โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 04/2552

การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของมะละกอโดยใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืช

Study on Crop Evapotranspiration of Papaya using Lysimeter

โดย

นายเกียรติภูมิ นาคอ่วม

นายณัฐนันท์ บรรลุผล

นางสาวมตินันท์ จงไกรจักร

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมโยธา - ชลประทาน)

พุทธศักราช 2552

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เรื่อง **การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของมะละกอโดยใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืช**

(Study on Crop Evapotranspiration of Papaya using Lysimeter)

นามผู้จัดทำโครงงาน นายเกียรติภูมิ นาคอ่วม

นายณัฐนันท์ บรรลุผล

นางสาวมตินันท์ จงไกรจักร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ …….....

(อ.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์)

...../ ……./ ……

หัวหน้าภาควิชา …….....

(รศ.สันติ ทองพำนัก)

...../ ……./ ……

บทคัดย่อ

เรื่อง : การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของมะละกอโดยใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืช

โดย : นายเกียรติภูมิ นาคอ่วม
นายณัฐนันท์ บรรลุผล
นางสาวมตินันท์ จงไกรจักร

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : .....
(อ.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์)
...../……/…….

ปัจจุบันมะละกอมีการขยายพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมะละกอเป็นพืชที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว ออกดอกติดผลตลอดทุกฤดูกาล และมีความต้องการทั้งตลาดภายในและภายนอกประเทศเพิ่มมากขึ้น โครงการนี้จึงได้ทำการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของมะละกอ โดยใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ ขนาด1.5 เมตร × 1.5 เมตร จำนวน 4 ใบ ได้ทำการทดลอง ระหว่างวันที่ 21 กรกฎาคม 2552 ถึง 9 มีนาคม 2553 รวม 232 วัน (33 สัปดาห์) ตั้งแต่เริ่มนำต้นกล้าลงปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นแรก และคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับผลต่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินเฉพาะในช่วงกรณีที่ไม่สามารถทำการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชได้

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้น้ำของมะละกอช่วงระยะต้นกล้ามีการใช้น้ำเฉลี่ย 7 มิลลิเมตรต่อวัน ช่วงระยะติดดอกมีการใช้น้ำเฉลี่ย 7.5 มิลลิเมตรต่อวัน ช่วงระยะติดผลมีการใช้น้ำเฉลี่ย 10.5 มิลลิเมตรต่อวันและช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นแรกมีการใช้น้ำเฉลี่ย 19.4 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นต่อไปจะมีการใช้น้ำค่อนข้างคงที่

ผลจากการทดลองนี้ สามารถนำไปประยุกต์การวางแผนการให้น้ำแก่มะละกอ โดยเฉพาะหากต้องการปลูกมะละกอในเชิงการค้า ควรมีการวางแผนจัดหาน้ำให้แก่มะละกออย่างเพียงพอ ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่ามะละกอมีปริมาณความต้องการน้ำเพิ่มสูงขึ้นตามช่วงอายุการเจริญเติบโต

Abstract

Title: Study on Crop Evapotranspiration of Papaya using Lysimeter

By: Mr.Kattipoom Nakaom
Mr.Nutthanun Bunlupon
Miss.Matinan Jongkrijuk

Project Advisor: ……..
(Mr. Chuphan Chompuchan)
……../……./…….

The cultivation areas of papaya have been expanded due to its growing capability; easy and simple. Moreover, the demand of papaya in domestic and international markets is still in high demand. Therefore, this project aims to study the evapotranspiration rate of papaya (*Carica papaya L.*) by lysimeter percolation type with 4 tanks of size 1.5 x 1.5 meter. The experiment was conducted from 21 July to 9 March 2010, totally 232 days (33 weeks) from planting to first harvesting.

The evapotranspiration rate was calculated from the balance of the water in the percolation type lysimeter. The percentage of difference of soil moisture was considered when balancing water into lysimeter cannot be analyzed. From the study, it was found that the evapotranspiration rate of papaya was 7 millimeter per day; during routing period; 7.5 millimeter per day; during blooming period, 10 millimeter per day; during fruiting, 19.4 millimeter per day; during first harvesting period. While the next harvesting period, the evapotranspiration rate was almost stable.

The evapotranspiration rate from the study can be applied for planning for papaya cultivation, especially when farmers want to cultivate papaya in large areas, the planning of the water supply is necessary. This shows that the need of water in papaya depends on its growing rates.

คำนิยม

โครงการวิศวกรรมชลประทานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา รศ.สันติ ทองพำนัก กรรมการที่ปรึกษา และ ผศ.ดร.พงศธร โสภาพันธุ์ กรรมที่ปรึกษา ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำให้ความช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดตลอดมา จนทำให้โครงการเล่มนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ คุณพันธ์ชัย บุญเพ็ญ เจ้าหน้าที่สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทาน 5 (แม่กลองใหญ่) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่ทดลอง และช่วยดูแลแปลงทดลองและห้องปฏิบัติการ

คุณงามความดีของโครงการนี้ ขอมอบให้ คุณพ่อ คุณแม่ ตลอดจนอาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ให้ได้ซึ่งสติปัญญาความสามารถ

คณะผู้จัดทำ

เมษายน 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
บทนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
วิธีการทดลอง	
สถานที่การทดลอง	20
อุปกรณ์	21
วิธีการทดลอง	21
ผลการทดลอง	25
สรุปผลการทดลอง วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการทดลอง	42
วิจารณ์ผลการทดลอง	43
ข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การเจริญเติบโตของมะละกอ	48
ภาคผนวก ข ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	50
ภาคผนวก ค ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้ชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)	60
ภาคผนวก ง สรุปปริมาณการใช้น้ำของพืชและปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง	70
ภาคผนวก จ ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman Monteith	72
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างการคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำของมะละกอ	78
ภาคผนวก ช ขั้นตอนการเตรียมแปลงและการเจริญเติบโต	81
ประวัติผู้จัดทำ	87

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เนื้อดิน ระดับความชื้นในดินและความถ่วงจำเพาะ ของดินในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช	25
2	ผลตรวจวัดความสูงของต้นมะละกอและความยาวรากของต้นมะละกอ	29

ตารางผนวกที่

1	การเจริญเติบโตของมะละกอทั้ง 4 ถัง	49
2	การเจริญเติบโตของมะละกอ	49
3	ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม	51
4	ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้ชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)	61
5	สรุปปริมาณการใช้น้ำของพืชและปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง	71

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย (พันธุ์ฮอลแลนด์)	4
2	การจำแนกชนิดของน้ำในดินและความชื้นในดิน	10
3	ถาดวัดการระเหยแบบ Class A	15
4	ถังวัดการใช้น้ำของพืช(Lysimeter)	16
5	ผังแปลงทดลอง	20
6	ความลึกและการแผ่กระจายของรากต้นมะละกอ	23
7	ระยะต้นกล้ามะละกอ	27
8	ระยะติดดอกของมะละกอ	27
9	ระยะติดลูกของมะละกอ	28
10	ระยะผลสุกของมะละกอ	28
11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากต้นมะละกอ กับความสูงของต้นมะละกอ	29
12	การเจริญเติบโตความสูง ขนาดลำต้นและความยาวรากของมะละกอ	31
13	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและปริมาณน้ำฝน	32
14	เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของมะละกอระหว่าง Case 1 กับ Case 2	37
15	ปริมาณการใช้น้ำของมะละกอตามช่วงอายุการเจริญเติบโตของมะละกอ	41

ภาพผนวกที่

1	อบดินเพื่อฆ่าเชื้อโรค	82
2	การเตรียมหลุมปลูก	82
3	นำต้นกล้าลงปลูก	83
4	การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2552	84
5	การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 30 กันยายน 2552	84
6	การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน 2552	85
7	การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2552	85
8	การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 13 มกราคม 2553	86
9	การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2553	86

