว้สำหรับวัดความดึง วัสดุพื้นของน้ำในดิน (matric suction) ซึ่งผันแปรโดยกลับกับระดับความชื้นในดินจึงสามารถตัดแปลงเทนซิโอมิเตอร์มาใช้วัดความชื้นได้ ค่าที่อ่านได้จากการใช้เทนซิโอมิเตอร์ไม่ใช่ความชื้นในดิน จึงมีความจำเป็นต้องสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่าก่อนนำเครื่องไปใช้งาน การสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่าทำได้โดยเตรียมตัวอย่างดินให้มีระดับความชื้นที่ทราบค่าแน่นอนต่าง ๆ กัน แล้วฝังเทนซิโอมิเตอร์ลงไปอ่านค่าจากเครื่องมือที่ถึงสมดุล ทำเช่นนี้หลาย ๆ ครั้ง แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้จากเครื่องมือกับระดับความชื้นในดิน (calibration curve)

4. เครื่องวัดความชื้นด้วยนิวตรอน (neutron moisture gauge) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดระดับความชื้นโดยอาศัยหลักการชนระหว่างนิวตรอนความเร็วสูงนิวตรอนความเร็วสูงจะถ่ายทอดพลังงานของมันให้ไฮโดรเจนอะตอม แล้วตัวมันเองเป็นนิวตรอนความเร็วต่ำ จำนวนของนิวตรอนจึงผันแปรโดยตรงกับระดับความชื้นดิน ค่าที่ได้จากเครื่องไม่ใช่ค่าความชื้นในดิน จึงทำให้มีการสร้างเส้นโค้งเปลี่ยนค่าสำหรับดินชนิดนั้นขึ้นมาเสียก่อน สำหรับปัจจุบันบางเครื่องก็จะมีหน่วยประเมินผลอยู่ภายใน จึงทำให้สามารถรู้ค่าความชื้นได้ทันที เมื่อนับจำนวนนิวตรอนความเร็วต่ำเสร็จ

5. เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ TDR (Time Domain Reflectometry) เป็นเครื่องวัดความชื้นในดินที่มีการทำงานโดยใช้วัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโมเลกุลน้ำ เพื่อใช้ประมาณความชื้นในดิน ค่าที่ได้เป็นสัดส่วนโดยปริมาตรโดยตรงและสามารถฝังไว้ในดินเพื่อทำการวัดที่เดิมได้อย่างต่อเนื่องโดยรบกวนดินเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Topp และคณะ, 1980 อ้างโดย อมลรัตน์, 2544) สามารถวัดความชื้นในดินบริเวณใกล้ผิวดิน มีความเป็นอิสระกับชนิดดินและความเค็มของดิน

6. เครื่องวัดความชื้นในดินแบบ ECH₂O เป็นเครื่องวัดความชื้นดินโดยการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าที่ถูกส่งออกไปและสะท้อนกลับมายังเครื่องมือ ค่าที่วัดได้เป็นสัดส่วนโดยปริมาตรและมีความไวต่ำต่อความเค็มและอุณหภูมิในดิน มีความละเอียดสูง ทำให้ได้ค่าที่แม่นยำ ต่อการศึกษาการใช้ให้น้ำรายวันหรือรายชั่วโมงได้ และนอกจากนี้ยังมีความต้องการพลังงานต่ำมาก ทำให้สามารถวัดความชื้นดินได้ระยะยาวมากขึ้น (Envco – Environmental Equipment, 2009)

Harding *et al.* (1992) ได้ทำการศึกษาความผันแปรของความชื้นในดินภายใต้สวนป่ายูคาลิปตัส สนทะเล และกระถินยักษ์ในประเทศอินเดียเปรียบเทียบกับพื้นที่เกษตร พบว่า ในป่าธรรมชาติ ความชื้นในดินจะถูกใช้จนเกือบหมดเมื่อสิ้นฤดูร้อน โดยดินในทุกรูปแบบการใช้ที่ดินจะเปียกในช่วงฤดูฝน แต่หลังหมดฤดูฝนแล้ว ความชื้นดินของป่าธรรมชาติจะลดลง 3-5 mm โดยในสวนป่าทั้ง 3 ชนิด มีอัตราการลดลงของความชื้นในดินคล้ายคลึงกันแต่แตกต่างจากพื้นที่เกษตรซึ่งมีอัตราการลดลงช้ากว่ามาก

ยุทธพงษ์ (2542) ได้ทำการศึกษาความผันแปรของความชื้นในดินภายใต้สวนสักอายุ ต่างๆ บริเวณสวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ความชื้นในดินของสวนสักอายุ 1, 6, 11, 16 และ 20 ปี มีปริมาณความชื้นในดินเพิ่มขึ้นตามระดับความลึก และเมื่อเปรียบเทียบความชื้นในดินระหว่างสวนสักและป่าธรรมชาติ พบว่า ป่าธรรมชาติมีปริมาณความชื้นในดินสูงกว่าสวนสักทุกอายุ ในทุกระดับความลึก

รัชณีวรรณ (2547) ทำการศึกษาความผันแปรของความชื้นในดินบริเวณไร่มันสำปะหลัง อำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ความชื้นเฉลี่ยรายวันสูงสุดเท่ากับ 40.3% โดยปริมาตรในเดือนกันยายน 2546 และต่ำสุด 18.4 % โดยปริมาตรในเดือนกุมภาพันธ์ 2546 โดยบริเวณที่มีความผันแปรของความชื้นดินมากที่สุดคือที่ระดับความลึก 0-5 และ 5-20 cm จากผิวดิน ปริมาณความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและช่วงเวลาเพาะปลูก โดยในช่วงน้ำหลากปริมาณความชื้นในดินมีค่าเฉลี่ย 31.6 % โดยปริมาตร และในช่วงแล้งฝนมีค่าความชื้นในดินเฉลี่ย 27.7 % โดยปริมาตร และปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ที่ดินเก็บเอาไว้เพียงพอสำหรับพืชอยู่ในชั้นดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 0-20 cm

สิทธิพร (2530) กล่าวว่า การคายระเหยน้ำจากผิวดินขึ้นอยู่กับความชื้นในดิน ถ้าดินมีความชื้นมากจะมีการระเหยน้ำมาก ดินที่มีสีเข้มจะมีการระเหยน้ำมากกว่าดินที่มีสีอ่อนและน้ำที่ระเหยจากบริเวณที่มีพืชปกคลุมจะมีปริมาณมากกว่าในที่โล่งแจ้งถึง 8.5 เท่า

ศศิวิมล (2544) พบว่าผลกระทบโดยตรงที่มีผลต่อความชื้นดิน ได้แก่ จำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดด อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์

ยุพาพร (2547) กล่าวว่าอุณหภูมิดินของ โรงเรียนบ้านยางสูงที่ระดับความลึก 5 cm จากผิวดิน มีอุณหภูมิสูงกว่าที่ระดับความลึก 10 cm จากผิวดิน เนื่องจากที่ระดับความลึก 10 cm มีความชื้นในดินมากกว่าและที่ความลึกนี้ดินได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์น้อยกว่าดินที่ผิวดินจึงทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าที่ระดับความลึก 5 cm

ความชื้นในดินจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนและความลึกของดิน โดยปริมาณน้ำฝนมากจะทำให้ปริมาณความชื้นในดินเพิ่มมากขึ้น และเมื่อปริมาณน้ำฝนน้อยหรือช่วงที่ไม่มีฝนตกลงมาเลย ความชื้นในดินจะมีค่าเพียงเล็กน้อย (อมลรัตน์, 2544) และและดินที่อยู่ลึกลงไปจากผิวดินจะมีความชื้นดินมากกว่าผิวดิน สมเกียรติ (2538) พบว่าปริมาณความชื้นในดินเฉลี่ยตลอดปีในพื้นที่ป่าดิบแล้งและสวนป่าทดแทนจะมีความชื้นมากที่สุดบริเวณผิวดิน (5 cm.) และที่ความลึก 20 cm. ความชื้นดินจะลดลงมาก เนื่องจากปริมาณของรากพืชมีมากที่บริเวณใกล้ผิวดิน จากนั้นความชื้นดินจะเพิ่มขึ้นเมื่อความลึกของดินเพิ่มมากขึ้น

พลังงานความร้อนของดิน

พลังงานความร้อนที่โลกได้รับอยู่ในรูปของรังสีจากดวงอาทิตย์ พลังงานความร้อนส่วนหนึ่งที่มาถึงพื้นโลกจะถูกดูดกลืนและถ่ายเทสู่ดิน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำที่อยู่ในดินไปเป็นไอน้ำออกสู่บรรยากาศในรูปของการระเหยน้ำที่ผิวดิน ซึ่งผิวดินมีความสำคัญที่สุดในเรื่องอุณหภูมิดิน เพราะที่ผิวดินเป็นรอยต่อระหว่างดินกับชั้นบรรยากาศที่มีการถ่ายเทกลับไปกลับมาของพลังงานความร้อนระหว่างภายในชั้นหน้าตัดดินและชั้นบรรยากาศ พลังงานความร้อนที่ผิวดินได้รับจะส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวดินมีค่าสูงขึ้น พลังงานความร้อนที่สะสมไว้ที่ผิวดินจะถูกเคลื่อนย้ายลงไปชั้นหน้าตัดดิน ทำให้อุณหภูมิในชั้นหน้าตัดดินสูงขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) และการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิผิวดินหรือชั้นหน้าตัดดินจะผันแปรไปตามลักษณะภูมิอากาศ เช่น รังสีแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวดินในช่วงเวลากลางวันมีมากน้อยเพียงไร และ

นานเท่าใด ถ้ามีเมฆมาก โอกาสที่รังสีแสงอาทิตย์จะกระทบผิวดินด้วยความเข้มสูงก็มีน้อย และการเคลื่อนที่ของน้ำฝนที่ตกลงมาสู่ชั้นหน้าตัดดิน ถ้าอุณหภูมิของน้ำฝนสูงกว่าอุณหภูมิในชั้นหน้าตัดดิน จะมีผลทำให้อุณหภูมิดินสูงขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

กระบวนการส่งผ่านพลังงานความร้อนที่ได้รับเข้าไปในชั้นหน้าตัดดิน เกิดขึ้นใน 3 ลักษณะ คือ การแผ่รังสีความร้อน การพาความร้อนและการนำความร้อน ซึ่งกระบวนการที่สำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดิน คือ กระบวนการนำความร้อน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) การนำความร้อนเกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างกันระหว่างแหล่งสองแหล่งภายในชั้นหน้าตัดดิน ซึ่งตัวกลางในการนำความร้อนได้แก่ องค์ประกอบดินทุกอย่าง เช่น อนุภาคทราย ซิลต์ ดินเหนียว อินทรีย์วัตถุ รวมทั้งปริมาณน้ำในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) Hamdeh et al. (2001) พบว่าดินที่มีเปอร์เซ็นต์อนุภาคดินเหนียวสูง มีการนำความร้อนต่ำ และดินทรายมีค่าการนำความร้อนสูงกว่าดินร่วนเหนียว

ปริมาณน้ำในดินมีความสำคัญต่อการนำความร้อน เนื่องจากน้ำที่ล้อมรอบอนุภาคดินจะเป็นเหมือนตัวเชื่อมตัวกลางการนำความร้อน เพราะจะทำให้อนุภาคดินมีจุดสัมผัสและพื้นที่ของจุดสัมผัสมากขึ้นทำให้การนำความร้อนมีความต่อเนื่องกัน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) โดยพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทลงสู่ดินนั้นจะมากหรือน้อยนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับอนุภาคดินและปริมาณน้ำในดินแล้วยังขึ้นอยู่กับสีของดิน ปริมาณอากาศในดิน โครงสร้างของดิน รวมทั้งความลาดชันและทิศทางที่ได้รับแสงอาทิตย์ด้วย (เอกสารประกอบการเรียนวิชาอุณหภูมิมหาบัณฑิต, มปป) Matthew and David (2009) กล่าวว่า การนำความร้อนดินขึ้นอยู่กับความชื้นดิน ซึ่งสอดคล้องกับ Ghauman and Lal (1985) ที่กล่าวว่า ค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นดินเพิ่มขึ้น

2. ยางพารา

2.1 ลักษณะทั่วไปของยางพารา

ยางพาราจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย (เอกชัย, 2547) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* ชื่อสามัญคือ Para rubber ยางพารามีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ แถบลุ่มน้ำอะเมซอนของประเทศบราซิล ใน ค.ศ.1867 เซอร์เฮนรี วิคแฮม ได้นำเมล็ดยาง

จากบราซิลมาเพาะที่อุทยานคิวในกรุงลอนดอนและส่งกล้าออกไปปลูกในสวนพฤกษชาติที่กรุงกัลกัตตาประเทศอินเดีย ซึ่งนับเป็นการปลูกยางพาราครั้งแรกในทวีปเอเชีย (เรวัต, 2542)

การปลูกยางพาราในประเทศไทยไม่มีบันทึกหรือประวัติที่แน่นอน แต่เป็นที่เข้าใจว่าราว พ.ศ. 2442 - 2444 พระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี (คอซิมบี๊ ณ ระนอง) เจ้าเมืองตรังเป็นผู้นำต้นยางเข้ามาปลูกเป็นครั้งแรกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ต่อมาจากรายชื่อนำมาปลูกเป็นสวนยางในแถบจังหวัดตรัง และนราธิวาส ตามลำดับ ในจังหวัดจันทบุรี หลวงราชไมตรี (ปุม ปุณศรี) ได้เป็นผู้นำไปปลูกเมื่อประมาณ พ.ศ. 2454 และสำหรับในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยนั้น กองการยาง กรมวิชาการเกษตร ได้ทดลองปลูกเป็นผลสำเร็จในระหว่าง พ.ศ. 2521-2523 (เรวัต, 2542)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.2.1 ราก ยางพาราเป็นพืชที่มีระบบรากแก้ว เมื่ออายุ 3 ปี รากแก้วจะหยั่งลงดินมีความยาวประมาณ 2.5 m และมีรากแขนงที่แผ่ไปทางด้านข้าง ยาว 7-10 m

2.2.2 ลำต้น ยางพาราเป็นพุ่มไม้ยืนต้น ถ้าปลูกจากเมล็ดจะมีลักษณะเป็นรูปกรวย แต่ถ้าปลูกโดยใช้ต้นติดตาจะมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ความสูง 30-40 m ต้นยางอ่อนเจริญเร็วมากทำให้เกิดช่วงปล้องยาว เมื่ออายุน้อยเปลือกสีเขียว แต่เมื่ออายุมากขึ้นเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเทาอ่อน เทาดำ หรือน้ำตาล เปลือกของลำต้นยางพาราแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ cork เป็นส่วนที่เป็นเปลือกแข็งชั้นนอกสุด ถัดมาเป็น hard bark ประกอบด้วย parenchyma cell และ disorganisd sieve tube มีท่อน้ำยาง (latex vessel) ที่มีอายุมากกระจัดกระจายอย่างไม่ต่อเนื่อง และ soft bark เป็นส่วนในสุดของเปลือกติดกับเนื้อเยื่อ cambium ประกอบด้วย parenchyma cell และ sieve tube มีท่อน้ำยางซึ่งเวียนจากซ้ายไปขวา ทำมุม 30-35 องศากับแนวตั้ง ดังนั้นในการกรีดเพื่อเอาน้ำยาง จึงต้องกรีดลงจากซ้ายไปขวา เพื่อตัดท่อน้ำยางให้ได้จำนวนมากที่สุด

2.2.3 เปลือกยาง เปลือกยางจะห่อหุ้มอยู่ภายนอกต้นยาง เป็นส่วนของท่ออาหารที่เกิดจากการแบ่งตัวออกมาทางด้านนอกของเยื่อเจริญ (cambium) ซึ่งเป็น เนื้อเยื่อชั้นบาง ๆ อยู่ระหว่างเนื้อไม้ และเปลือกไม้ การแบ่งตัวนี้จะเกิดขึ้นตลอดเวลา ถ้าแบ่งตัวออกทางด้านนอกจะกลายเป็นเปลือกยาง และแบ่งตัวเข้าทางด้านในจะเป็นเนื้อไม้ ในการศึกษาเกี่ยวกับผลผลิตของต้นยางจะเน้นที่

เปลือกยาง ซึ่งเป็นแหล่งเก็บเกี่ยวผลผลิต เท่านั้น เพราะเป็นที่อยู่ของท่อน้ำยาง ส่วนในเนื้อไม้จะไม่ มีน้ำยางเพราะไม่มีท่อน้ำยาง

ในส่วนของเปลือกยาง เนื้อเยื่อที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ ก็จะดันเนื้อเยื่อส่วนที่เกิดขึ้นก่อน ออกมาทางด้านนอก ดังนั้นเนื้อเยื่อที่อยู่ใกล้เยื่อเจริญ จึงเป็นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นใหม่และมีความสมบูรณ์ ที่สุด เมื่อต้นยางมีอายุมากขึ้นเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นก่อน ซึ่งอยู่ไกลจากเยื่อเจริญ โดยเฉพาะเซลล์พวง parenchyma บางเซลล์จะมีผนังหนาขึ้น เนื่องจากมีสารลิกนิน (lignin) มาสะสมที่ผนังเซลล์ เกิดเป็น stone cell ที่มีขนาด ของเซลล์ขยายใหญ่ขึ้นกว่าเดิมมาก ซึ่ง stone cell เหล่านี้ เมื่อขยายรูกล้ำ เข้าไป ในชั้น หรือวงของท่อน้ำยาง จะทำให้ท่อน้ำยางในวงนั้น ๆ ไม่สมบูรณ์ ขาดการติดต่อกัน stone cell นี้ ถ้ามองด้วยตาเปล่าจะเห็นมีลักษณะคล้ายเม็ดทราย และเป็นส่วนที่ทำให้เปลือกยางแข็งมากขึ้น ซึ่ง จะเห็นได้ว่า ต้นยางที่ปลูกในที่ที่ไม่เหมาะสมหรือการดูแลรักษาไม่ดี นอกจากจะให้ผลผลิตต่ำแล้ว เปลือกยางยังแข็ง และกริดยาวกว่าปกติ การเกิด stone cell จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสาเหตุหลาย ประการ เช่น พันธุ์ยาง อายุของต้นยาง สภาพแวดล้อม ความชื้นในดิน และความอุดมสมบูรณ์ของ ดิน

2.2.4 ใบยาง ใน 1 ก้านใบของใบยางมีใบย่อยอยู่ 3 ใบหรือเป็น 3 แฉก ใบยางพาราจะ เจริญเติบโตเป็นชั้นๆ เรียกว่า “ฉัตร” การแตกฉัตรตั้งแต่ใบฉัตรอ่อนจนเป็นใบฉัตรแก่ ใช้เวลา 2-3 เดือน แล้วแต่ความสมบูรณ์ของต้น ต้นยางที่อายุไม่ถึง 3 ปี จะไม่ผลัดใบถ้าเป็นต้นโตแล้ว จะผลัดใบ ในฤดูแล้งของทุกปี

2.2.5 ดอกยางพารา ดอกยางพารามีลักษณะเป็นช่อยาวจากปลายกิ่ง เป็นดอกสมบูรณ์ เพราะมีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย ในช่อเดียวกัน สีของดอกเป็นสีเหลือง ยางพาราจะออกดอกหลัง ผลัดใบ แล้วแตกใบใหม่ในช่วงเดือนพฤษภาคม- มิถุนายน