บทนำ

1. คำนำ

น้ำมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากพืชต้องการน้ำตลอดฤดูกาลการเพาะปลูกถ้าให้น้ำแก่พืชตามปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชที่แท้จริงจะส่งผลให้พืชเจริญเติบโตเต็มที่ ได้ผลผลิตสูง ในขณะที่ถ้าในการเพาะปลูกมีการให้น้ำในปริมาณที่น้อยกว่าความต้องการของพืชจะส่งผลให้พืชไม่เจริญเติบโตหรือได้ผลผลิตที่ต่ำ และถ้ามีการให้น้ำในปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืชทำให้สิ้นเปลืองน้ำและอาจจะก่อให้เกิดผลเสียต่อพืช

มะละกอจัดเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุสั้น เป็นไม้ผลพื้นเมืองในแถบร้อนของทวีปอเมริกาตามชายฝั่งของเม็กซิโกและหมู่เกาะอินเดียตะวันตก แม้ว่ามะละกอจะไม่ใช้พืชพื้นเมืองดั้งเดิมของไทย แต่ก็มีการปลูกกันมาตั้งแต่สมัยโบราณ เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็วและไม่ค่อยมีโรคแมลงรบกวนมากนัก อาจกล่าวได้ว่ามีการปลูกมะละกออยู่เกือบทุกจังหวัดทุกภาคของประเทศ มีทั้งแบบปลูกเป็นสวนหรือไร่มะละกอโดยเฉพาะ โดยมีการปลูกเพื่อการบริโภคและเป็นวัตถุดิบเพื่อการอุตสาหกรรม นอกจากนั้นแล้วมะละกอยังเป็นไม้ผลส่งออกของไทยที่ชาวต่างประเทศรู้จักและนิยมบริโภคกันมาก จะเห็นได้ว่าในแต่ละปีประเทศไทยได้ส่งออกผลมะละกอทั้งสุกและดิบไปขายยังตลาดต่างประเทศ สามารถทำรายได้เข้าประเทศได้มากถึงปีละประมาณ 50 ล้านบาท ซึ่งมีมูลค่าเป็นอันดับสองรองลงมาจากลำไย ทั้งนี้เนื่องจากราคาต่อหน่วยของลำไยสูงกว่ามะละกอมาก แต่สิ่งที่มะละกอได้เปรียบมากกว่าคือ การที่มะละกอเป็นพืชที่ออกดอกติดผลตลอดทุกฤดูกาล ทำให้ผลผลิตออกสู่ตลาดตลอดปี (ศักดิ์สิทธิ์, 2539)

อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาค้นคว้าในเชิงวิชาการถึงปริมาณการใช้น้ำของมะละกอ โครงการนี้จึงได้ทำการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของมะละกอในถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) เพื่อได้ทราบถึงความต้องการปริมาณการใช้น้ำของมะละกอในช่วงการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะเพาะกล้าจนถึงช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต ผลลัพธ์ที่ได้คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการให้น้ำแก่มะละกออย่างมีประสิทธิภาพ

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณการใช้น้ำของมะละกอในถังวัดการใช้น้ำของพืช

3. ขอบเขตการศึกษา

1. พันธุ์พืชที่ใช้ : มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย (พันธุ์ฮอลแลนด์)

2. ช่วงระยะเวลาในการทดลอง : ตั้งแต่ 21 กรกฎาคม 2552 – 9 มีนาคม 2553

3. สถานที่ทำการทดลอง : สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทาน 5 (แม่กลองใหญ่) อำเภอ กำแพงแสน จังหวัด นครปฐม

การตรวจเอกสาร

มะละกอ

ศักดิ์สิทธิ์(2539) กล่าวว่ามะละกอจัดเป็นพืชล้มลุกที่มีอายุสั้น โดยทั่วไปมักมียางสีขาวอยู่เกือบทั่วทุกส่วนของต้น ออกดอกติดผลตามบริเวณปลายยอดของต้น เป็นไม้ผลพื้นเมืองในแถบร้อนของทวีปอเมริกาตามชายฝั่งของเม็กซิโกและหมู่เกาะอินเดียตะวันตก เชื่อกันว่าพันธุ์มะละกอที่ปลูกกันในปัจจุบันได้มาจากการผสมพันธุ์ของมะละกอพันธุ์พื้นเมืองเม็กซิโก และต่อมาได้มีการแพร่กระจายมายังทวีปเอเชียโดยนักเดินเรือชาวโปรตุเกตุและชาวสเปนในราว พ.ศ. 2143 และเป็นที่นิยมกันมากในหลายประเทศในเอเชีย เช่น ประเทศมาเลเซีย ไต้หวันและไทย มะละกอมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า คาริคา ปาปายา (*Carica papaya*) จัดอยู่ในวงศ์คาริคาซีอี้ (Caricaceae) พืชในวงศ์นี้มีเพียงมะละกอชนิดเดียวเท่านั้นที่ปลูกกันเป็นการค้า

1. พันธุ์มะละกอ

การปลูกมะละกอในท้องถิ่นใด ควรเลือกใช้พันธุ์ที่ได้รับการคัดเลือกแล้วเฉพาะท้องถิ่นนั้นๆ เพราะมะละกอเป็นพืชที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมมาก สำหรับประเทศไทยมีพันธุ์มะละกอที่ปลูกกันเป็นการค้าอยู่มากมายหลายพันธุ์และแต่ละพันธุ์ก็ยังไม่ค่อยได้มาตรฐานในสายพันธุ์ดีพอ เพราะพบว่ายังมีความผันแปรทางด้านขนาดของผล และรูปร่างลักษณะทั้งภายในและภายนอกผลจนแยกไม่ออกว่าเป็นพันธุ์อะไรกันแน่ ตลอดจนการเรียกชื่อพันธุ์ต่างๆ ก็มีมากมายทั้งที่เป็นที่รู้จักกันดีทั้งในประเทศ และชื่อที่รู้จักเรียกกันเฉพาะภายในท้องถิ่น รวมทั้งที่การตั้งชื่อพันธุ์ใหม่ๆ ที่เห็นว่ามีลักษณะแตกต่างไปจากพันธุ์อื่นขึ้นมาเรื่อยๆ แต่อย่างไรก็ตามมะละกอที่นิยมปลูกกันมากและเป็นที่รู้จักกันทั่วไป เช่น พันธุ์พื้นเมือง พันธุ์แขกดำ พันธุ์สายน้ำผึ้ง พันธุ์โกโก้ พันธุ์จำปาดะ พันธุ์ปากช่อง 1 พันธุ์ปลักไม้ลาย เป็นต้น

สำหรับโครงการนี้ได้เลือกมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย (หรือ พันธุ์ฮอลแลนด์) เพื่อทำการทดลอง เนื่องจากมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายเป็นผลไม้ที่สามารถรับประทานได้ทั้งผลสุกและผลดิบ เป็นที่ชื่นชอบกันโดยทั่วไป ปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทยเพราะประเทศไทยมีอากาศร้อนชื้น เหมาะกับการเจริญเติบโตของมะละกอ หากปลูกเป็นการค้าก็สามารถที่จะทำได้เป็นอย่างดี เนื่องจากว่าเมื่อปลูกไปแล้วประมาณ 5-6 เดือน ก็จะมีการติดผลค่อนข้างดกมาก สำหรับชื่อพันธุ์ปลักไม้ลาย (หรือ พันธุ์ฮอลแลนด์) มาจากสายพันธุ์ที่นำมาจากประเทศฮอลแลนด์ เมื่อ ปี พ.ศ. 2543 โดยเริ่มมาจากการเพาะเมล็ด จำนวนเพียง 30 เมล็ดเท่านั้น แต่รอดมาได้เพียง 4 ต้น จึงได้เริ่มปลูกในพื้นที่หมู่บ้านปลักไม้ลาย ตำบลทุ่งขวาง อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม หลังจากปลูกไปแล้ว ได้มีการสังเกตว่าลักษณะต่างๆ ของมะละกอพันธุ์นี้ ไม่เหมือนกับพันธุ์อื่นๆ

จึงได้เก็บเมล็ดและขยายพันธุ์ให้มีจำนวนมากขึ้น เมื่อนำผลผลิตที่ได้มาออกจำหน่ายปรากฏว่าเป็นที่นิยมมาก แต่ผลผลิตยังไม่พอเพียงต่อความต้องการของตลาด ซึ่ง ณ ปัจจุบันนี้มีตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย มีลักษณะจะมีใบสีเขียว แยกออกเป็นแฉกๆ นับได้ใบละ 11 แฉก กลางใบจะมีกระโดงอีก 1 ใบ ใบมีขนาดเล็ก ก้านใบ มีสีเขียวอ่อน ก้านตั้งชู ไม่โน้มลงด้านล่าง ความยาวของก้าน 60-80 เซนติเมตร ลำต้น จะมีฐานลำต้นที่ใหญ่ ไม่จำเป็นต้องใช้ไม้ค้ำเหมือนพันธุ์อื่นๆ ลักษณะลำต้นคล้ายทรงเจดีย์ และมีข้อลำต้นถี่ ราก ของมะละกอพันธุ์นี้ มีขนาดใหญ่ออกรอบลำต้น ต่อยึดลำต้นได้ดี รากแขนงและรากฝอยออกได้ดีทั่วทรงพุ่ม จึงหาอาหารเก่ง เจริญเติบโตได้ดี และมีความแข็งแรงมาก

สำหรับดอกของมะละกอพันธุ์นี้ กลีบดอกจะมีสีนวล เกสรสีเหลืองอ่อน ดอกสมบูรณ์เพศจะมีรูปทรงกระบอกสวย ส่วน ผล นั้นจะเห็นเป็นรูปทรงกระบอก ใน 1 ช่อ จะมีผลติดอยู่ 1-3 ผล แนะนำให้ปลิดทิ้งไปให้เหลือเพียง 1 ผลเท่านั้น ต่อ 1 ช่อ โดยเลือกผลที่สมบูรณ์ที่สุดไว้ มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายเป็นพันธุ์ที่นิยมรับประทานผลสุก มีน้ำหนักต่อผลเฉลี่ย 0.8-2 กิโลกรัม ขนาดของผลใหญ่ปานกลาง ผลผลิต 1 ต้น ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว 10 เดือน มีปริมาณ 60-80 กิโลกรัม ลักษณะเนื้อผลมะละกอ หนา 2.5-3 เซนติเมตร เนื้อสีแดงอมส้ม ที่สำคัญไม่เละ และมีความหวานมาก

ภาพที่ 1 มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย (พันธุ์ฮอลแลนด์)

2. การเลือกที่ปลูกมะละกอ

แม้ว่าโดยทั่วไปแล้วมะละกอจัดเป็นพืชที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดี จะเห็นได้ว่ามีมะละกอปลูกอยู่ทั่วไปเกือบทุกภาคของประเทศแต่การปลูกในปริมาณที่มากๆ หรือการปลูกเพื่อเป็นการค้า ซึ่งต้องลงทุนมากทั้งทางด้านทรัพย์สินและแรงงาน จำเป็นต้องมีการพิถีพิถันในการเลือกที่ปลูกเพื่อให้มะละกอที่ปลูกเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูงคุ้มค่ากับการลงทุน ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพได้มาตรฐานเป็นที่ต้องการของตลาด ยิ่งเป็นการปลูกเพื่อการส่งออกด้วยแล้วยิ่งต้องพิถีพิถันในเรื่องของคุณภาพของผลผลิตเป็นพิเศษ ดังนั้นการเลือกที่ปลูกจึงนับเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากเป็นอันดับแรกที่จะทำให้การปลูกมะละกอประสบความสำเร็จหรือล้มเหลวได้ ซึ่งปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกที่ปลูกมีดังนี้

2.1 ชนิดดินที่ปลูก

โดยทั่วไปแล้วชาวสวนส่วนใหญ่มักจะคำนึงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินในแง่ปริมาณแร่ธาตุอาหารต่างๆว่ามีมากหรือน้อยเพียงใดเท่านั้นแต่ความจริงแล้วลักษณะของดินปลูกที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติทางกายภาพ ตลอดจนมีสภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมด้วย ทั้งนี้เนื่องจากดินเป็นแหล่งที่เกาะยึดของรากที่จะให้ลำต้นทรงตัวอยู่ได้ ทั้งยังเป็นแหล่งใหญ่ที่ให้ธาตุอาหารแก่มะละกอ ซึ่งดินที่เหมาะสมแก่การปลูกมะละกอควรมีคุณสมบัติต่างๆดังนี้

2.1.1 ลักษณะเนื้อดิน มะละกอสามารถปลูกขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิด ตั้งแต่ดินเหนียวถึงดินทราย แต่จะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่ร่วนซุย การระบายน้ำดีไม่มีน้ำขังมีอินทรียวัตถุสูง

2.1.2 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน แม้มะละกอเป็นพืชที่ขึ้นได้ในดินทุกสภาพ แต่การปลูกมะละกอในที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีธาตุอาหารต่างๆ ในดินครบตามที่ต้องการและอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม ย่อมทำให้มะละกอเจริญเติบโตดี

2.1.3 ความลึกของหน้าดิน ปกติรากมะละกอไม่ค่อยหยั่งลึกมากนัก รากส่วนใหญ่เป็นรากแขนงที่ขนานไปกับผิวดิน หน้าดินปลูกจึงไม่จำเป็นต้องลึกมาก แต่ก็ต้องลึกเพียงพอที่จะให้รากมะละกอเกาะยึดได้แน่นหนาพอสมควร

2.1.4 สภาพความเป็นกรดด่าง มะละกอเป็นพืชที่ชอบดินที่มีสภาพเป็นกลางจนถึงเป็นกรดเล็กน้อย คือมีค่า pH ประมาณ 6-7

2.1.5 สภาพของพื้นที่ ที่ดินปลูกมะละกอควรเป็นที่น้ำท่วมไม่ถึงหรือมีน้ำขังแฉะ เนื่องจากมะละกอเป็นพืชที่ไม่มีความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังเลยหากถูกน้ำท่วมโคนต้นติดต่อกันนานเพียง 24-48 ชั่วโมง มะละกออาจจะตายได้โดยเฉพาะต้นมะละกอกอต้นเล็กๆก็จะยิ่งอ่อนแอต่อสภาพน้ำท่วมขังมาก

2.2 ปริมาณน้ำฝน

มะละกอสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่มีปริมาณน้ำฝนมาก จะเห็นได้ว่าในแหล่งที่มีฝนตกชุกและมีความชุ่มชื้น มะละกอจะเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลโตกว่ามะละกอที่ปลูกในแหล่งที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย ซึ่งอย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่ปริมาณน้ำฝนประมาณ 50 นิ้วต่อปี ก็สามารถปลูกมะละกอได้ หากมีฝนตกกระจายตลอดปี ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวจะหาได้ยากมาก ส่วนใหญ่แล้วจะมีช่วงฝนแล้งเป็นเวลานานหลายเดือน จำเป็นต้องมีการรดน้ำในช่วงที่ฝนไม่ตก ดังนั้นในการเลือกที่ปลูกต้องคำนึงถึงแหล่งน้ำที่สามารถจะให้แก่ต้นมะละกอที่ปลูกได้เพียงพอ โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้งจะอาศัยน้ำฝนอย่างเดียวไม่ได้ ทั้งนี้เนื่องจากมะละกอมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบตลอดทั้งปี และยิ่งต้นมะละกอเจริญแตกใบได้มากและสม่ำเสมอเท่าใด ก็มีโอกาสที่จะทำให้ผลผลิตมากและสม่ำเสมอเช่นกัน เพราะดอกจะเกิดตรงซอกใบของแต่ละใบที่ผลิออกมาใหม่ ต้นมะละกอที่ขาดน้ำจะชะงักการเจริญเติบโตส่วนยอดเรียวเล็ก ใบและผลจะมีขนาดเล็กลงด้วย

2.3 อุณหภูมิ

มะละกอเป็นผลไม้เมืองร้อนแต่มีความทนทานต่อสภาพความหนาวได้ค่อนข้างดี อย่างไรก็ตามหากปลูกมะละกอในที่มีอากาศหนาวจัดติดต่อกันหลายวันจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง

2.4 แสงแดด

แสงแดดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการปลูกมะละกอทั้งนี้เนื่องจากมะละกอเป็นพืชที่ชอบแสงจัด พื้นที่แปลงปลูกควรจะอยู่กลางแจ้งถ้าต้นมะละกอถูกบังร่มเงา ต้นจะสูงชะลูด ให้ผลไม่ดกและต้นโคนล้มง่าย

2.5 ลม

ในสภาพที่มีความชุ่มชื้นเพียงพอ การปลูกมะละกอในที่ที่มีลมพัดอ่อนๆ จะทำให้มะละกอเจริญเติบโตได้ดีเพราะลมช่วยเพิ่มอัตราการคายน้ำจากใบ

3. ช่วงการเจริญเติบโตของมะละกอ

3.1 การออกดอก

มะละกอที่ปลูกในประเทศไทยจะเริ่มมีการออกดอกตั้งแต่อายุประมาณ 3-4 เดือนขึ้นไป จากวันที่งอกออกจากเมล็ด จากการศึกษาในการออกดอกมะละกอพันธุ์ต่างๆเช่น พันธุ์แขกดำ จำปาดะ และพันธุ์พื้นเมือง เป็นต้น พบว่ามะละกอที่เพาะเมล็ดช่วงเดือนมกราคมจะเริ่มออกดอกครั้งแรกประมาณเดือนเมษายนใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 101 วัน ส่วนมะละกอในเดือนกรกฎาคม- เดือนสิงหาคม จะเริ่มออกดอกประมาณเดือนตุลาคม- พฤศจิกายน อายุประมาณ 112 วัน ช่วงที่มะละกอมีการออกดอกมากที่สุดนั้น ต้นหนึ่งๆจะให้ดอกโตเฉลี่ยประมาณ 4 ดอกต่ออาทิตย์ แต่จะมีการติดผลเพียงประมาณ 60 % ของจำนวนดอกทั้งหมด และถ้าเป็นการออกดอกช่วงฤดูฝนแล้วก็จะมีเปอร์เซ็นต์การติดผลลดน้อยลงเนื่องจากฝนจะเป็นตัวขัดขวางการผสมเกสรของดอก ปกติแล้วมะละกอจะมีการออกดอก 3 ชนิด แต่ละชนิดแยกกันอยู่คนละต้น คือต้นตัวผู้ ต้นตัวเมีย และต้นสมบูรณ์เพศหรือต้นกระเทย ผู้ปลูกต้องการมากที่สุดโดยต้นกระเทย เพราะจะติดผลดกและคุณภาพของดี

3.2 การติดผล

โดยทั่วไปมะละกอจะเริ่มติดผลต่อเมื่อต้นมีความแข็งแรงสมบูรณ์เต็มที่หรือมีอายุตั้งแต่ประมาณ 8 เดือนขึ้นไปหลังจากปลูก การออกดอกของมะละกอนั้นไม่ได้หมายความว่าจะต้องมีการติดผลผลไม้ทุกครั้งไป ส่วนมากจะไม่ค่อยมีการติดผลมากนัก ดอกและผลอ่อนที่เกิดบนต้นมักจะร่วงไปเกือบหมดซึ่งเป็นปัญหาสำคัญอย่างมากที่ผู้ปลูกมักจะประสบอยู่เสมอ สำหรับสาเหตุทำให้มะละกอไม่ติดผลหรือติดน้อยนั้นมีอยู่มากมายหลายอย่าง แต่เท่าที่มีการศึกษาและสรุปผลได้มีดังนี้

3.2.1 ความไม่สมบูรณ์ของดินที่ใช้ปลูกหรือการเตรียมดินปลูกไม่พอ

แม้ว่าต้นกล้าที่นำมาปลูกจะแข็งแรงสมบูรณ์ดี แต่ถ้าปลูกในดินไม่มีความสมบูรณ์แล้วก็จะเป็นการยากที่มะละกอจะเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ได้

3.2.2 การขาดน้ำ

เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มะละกอไม่ติดผล นอกจากจะเกิดกับต้นที่เริ่มปลูกใหม่แล้วยังเกิดกับต้นตัวเมียหรือดอกกระเทยที่สมบูรณ์แล้วก็ตาม หากขาดน้ำดอกจะร่วง ทั้งนี้อาจเกิดจากการผสมเกสรดอกไม่ประสบผลสำเร็จ เพราะโดยธรรมชาติแล้วการผสมเกสรของพืชแทบทุกชนิด โดยเฉพาะปลายยอดเกสรตัวเมียจะต้องเปียกชื้นหรือมีน้ำเหนียว ที่จะรองรับหรือซับออกละอองเกสรตัวผู้ที่ปลิวไปในอากาศ ในเมื่อขาดน้ำปลายยอดเกสรตัวเมียจะแห้ง โอกาสที่ซับหรือจับเอาละอองเกสรตัวผู้นั้นจะยากกว่าปกติ การผสมจึงไม่เกิดขึ้น ดอกมะละกอจะร่วงหล่นไปในที่สุด ส่วนต้นมะละกอที่กำลังติดผลอ่อนหากขาดน้ำแล้วจะ

ทำให้ผลมะละกออ่อนเหล่านี้ร่วงหล่น เพราะต้นมะละกอที่ขาดน้ำจะสร้างสารชนิดหนึ่งที่มีชื่อว่า ซูเบอริน ขึ้นตรงบริเวณรอยต่อระหว่างลำต้นกับขั้วผลเพื่อกั้นน้ำไว้มิให้ไหลเวียนไปเลี้ยงผล เพื่อหล่อเลี้ยงลำต้นให้เพียงพอก่อนทำให้ผลอ่อนขาดน้ำเลี้ยงและจะร่วงหล่นไป

3.2.3 โรคและแมลง

การปลูกมะละกอในปัจจุบันเป็นการยากที่จะไม่ให้มีโรคแมลงรบกวน ซึ่งโรคที่สำคัญที่สุดสำหรับมะละกอได้แก่ โรคใบด่าง ที่เกิดจากเชื้อไวรัส ซึ่งจะทำให้ผลผลิตลดลงทันที โดยเฉพาะดอกและผลเล็กๆจะร่วงหล่นไป หรือไม่ก็จะทำให้ผลมะละกอมีรูปร่างบิดเบี้ยว

3.3 การเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวผลมะละกอเพื่อใช้บริโภคผลดิบควรกระทำเมื่อผลมีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 500-750 กรัมต่อผล ส่วนการเก็บผลมะละกอสุกเพื่อใช้รับประทานเป็นผลไม้สดควรจะปล่อยให้ผลแก่เต็มที่และมีน้ำหนักเฉลี่ยมากกว่า 1.5 กิโลกรัมต่อผลขึ้นไป

น้ำในดิน

วิบูลย์(2526), คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา (2541) กล่าวว่า การที่พืชจะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่นั้น พืชจะต้องดูดน้ำจากดินได้มากพอเวลา ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทราบว่า ดินชนิดหนึ่งๆ นั้นมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากน้อยเพียงไร พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงเท่าไร ตลอดจนกระทั่งต้องทราบว่าน้ำเคลื่อนที่ในดินได้อย่างไร และจะให้น้ำแก่ดินเพื่อให้ดินนั้นมีความชื้นพอเหมาะอย่างไร