2.2.5 ลูกยาง (ผล) ผลมีลักษณะเหมือนผลแอปเปิ้ล แต่มีขนาดเล็กกว่า มีลักษณะเป็นพู 3 พู ในแต่ละพูจะมีเมล็ดอยู่ข้างใน ผลอ่อนมีผิวสีเขียว เมื่อผลแก่มีผิวสีน้ำตาลและแข็ง

2.2.6 เมล็ด เมล็ดของยางพารามีความยาวและกว้างประมาณ 2.0-2.3 cm x 1.5-2.5 cm มีน้ำหนักประมาณ 3-6 กรัมต่อเมล็ด เมล็ดมีพื้นเป็นสีขาว มีลายเป็นสีน้ำตาล ความงอกของเมล็ดเมื่อ เก็บใหม่ๆ ในอุณหภูมิปกติเปอร์เซ็นต์ความงอกจะสูง ต่อมาเปอร์เซ็นต์ความงอกจะลดลงเรื่อยๆ

เพราะในเมล็ดมีน้ำมัน ซึ่งพืชที่มีน้ำมันในเมล็ด จะมีความงอกลดลงได้รวดเร็ว โดยปกติเมล็ดของพาราจะรักษาความงอกได้ประมาณ 20 วัน

2.2.7 น้ำยาง น้ำยางมีลักษณะเป็นของเหลวมีสีขาวจนถึงสีขาวปนเหลือง ขุ่นและข้น มีความหนาแน่น 0.975-0.980 g/mm มี pH 6.5-7.0 ความหนืดไม่แน่นอน ส่วนประกอบของสารต่างๆ ไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น พันธุ์ยาง อายุต้นยาง การกรีด และฤดูกาล เป็นต้น ยางธรรมชาติ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (สถาบันวิจัยยาง, 2536) ซึ่งในน้ำยางจะมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง เมื่อนำมาทำเป็นเนื้อยางแห้งแล้วจะมีเปอร์เซ็นต์ยางได้ 25-45 % ที่เหลือเป็นส่วนที่ไม่ใช่ยางเป็นน้ำและสารอื่นๆ (เอกชัย, 2547)

2.3 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการปลูกยางพารา

2.3.1 สภาพพื้นที่

พื้นที่ควรเป็นที่ราบหรือเนินเล็กน้อย ในบริเวณที่มีความลาดชันมากต้องปลูกพืชคลุมดิน หรือทำขั้นบันได เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นและหน้าดิน ระดับความสูงของพื้นที่ไม่เกิน 200 m จากระดับน้ำทะเล ถ้าสูงจากระดับน้ำนี้ทุกประมาณ 200 m จะทำให้ยางพาราเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ (มานะชัย, 2549)

ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา ควรมีโครงสร้างที่เหมาะสมต่อการระบายน้ำและอุ้มน้ำ ได้แก่โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีความร่วนเหนียวพอสมควร มีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวประมาณ 35 % และอนุภาคดินทรายประมาณ 30 % ความเป็นกรดเป็นด่างของดินประมาณ 4.5- 5.0 ดินควรมีหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 m เพื่อให้รากยึดเกาะได้ดี ไม่ควรมีชั้นหินแข็ง หินโผล่พื้นผิวดิน หรือชั้นดินดาน และควรมีระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 1 m

2.3.2 สภาพอากาศ

ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของยางพาราอยู่ระหว่าง 26-30 °C ถ้าต่ำกว่า 15 °C นานเกินไปจะทำให้ต้นยางพาราชะงักการเจริญเติบโต (มานะชัย, 2549) และในพื้นที่ที่มีความชื้นสัมพัทธ์อากาศสูงจะสามารถปลูกยางได้ดีและให้ผลผลิตสูง

เนื่องจากแหล่งน้ำของยางพาราคือน้ำฝน ดังนั้นปริมาณน้ำฝนจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของยางพารา ยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ดี ในพื้นที่ที่มีฝนตกอย่างสม่ำเสมอตลอดปีหรือมีจำนวนวันฝนตกประมาณ 120-150 วันต่อปีโดยทั่วไปปริมาณน้ำฝนไม่ควรต่ำกว่า $1,200 \text{ mm year}^{-1}$

ในบริเวณที่มีลมพัดจัด อาจทำความเสียหายแก่ต้นยางพาราได้ โดยอาจทำให้ชะงักการเจริญเติบโต และเปลือกลำต้นแตกมีน้ำยางไหล เนื่องจากการบิดตัวของเปลือก แต่ถ้าจำเป็นต้องปลูกในบริเวณที่มีลมพัดจัดก็สามารถลดความรุนแรงของลมได้โดย การปลูกในระยะที่ถี่ขึ้นและใช้พันธุ์ที่มีทรงพุ่มโปร่ง (เรวัต, 2542)

2.4 ฤดูปลูก

2.4.1 บริเวณภาคใต้ เป็นพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมาก สามารถปลูกได้ด้วยต้นตอตาหรือยางชำถุงได้ตั้งแต่ กลางเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน ส่วนการปลูกตามเมล็ดที่ร่วงตามฤดู (เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม) สามารถนำมาเพาะและติดตาได้ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน ในกรณีที่ใช้เมล็ดร่วงนอกฤดูจะเจริญจนถึงขนาดติดตาได้ในเดือนกรกฎาคม

2.4.2 บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือและส่วนที่เคยปลูกยางพารามาก่อน ซึ่งปัจจุบันได้แห้งแล้งไปมากสามารถปลูกได้ด้วยต้นตอตาหรือยางชำถุงภายในเดือนมิถุนายน แต่ถ้าเป็นการปลูกลำซ้าหรือปลูกซ่อมหลังจากเวลาดังกล่าว ควรปลูกด้วยยางชำถุงเท่านั้น และควรดำเนินการให้เรียบร้อยภายในเดือนกรกฎาคม

2.4.3 บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นบริเวณแห้งแล้ง ถ้าต้องการปลูกด้วยต้นตอตา ควรดำเนินการให้เสร็จภายในกลางเดือนมิถุนายน ถ้าปลูกจากหลังเวลาดังกล่าวนี้ควรปลูกด้วยยางชำถุงเท่านั้น และปลูกให้เสร็จภายในกลางเดือนกรกฎาคม

2.5 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของยางพาราพันธุ์ RRIM 600

ยางพาราพันธุ์ RRIM 600 เป็นพันธุ์ยางชั้น 1 ปลูกเพื่อกรีดน้ำยางเป็นหลัก สามารถปลูกได้ทุกเขต ไม่จำกัดพื้นที่ปลูก(เอกชัย, 2547) แม่พันธุ์ \times พ่อพันธุ์ คือ Tjir 1 \times PB86 แหล่งกำเนิดมาจากประเทศมาเลเซีย การเจริญของลำต้นปานกลางทั้งในระยะก่อนเปิดกรีดและระหว่างเปิดกรีด

ความสม่ำเสมอของขนาดลำต้นที่เปลี่ยนแปลงปานกลาง เปลือกก่อนกรีดบาง เปลือกงอกใหม่หนาปานกลาง แตกกิ่งช้า มีขนาดปานกลางกิ่งกึ่งมาก ทรงพุ่มมีขนาดปานกลางเป็นรูปพัด ใบมีลักษณะป้อมปลายใบ เริ่มผลัดใบเร็ว ผลผลิตสูงมากใน 2 ปีแรก ปีกรีดต่อๆ มาในช่วงผลัดใบผลผลิตทางภาคใต้ลดลงเล็กน้อย แต่ลดลงมากในเขตพื้นที่แห้งแล้ง ผลผลิตเพิ่มขึ้นในระดับปานกลางเมื่อใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง ระบบกรีดกรีดครั้งลำต้น วันเว้นวัน(1/2d d/2) ด้านทานโรคราแป้งและใบจุดนูนปานกลาง โรคใบร่วงไฟทอปเทรา โรคเส้นดำและราสีชมพูอ่อนแอมมาก มีต้นเปลือกแห้งจำนวนน้อย ความต้านทานลมปานกลาง ปลูกได้ในพื้นที่ลาดชัน ไม่แนะนำให้ปลูกในพื้นที่ที่มีหน้าดินตื้นและพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง

Rao et al. (1998) กล่าวว่า ต้นยางพาราที่โตเต็มที่และเปิดกรีดแล้ว จะผลัดใบช่วงฤดูหนาว จากนั้น 3-4 สัปดาห์ต่อมาจะเริ่มผลัดใบใหม่และออกดอกหลังจากผลัดใบในช่วงฤดูร้อนพอดี ซึ่งช่วงที่ยางพาราผลัดใบนั้นจะไม่มีกรีดยาง เนื่องจากยางพาราต้องนำน้ำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ และใช้ในการคายน้ำ หากกรีดยางช่วงนี้ ต้นยางจะโทรมและให้ผลผลิตน้อย เพราะปริมาณน้ำที่ยางต้องการมีไม่เพียงพอ อาจทำให้ยางตายได้ (นิรนาม, 2551) สอดคล้องกับ Vijayakumar et al. (1998) ที่ว่ายางพาราผลัดใบช่วงฤดูร้อน ทำให้ยางพารามีความต้องการน้ำมาก

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (datalogger รุ่น CR10X, ของบริษัท Campbell ประเทศสหรัฐอเมริกา)
2. หัววัดความเร็วลม (RM Young Wind Sensor Anemometer รุ่น 03101-L20, ของบริษัท Campbell ประเทศสหรัฐอเมริกา)
3. หัววัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแบบอัตโนมัติ (HMP50 Temperature and Relative Humidity Probe, ของบริษัท Vaisala ประเทศฟินแลนด์)
4. เครื่องมือวัดค่าความชื้นในดิน (ECH₂O Probe model EC-10, ของบริษัท Decagon Devices ประเทศสหรัฐอเมริกา)
5. หัววัดรังสีสุทธิดวงอาทิตย์ (net radiation) แบบ photo-electric cell
6. หัววัดอุณหภูมิดิน (thermocouple type T)
7. โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ
8. แปลงปลุกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 อายุประมาณ 10 ปี

วิธีการ

1. การติดตั้งเครื่องมือ

ติดตั้งเครื่องมือ ณ แปลงปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 พื้นที่ 50 ไร่ ที่ศูนย์วิจัยยาง ฉะเชิงเทรา อ.สนามชัยเขต (N13.33 E101.27) ติดตั้งเครื่องมือเพื่อเก็บข้อมูลตามวิธี Bowen ratio ได้แก่ หัววัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ติดที่ 2 ระดับความสูงคือ ภายในทรงพุ่ม (11.5 m) และเหนือทรงพุ่ม (23.5 m) หัววัดค่ารังสีสุทธิของดวงอาทิตย์แบบ photo-electric cell หัววัดความเร็วลม ที่ระดับความสูง 23.5 m หัววัดอุณหภูมิดิน และหัววัดความชื้นดิน ที่ผิวดินและที่ 10 cm จากผิวดิน

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ เก็บข้อมูลทุก 5 นาทีต่อเนื่องกัน 2 ปี ตั้งแต่ 1 มกราคม 2551 ถึง 31 ธันวาคม 2552 เพื่อนำมาใช้คำนวณหาค่าการใช้น้ำระดับแปลงปลูก ณ ศูนย์วิจัยยางฉะเชิงเทรา

นำข้อมูลสภาพอากาศตั้งแต่ปี 2541 -2550 ที่ขอจากสถานีอุตุนิยมวิทยาฉะเชิงเทรา มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้ในการเทียบสภาพอากาศกับปีที่ทำการเก็บข้อมูล ซึ่ง JULIAN DATE ที่ปรากฏในภาพที่ 1-15 หมายถึง วันในรอบปี คือวันที่ 1 มกราคม เป็นวันที่ 1, วันที่ 1 กุมภาพันธ์ เป็นวันที่ 32, วันที่ 31 ธันวาคม เป็นวันที่ 365 (ในกรณีที่ปีนั้นเดือนกุมภาพันธ์มี 28 วัน)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 คำนวณการคายระเหยน้ำ โดยวิธี Bowen ratio (ET^{Bowen}) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$ET^{Bowen} = \frac{R_n + G}{1 + \beta} \quad (4)$$

R_n พลังงานที่เกิดจากรังสีสุทธิของดวงอาทิตย์, $MJ m^{-2} d^{-1}$

G พลังงานความร้อนในดิน, $MJ m^{-2} d^{-1}$

β Bowen ratio, ไม่มีหน่วย

ซึ่งค่า β สามารถคำนวณได้จาก

$$\beta = \frac{C_p P_a (T_2 - T_1)}{L \varepsilon (e_2 - e_1)} \quad (5)$$

c_p ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศแห้ง, $1.00464 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

P_a ค่าความดันบรรยากาศ, 101.3 kPa

ε สัดส่วนระหว่างมวลโมเลกุลของน้ำต่ออากาศแห้ง, 0.622 ไม่มีหน่วย

L ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ, $2.454 \times 10^6 \text{ J kg}^{-1}$

T_1, T_2 อุณหภูมิอากาศที่ระดับความสูง 23.5 m และ 11.5 m ตามลำดับ, K

e_1, e_2 ความดันไอน้ำของบรรยากาศที่ระดับความสูง 23.5 m และ 11.5 m ตามลำดับ, kPa

ค่า e คำนวณได้จาก

$$e = e^o(T) \times \frac{RH}{100} \quad (6)$$

RH ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ, %

$e^o(T)$ ความดันไอน้ำที่อิ่มตัวของบรรยากาศที่เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ, kPa

ค่า $e^o(T)$ คำนวณได้จาก

$$e^o(T) = 0.611 \exp \frac{17.27T}{T + 237.3} \quad (7)$$

T อุณหภูมิอากาศ, K

พจน์ G จากสมการที่ (4) คำนวณได้จาก

$$G = G_c + G_s \quad (8)$$

G_c conductive soil heat flux, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$

G_s soil heat storage, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$

พจน์ G_s ในสมการ (8) คำนวณได้จาก

$$G_s = -C_{soil} \times \frac{\Delta z}{\Delta t} \times \Delta T \quad (9)$$

C_{soil} ค่าความจุความร้อนของดิน, $\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1}$

Δz ผลต่างของระดับความลึกระดับความลึก 0 และ 10 cm, m

Δt ช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

ΔT ผลต่างของอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 10 cm, K

พจน์ G_c ในสมการ (8) คำนวณได้จาก

$$G_c = -K_T \frac{\Delta T}{\Delta z} \quad (10)$$

ΔT ผลต่างของอุณหภูมิดินที่ระดับความลึก 0 และ 10 cm, K

Δz ผลต่างของระดับความลึกระดับความลึก 0 และ 10 cm, m

k_t thermal conductivity of soil, $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$

การคำนวณหาค่า thermal conductivity of soil สามารถทำได้เช่นเดียวกับการหาค่าความจุความร้อนของดิน แต่แทนที่จะแทนค่า C ในสมการด้วยค่าความจุความร้อนให้แทนค่าด้วยค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนขององค์ประกอบดินแทน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ซึ่งคำนวณได้จาก

$$k_t = \sum_{s=1}^4 f_{si} k_{si} + f_w k_w \quad (11)$$

f_s, f_w สัดส่วนโดยปริมาตรขององค์ประกอบดินแต่ละชนิดที่มีสถานะเป็นของแข็ง (s) และของเหลว (w), ไม่มีหน่วย เมื่อ S=1 หมายถึงอนุภาคทราย S=2 หมายถึงอนุภาคทรายแป้ง S=3 หมายถึงอนุภาคดินเหนียว และ S=4 หมายถึงอินทรีย์วัตถุ ดังตารางที่ 1

k_s, k_w ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนขององค์ประกอบดินชนิดนั้นๆ ที่มีสถานะเป็นของแข็ง (s) และของเหลว (w), $W m^{-1} K^{-1}$ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k_t) ขององค์ประกอบดิน

องค์ประกอบของดิน	$k_t, W m^{-1} K^{-1}$
สถานะของแข็ง (s)	
Organic matter	0.25 ^{1/}
Sand	0.30 ^{2/}
Silt	0.25 ^{3/}
Clay	0.25 ^{3/}
สถานะของเหลว (w)	
Water	0.570 ^{1/}
Air	0.025 ^{1/}

หมายเหตุ ^{1/} คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

^{2/} Fujino (2003)

^{3/} David (n.d.)

3.2 การหาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินต่อการใช้น้ำของยางพาราและค่า thermal conductivity ของดิน

ใช้วิธีสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับการนำความร้อนของดิน และความชื้นดินกับการใช้น้ำของยางพารา วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

สถานที่ทำการทดลอง

ศูนย์วิจัยยางตะขิงเทรา จังหวัดตะขิงเทรา

ระยะเวลาทำการทดลอง

เดือนมกราคม 2551 ถึงธันวาคม 2552



ผลและวิจารณ์

ผล

สภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนปี 2541-2550 (ตารางที่ 2) พบว่า มีฝนตกทุกเดือน โดยเดือนมกราคมมีฝนตกน้อยที่สุดคือ 2.9 mm และเดือนกันยายนมีฝนตกมากที่สุดคือ 231.9 mm รวมปริมาณน้ำฝนปี 2541-2550 ทั้งหมด 1301.7 mm อุณหภูมิอากาศพบว่า เดือนเมษายนมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่ 35.2 °C เดือนธันวาคมมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่ 19.6 °C ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 25.4 - 29.6 °C ซึ่งเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุดและเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 62.7 - 77.8 % โดยเดือนมกราคมมีความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยต่ำสุดและเดือนกันยายนมีความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยสูงสุด

สภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 ที่ทดลองในปีแรก (ตารางที่ 3) พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายเดือนอยู่ในช่วง 2.6 - 381.5 mm month⁻¹ โดยในเดือนมกราคมมีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดคือ 2.6 mm ในเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดคือ 381.5 mm รวมทั้งปีมีปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 1825.3 mm อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน พบว่ามีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 24.8 - 28.0 °C โดยเดือนเมษายนมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด และเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน พบว่า มีความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 58.7 - 81.9 % โดยในเดือนตุลาคมมีความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด และเดือนมกราคม มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด ส่วนค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน พบว่า ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนมีค่าอยู่ในช่วง 5.9 - 18.8 MJ m⁻² d⁻¹ โดยเดือนมีนาคมมีค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์สูงสุดและเดือนธันวาคมมีค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์ต่ำสุด และความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 0.9 - 1.4 m s⁻¹ โดยเดือนธันวาคมและมีนาคมมีความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดและเดือนตุลาคมมีความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด

สภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนปี 2552 ที่ทดลองในปีที่สอง (ตารางที่ 3) พบว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนอยู่ในช่วง 0.2 - 259.8 mm month⁻¹ โดยในเดือนมกราคมมีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุดคือ 0.2 mm รวมทั้งปีมีปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 1103.3 mm และเดือนพฤษภาคมเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดคือ 259.8 mm อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือน พบว่ามีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 24.2 - 28.6 °C โดยเดือนเมษายนมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด และเดือนมกราคมมี

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน พบว่ามีความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 59.9 - 83.6 % โดยในเดือนตุลาคมมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนสูงสุด และเดือนมกราคมมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน พบว่า ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนมีค่าอยู่ในช่วง 8.5 - 18.1 MJ m⁻² d⁻¹ โดยเดือนตุลาคมมีค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์สูงสุดและเดือนมกราคมมีค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์ต่ำสุด และความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน พบว่าค่าความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนมีค่าอยู่ในช่วง 0.7 - 1.5 m s⁻¹ โดยในเดือนมกราคมมีความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดและเดือนตุลาคมมีความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด

เนื่องจากปี 2551 และปี 2552 ได้เกิดฟ้าผ่าลงมาที่แปลงทดลองทำให้เสาไฟฟ้าล้ม เครื่องมือได้รับความเสียหายจึงไม่สามารถเก็บข้อมูลในบางช่วงได้ จึงได้ทำการเทียบข้อมูลเฉลี่ยของปี 2541-2550 กับปี 2551 และปี 2552 เพื่อดูแนวโน้มข้อมูลในช่วงที่ไม่สามารถจัดเก็บได้ จากการเทียบข้อมูลสภาพอากาศปี 2541- 2550 กับปี 2551 และปี 2552 พบว่า ปริมาณน้ำฝนในปี 2541- 2550 มีมากกว่าปี 2551 แต่น้อยกว่าปี 2552 โดยปี 2541- 2550, ปี 2551 และปี 2552 มีปริมาณน้ำฝนทั้งหมด 1301.7, 1825.3 และ 1103.3 mm ตามลำดับ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนส่วนใหญ่ปี 2541- 2550 สูงกว่าปี 2551 และปี 2552 และความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายเดือนปี 2541- 2550 ต่ำกว่าปี 2551 และปี 2552

ส่วนสภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนที่สามารถเก็บข้อมูลได้ของปี 2551 และปี 2552 พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายเดือนปี 2551 ส่วนใหญ่มากกว่าปี 2552 โดยปี 2551 มีฝนตกมากที่สุดที่ 381.5 mm month⁻¹ ปี 2552 มีฝนตกมากที่สุดที่ 259.8 mm month⁻¹ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 อยู่ในช่วง 24.8 - 28.0 °C ซึ่งใกล้เคียงกับปี 2552 ที่อยู่ในช่วง 24.2 - 28.6 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนปี 2551 อยู่ในช่วง 58.7 - 81.9 % ต่ำกว่าปี 2552 ที่อยู่ในช่วง 59.9 - 83.6 % ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนปี 2551 อยู่ในช่วง 5.9 - 18.8 MJ m⁻² d⁻¹ ปี 2552 อยู่ในช่วง 8.5 - 18.1 MJ m⁻² d⁻¹ โดยปี 2551 ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด ต่ำกว่าปี 2552 และความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 อยู่ในช่วง 0.9 - 1.4 m s⁻¹ ซึ่งใกล้เคียงกับปี 2552 ที่อยู่ในช่วง 0.7 - 1.5 m s⁻¹

ตารางที่ 2 สภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือนปี 2541-2550

	Rainfall, mm	Relative humidity, %	Temperature, °C		
			max	min	mean
January	2.9	62.7	33.3	20.0	26.5
February	35.0	64.6	34.5	21.5	27.9
March	105.1	69.1	35.0	23.4	29.0
April	138.0	71.2	35.2	24.3	29.6
May	174.3	75.0	33.8	24.8	29.2
June	135.8	75.4	33.2	24.7	28.8
July	141.0	76.7	32.8	24.5	28.5
August	156.5	76.7	32.5	24.4	28.3
September	231.9	77.8	32.3	24.0	28.0
October	139.3	75.7	32.2	23.4	27.7
November	36.3	69.9	32.2	21.4	26.5
December	5.6	65.6	31.8	19.6	25.4

ตารางที่ 3 สภาพอากาศเฉลี่ยรายเดือน ปี 2551 และปี 2552

	Rainfall, mm		Relative humidity, %		Temperature, °C						Net radiation, W m ⁻²		Wind speed, m s ⁻¹	
	2551	2552	2551	2552	max		min		mean		2551	2552	2551	2552
January	2.6	0.2	58.7	59.9	36.2	34.2	17.6	13.4	26.4	24.2	15.8	8.5	1.3	1.5
February	43.6	23.5	62.9	65.0	35.5	37.1	18.0	20.3	26.5	28.1	16.6	11.4	1.3	1.1
March	63.2	93.6	64.8	75.9	37.6	36.1	18.2	20.1	27.9	27.5	18.8	10.3	1.4	1.1
April	185.4	141.8	74.2	75.7	29.6	36.8	21.3	21.4	28.0	28.6	19.6	12.6	1.1	1.2
May	147.4	259.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
June	220.1	115.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
July	281.7	85.8	-	78.9	-	22.6	-	34.4	-	27.8	-	12.2	-	1.2
August	222.2	66.8	-	78.1	-	35.5	-	23.1	-	28.3	-	13.3	-	1.1
September	381.5	143.4	-	82.9	-	34.4	-	22.1	-	27.4	-	17.0	-	1.1
October	250.4	141.0	81.9	83.6	33.3	34.4	24.1	22.2	27.1	27.0	15.2	18.1	0.9	0.7
November	27.2	32.2	-	70.8	-	36.4	-	16.8	-	26.2	-	13.0	-	1.1
December	0.0	0.0	64.7	66.1	32.4	35.5	17.3	17.9	24.8	26.4	5.9	12.0	1.4	1.1

ผลการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยยางชะเชิงเทรา

สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

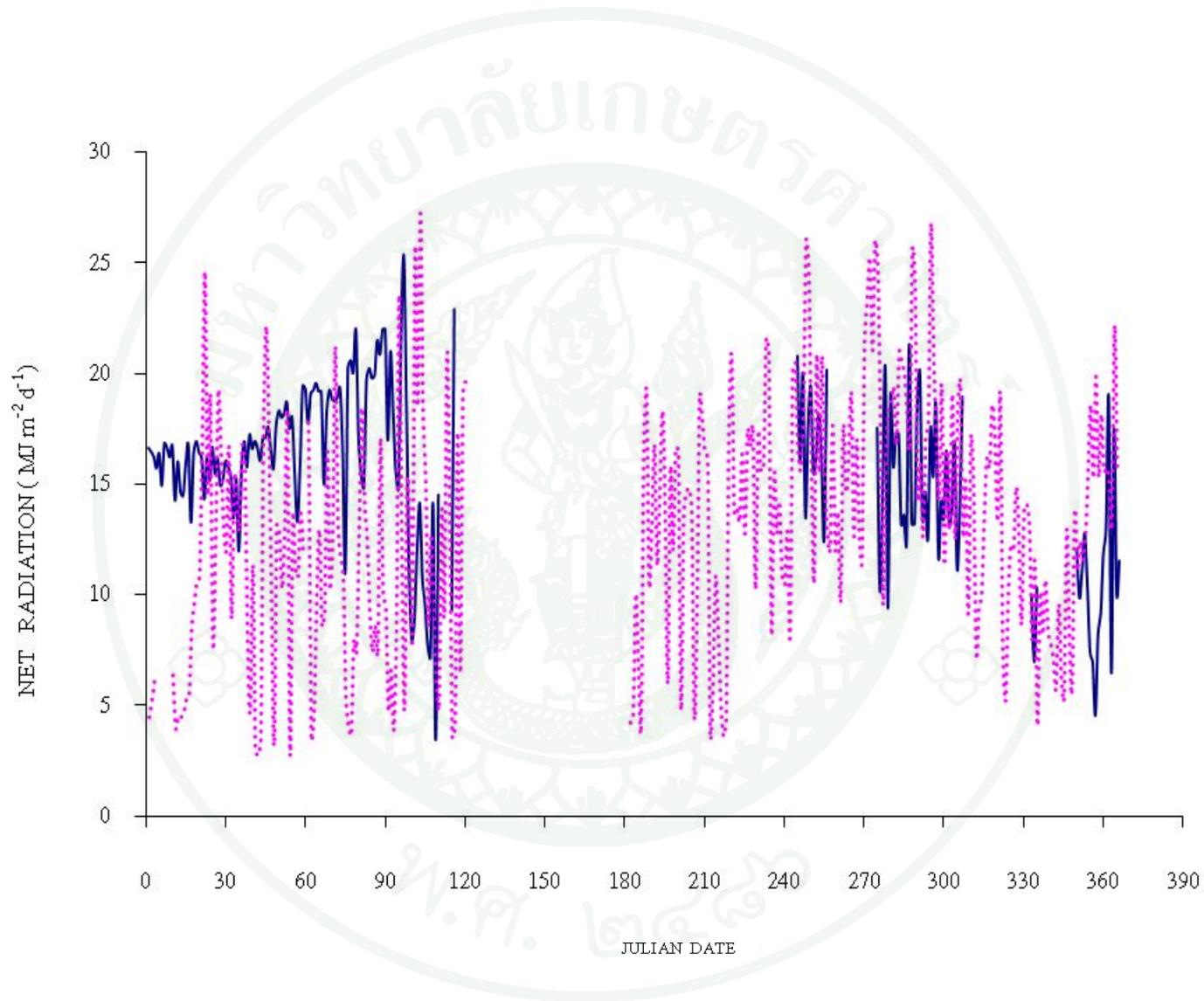
สมบัติทางฟิสิกส์ของดินสถานที่ทำการทดลอง พบว่ามีค่าความหนาแน่นรวมของดิน 1.49 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) มีอนุภาคขนาดทราย 61 % ทรายแป้ง 6 % และดินเหนียว 32 % มีอินทรีย์วัตถุในดิน 1.4 % (ตารางภาคผนวกที่ ก 1)

รังสีสุทธิดวงอาทิตย์

รังสีสุทธิดวงอาทิตย์รายวันในปี 2551 (ภาพที่ 1) พบว่า ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์รายวันในช่วงต้นปี (มกราคมถึงเมษายน) เดือนมกราคม ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์มีการผันแปรในช่วง 14.6-16.8 MJ m⁻² d⁻¹ จากนั้นค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์ค่อยๆเพิ่มขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคม ในเดือนเมษายนค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์มีค่าลดลงมาอยู่ในช่วง 6.0-14.5 MJ m⁻² d⁻¹ และในช่วงปลายปี (กันยายนถึงพฤศจิกายน) ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์รายวันมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าช่วงต้นปีซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 11.2 - 20.5 MJ m⁻² d⁻¹

รังสีสุทธิดวงอาทิตย์รายวันในปี 2552 (ภาพที่ 1) พบว่า ช่วงต้นปีมีค่าผันแปรส่วนใหญ่ในช่วง 2.7 - 22.1 MJ m⁻² d⁻¹ ส่วนในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์มีค่าใกล้เคียงกับช่วงต้นปี และเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วง 9.7 - 26.0 MJ m⁻² d⁻¹ ในเดือนกันยายนและตุลาคม จากนั้นค่อยๆลดลงในเดือนพฤศจิกายน จนถึงกลางเดือนธันวาคม ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์จึงเพิ่มสูงขึ้น

รังสีสุทธิดวงอาทิตย์รายวันปี 2551 และปี 2552 พบว่าปี 2551 รังสีสุทธิดวงอาทิตย์รายวันมีความผันแปรน้อยกว่าปี 2552 และทั้ง 2 ปีมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือช่วงที่ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์ทั้ง 2 ปีก็เพิ่มขึ้นและลดลงในช่วงเดียวกัน



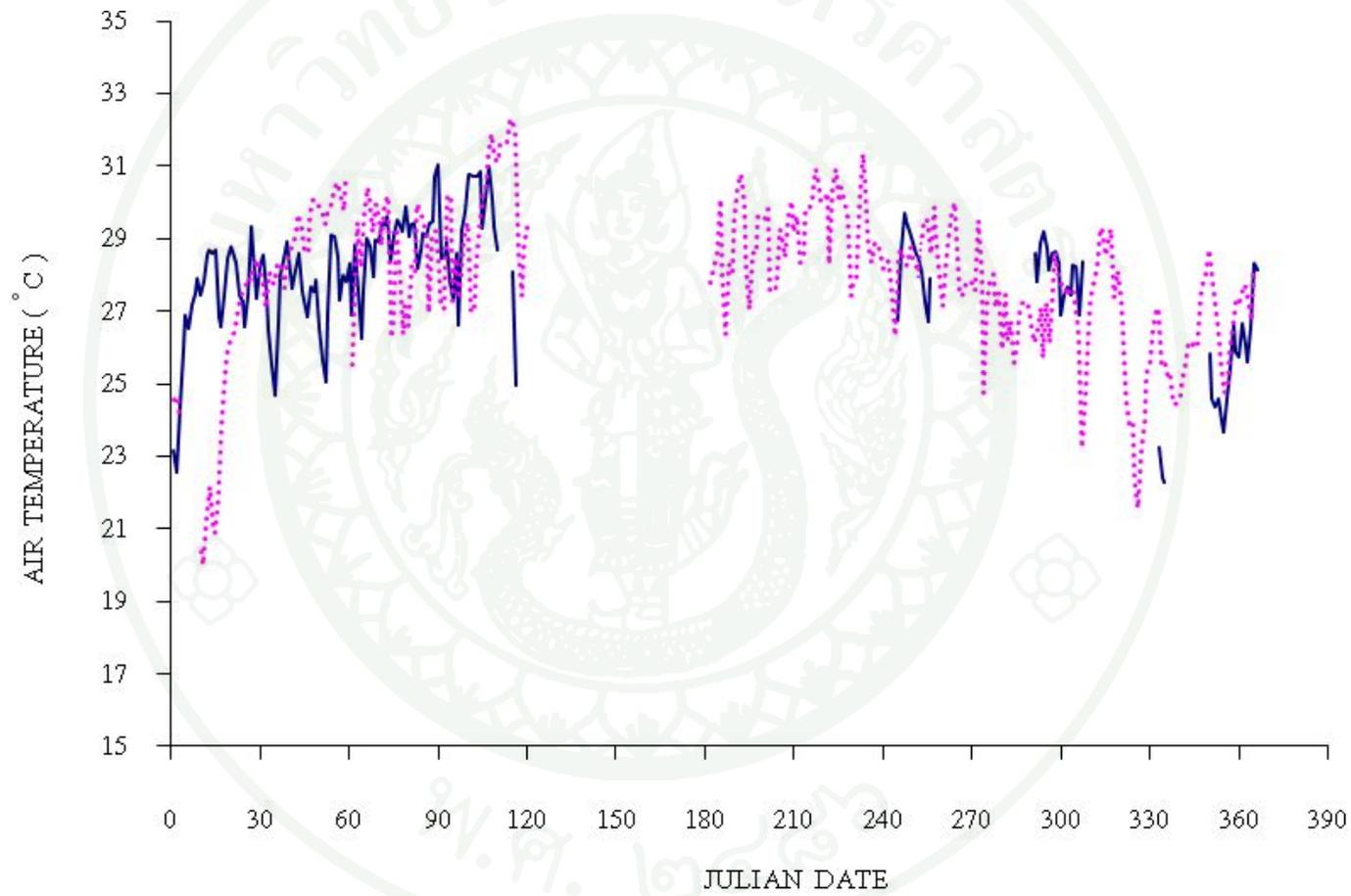
ภาพที่ 1 รังสีสุทธิดวงอาทิตย์รายวันของปี 2551 (เส้นทึบ) และปี 2552 (เส้นประ)

อุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายวันในปี 2551 (ภาพที่ 2) ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ อุณหภูมิมีความผันแปรอยู่ในช่วง $26.5 - 29.0^{\circ}\text{C}$ จากนั้นในเดือนเมษายนค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึง 31.0°C เดือนกันยายน ตุลาคม อุณหภูมิมีความผันแปรในช่วงเดียวกันกับเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ ก่อนที่จะลดลงมาอยู่ในช่วง $22.0 - 26.0^{\circ}\text{C}$ ในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายวันในปี 2552 (ภาพที่ 2) พบว่า อุณหภูมิอากาศเดือนมกราคมมีอุณหภูมิไม่สูงนักอยู่ในช่วง $20.0 - 25.0^{\circ}\text{C}$ จากนั้นค่อยๆเพิ่มขึ้นจนอุณหภูมิอยู่ในช่วง $26.0 - 30.0^{\circ}\text{C}$ และในเดือนเมษายนเพิ่มขึ้นไปจนถึง 32.0°C เดือนกรกฎาคม สิงหาคม อุณหภูมิอากาศลดลงมาโดยมีความผันแปรในช่วง $26.0 - 31.0^{\circ}\text{C}$ และค่อยๆลดลงจนถึง 21.5°C ก่อนที่จะเพิ่มสูงขึ้นในเดือนธันวาคม

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552 พบว่า ปี 2552 ช่วงแรกมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันต่ำกว่าจากนั้นค่อยๆเพิ่มจนสูงกว่าปี 2551 และลดลงมาอยู่ในช่วงเดียวกันก่อนที่เพิ่มสูงขึ้นทั้ง 2 ปี และช่วงปลายปีทั้ง 2 ปี มีแนวโน้มคล้ายกัน คือมีอุณหภูมิสูงขึ้นและต่ำลงในช่วงเดียวกัน



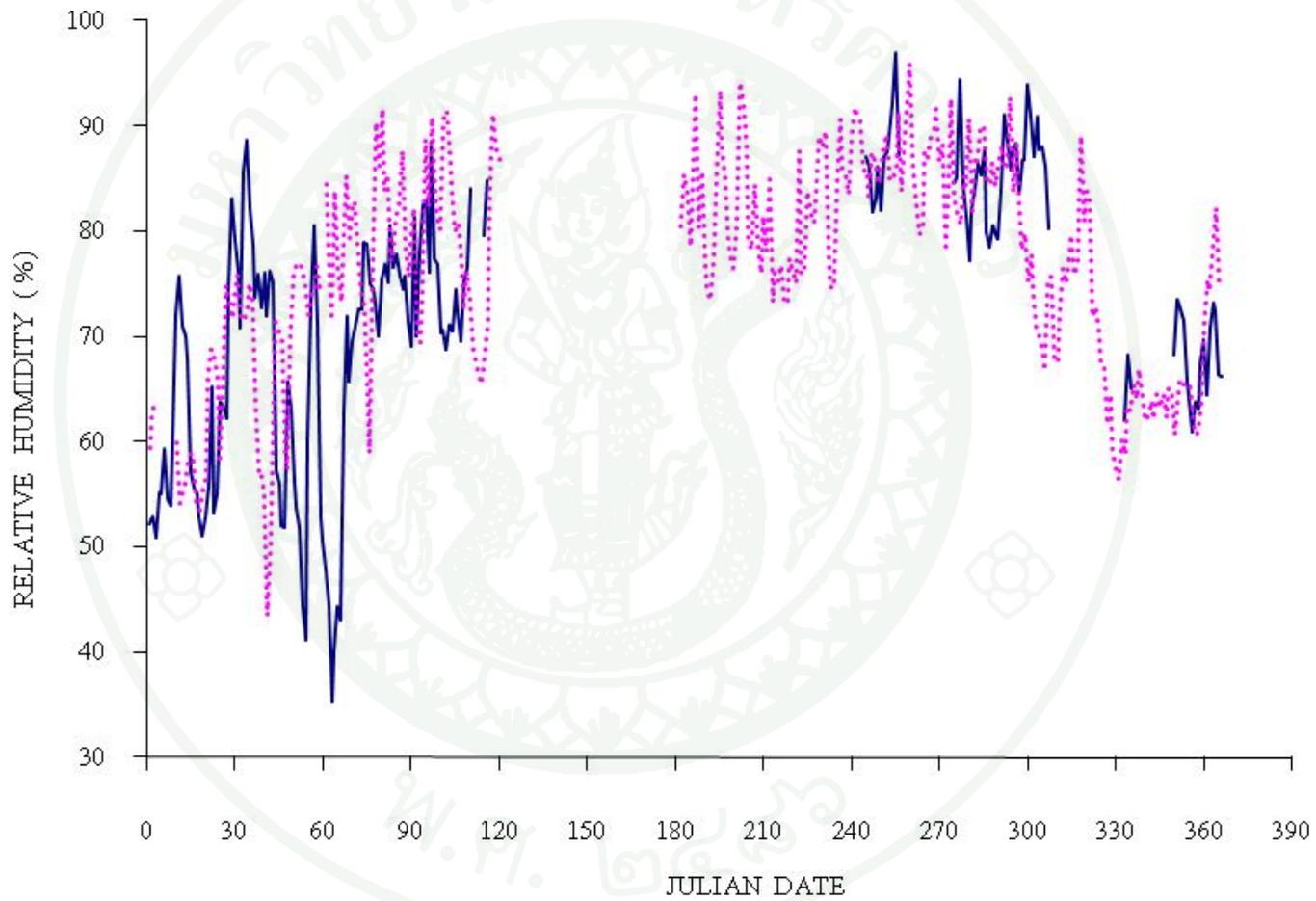
ภาพที่ 2 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายวันของปี 2551 (เส้นทึบ) และปี 2552 (เส้นประ)

ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายวันในปี 2551 (ภาพที่ 3) พบว่า ในช่วงเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ มีความผันแปรอย่างมากอยู่ในช่วง 35.0 - 90.0 % โดยเฉพาะในเดือนกุมภาพันธ์ มีความผันแปรของความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายวันมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะฝนที่ตกลงมาเป็นช่วงๆ แม้จะไม่เยอะแต่สามารถทำให้ความชื้นสัมพัทธ์มีความผันแปรมาก ซึ่งวิทยา, 2537 กล่าวว่า การตกของฝนในแต่ละวันถึงแม้จะมีปริมาณค่อนข้างน้อย แต่ผลของฝนที่ตกลงมาจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ช่วงปลายปีค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายวันอยู่ระหว่าง 80.0 - 90.0 % ในเดือนกันยายน ตุลาคม และในเดือนธันวาคมมีแนวโน้มลดลงจนอยู่ระหว่าง 60.0 - 75.0 %

ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายวันในปี 2552 (ภาพที่ 3) พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายวันในเดือนมกราคมค่าไม่ผันแปรนัก แต่ในเดือนกุมภาพันธ์ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายวันผันแปรมากที่สุด มีค่าผันแปรในช่วง 42.0 - 75.0 % จากนั้นเพิ่มขึ้นไปจนอยู่ในช่วง 70.0 - 80.0 % ในเดือนมีนาคม เมษายน กรกฎาคม และมิถุนายน ส่วนเดือนกันยายน ตุลาคม ค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายวันผันแปรไม่มากนักและลดลงมาจนอยู่ในช่วง 60.0 - 70.0 % ในเดือนธันวาคม

ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552 พบว่าทั้ง 2 ปี มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่ปี 2551 มีค่าผันแปรมากกว่าปี 2552 คือมีค่าสูงกว่าและต่ำกว่าปี 2551 ในช่วงเดียวกัน



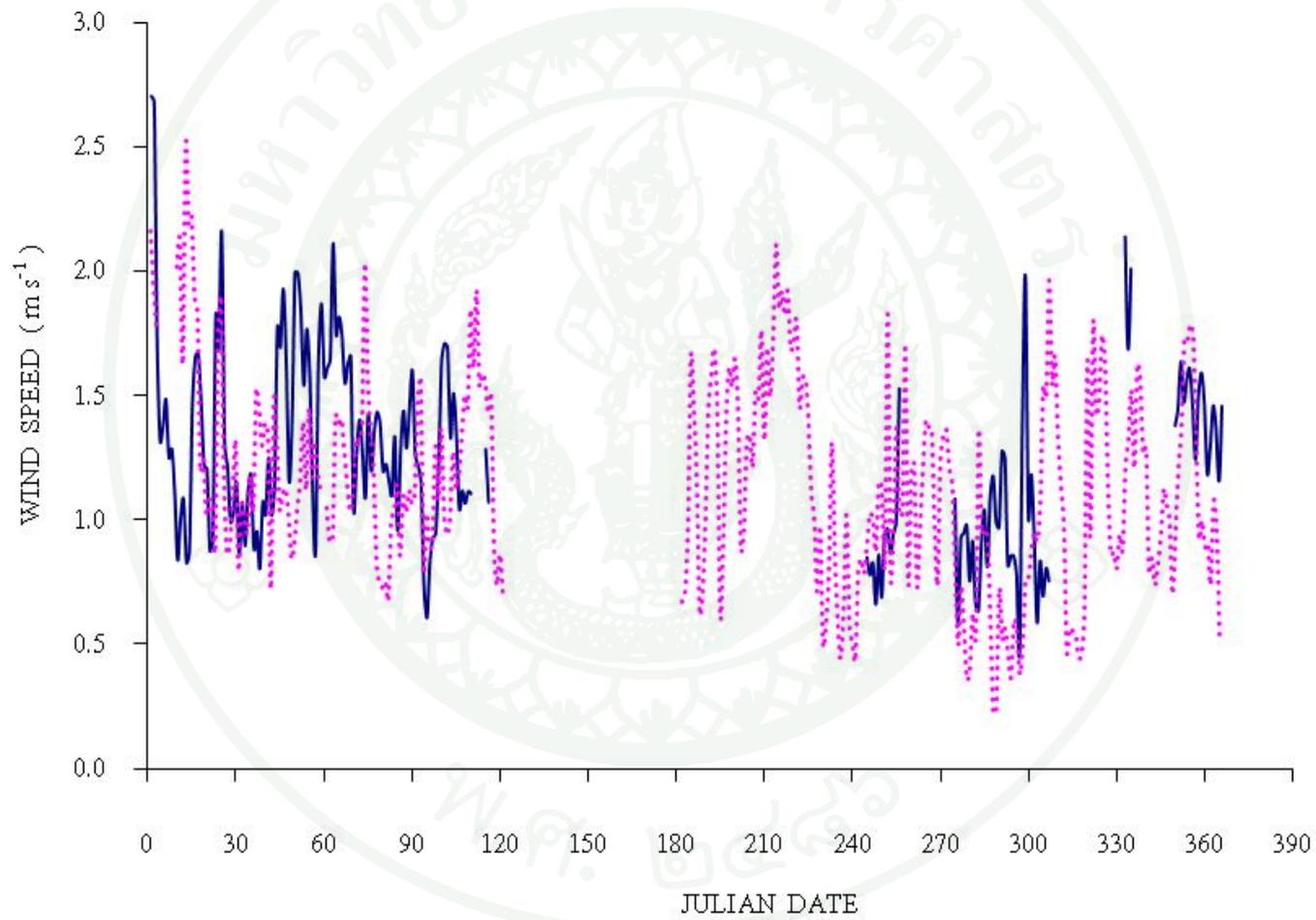
ภาพที่ 3 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเฉลี่ยรายวันของปี 2551 (เส้นทึบ) และปี 2552 (เส้นประ)

ความเร็วลม

ความเร็วลมเฉลี่ยรายวันในปี 2551 (ภาพที่ 4) พบว่าความเร็วลมเฉลี่ยรายวันผันแปรอยู่ในช่วง $0.8 - 2.1 \text{ m s}^{-1}$ โดยช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนมีนาคมความเร็วลมเฉลี่ยรายวันมีความเร็วใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง $1.5 - 2.0 \text{ m s}^{-1}$ จากนั้นจึงลดลงมา

ความเร็วลมเฉลี่ยรายวันในปี 2552 (ภาพที่ 4) พบว่า ช่วงต้นเดือนมกราคมค่าความเร็วลมค่อนข้างสูง จากนั้นลดลงมาอยู่ในช่วง $0.7-1.9 \text{ m s}^{-1}$ ในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคมและเมษายน ส่วนช่วงเดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม ค่าความเร็วลมเฉลี่ยรายวันอยู่ในช่วง $0.2-2.1 \text{ m s}^{-1}$ ซึ่งมีค่าผันแปรมากกว่าต้นปี

ความเร็วลมเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552 พบว่า ทั้ง 2 ปีมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันเช่นกัน แต่ปี 2551 มีความเร็วลมเฉลี่ยรายวันสูงกว่าปี 2552



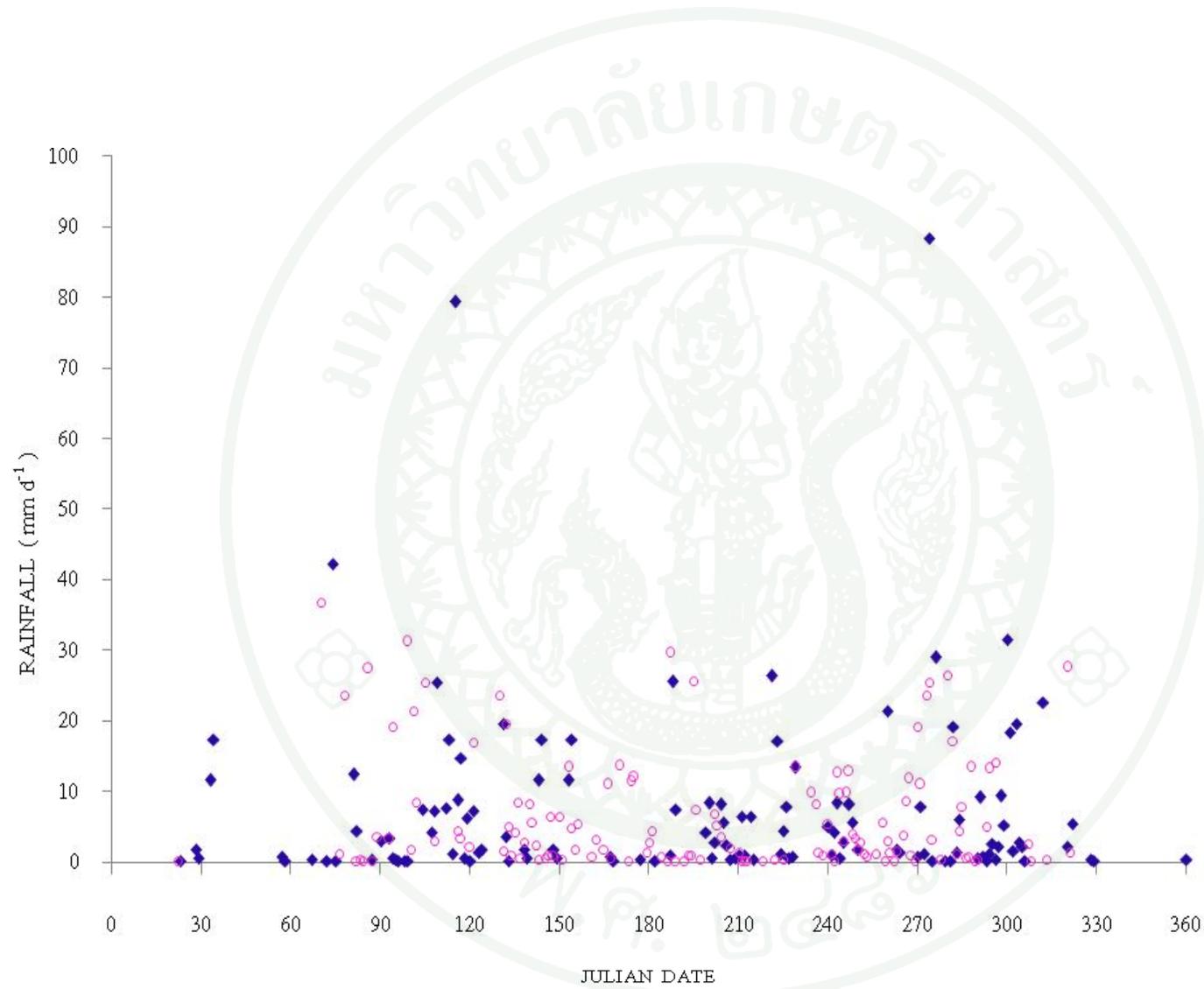
ภาพที่ 4 ความเร็วลมเฉลี่ยรายวันของปี 2551 (เส้นทึบ) และปี 2552 (เส้นประ)

ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนรายวันปี 2555 (ภาพที่ 5) พบว่าฝนตกลงมาตั้งแต่เดือนมกราคมจนถึงเดือนธันวาคม โดยมีปริมาณของน้ำฝนมากที่สุดคือ 88.4 mm day^{-1}

ปริมาณน้ำฝนรายวันปี 2552 (ภาพที่ 5) พบว่ามีฝนตกลงตั้งแต่เดือนมีนาคมจนถึงเดือนพฤศจิกายน มีปริมาณของน้ำฝนมากที่สุดคือ 36.8 mm day^{-1}

ปริมาณน้ำฝนรายวันปี 2551 และปี 2552 พบว่า ปี 2551 มีฝนตกลงในแต่ละวันมากกว่าปี 2552 ถึงแม้ว่าปี 2552 จะมีวันที่มีฝนตกมากกว่า โดยปี 2551 มีปริมาณน้ำฝนทั้งหมด $1825.3 \text{ mm year}^{-1}$ โดยปี 2552 มีปริมาณน้ำฝนทั้งหมด $1103.3 \text{ mm year}^{-1}$



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำฝนรายวันของปี 2551 (◆) และปี 2552 (○)

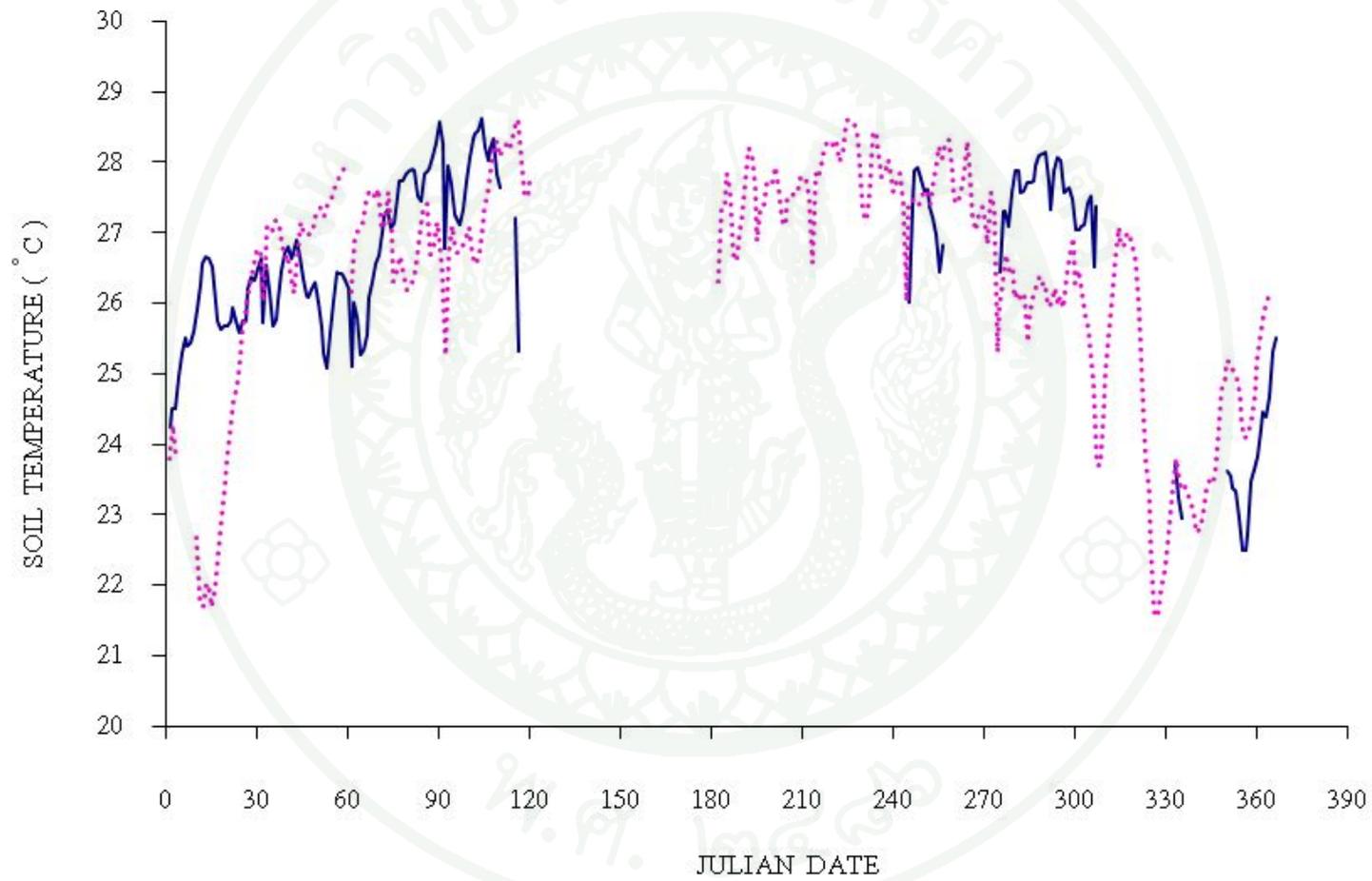
อุณหภูมิดิน

อุณหภูมิดินเฉลี่ยรายวันในปี 2551 (ภาพที่ 6) พบว่าอุณหภูมิดินเฉลี่ยรายวันมีความผันแปรอยู่ในช่วง $24.3 - 26.8^{\circ}\text{C}$ ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์และมีนาคม จากนั้นในเดือนเมษายนค่อยๆเพิ่มขึ้นจนถึง 28.6°C ส่วนเดือนกันยายน ตุลาคม อุณหภูมิดินเฉลี่ยรายวันมีความผันแปรในช่วงเดียวกันกับเดือนมกราคม กุมภาพันธ์และมีนาคม ก่อนที่จะลดลงมาในเดือนพฤศจิกายนและ ธันวาคม

อุณหภูมิดินเฉลี่ยรายวันในปี 2552 (ภาพที่ 6) พบว่า อุณหภูมิดินเฉลี่ยรายวันเดือนมกราคมมีอุณหภูมิไม่สูงนัก จากนั้นค่อยๆเพิ่มขึ้นจนอุณหภูมิเพิ่มจนถึง 28.6°C ในเดือนเมษายน ส่วนเดือนกรกฎาคม สิงหาคมและกันยายน อุณหภูมิดินเฉลี่ยรายวันอยู่ในช่วง $26.0 - 28.3^{\circ}\text{C}$ และค่อยๆลดลงจนถึง 21.5°C ก่อนที่จะเพิ่มสูงขึ้นในเดือนธันวาคม

อุณหภูมิดินเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552 พบว่าทั้ง 2 ปี มีแนวโน้มคล้ายกันแต่ปี 2551 มีค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายวันส่วนใหญ่สูงกว่าปี 2552

อุณหภูมิดินเฉลี่ยรายเดือนปี 2551และปี 2552 (ตารางที่ 4) พบว่าปี 2551 มีอุณหภูมิดินเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง $22.9 - 26.6^{\circ}\text{C}$ โดยเดือนเมษายนมีอุณหภูมิดินเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด และเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิดินเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด และอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนปี 2552 พบว่ามีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง $23.1 - 26.6^{\circ}\text{C}$ โดยเดือนสิงหาคมมีอุณหภูมิดินเฉลี่ยรายเดือนสูงสุด และเดือนมกราคมมีอุณหภูมิดินเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด



ภาพที่ 6 อุณหภูมิดินเฉลี่ยรายวันของปี 2551 (เส้นทึบ) และปี 2552 (เส้นประ)

ตารางที่ 4 อุณหภูมิดินเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 และปี 2552

	Soil Temperature , °C	
	2551	2552
January	24.8	23.1
February	25.2	26.1
March	26.1	25.9
April	26.6	26.4
May	-	-
June	-	-
July	-	26.4
August	-	26.6
September	-	26.5
October	26.5	26.1
November	-	24.5
December	22.9	24.3

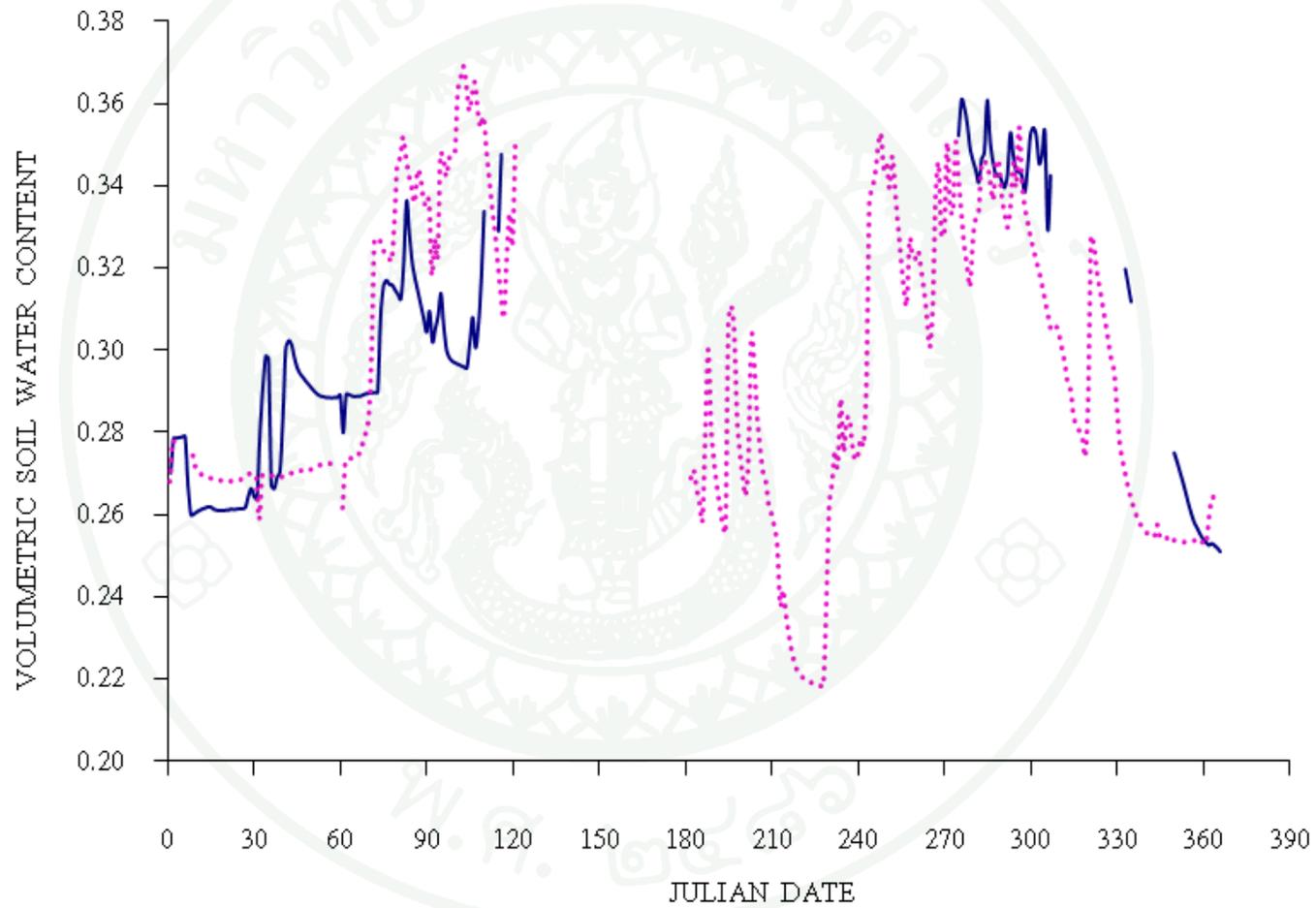
ความชื้นดิน

ค่าความชื้นดินเฉลี่ยรายวันปี 2551 (ภาพที่ 7) พบว่าในช่วงเดือนมกราคม มีค่าความชื้นดินค่อนข้างคงที่เฉลี่ยประมาณ 0.26 จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นก่อนที่จะค่อยๆลดลง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในเดือนเมษายน ช่วงปลายปีเดือนตุลาคมมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.35 และค่าความชื้นดินค่อยๆลดลงในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม

ค่าความชื้นดินเฉลี่ยรายวันในปี 2552 (ภาพที่ 7) พบว่าช่วงเดือนมกราคมกับกุมภาพันธ์ 2552 มีค่าความชื้นดินค่อนข้างคงที่เฉลี่ยประมาณ 0.27 ในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน ซึ่งความชื้นดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เดือนกรกฎาคมและสิงหาคม ค่าความชื้นดินมีแนวโน้มลดลง และเพิ่มขึ้นอีกในเดือนกันยายนและตุลาคมก่อนที่จะลดลงอีกครั้งในเดือนพฤศจิกายน จนมีค่าความชื้นดินคงที่เฉลี่ย 0.25 ในเดือนธันวาคม

ความชื้นดินเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552 พบว่าช่วงต้นปีของทั้ง 2 ปี ความชื้นดินเฉลี่ยรายวันเพิ่มขึ้น ซึ่งปี 2552 มีความชื้นดินเฉลี่ยรายวันสูงกว่าปี 2551 โดยช่วงเดือนกุมภาพันธ์ปี 2551 ความชื้นดินเฉลี่ยรายวันสูงกว่าปี 2552 และช่วงปลายปีมีแนวโน้มว่าปี 2551 มีความชื้นดินเฉลี่ยรายวันสูงกว่าปี 2552

ค่าความชื้นดินเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 และปี 2552 (ตารางที่ 5) พบว่า ปี 2551 มีความชื้นดินเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 0.26- 0.35 โดยเดือนตุลาคมมีความชื้นดินเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดและเดือนธันวาคมมีความชื้นดินเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด และค่าความชื้นดินเฉลี่ยรายเดือนปี 2552 พบว่า มีความชื้นดินอยู่ในช่วง 0.23- 0.33 โดยเดือนเมษายนมีความชื้นดินเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดและเดือนธันวาคมมีความชื้นดินเฉลี่ยรายเดือนต่ำสุด



ภาพที่ 7 ความชื้นดินเฉลี่ยรายวันของปี 2551 (เส้นทึบ) และปี 2552 (เส้นประ)

ตารางที่ 5 ความชื้นดินเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 และปี 2552

	Volumetric soil water content, m ³ m ⁻³	
	2551	2552
January	0.27	0.26
February	0.29	0.26
March	0.30	0.30
April	0.31	0.33
May	-	-
June	-	-
July	-	0.26
August	-	0.24
September	-	0.27
October	0.35	0.29
November	-	0.26
December	0.26	0.23

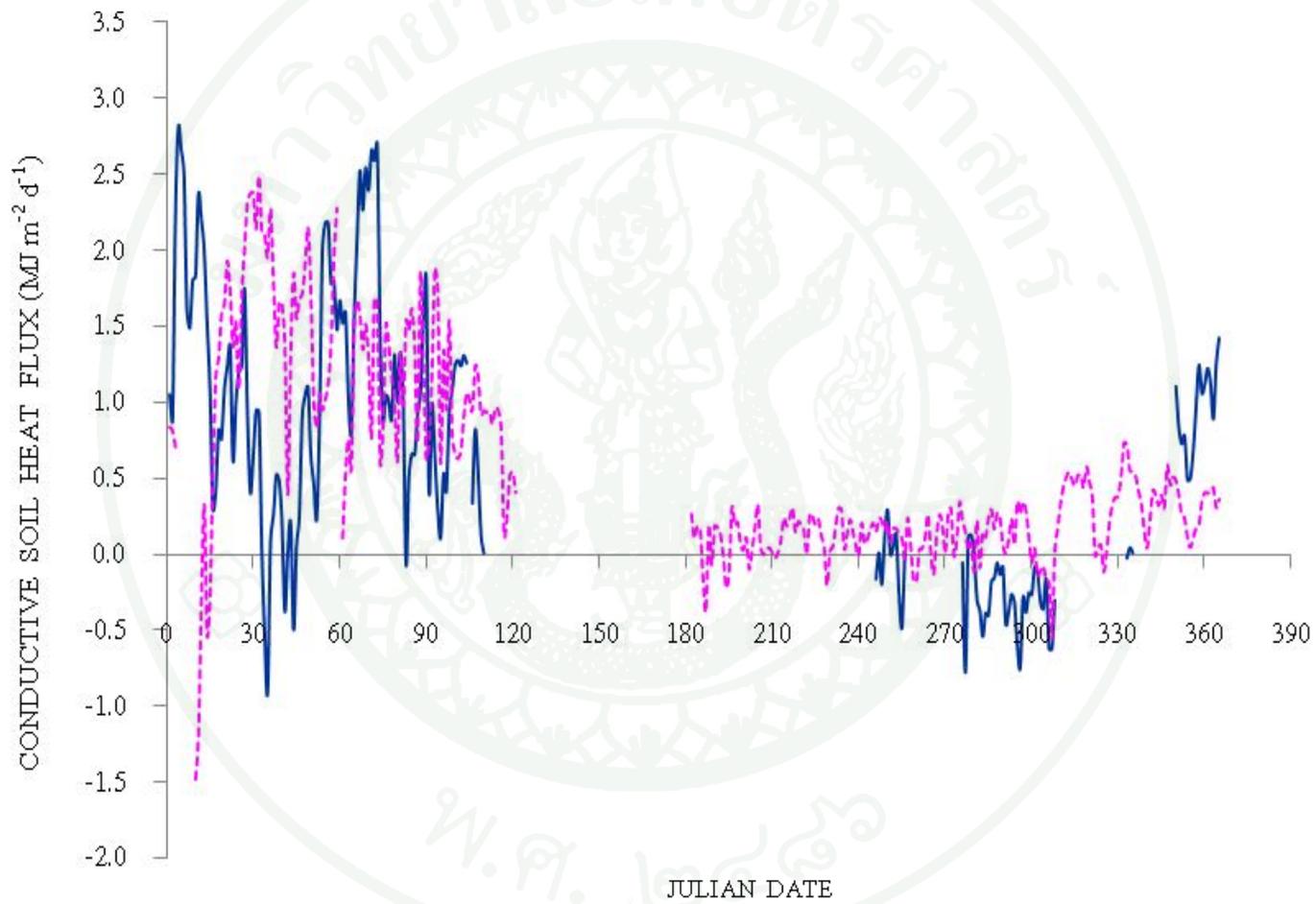
การเคลื่อนที่ของความร้อนผ่านดินโดยการนำความร้อน (conductive soil heat flux)

จากภาพที่ 8 พบว่าค่า conductive soil heat flux มีค่าเป็นลบและเป็นบวก ค่าเป็นลบหมายถึง ความร้อนมีการเคลื่อนที่จากดินออกสู่บรรยากาศ และค่าที่เป็นบวกหมายถึง ความร้อนมีการเคลื่อนที่จากบรรยากาศเข้าสู่ดิน ค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายวัน ปี 2551 (ภาพที่ 8) พบว่าค่ามีการผันแปรอย่างมาก โดยช่วงต้นปี (มกราคมถึงเมษายน) มีค่า conductive soil heat flux สูงกว่าช่วงปลายปี (กันยายนถึงธันวาคม) เนื่องจากต้นปีอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิดินมีค่าแตกต่างกันมาก จึงเกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนจากบรรยากาศเข้าสู่ดิน ค่า conductive soil heat flux จึงสูงและมีค่าเป็นบวก ส่วนช่วงปลายปีอุณหภูมิอากาศกับอุณหภูมิดินแตกต่างกันไม่มากนักจึงเกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนในดินออกสู่บรรยากาศ ค่า conductive soil heat flux จึงต่ำและมีค่าเป็นบวก

ค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายวัน ปี 2552 (ภาพที่ 8) พบว่า ช่วงต้นปี (มกราคมถึงเมษายน) ค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายวันสูงกว่าช่วงกรกฎาคมถึงธันวาคม โดยเดือนกุมภาพันธ์ค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายวัน มีค่าสูงที่สุดและค่อยๆลดลงมา ค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายวันมีค่าผันแปรค่อนข้างสม่ำเสมออยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม ก่อนที่ค่าจะเพิ่มขึ้นในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม

ค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552 พบว่าปี 2551 มีค่าผันแปรมากกว่าปี 2552 โดยเดือนมกราคมปี 2551 มีค่า conductive soil heat flux สูงกว่าปี 2552 และค่อยๆลดลงมาจนต่ำกว่าปี 2552 ในเดือนกุมภาพันธ์ จากนั้นสูงขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกันในเดือนมีนาคมและเมษายน ส่วนเดือนตุลาคมค่า conductive soil heat flux ปี 2551 มีค่าต่ำกว่าปี 2552

ค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายเดือน (ตารางที่ 6) พบว่า ปี 2551 ค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง -0.2825 ถึง $1.4108 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ โดยเดือนมีนาคมมีมากที่สุด และเดือนตุลาคมมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายเดือน ปี 2552 พบว่า มีค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 0.0625 ถึง $1.5981 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ โดยเดือนกุมภาพันธ์มีค่ามากที่สุด และเดือนกรกฎาคมมีค่าน้อยที่สุด



ภาพที่ 8 การเคลื่อนที่ของความร้อนผ่านดิน (G_c) โดยการนำความร้อนเฉลี่ยรายวันของปี 2551 (เส้นทึบ) และปี 2552 (เส้นประ)

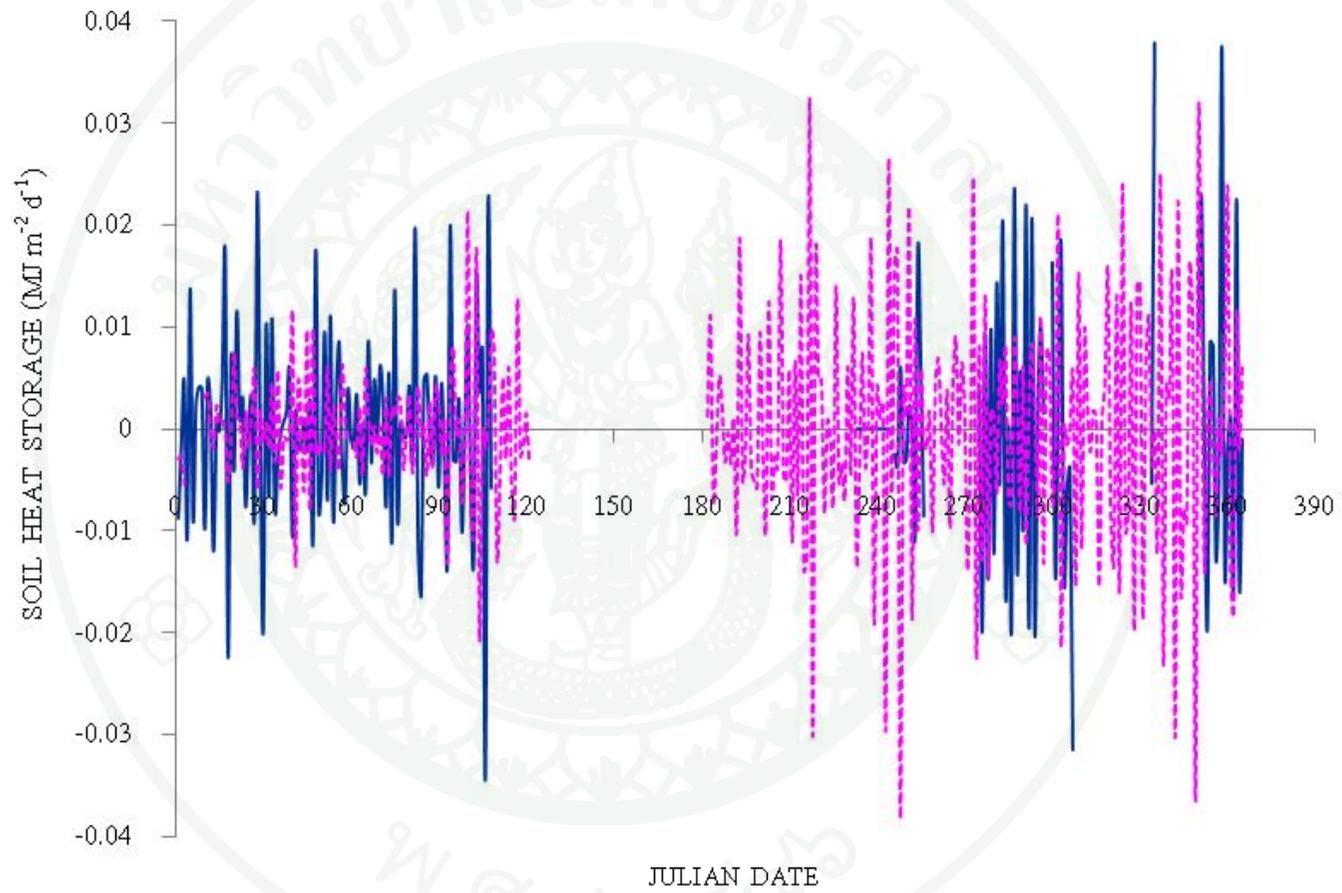
ความร้อนที่กักเก็บไว้ในดิน (soil heat storage)

จากภาพที่ 9 พบว่ามีค่าเป็นลบและเป็นบวก ซึ่งค่าเป็นลบหมายถึง ปริมาณความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินถูกปล่อยสู่บรรยากาศ และค่าที่เป็นบวก หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ถูกกักเก็บไว้ในดิน ความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินเฉลี่ยรายวัน ปี 2551 (ภาพที่ 9) พบว่า มีการผันแปรตามค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายวัน คู่ได้จากช่วงเวลาเดียวกัน หากค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายวันต่ำ ค่าความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินเฉลี่ยรายวันจะสูง เนื่องจากความร้อนเกิดการเคลื่อนที่จากบรรยากาศเข้าสู่ดิน ทำให้ดินได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น ความร้อนที่ดินกักเก็บไว้ในดินจึงเพิ่มขึ้นด้วย และหากค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายวันสูง ค่าความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินจะต่ำ เนื่องจากความร้อนเกิดการเคลื่อนที่จากดินออกสู่บรรยากาศ ทำให้ดินสูญเสียความร้อน ความร้อนที่ดินกักเก็บไว้ในดินจึงลดต่ำลง

ความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินเฉลี่ยรายวันปี 2552 (ภาพที่ 9) พบว่า มีแนวโน้มเหมือนปี 2551 คือ เมื่อค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายวันต่ำ ค่าความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินเฉลี่ยรายวันจะสูง และค่า conductive soil heat flux เฉลี่ยรายวันสูง ค่าความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินจะต่ำ ซึ่งปีนี้สามารถเห็นความสัมพันธ์ของทั้งสองค่าได้อย่างชัดเจน

ความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินเฉลี่ยรายวันปี 2551 และปี 2552 พบว่าทั้ง 2 ปีมีค่าความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินผันแปรตลอดทั้งปีเช่นเดียวกัน ซึ่งช่วงต้นปีของปี 2551 มีค่าความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินผันแปรมากกว่าปี 2552 ส่วนช่วงปลายปีค่าความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินมีค่าผันแปรใกล้เคียงกับปี 2552

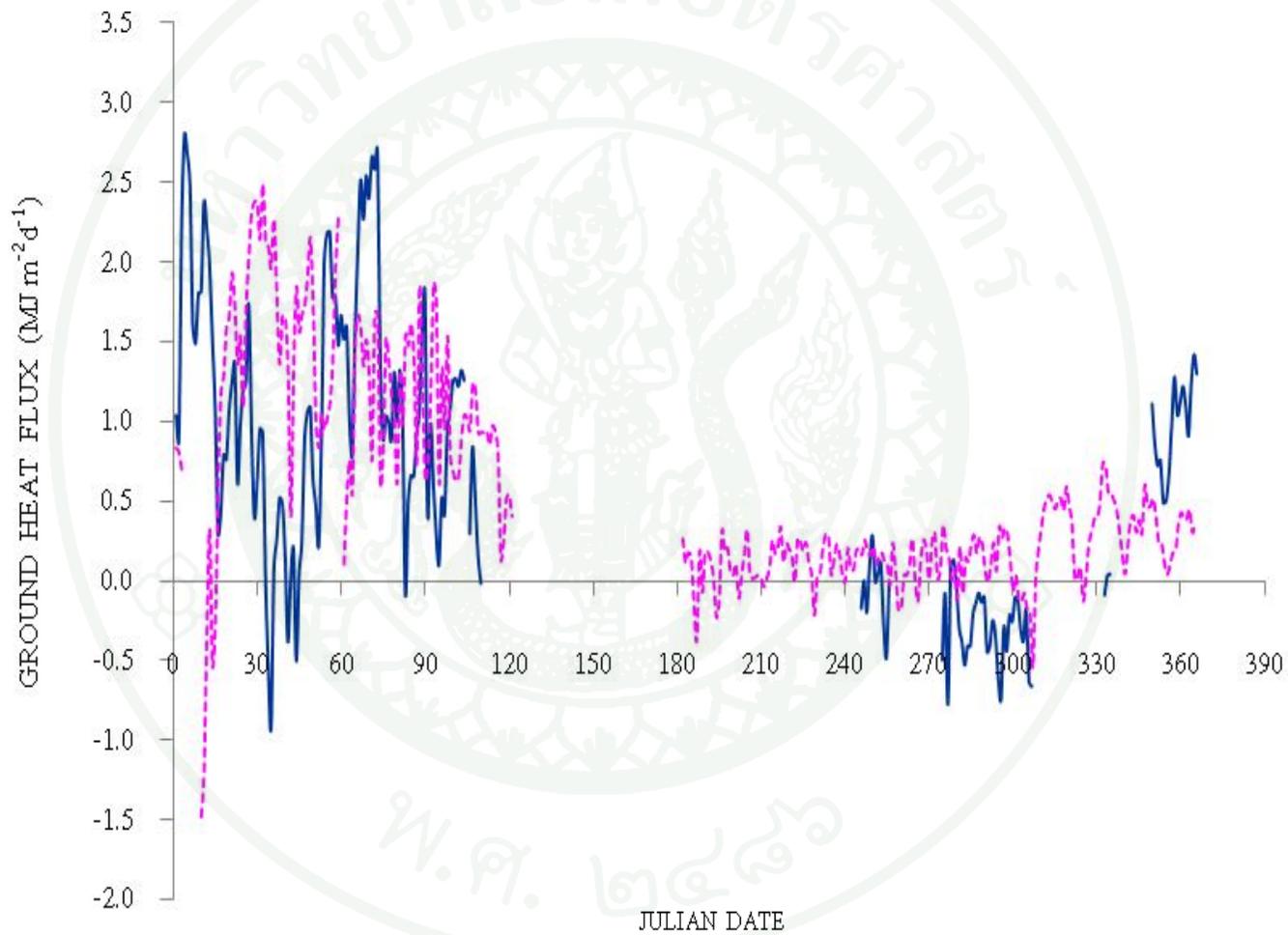
ค่าความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินเฉลี่ยรายเดือน (ตารางที่ 6) พบว่าปี 2551 มีค่าความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง -0.0077 ถึง $0.0001 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ โดยเดือนมีนาคมมีค่ามากที่สุด และเดือนเมษายนมีค่าน้อยที่สุด ส่วนความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินเฉลี่ยรายเดือน ปี 2552 ค่าความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง -0.0009 ถึง $0.0002 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ โดยเดือนพฤศจิกายนมีค่ามากที่สุด และเดือนสิงหาคมมีค่าน้อยที่สุด



ภาพที่ 9 ความร้อนที่กักเก็บไว้ในดิน (G_s) เฉลี่ยรายวันของปี 2551 (เส้นทึบ) และปี 2552 (เส้นประ)

พลังงานความร้อนของดิน (ground heat flux)

พลังงานความร้อนในดินเป็นค่าผลรวมของ conductive soil heat flux กับความร้อนที่กักเก็บไว้ในดิน จากภาพที่ 10 พบว่า ค่าพลังงานความร้อนของดินเฉลี่ยรายวันของทั้ง 2 ปี มีแนวโน้มและมีค่าใกล้เคียงกับค่า conductive soil heat flux เนื่องจากค่าความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่า conductive soil heat flux จึงทำให้พลังงานความร้อนของดินมีค่าใกล้เคียงกับค่า conductive soil heat flux ซึ่งค่าพลังงานความร้อนของดินเฉลี่ยรายเดือน (ตารางที่ 6) ปี 2551 และปี 2552 มีค่าอยู่ในช่วง -0.2830 ถึง $1.4109 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ และ 0.628 ถึง $1.5982 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ตามลำดับ

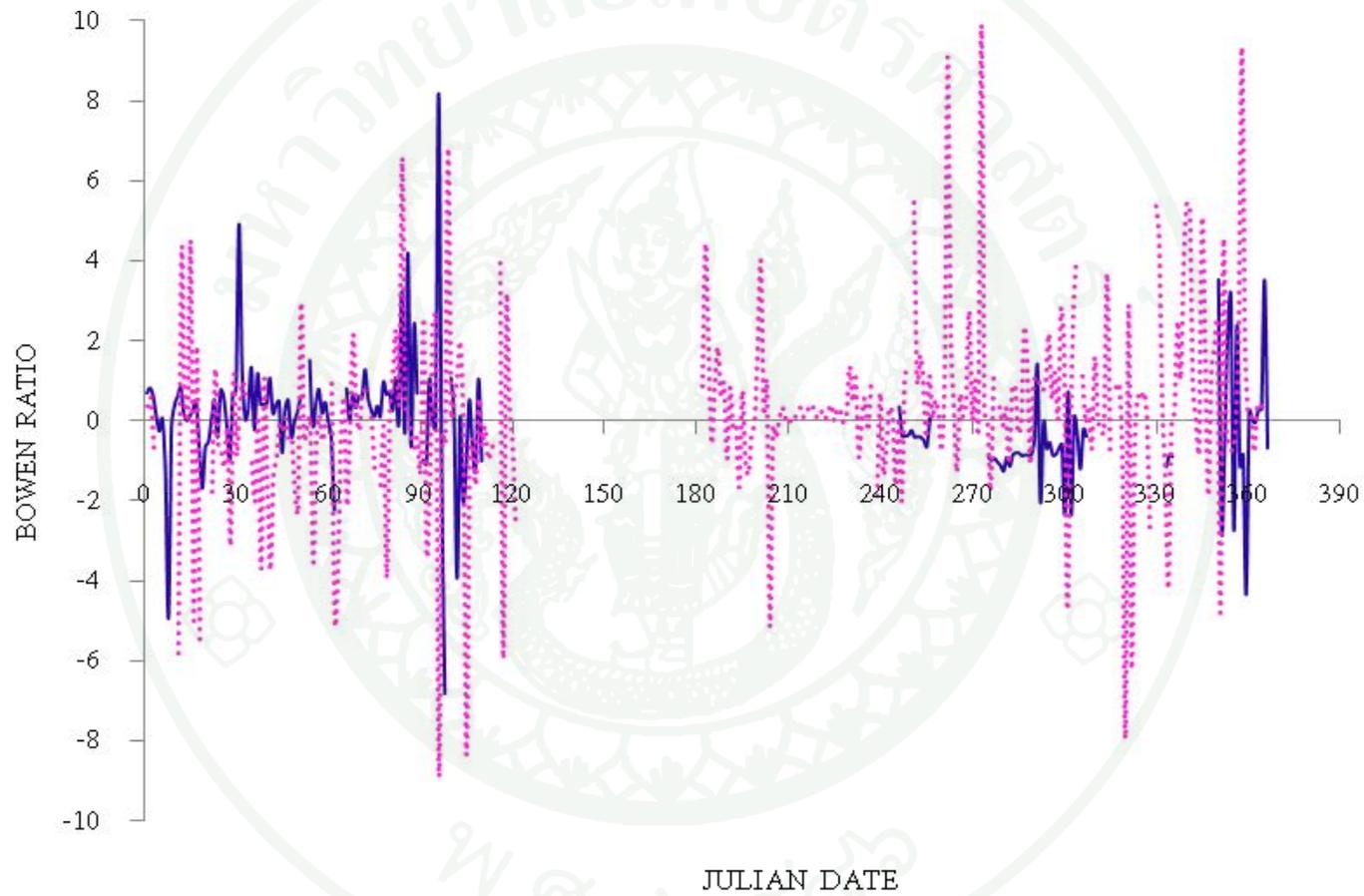


ภาพที่ 10 ค่า Ground heat flux ($G = G_c + G_s$) เฉลี่ยรายวันของปี 2551 (เส้นทึบ) และ ปี 2552 (เส้นประ)

Bowen ratio

จากภาพที่ 11 พบว่าค่า Bowen ratio มีค่าเป็นลบและเป็นบวก ซึ่งค่า Bowen ratio นี้ เป็นค่าพลังงานที่ใช้เผาผลาญอากาศต่อน้ำ โดยใช้พลังงานความร้อนจากรังสีสุทธิดวงอาทิตย์เป็นหลัก (พัชร, 2549) หากค่าเป็นลบหมายถึง พลังงานที่ใช้เผาผลาญน้ำ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับพลังงานความร้อนจากรังสีสุทธิดวงอาทิตย์ (anonymous, 1996) ซึ่งเป็นช่วงที่วันนั้นมีค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์น้อย ค่า Bowen ratio เฉลี่ยรายวัน ปี 2551 พบว่ามีค่าผันแปรอยู่ในช่วง -7.0 ถึง 8.0 ค่า Bowen ratio เฉลี่ยรายวัน ปี 2552 พบว่ามีค่าผันแปรอยู่ในช่วง -3.0 ถึง 4.0

ค่า Bowen ratio เฉลี่ยรายวัน ปี 2551 และปี 2552 พบว่าปี 2551 มีค่า Bowen ratio ผันแปรน้อยกว่าปี 2552 เนื่องจากค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์ในปี 2552 มีการผันแปรมากกว่าปี 2551 ส่วนค่า Bowen ratio เฉลี่ยรายเดือน (ตารางที่ 6) ปี 2551 มีค่าอยู่ในช่วง -0.80 ถึง 6.78 และค่า Bowen ratio เฉลี่ยรายเดือนปี 2552 มีค่าอยู่ในช่วง -2.25 ถึง 2.52



ภาพที่ 11 ค่า Bowen ratio เฉลี่ยรายวันของปี 2551 (เส้นทึบ) และปี 2552 (เส้นประ)

ตารางที่ 6 ค่าพลังงานความร้อนเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 และ 2552

	Conductive soil heat flux, MJ m ⁻² d ⁻¹		Soil heat storage, MJ m ⁻² d ⁻¹		Ground heat flux, MJ m ⁻² d ⁻¹		Bowen Ratio	
	2551	2552	2551	2552	2551	2552	2551	2552
January	1.3794	0.8295	0.00003	-0.00003	1.3794	0.8295	0.07	-0.87
February	0.6587	1.5981	-0.0002	0.0001	0.6584	1.5982	1.91	-2.25
March	1.4108	1.1280	0.0001	-0.00002	1.4109	1.1280	6.78	-0.65
April	0.3633	0.9299	-0.0077	-0.0002	0.3823	0.9297	-0.67	1.09
May	-	-	-	-	-	-	-	-
June	-	-	-	-	-	-	-	-
July	-	0.0625	-	0.00024	-	0.0628	-	0.27
August	-	0.1463	-	-0.0009	-	0.1455	-	-0.37
September	-	0.1142	-	0.0016	-	0.1158	-	2.52
October	-0.2825	0.1252	-0.0005	-0.0008	-0.2830	0.1244	-0.80	1.27
November	-	0.2946	-	0.00025	-	0.2948	-	-0.58
December	0.5415	0.3331	-0.0002	-0.0002	0.5407	0.3329	0.05	1.33

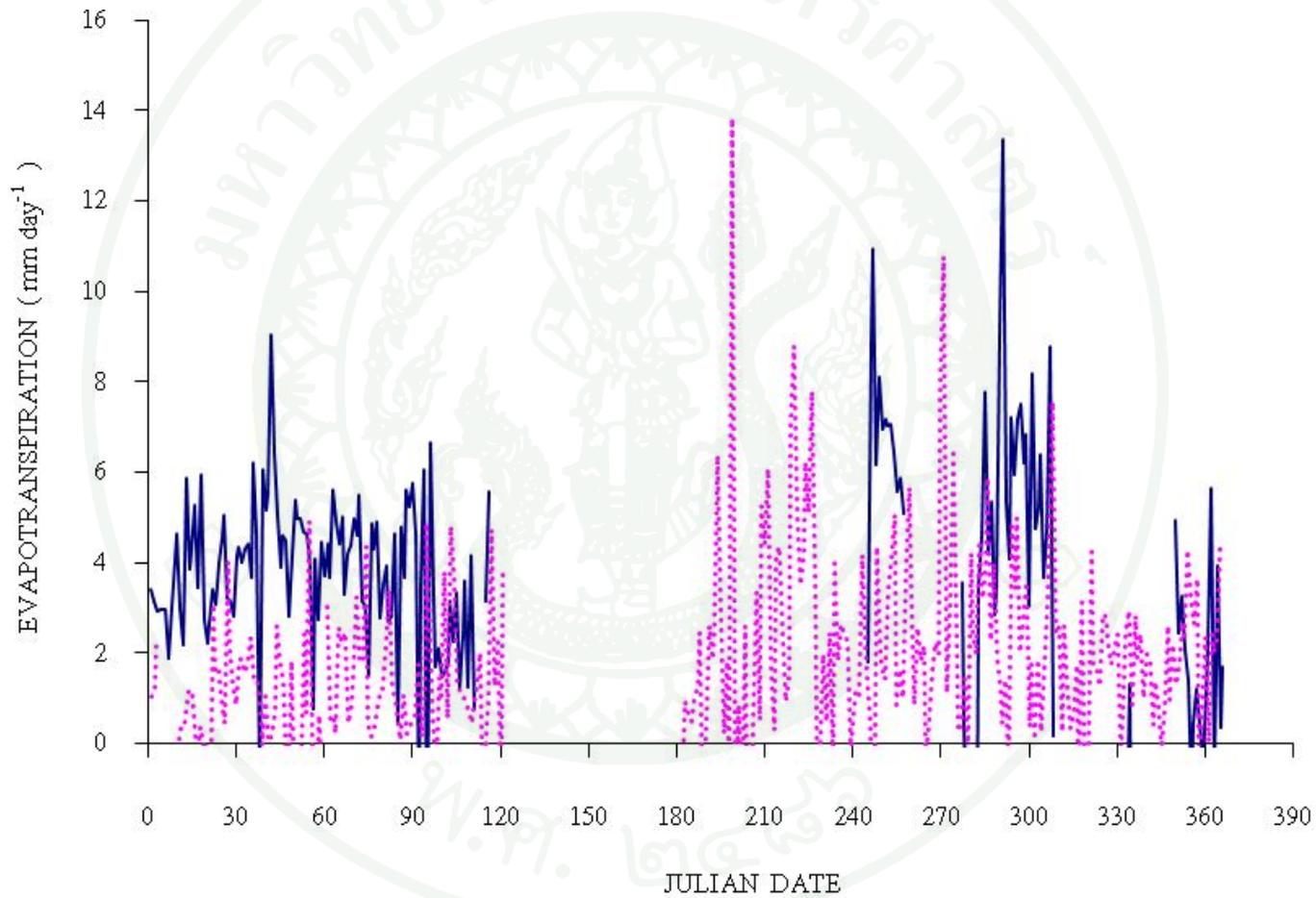
การใช้น้ำระดับแปลงปลูก

ค่าการใช้น้ำเฉลี่ยรายวัน ปี 2551 (ภาพที่ 12) พบว่าค่าการใช้น้ำในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม มีค่าอยู่ในช่วง 2.0 - 4.0 mm day⁻¹ ช่วงกันยายนถึงตุลาคม มีค่าอยู่ในช่วง 4.0 - 8.0 mm day⁻¹ ส่วนเดือนเมษายน พฤศจิกายนและธันวาคม มีค่าอยู่ในช่วง 0.1- 4.0 mm day⁻¹ ทั้ง 3 เดือนนี้มีค่าการใช้น้ำน้อย เนื่องจากเดือนเมษายนเป็นช่วงฤดูร้อน ทำให้น้ำในดินมีน้อย ยางพาราจึงใช้น้ำลดลงซึ่งสอดคล้องกับพัชร (2549) ที่ว่าสภาพที่มีความชื้นดินจำกัด ยางพาราจึงต้องลดการสูญเสียน้ำโดยการปิดปากใบ ทำให้น้ำน้อยลง ส่วนในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม ยางพาราเริ่มผลัดใบทำให้ยางพาราลดการคายน้ำลง

ค่าการใช้น้ำเฉลี่ยรายวัน ปี 2552 (ภาพที่ 12) พบว่าค่าการใช้น้ำในช่วงต้นปี (มกราคมถึงเมษายน) มีค่าอยู่ในช่วง 0.1- 5.0 mm day⁻¹ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.1 - 14.0 mm day⁻¹ ช่วงนี้มีค่าการใช้น้ำมากเนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนจึงทำให้ช่วงนี้มีค่าการใช้น้ำสูงที่สุดในรอบปี และค่าการใช้น้ำลดลงมาอยู่ในช่วง 0.1- 4.0 mm day⁻¹ ในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม เนื่องจากเป็นช่วงที่ยางพาราผลัดใบ

ค่าการใช้น้ำเฉลี่ยรายวัน ปี 2551 และปี 2552 พบว่าปี 2551 มีค่าการใช้น้ำเฉลี่ยรายวันมากกว่าปี 2552 ตลอดทั้งปี เนื่องจากปี 2551 มีปริมาณฝนตกมากกว่าปี 2552 โดยทั้ง 2 ปีช่วงต้นปีมีค่าการใช้น้ำเฉลี่ยรายวันน้อยกว่าช่วงปลายปี

ค่าการใช้น้ำรายเดือน (ตารางที่ 7) ปี 2551 พบว่า ค่าการใช้น้ำอยู่ในช่วง 28.8 - 128.1 mm month⁻¹ เดือนกุมภาพันธ์มีค่าการใช้น้ำสูงที่สุดคือ 128.1 mm month⁻¹ เดือนพฤศจิกายนและธันวาคม เป็นเดือนที่มีค่าการใช้น้ำน้อยที่สุดคือ 28.8 mm month⁻¹ ซึ่งเดือนมกราคมถึงมีนาคม มีค่าการใช้น้ำสูงกว่าช่วงเดือนอื่นๆ เนื่องจากเป็นช่วงที่ยางพารามีใบใหม่เกิดขึ้น ประกอบกับมีฝนตกลงมาจึงทำให้มีการใช้น้ำมากที่สุด ค่าการใช้น้ำรายเดือน ปี 2552 พบว่า ค่าการใช้น้ำอยู่ในช่วง 24.1 - 87.8 mm month⁻¹ เดือนสิงหาคมมีค่าการใช้น้ำสูงที่สุดคือ 87.8 mm month⁻¹ เดือนกุมภาพันธ์มีค่าการใช้น้ำน้อยที่สุดคือ 24.1 mm month⁻¹



ภาพที่ 12 การใช้น้ำระดับแปลงปลูกเฉลี่ยรายวัน ณ ศูนย์วิจัยยางมะเขือเทศของปี 2551 (เส้นทึบ) และปี 2552 (เส้นประ)

ตารางที่ 7 ค่าการใช้น้ำระดับแปลงปลูกเฉลี่ยรายเดือนปี 2551 และปี 2552

	Evapotranspiration, mm	
	2551	2552
January	111.3	24.9
February	128.1	24.1
March	127.1	41.0
April	53.9	45.7
May	-	-
June	-	-
July	-	54.9
August	-	87.8
September	-	79.9
October	124.4	69.1
November	-	57.1
December	28.8	56.4

การเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินต่อการใช้น้ำของยางพาราและค่า thermal conductivity ของดิน

ความสัมพันธ์ของความชื้นดินต่อการใช้น้ำของยางพาราและค่า thermal conductivity ของดิน พบว่าปี 2551 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นดินกับการใช้น้ำของยางพารา (ภาพที่ 13) พบว่าความชื้นดินมีความสัมพันธ์กับการใช้น้ำของยางพารา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p < 0.05$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับการใช้น้ำของยางพารา เป็น 0.332 และปี 2552 (ภาพที่ 13) พบว่าความชื้นดินมีความสัมพันธ์กับการใช้น้ำของยางพารา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับการใช้น้ำของยางพารา เป็น 0.100

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นดินกับค่า thermal conductivity ของดิน พบว่าปี 2551 (ภาพที่ 14) ความชื้นดินมีความสัมพันธ์กับค่า thermal conductivity ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p < 0.05$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับค่า thermal conductivity ของดิน เป็น 0.625 และปี 2552 (ภาพที่ 14) พบว่าความชื้นดินมีความสัมพันธ์กับค่า thermal conductivity ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับค่า thermal conductivity ของดิน เป็น 0.336

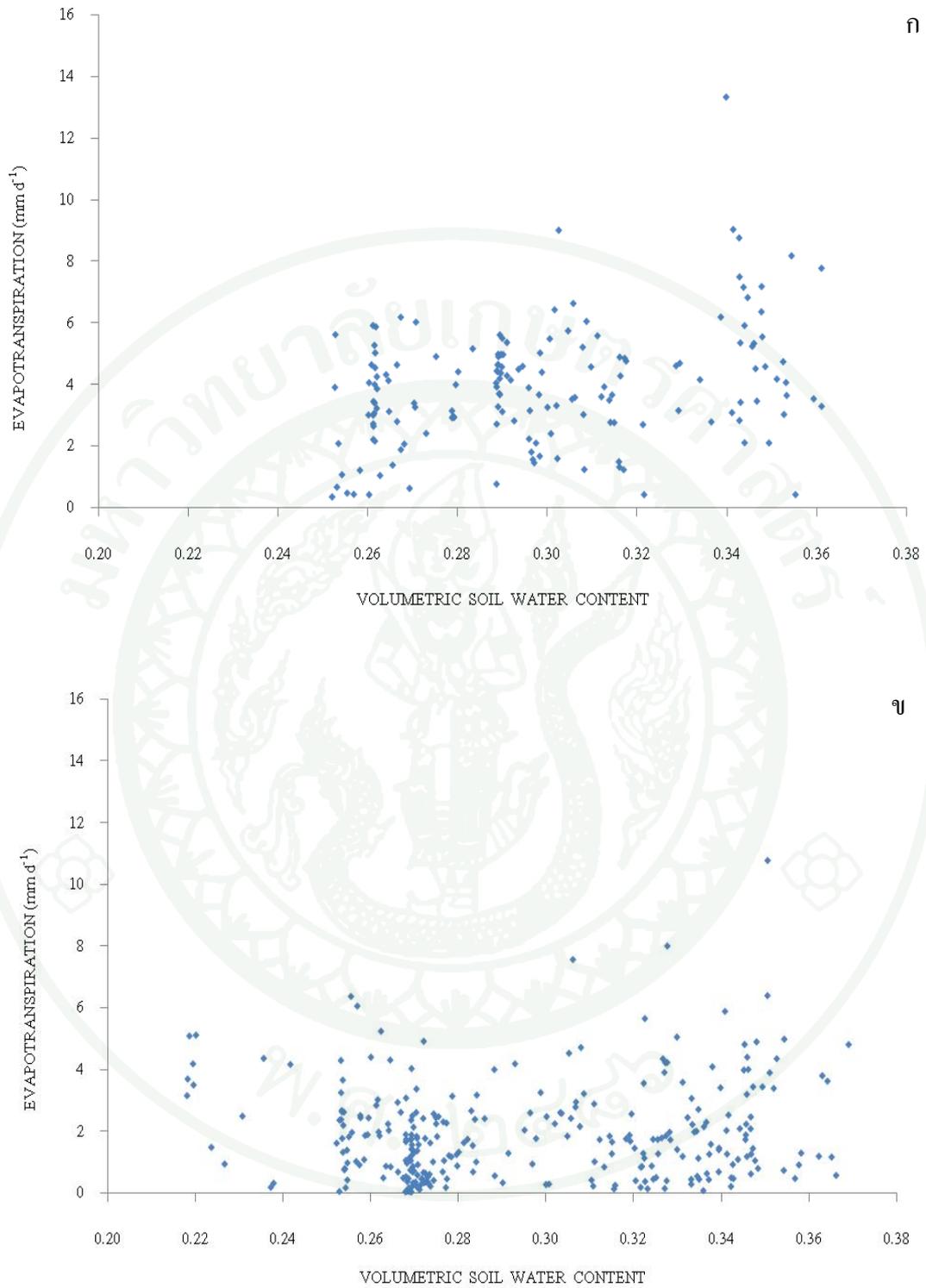
จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับการใช้น้ำของยางพาราและความชื้นดินกับค่า thermal conductivity ของดินในปี 2551 และปี 2552 (ตารางที่ 8) พบว่า ทั้ง 2 ปี มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่างกัน เนื่องจากดินมีความชื้นต่างกันเพราะปริมาณน้ำฝนที่ตกมีปริมาณต่างกันและสภาพอากาศแตกต่างกันจึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทั้ง 2 ปีต่างกัน

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างความชื้นดินกับการใช้น้ำของยางพาราและค่า thermal conductivity ของดินในปี 2551 และปี 2552

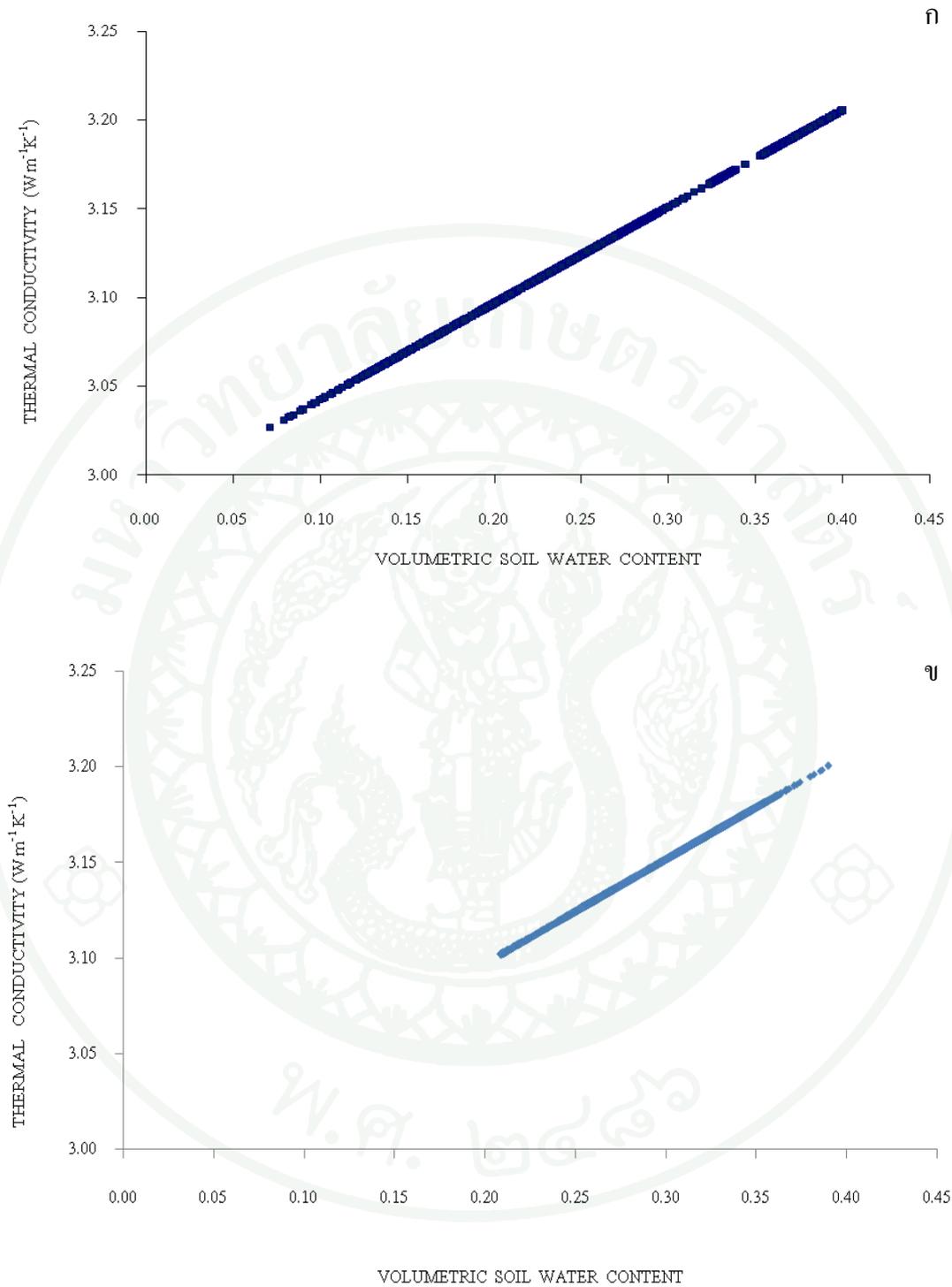
	2551		2552	
	r	P	r	P
การใช้น้ำของยางพารา (mm d ⁻¹)	0.332	<0.000	1.000	0.044
thermal conductivity (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	1.000	<0.000	1.000	<0.000

หมายเหตุ r - สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

P - P-value ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (p < 0.05)



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับค่าการใช้น้ำของยางพาราของปี 2551 (ก) และปี 2552 (ข)



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นดินกับค่า thermal conductivity ของดินปี 2551 (ก) และปี 2552 (ข)

วิจารณ์

อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ รังสีสุทธิดวงอาทิตย์ และปริมาณน้ำฝนล้วนมีความสัมพันธ์กัน โดยรังสีสุทธิอาทิตย์จะมีผลโดยตรงกับอุณหภูมิอากาศ (ตารางที่ 3) เมื่อรังสีสุทธิดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้น อุณหภูมิอากาศจะเพิ่มขึ้น ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นก็มีความสัมพันธ์กัน สอดคล้องกับวิสุทธิ (2541) ที่ว่าพลังงานรังสีดวงอาทิตย์มีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยรอบ ส่วนใหญ่ในบริเวณที่มีต้นไม้หรือในป่า เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้มีการระเหยของน้ำมาก อุณหภูมิที่ร้อนจะทำให้ไอน้ำคงสถานะอยู่ในบรรยากาศได้และทำให้บรรยากาศมีความชื้นมาก (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป) และความชื้นสัมพัทธ์อากาศยังขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนด้วย เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3)

อุณหภูมิดินและความชื้นดิน มีความสัมพันธ์กันซึ่งกันและกัน (2541) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในชั้นหน้าตัดดินอย่างมาก คือเมื่ออุณหภูมิดินสูง ความชื้นดินจะต่ำเนื่องจากเกิดการระเหยน้ำออกสู่บรรยากาศ แต่การที่อุณหภูมิดินจะสูงหรือต่ำนั้น สมศรี (2544) กล่าวว่า อุณหภูมิอากาศเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของดิน หากอุณหภูมิบรรยากาศต่ำจะส่งผลให้อุณหภูมิโดยรวมของดินต่ำลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองคือ เมื่ออุณหภูมิอากาศสูงขึ้น อุณหภูมิดินจะเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิอากาศลดลง อุณหภูมิดินลดลงด้วยเช่นกัน

พลังงานความร้อนที่ดินได้รับมาจากพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์นั้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ซึ่งรังสีสุทธิดวงอาทิตย์นั้นจะถูกนำไปใช้ในการคายระเหยน้ำเกือบทั้งหมด (Hartmann, 1994) สอดคล้องกับผลการทดลองคือ พลังงานความร้อนในดินไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปตามค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์ แต่เปลี่ยนแปลงไปตามความชื้นดิน พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทลงสู่ดินนั้นจะมากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ปริมาณน้ำและอากาศในดิน ดินที่มีความชุ่มชื้นสามารถนำและกักเก็บความร้อนได้ดีกว่าดินที่แห้ง (ถนอม, ม.ป.ป) ซึ่งความชื้นดินได้เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณฝนที่ตกลงมา จึงทำให้ค่าพลังงานความร้อนในดินเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

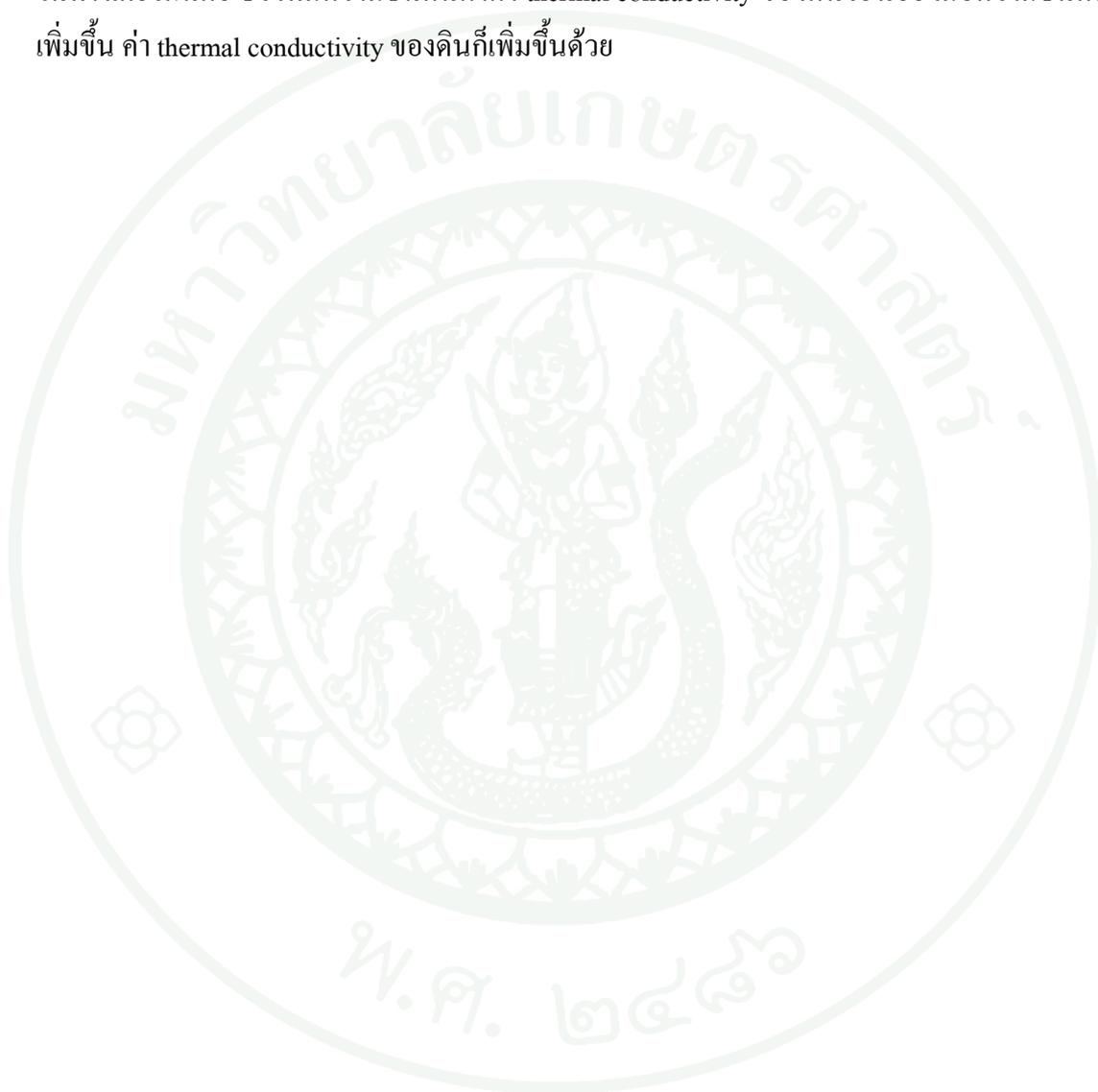
ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำของยางพารา คือ สภาพภูมิอากาศ เช่น แสงแดด อุณหภูมิอากาศ ความชื้นอากาศ ปริมาณน้ำฝนและลม จากผลการทดลองในเดือนที่มีค่ารังสีสุทธิดวงอาทิตย์สูง อุณหภูมิอากาศจะสูง ความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่ำ ทำให้การใช้น้ำของยางพารามาก สอดคล้องกับปิยพงษ์ (2544) ที่ว่าปริมาณรังสีสุทธิดวงอาทิตย์เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการใช้น้ำมาก