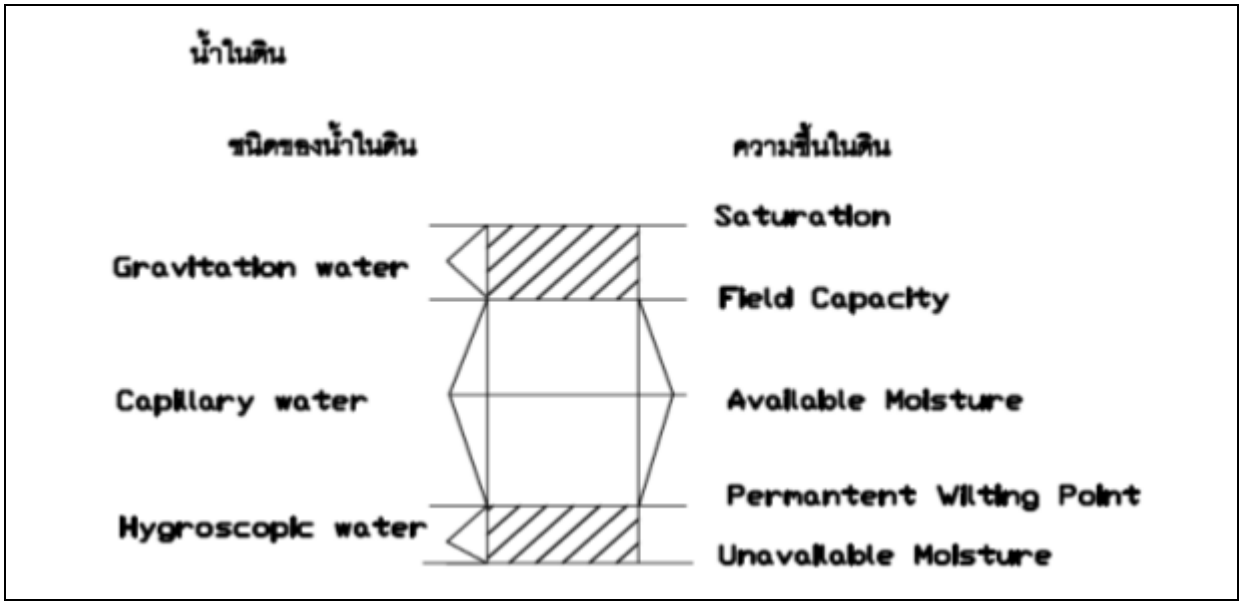
1. ชนิดของน้ำในดิน

การเรียงตัวของเมล็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปทรงต่างๆ ขึ้น เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำจะแทรกเข้าไปในช่องว่างเหล่านี้ และเกาะติดอยู่กับเมล็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินกับโมเลกุลของน้ำ (Adhesive Force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) สามารถแบ่งชนิดของน้ำตามความสามารถของดินที่ยึดน้ำไว้ได้ 3 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2 ตามระดับของระดับน้ำที่ถูกดินดูดยึดไว้ตั้งแต่ชั้นนอกเข้าไปในที่ติดกับเม็ดดิน คือ

1.1 น้ำอิสระ (Gravitational Water หรือ Free Water) เนื่องจากว่าสสารทุกอย่างที่อยู่บนโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำตลอดเวลา รวมทั้งน้ำที่ขังอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ดินด้วย ในช่องว่างที่มีขนาดเล็ก ถ้าผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อน้ำและดินต่อดินน้อยกว่า แรงดึงดูดของโลก (หรือน้ำที่ได้รับแรงเหนี่ยวรั้งจาก อนุภาคดินน้อยมาก) น้ำก็จะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ด้วยสาเหตุดังกล่าวเรียกว่า น้ำอิสระ

1.2 น้ำซับ (Capillary Water) น้ำที่เกิดขึ้นในสภาพที่เมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดให้น้ำแก่พืชน้ำถูกระบายสู่ส่วนล่างซึ่งใช้เวลาประมาณ 24 -48 ชั่วโมง ความชื้นของน้ำซับนี้อนุภาคของดินมีแรงดึงต่อน้ำประมาณ 1/3 บาร์ และเรียกความชื้นในขณะนี้ว่าความชื้นชลประทาน

1.3 น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) เป็นน้ำที่เกาะติดหรือชิดกับอนุภาคของผิวดินและปรากฏในชั้นที่บางมากที่พืชไม่สามารถนำมาใช้ได้แรงดึงดูดยึดอนุภาคของดินมีค่าประมาณ 31 บาร์



ภาพที่2 การจำแนกชนิดของน้ำในดินและความชื้นในดิน

2.ความชื้นในดิน

การจำแนกประเภทความชื้นในดิน สามารถจำแนกได้ 5 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2 ได้แก่

2.1 ความชื้นชลประทาน (Field Capacity)

หลังจากน้ำอิสระได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้วความชื้นในดินก็จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง จะคงเหลืออยู่แต่ Capillary Water หรือปริมาณน้ำที่ดินสามารถดูดซับไว้เต็มที่ ซึ่งเรียกว่า ความชื้นชลประทาน (Field Capacity)

2.2 จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point)

ความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้ให้เพียงพอสำหรับการคายน้ำ และพืชเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรเรียกว่าเป็นความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) อาการเหี่ยวเฉาของพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายครั้งก่อนที่จะถึงจุดที่พืชเหี่ยวเฉาอย่างถาวร หลังจากที่ความชื้นในดินลดลงจนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้ว พืชอาจจะยังดูดความชื้นจากดินได้แม้ว่าจะเป็นปริมาณที่ไม่มากนักก็ตาม กล่าวคือ ความชื้นที่ได้นี้ไม่พอที่จะทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตขึ้น แต่ยังสามารถหล่อเลี้ยงชีวิตของพืชอยู่ได้ ถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืช น้ำในดินจะเหลือแต่น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้และจะตายในที่สุด ความชื้นของดินที่มีแต่น้ำเยื่อเหลืออยู่นี้เรียกว่าเป็นความชื้นที่ Ultimate Wiling Point ความชื้นในดินจากจุดเหี่ยวเฉา

ถาวร ถึง Ultimate Wiling Point เรียกว่า Wilting Range ซึ่งเป็นความชื้นที่พืชเริ่มเหี่ยวเฉาจากใบที่แก่ที่สุด จนกระทั่งเหี่ยวหมดทั้งต้นเมื่อความชื้นในดินถึง Ultimate Wiling Point

2.3 ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available Moisture)

ความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตคือ Capillary Water ที่อยู่ระหว่าง Field Capacity และ Permanent Wilting Point ดังนั้นผลต่างระหว่างค่าความชื้นในดินทั้งสองก็คือ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available Moisture)

2.4 ความชื้นที่ไม่เป็นประโยชน์ (Unavailable Moisture)

ความชื้นส่วนที่ดินดูดยึดไว้ด้วยพลังงานที่มากกว่าที่จะให้พืชดูดไปใช้ในอัตราที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืชได้

2.5 ความชื้นเกินจำเป็น (Superfluous Moisture)

ความชื้นส่วนที่เกินอำนาจดูดยึดตามปกติของดิน ซึ่งโดยปกติขังอยู่ในที่ว่างขนาดใหญ่ที่เป็นที่อยู่ของอากาศ และเมื่อมีโอกาสจะเคลื่อนพ้นบริเวณที่รากพืชลึกลงไปในหน้าตัดดิน โดยอิทธิพลแรงดึงดูดของโลก

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่างด้วยกันคือ สภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช ชนิดและอายุของพืชเอง จำนวนความชื้นและคุณสมบัติของดิน และองค์ประกอบอื่นๆ การที่จะวัดการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดในสภาพภูมิอากาศ ดิน ฯลฯ นั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและจะต้องทำการวัดมากมายไม่มีที่สิ้นสุด นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามหาวิธีที่ง่ายกว่าการวัดโดยตรง ทางออกที่เลือกใช้ก็คือ

1. เลือกกำหนดพืชขึ้นมาชนิดหนึ่งเจริญงอกงามได้ตลอดปีและมีอัตราการใช้น้ำที่ไม่ขึ้นกับอายุ
2. กำหนดให้ดินมีความชื้นสูงตลอดเวลาเพื่อทำให้คุณสมบัติของดินอย่างอื่น เช่น เนื้อดิน ความเข้มข้นของเกลือในดินในเกณฑ์ปกติ และความสามารถเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ ฯลฯ ให้คุณสมบัตินั้นหมดความสำคัญต่อการใช้น้ำไป

พืช มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการในข้อแรกมากที่สุดคือ หญ้า ต่อมาก็ได้มีการเลือกใช้พืชอื่นอีก เช่น อัลฟัลฟา สำหรับองค์ประกอบอื่นๆที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช เช่น วิธีการให้น้ำและการไถพรวนดินก็มิใช่องค์ประกอบที่มีความสำคัญมากเหมือน 3 อย่างแรก ดังนั้นการใช้น้ำของพืชที่เลือกไว้เมื่อดินมีความชื้นสูงตลอดเวลาก็จะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว

การใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่เลือกไว้เมื่อปลูกในดินที่มีความชื้นสูงพอตลอดเวลา เพื่อให้อัตราการใช้น้ำขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียวนี้เรียกว่า การใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ Reference Evapotranspiration และนิยมใช้ตัวย่อว่า ETo

การที่การใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืชเพียงอย่างเดียวนี้ ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคิดสูตรสำหรับคำนวณ ETo โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศได้มากมายและเมื่อต้องการทราบการใช้น้ำของพืชชนิดอื่นที่มิใช่พืชอ้างอิงก็คำนวณโดยใช้สมการที่ 1

$$ETc = Kc \times ETo \qquad \text{(สมการที่ 1)}$$

โดย ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration) หน่วย mm/day
Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)
ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Evapotranspiration) หน่วย mm/day

1. สมการของ FAO Penman-Monteith

เอกสิทธิ์ (2551) กล่าวว่า สมการของ Penman (เพนแมน) ได้เสนอไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1948 โดย Penman ได้พัฒนาสมการโดยการผสมผสานวิธีการคำนวณการระเหยน้ำตายหลักสมดุลพลังงานที่พื้นผิว (surface energy balance) เข้ากับวิธีการคำนวณการระเหยน้ำตามหลักการถ่ายเทมวลสาร (mass transfer) สมการดั้งเดิมของ Penman นั้นพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณการระเหยน้ำจากผิวน้ำ

สมการของ Penman มีการปรับปรุงมาตลอดช่วงเวลากว่า 60 ปีที่ผ่านมา โดยสมการของ Penman-Monteith (Penman Monteith, 1956) ได้มีการพัฒนาสมการของ Penman (1948) เพิ่มเติม โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$ETo = \frac{0.408\Delta(Rn-G)+\gamma\frac{900}{T+273}u_2(es-ea)}{\Delta+\gamma(1+0.34u_2)} \qquad \text{(สมการที่ 2)}$$

สมการ FAO Penman-Monteith ประกอบด้วย พารามิเตอร์ ดังนี้

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง [mm day $^{-1}$]

R_n = พลังงานการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สุทธิที่พื้นผิว [MJ m^{-2}day^{-1}]

G = พลังงานความร้อนที่ถ่ายลงดิน [MJ m^{-2}day^{-1}]

T = อุณหภูมิอากาศ [°C]

U_2 = ความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตรจากผิวดิน [ms^{-1}]

$e_s - e_a$ = ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัว (e_s) กับความดันไอน้ำจริงในอากาศ (e_a) [kPa]

Δ = ความชันของโค้งความดันไอน้ำอิ่มตัวหรือโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแรงดันไอน้ำ [kPa°C^{-1}]

γ = ค่าคงที่ของเทอมความชื้น (Psychrometric Constant) [kPa°C^{-1}]

2. การประมาณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากปริมาณการระเหยจากถาดวัด

เอกสิทธิ์ (2551) กล่าวว่า ถาดวัดการระเหยเป็นเครื่องมือหลักของการประมาณปริมาณการใช้น้ำของพืช จากปริมาณการระเหยจากถาดวัด (ET Estimated from Pan Evaporation) โดยถาดวัดการระเหยนั้นมีอยู่หลายรูปแบบ ในที่นี้ใช้ถาดวัดการระเหยแบบ Class A ดังแสดงในภาพที่ 3 ที่ใช้งานในสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นถาดวัดการระเหยแบบ Class A ซึ่งเป็นมาตรฐานขององค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization, WMO)

ค่าปริมาณการระเหยน้ำที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยยังไม่เป็นค่าเดียวกับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของถาดวัดการระเหยกับลักษณะของพื้นผิวอ้างอิงมีความแตกต่างกัน อาทิ ค่าการสะท้อนพื้นผิว (albedo) ของน้ำในถาด ซึ่งมีค่าประมาณ 0.05 ถึง 0.08 ในขณะที่พืชพรรณทั่วไป มีค่าการสะท้อนพื้นผิวประมาณ 0.20 ถึง 0.25 (พืชอ้างอิง เท่ากับ 0.23) ดังนั้น จึงเป็นผลทำให้น้ำในถาดวัดการระเหยจะได้รับพลังงานสุทธิมากกว่า เนื่องจากมีการสะท้อนพลังงานออกไปน้อยกว่า นอกจากนี้ การกักเก็บความร้อนของน้ำในถาดวัดก็มีผลทำให้น้ำยังคงมีการระเหยต่อเนื่อง แม้ว่าในช่วงที่ไม่มีแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ อาทิ ในเวลากลางคืน ซึ่งต่างกับพืชส่วนใหญ่ที่มีการคายน้ำในเวลากลางวันเท่านั้น

ดังนั้น ในคู่มือ FAO-24 จึงได้แนะนำค่าปรับแก้สำหรับการหาการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากข้อมูลของถาดวัดการระเหยดังสมการที่ 3 ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดของถาดวัดการระเหยแบบมาตรฐาน Class A

$$ETo = kp \times Epan \qquad \text{(สมการที่ 3)}$$

โดยที่

ETo = การคายระเหยอ้างอิง (Reference Evapotranspiration)

Epan = การระเหยจากถาดวัด (Pan Evaporation)

Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหย (Pan Coefficient)

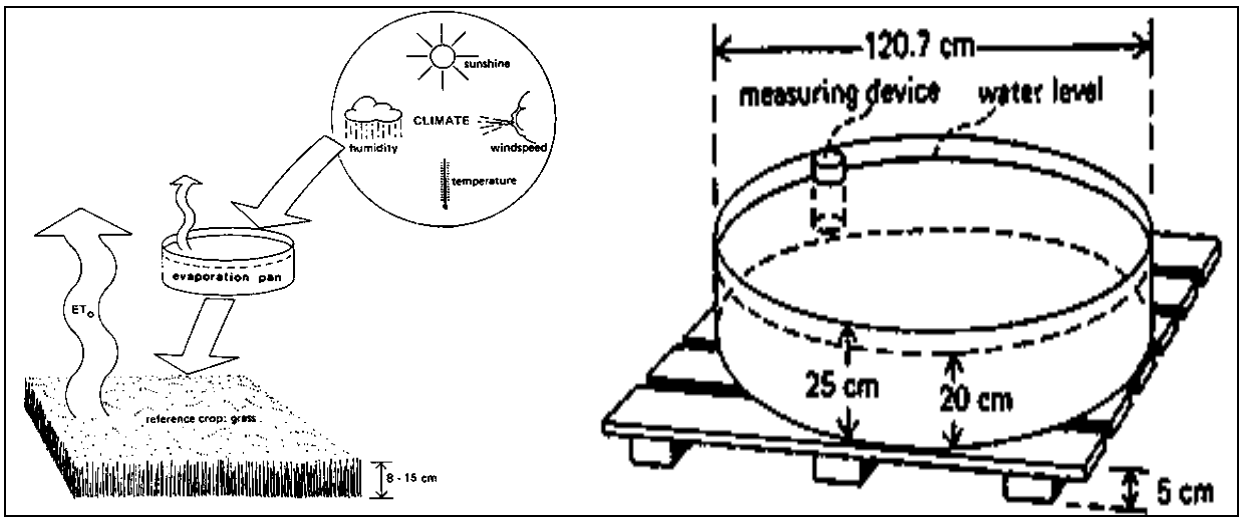
การหาค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ของถาดวัดการระเหย (kp) จะพิจารณา ปัจจัย 3 ประการ ได้แก่ สิ่งแวดล้อมรอบๆ บริเวณที่ถาดตั้งอยู่ (fetch [m]) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (RHmean [%]) และความเร็วลมที่ระดับ 2 ม. (U_2 [ms^{-1}])

สิ่งแวดล้อมรอบๆ บริเวณที่ถาดตั้งอยู่ (fetch) เป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งมีผลต่อปริมาณการระเหยของถาดเป็นอย่างมาก สามารถแยกได้เป็น 2 กรณี คือ

1. Case A เป็นกรณีที่ถาดตั้งในสิ่งแวดล้อมที่ชุ่มชื้น (pan placed in short green cropped area) มีพืชพรรณในบริเวณใกล้เคียงเป็นระยะทางเท่ากับ fetch

2. Case B เป็นกรณีที่ถาดตั้งในสิ่งแวดล้อมที่แห้งแล้ง (pan placed in dry fallow area) ซึ่งมีผลทำให้การระเหยจากถาดมีค่าสูงมากขึ้น

โดยปกติแล้วข้อมูลของสิ่งแวดล้อมรอบถาดวัดการระเหย หรือ fetch มักจะไม่สามารถหาได้ในทางปฏิบัติ การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหย เฉพาะกรณีของประเทศไทย การเลือก Case A ค่อนข้างสมเหตุผลกว่า เนื่องจาก ประเทศไทยอยู่ในเขตชุ่มชื้น และบริเวณที่ตั้งถาดวัดการระเหยมักจะมีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ใกล้เคียง



ภาพที่ 3 ถาดวัดการระเหยแบบ Class A

ที่มา: FAO CORPORATE DOCUMENT REPOSITORY (2010)

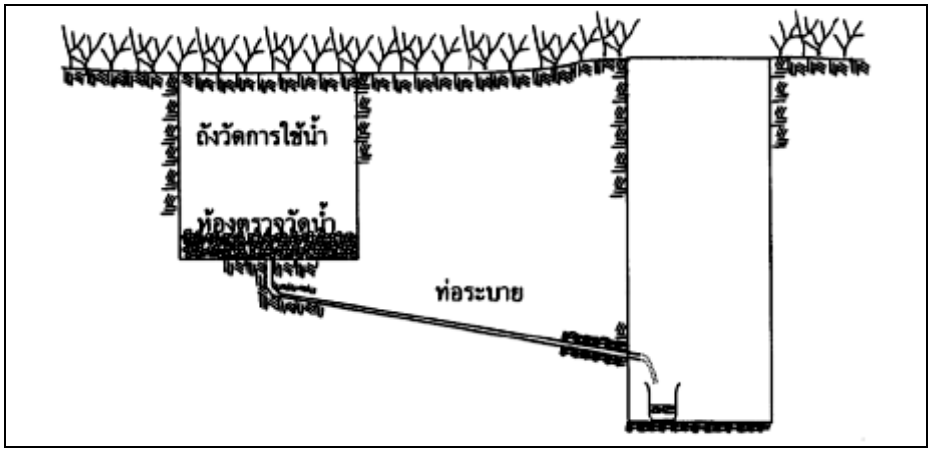
3. ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeters)

วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeters) เป็นถังวัดที่ใช้วัดการใช้น้ำด้วยความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำที่เข้าและระบายน้ำออกจากถัง รวมกับความแตกต่างของจำนวนความชื้นของดินในถัง เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดระยะเวลาที่ทำการวัด ความละเอียดถูกต้องของถังนี้ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการหาจำนวนความชื้นของดินในถัง ไม่มีขีดจำนวนจำกัดเรื่องขนาด เช่น ถังวัดการใช้แบบระบายน้ำ percolation เป็นต้น โดยถังวัดการใช้น้ำของพืชมีหลายประเภทได้แก่

3.1 ประเภทวัดโดยไม่เกี่ยวข้องกับน้ำหนัก (Non-Weighing Lysimeters) ได้แก่ ถังวัดการใช้แบบระบายน้ำ (Percolation Type) ถังวัดการใช้น้ำแบบใต้ดินคงที่ (Constant Water Table Type) ถังวัดการใช้น้ำของข้าว (Rice Lysimeters)

3.2 ประเภทวัดโดยเกี่ยวข้องกับน้ำหนัก (Weighing Lysimeters) ได้แก่ ถังวัดการใช้น้ำแบบชั่งด้วยเครื่องชั่ง (Mechanically Weight Type) ถังวัดการใช้น้ำแบบทุ่นลอย (Float Lysimeter) ถังวัดการใช้น้ำแบบไฮดรอลิค (Hydraulic Weighing Lysimeter)

ถังวัดการใช้น้ำแบบระบายน้ำ (Percolation Type) เป็นถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชที่นิยมใช้ในทางด้านชลประทาน หลักการของถังวัดการใช้น้ำแบบนี้คือ วัดการใช้น้ำด้วยความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปและน้ำระบายที่ก้นถัง รวมกับความแตกต่างของจำนวนความชื้นของดินในถัง เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดระยะเวลาที่ทำการวัด ข้อเสียของการใช้เครื่องมือแบบนี้ มีค่าใช้จ่ายลงในทุนครั้งแรกสูง และจะต้องระมัดระวังเกี่ยวกับตัวถังที่มีการผุกร่อน ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำ (Percolation Type)

4.สมดุลน้ำในดิน (Soil Water Balance)

เอกสิทธิ์ (2551) กล่าวว่า วิธีสมดุลของน้ำในดินใช้หลักการของการอนุรักษ์มวลสาร (Conservation of Mass) ซึ่งถือว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำในระบบที่พิจารณา (Changes in Storage) เท่ากับ ผลต่างระหว่างน้ำที่ไหลเข้ากับน้ำที่ไหลออกจากระบบที่พิจารณา

Changes in storage = input – output

การกำหนดขอบเขตของระบบที่พิจารณาเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์สมดุลน้ำในเขตรากพืช พิจารณาระบบซึ่งขอบเขตด้านบนจากผิวดิน ครอบคลุมจนถึงขอบเขตด้านล่างที่ความลึกของเขตรากพืช การเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำก็คือการเปลี่ยนแปลงความชื้นตลอดความลึกในเขตราก น้ำที่เข้ามาในระบบประกอบด้วยน้ำฝน (Rainfall) น้ำชลประทาน (Irrigation) น้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้า (Surface Runoff) น้ำไหลเข้าทางใต้ผิวดิน (Subsurface Inflow) น้ำไหลขึ้นจากชั้นน้ำใต้ผิวดินด้วยแรงคาปิลารี (Capillary Rise) ส่วนน้ำที่ไหลออกจากดิน ประกอบด้วยการระเหยจากดิน (Evaporation) การคายน้ำจากพืช (Transpiration) น้ำท่าผิวดินไหลออก (Surface Runoff) น้ำไหลออกจากทางใต้ผิวดิน (Subsurface Outflow) และน้ำซึมผ่านดินลึกลงในดิน (Deep Percolation)

จากองค์ประกอบสมดุลน้ำข้างต้นสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 4

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = P + Ir + CR - E - T - DP + \Delta RO + \Delta SF \qquad \text{(สมการที่ 4)}$$

โดย $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินเทียบกับเวลา

Δt = เป็นช่วงระยะเวลา ที่พิจารณา [T]

ΔS = เป็นผลต่างระหว่าง ปริมาณน้ำในดินที่ขั้นเวลา $t + \Delta s$ กับที่ขั้นเวลา t หรือเท่ากับ $S_{t+\Delta t}$- S [L^3]

P = น้ำฝน (rainfall) [$L^3\ T^{-1}$]

Ir = น้ำชลประทาน (irrigation) [$L^3\ T^{-1}$]

CR = น้ำไหลขึ้นจากชั้นน้ำใต้ดินด้วยแรงคาปิลารี (capillary rise) [$L^3\ T^{-1}$]

E = การระเหยน้ำจากดิน (evaporation) [$L^3\ T^{-1}$]

T = การคายน้ำจากพืช (transpiration) [$L^3\ T^{-1}$]

DP = น้ำซึมลึกลงใต้ดิน (deep percolation) [$L^3\ T^{-1}$]

ΔRO = น้ำท่าผิวดินสุทธิ (surface runoff) คิดจากน้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้าลบน้ำท่าผิวดินที่ไหลออก $[L^3\ T^{-1}]$

ΔSF = น้ำไหลใต้ผิวดินสุทธิ (subsurface outflow) คิดจากน้ำไหลเข้าทางใต้ผิวดิน ดินลบน้ำทีไหลออกทางใต้ผิวดิน $[L^3\ T^{-1}]$