หรือน้อยในแต่ละวัน และ Edoga and Suzzy (2008) กล่าวว่า การที่อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลง การใช้น้ำจะเพิ่มขึ้น หากช่วงไหนมีลมแรง ค่าการใช้น้ำของยางพาราจะเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับคณพล (2544) ที่ว่าลมมีส่วนช่วยในการทำให้เกิดการใช้น้ำ โดยลมเป็นตัวช่วยให้เกิดการใช้น้ำมากขึ้น แต่ถ้ามีฝนตกลงมาอุณหภูมิอากาศจะลดลง ความชื้นสัมพัทธ์อากาศเพิ่มขึ้น จะทำให้ยางพาราใช้น้ำน้อยลง ส่วนปัจจัยอื่น ได้แก่ ปริมาณของน้ำในดิน และสิ่งปกคลุมผิวดิน (วินัย , 2553) โดยช่วงที่มีความชื้นดินมาก ยางพาราสามารถนำน้ำไปใช้ได้เพียงพอก็ทำให้ค่าการใช้น้ำของยางพาราเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงความชื้นดินต่อการใช้น้ำของยางพารา พบว่าทั้ง 2 ปี มีแนวโน้มในทางเดียวกันคือ ในช่วงที่ความชื้นดินต่ำ ปริมาณการใช้น้ำของยางพาราน้อยด้วย และเมื่อความชื้นดินเพิ่มขึ้น ปริมาณการใช้น้ำก็เพิ่มขึ้นด้วย จะเห็นว่าที่ความชื้นดินเดียวกัน มีค่าการใช้น้ำของยางพาราต่างกัน (จากภาพที่ 13 และภาพที่ 14) เมื่อความชื้นดินน้อยค่าการใช้น้ำจะน้อย และเมื่อความชื้นดินเพิ่มขึ้น ค่าการใช้น้ำจะเพิ่มขึ้น เป็นเพราะเป็นต่างวันและต่างช่วงเวลา ทำให้ที่ความชื้นดินเดียวกันมีค่าการใช้น้ำต่างกัน เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ เช่น รังสีสุทธิดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ความเร็วลม มีการผันแปรอยู่ตลอดเวลา และในบางวันมีฝนตกลงมา จึงทำให้ค่าการใช้น้ำของยางพารามีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ อีกทั้งการที่ยางพารามีการผลัดใบ แล้วใบยางร่วงหล่นลงมาปกคลุมผิวดิน แม้ว่าในวันนั้นแดดจะแรง อุณหภูมิอากาศสูง ความชื้นสัมพัทธ์อากาศต่ำหรือลมจะแรง แต่ปัจจัยเหล่านี้ไม่สามารถส่งผลกระทบต่อดินได้โดยตรง เพราะมีใบไม้ปกคลุมอยู่ และใบไม้ที่ปกคลุมผิวดินนั้น ทำให้ความร้อนที่กักเก็บไว้ในดินออกสู่บรรยากาศได้ยากหรือน้อยลง ทำให้ความชื้นในดินถูกเก็บรักษาไว้ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ยางพาราได้รับปัจจัยเหล่านี้โดยตรง จึงเกิดการใช้น้ำอยู่ตลอดเวลา และที่ค่าความชื้นดินสูงๆ ค่าการใช้น้ำของยางพารามีความแตกต่างกันมากกว่าค่าการใช้น้ำของยางพาราเมื่อดินมีความชื้นต่ำ เพราะดินที่มีความชื้นสูง จะมีปริมาณน้ำในดินมาก ยางพาราจึงสามารถดูดน้ำไปใช้ได้เพียงพอต่อความต้องการ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในวันนั้นเป็นตัวกำหนดค่าการใช้น้ำของยางพารา ถ้าในวันนั้นมีสภาพอากาศสดใส ค่าการใช้น้ำก็จะมาก แต่ถ้ามีสภาพอากาศไม่สดใส เมฆปกคลุมมาก หรือคล้ายจะมีฝนตก ค่าการใช้น้ำก็จะน้อย จึงทำให้ค่าการใช้น้ำของยางพาราในวันที่มีความชื้นดินสูงมีความแตกต่างกันมาก ซึ่งในทางกลับกัน ไม่ว่าจะสภาพอากาศจะเป็นอย่างไร แต่เมื่อปริมาณน้ำในดินมีน้อย (ความชื้นดินต่ำ) ค่าการใช้น้ำจะถูกจำกัดเพื่อรักษาสมดุลไว้ จึงทำให้ค่าการใช้น้ำของยางพาราที่ความชื้นดินต่ำมีความแตกต่างกันน้อย สอดคล้องกับ นันทนา (ม.ป.ป) ที่ว่าถ้าในดินมีมากหรือดินแฉะ และสภาพอื่นเหมาะสมกับการคายน้ำ น้ำในดินจะถูกดูดและลำเลียงไปยังใบได้มากและตลอดเวลาก็จะทำให้ใบคายน้ำได้มาก แต่

ถ้าในดินน้อยหรือดินแห้ง แม้ว่าสภาพอื่นๆจะเหมาะสมกับการคายน้ำมาก การคายน้ำก็เกิดขึ้นได้น้อย

การเปลี่ยนแปลงความชื้นดินต่อค่า thermal conductivity ของดินพบว่าทั้ง 2 ปี มีแนวโน้มในทางเดียวกันคือ ช่วงที่มีความชื้นดินต่ำค่า thermal conductivity ของดินจะน้อย เมื่อความชื้นดินเพิ่มขึ้น ค่า thermal conductivity ของดินก็เพิ่มขึ้นด้วย



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ค่าการใช้น้ำของยางพาราจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิดิน ความชื้นดิน และระบบการเจริญเติบโตของยางพารา

การเปลี่ยนแปลงความชื้นดินมีผลต่อการนำความร้อนของดิน และการใช้น้ำของยางพาราของทั้งปี 2551 และปี 2552 ซึ่งความชื้นดินมีความสัมพันธ์กับการนำความร้อนของดินและการใช้น้ำของยางพารา

ข้อเสนอแนะ

ควรเก็บข้อมูลปริมาณน้ำยางที่กรี๊ดได้ในแต่ละวันด้วย เพื่อดูว่าการใช้น้ำมีผลต่อปริมาณน้ำยางหรือไม่ การทดลองนี้ทำในแปลงยางพาราซึ่งในบางช่วงแสงแดดไม่สามารถส่องลงมายังผิวดินได้ จึงควรศึกษาในพืชที่ไม่สูงนัก เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความชื้นดิน การนำความร้อนของดิน และค่าการใช้น้ำได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กลอยใจ เชยกลิ่นเทศ. 2543. **อุตุนิยมวิทยาเกษตร**. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต ปทุมธานี, ปทุมธานี.

กุ่มท สังขศิลา. 2541. อุณหภูมิและการถ่ายเทอากาศของดิน, น. 150-160. ングุท ไอสดสภา, สุกมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, และชัยสิทธิ์ ทองจู, ผู้รวบรวม. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2539. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ**. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. ม.ป.ป. **การศึกษาลมฟ้าอากาศ**. แหล่งที่มา:

<http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=85>, 5 เมษายน 2554.

คณพล จุฑามณี. 2544. **เอกสารประกอบการสอนวิชาสรีรวิทยาเบื้องต้นของพืช (727351)**. คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จักรพงษ์ เจริญศิริ และวิสุทธิ์ วีรสาร. 2523. **ความเป็นประโยชน์ของความชื้นในดินต่อพืช**. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 13(6) : 597-628.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2542. **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่**. นพบุรีการพิมพ์ เชียงใหม่, เชียงใหม่.

ดิเรก ทองอร่าม, วิทยา ตั้งก่อสกุล, นาวิ จีระชีวี และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2545. **การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.

ถนอม คลอดเพ็ง. ม.ป.ป. เอกสารประกอบการเรียนวิชาอุตุนิยมนิเทศวิทยาเกษตร.
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นวรรตน์ อุดมประเสริฐ. 2541. สรีรวิทยาของการผลิตพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นาวิ จิระชีวี. 2548. การออกแบบระบบให้น้ำ ฉบับชาวสวน. วารสารเคหการเกษตร, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2551. ความเคลื่อนไหวจากสวนยาง. แหล่งที่มา:

<http://www.live-rubber.com/index.php/rubber-news-events/27-from-rubber-plantation/49-annaul-rubber-leaf-fall>, 19 เมษายน 2554.

นันทนา สำเภา. ม.ป.ป.. การสูญเสียน้ำของพืช. แหล่งที่มา:

<http://www.nana-bio.com/e-learning/transpiration/transpiration.html>, 5 เมษายน 2554.

ประพาส ร่มเย็น. 2533. การศึกษาความรู้เกี่ยวกับการกรีดยางและสภาพหน้ากรีดยางของเจ้าของสวนยางพื้นสงเคราะห์ในภาคตะวันออก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยพงษ์ ทองดินนอก. 2544. การประเมินค่าการคายระเหยน้ำโดยวิธีของ Bowen ratio ในพื้นที่ที่มีการประโยชน์ที่ดินหลายรูปแบบของจังหวัดสุโขทัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชร ประเสริฐกุล. 2549. การหาปริมาณการใช้น้ำในระดับแปลงปลูกของยางพาราอายุ 10 ปี และ 2 ปี โดยวิธีตัดส่วนของโบเวน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันธ์พิทย์ พีชมงคล. 2542. การศึกษาความเหมาะสมและความสำคัญของตัวแปรของสูตรพินแมนในสภาวะลมฟ้าของสถานีอุตุนิยมนิเทศวิทยาเกษตรปทุม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มานะชัย สังข์วาทิน. 2549. คู่มือการทำสวนยางพารา. เกษตรสยาม, กรุงเทพฯ.

มินตรา อินทร์ประสิทธิ์. ม.ป.ป.. การคายน้ำของพืช. แหล่งที่มา:

<http://www.mintra2009.ob.tc/666000.htm>, 4 เมษายน 2554.

มันทนาธิ์ เศรษฐภักดี. 2546. คำอธิบายศัพท์ดินและปุ๋ย 1. คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยี
การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี.

ยุพาพร ทิพย์จริยาอุดม. 2547. สนุกกับกิจกรรม GLOBE ตอนการวัดอุณหภูมิ. แหล่งที่มา:

<http://globethailand.ipst.ac.th/journal/129.pdf>, 7 กันยายน 2552.

ยุทธนา พันธุ์กมลศิลป์ และ เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย. 2546. การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยใช้
พืชชี้ล่อจิก. น. 89-96. ใน: เรื่องเต็มการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 41 สาขาวิศวกรรมศาสตร์
และสาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 4-7 กุมภาพันธ์ 2546.
กรุงเทพฯ.

ยุทพงษ์ ศรีมังคละ. 2542. ความผันแปรของความชื้นในดินภายใต้สวนสักอายุต่างๆ บริเวณสวน
ป่า ทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. 2542. ยางพารา, น.416-445. ใน นพพร สายัมพล, เรวัต เลิศฤทัยโยธิน,
รังสฤษฎ์ กาวีตะ และ สนธิชัย จันทร์เปรม (ผู้รวบรวม). พืชเศรษฐกิจ.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รัชชนีวรรณ ราชุละ. 2547. ความผันแปรของความชื้นในดินบริเวณไร่มันสำปะหลัง อำเภอครบุรี
จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิชา นิยม. 2535. อุทกวิทยาป่าไม้. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วินัย แสงแก้ว. 2553. การคายระเหย. แหล่งที่มา:

<http://krudaeng.wikispaces.com/search/view/7.2+>, 4 เมษายน 2554.

- วิบูลย์ บุญขจรโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 274 หน้า.
- วิสุทธิ์ วีรสาร. 2541. **น้ำในดิน**, น. 97-149. ชงยุทธ โอสดสภา, สุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา,
อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, และชัยสิทธิ์ ทองจู, ผู้รวบรวม. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิทยา ศิลปะสมบุรณ์. 2537. **อิทธิพลของสภาพภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงศักย์น้ำในใบเลี้ยง
พันธุ์สงฮวย**. ปัญหาพิเศษปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.
- ศศิวิมล เมืองมินทร์. 2544. **สถิติวิเคราะห์ความชื้นดินจากข้อมูลอากาศ**. แหล่งที่มา:
http://www.science.cmu.ac.th/study_abstract/applystat_abs.htm, 7 กันยายน 2552.
- สถาบันวิจัยยาง. 2536. **ยาง**. เอกสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตร.
- สถาบันวิจัยยาง. มปป. **การจัดการสวนยางบนพื้นที่ไม่เหมาะสม**. แหล่งที่มา :
<http://www.rubberthai.com/magazine/rubbernews/4.htm>, 19 ตุลาคม 2553.
- _____ . **การปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. แหล่งที่มา
<http://mrnainoy-myblog.blogspot.com/2010/05/blog-post.html>, 19 ตุลาคม 2553.
- สิทธิพร สุขเกษม. 2530. **อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- สมควร คีรีศรี. 2542. **การทำสวนยางพารา**. บริษัทแสงปัญญาเลิศ, กรุงเทพฯ.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. **สรุบริเวทยาของพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สมศรี ฤทธิดำ. 2544. **การศึกษาการถ่ายเทความร้อนของดินในแต่ละระดับความลึก**. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมเกียรติ อยู่ประเสริฐ. 2538. ผลการฟื้นฟูสภาพป่าที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกกราช กิ่งอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2542. แนวทางการผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญ. แหล่งที่มา: http://cdc.nesdb.go.th/datawarehouse/research_south/data13.doc, 11 ธันวาคม 2551.

อมรัตน์ เลี่ยมตระกูลพานิช. 2544. ความผันแปรของความชื้นดินในป่าเบญจพรรณ ที่สถานีวิจัย ลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โอสถ ชาญเวช และธีระพล ตั้งสมบุญ. 2543. เอกสารวิชาการเรื่องปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและค่าสัมประสิทธิ์พืช. ส่วนเกษตรชลประทาน สำนัก กุฏกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.

เอกชัย พฤษย์อำไพ. 2547. คู่มือพยากรณ์อากาศ. โรงพิมพ์เทพพิทักษ์, กรุงเทพฯ.

เอกสารประกอบการเรียนวิชาอุตุนิยมวิทยาเกษตร. มปป. สมดุลพลังงาน. แหล่งที่มา: <http://agronomy.agri.cmu.ac.th/meteo/cons441/lecture-7.htm>, 19 ตุลาคม 2553.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. **Crop evapotranspiration: Guideline for computing crop water requirements.** FAO Irrigation and Drainage paper No. 56. 300p.

Anonymous. 1996. Atmospheric Energy Balance: Energy Balance. Available Source: http://www.envi.hufs.ac.kr/gwlee/session2/energy_balance.html#bowen, April 4, 2011.

B.S. Ghauman, R. Lal, 1985. Thermal conductivity, thermal diffusivity and thermal capacity of some Nigerian soils, Soil Sci. 139: 74-80.

- Chunkao, K. 1971. **An Analysis of Evapotranspiration of Dry-Evergreen Forest at Sakaerat**, Thailand. For. Res. Bull., No. 16, Fac. of Forestry, Kasetsart University, Bangkok.
- David R. Cook. n.d. **Thermal Conductivity of Clay**. Ask A Scientist. Available Source: <http://www.newton.dep.anl.gov/askasci/env99/env140.htm>, September 7, 2009.
- Dennis L. HARTMANN. 1994. **Global Physical Climatology**. Academic Press, 411 pp.
- Doorenbos J. and W.O.Pruitt. 1992. **Crop water requirement**. F.A.O. Irrigation and Drainage paper no. 24, F.A.O. Rome, 144 p.
- Edoga R.N. and Suzzy A.B.U. 2008. **Effect of Temperature Changes on Evapotranspiration in Minna, Niger State**. Journal of Engineering and Applied Science 3 (6): 482-486, 2008.
- FUJINO JUN'ICHI and HONDA TOMOHIRO. 2003. Measurement of Apparent Thermal Conductivity of Sand Layer Packed in a Flat Square Box Using Heat Flow Meter Method. **Japan Journal of Thermophysical Properties**. 17 (3): 192-198. **Science Link Japan**. Accession no. 03A0664507
- Harding, R.J., R.L. Hall, M.H. Swaminath and K.V. Srivasa Murthy. 1992. **The Soil Moisture Regimes Bemeath Forest and Agricultural Crop in Southern India. Measurement and Modelling**. pp. 244-269. *In* Growth and Water Use of Forest Plantations. John Willey & Sons, Inc., New York.
- Hillel, D. 1982. **Introduction of Soil Physics**. Academic Press, Inc. San Diego. CA. USA. ISBN: 0-12-348-520-7. p.264.
- John, H.P., H. Jerry, J.K. Aase and J.L. Pikul. 1997. **Bowen ratio Comparisons with Lysimeter Evapotranspiration**. Agronomy Journal 89: pp.730-736.

- K.R. Vijayakumar, S.K. Dey , T.R. Chandrasekhar, A.S. Devakumar, T. Mohankrishna , P. Sanjeeva Rao ,M.R. Sethuraj. 1998. **Irrigation requirement of rubber trees (*Hevea brasiliensis*) in the subhumid tropics**. *Agricultural Water Management* 35: 245–259.
- Koichiro, L. 1996. **Water balance studies on moist tropical forested catchments**, p. 83. *In* FORTROP'96 Topical Forest in the 21st century : Abstract of Invited and Poster Papers, 25-28 November 1996. Kasetsart University, Bangkok.
- Kramer, P.J. 1969. **Water stress and plant growth**. *Aron.J.* 55 : 31-35.
- Lutz, H.J. and R.F. Chandler. 1957. **Forest Soil**. John Willey & Sons Inc., New York. 514p.
- Matthew Hall , David Allinson. 2009. **Assessing the effects of soil grading on the moisture content-dependent thermal conductivity of stabilised rammed earth materials**. *Applied Thermal Engineering* 29: 740–747
- Morgan,J.M. 1984. **Osmoregulation and water stress in higher plant**. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 35 : 299-319.
- N.H. Abu-Hamdeh , A.I. Khdair, R.C. Reeder. 2001. **A comparison of two methods used to evaluate thermal conductivity for some soils**. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 44: 1073-1078.
- P. Sanjeeva Rao , C.K. Saraswathyamma, M.R. Sethuraj. 1998. **Studies on the relationship between yield and meteorological parameters of para rubber tree (*Hevea brasiliensis*)**. *Agricultural and Forest Meteorology* 90: 235–245.
- Pukngam, S. 2001. **The comparative studies on evapotranspiration of paddy field and different forest types in the Northern Thailand based on Bowenratio method**. Ph. D. Thesis, Kasetsart University.

Robbins, W.W., Weier and C.R.Stocking. 1965. **Botany** : An Introduction to Plant Science. John Wiley & Sons Inc., U.S.A. 614 p.

Suksawang, S. and N. Thangtham. 1996. **Water balance of a small disturbed forested watershed in Western Thailand**, pp. 82. *In* FORTROP'96 Topical Forest in the 21st century : Abstract of Invited and Poster Papers, 25-28 November 1996. Kasetsart University, Bangkok.

Steven, R. Evett. 2001. **Water and Energy Balances at Soil-Plant-Atmosphere Interfaces**, pp. 127-188. *In* A.W. Warric, ed. Soil physics companion, U.S.A. 389p.

Turner,N.C. 1990. **Plant water relations and irrigation management**. Agric. Water Manage. 17 : 59-73.

Yabuki, K. 1983. **A Comparative Study of Biological Production in Natural and Cultivated Vegetation in Thailand by Mean of Micrometeological Method**. University of Osaka, Prefecture, Japan. 272p.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 สัดส่วนเนื้อดินและเนื้อดินของแปลงทดลอง

	% sand	% silt	% clay	เนื้อดิน
สัดส่วนเนื้อดิน	61.396	6.256	32.348	ดินร่วนเหนียวปนทราย



ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอัญชุลี รัตนานันทชัย
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 15 กันยายน 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรสงคราม
ประวัติการศึกษา	วท.บ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นิสิตปริญญาโท
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-