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปกรณ์ (2545) ได้ศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกระเจี๊ยบเขียว (*Hibiscus esculentus*) โดยทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกระเจี๊ยบเขียวเทียบกับหญ้านวลน้อย เทียบกับถาดวัดอัตราการระเหยแบบ Class A-Pan และเทียบกับการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยการคำนวณจากสูตร Penman Monteith มีระยะเวลาทำการศึกษาตั้งแต่ 8 กุมภาพันธ์ 2544 ถึง 9 พฤษภาคม 2544 รวม 90 วันจะได้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกระเจี๊ยวเขียวได้ค่า Kc เมื่อเทียบกับหญ้านวลน้อย เท่ากับ 0.65 Kp เมื่อเทียบกับถาดวัดการระเหยเท่ากับ 0.49 Kco เมื่อเทียบกับการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากสูตร Penman Monteith เท่ากับ 0.71

ไพรัตน์ (2546) ได้ศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของแตงโม โดยทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำเทียบกับการใช้น้ำของพืชอ้างอิงใช้หญ้านวลน้อย,ถาดวัดการระเหย,Modified Penman และ Penman Monteith ใช้ระยะเวลาในการทดลอง ระหว่าง พฤษภาคม 2545 ถึง กรกฎาคม 2545 รวม 9 สัปดาห์ จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้เทียบกับพืชอ้างอิงหญ้านวลน้อย (Kc) เท่ากับ 1.27 ถาดวัดการระเหย (Kp) เท่ากับ 0.91 Modified Penman (Kcmp) เท่ากับ 1.08 และ Penman Monteith (Kcpm) เท่ากับ 1.29

สิทธิพงษ์ (2548) ได้ศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกระชายดำ โดยทำการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของกระชายดำ การใช้น้ำของพืชอ้างอิง ถาดวัดการระเหย ใช้ระยะเวลาในการศึกษาระหว่างเดือนมิถุนายน 2546 ถึงมกราคม 2547 จะได้ปริมาณการใช้น้ำของกระชายดำเฉลี่ยเท่ากับ 4.3 หญ้าญี่ปุ่น (ETp) เท่ากับ 4.56 Penman Monteith (ETo) เท่ากับ 3.66 และถาดวัดการระเหย (Epan) เท่ากับ 5.31 มม.ต่อวัน

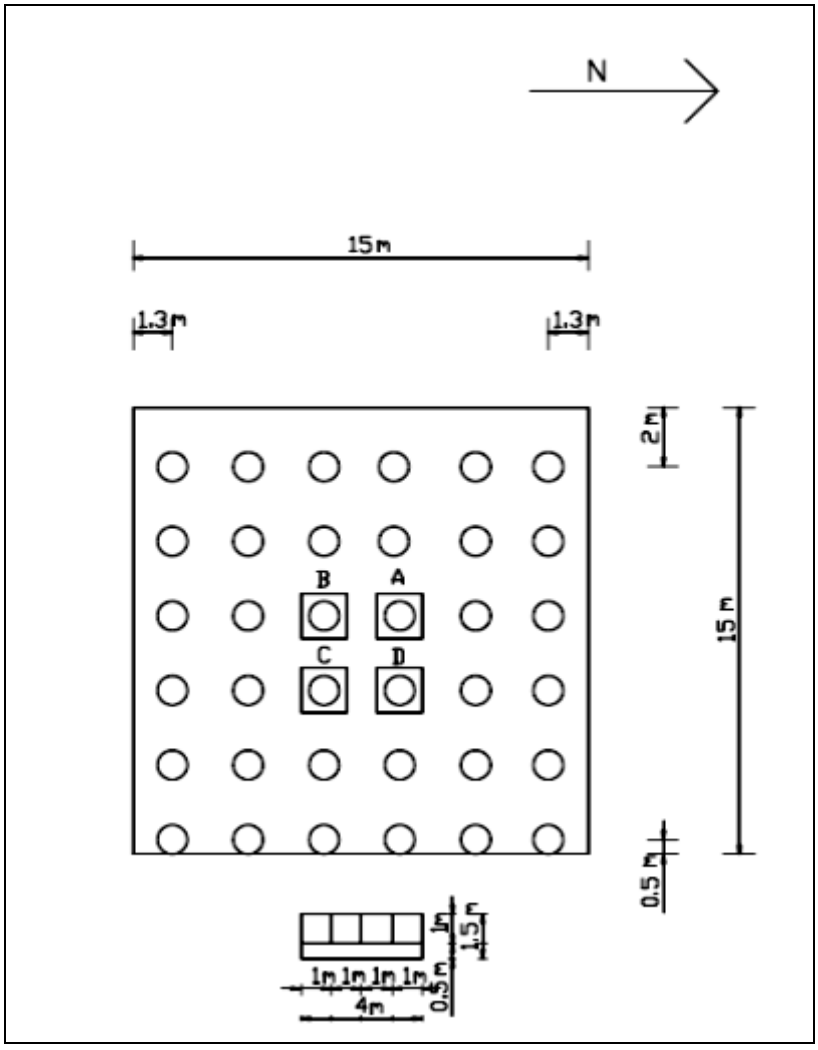
วีระชัย (2545) ได้ศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของถั่วลิสง โดยหาอัตราการใช้น้ำของถั่วลิสงได้ใช้เครื่องมือวัดความชื้นในดินที่เรียกว่า Soil Moisture Meter ประกอบกับยิบซั่มบล็อก และคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้สูตร Modifield Penman และ Penman Monteith จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของถั่วลิสงเทียบกับการใช้น้ำของหญ้าญี่ปุ่นและปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหยเท่ากับ0.99 และ 0.78 ตามลำดับ และเปรียบเทียบกับการใช้น้ำของพืชอ้างอิง คำนวณวิธี Modifield Penman และ Penman Monteith เท่ากับ 0.83 และ 0.96

ถนอม (2543) ได้ศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของถั่วแระญี่ปุ่น โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำชลประทาน ปริมาณน้ำฝน ค่าการระเหยจากถาดวัดการระเหย ปริมาณน้ำที่ระบายออกและความชื้นในถัง Lysimeter เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของถั่วแระญี่ปุ่นและของหญ้าญี่ปุ่น จากการศึกษาพบว่าปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยของถั่วแระเท่ากับ 5.319 มิลลิเมตรต่อวันค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของถั่วแระญี่ปุ่นเทียบกับการใช้น้ำเทียบกับค่าการระเหยของถาดวัดการระเหย (Kp) เฉลี่ยเท่ากับ 0.998

วิธีการทดลอง

1. สถานที่ทำการทดลอง

แปลงทดลองสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทาน 5(แม่กลองใหญ่) อำเภอ กำแพงแสน จังหวัด นครปฐม โดยมีผังแปลงทดลองดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผังแปลงทดลอง

2. อุปกรณ์การทดลอง

2.1 ถังวัดการใช้น้ำของพืช Lysimeter ขนาด 1.5 x 1.5 x 1.5

2.2 ถังน้ำ

2.3 ถังเก็บน้ำ

2.4 กระบอกตวงน้ำ

2.5 กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

2.6 ตู้อบดิน

2.7 เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.8 พลาสติกคลุมดิน

2.9 ปุ๋ยและสารเคมี

2.10 สายยาง

3. วิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมแปลง

3.1.1 กำจัดวัชพืชในแปลงทดลองออกให้หมด แล้วทำการพรวนดิน อย่างน้อย 2 ครั้ง ครั้งแรกให้ไถดินก้อนโต ตากแดดทิ้งไว้ 1 สัปดาห์จนแห้งเพื่อฆ่าเชื้อโรค แล้วจึงไถพรวนย่อยดินอีกครั้ง ถ้าดินปลูกไม่ค่อยอุดมสมบูรณ์ควรใส่ปุ๋ยให้แก่ดิน

3.1.2 ทำการอบดินเพื่อกำจัดเชื้อโรคและไส้เดือนฝอย โดยคลุมแปลงทดลองด้วยพลาสติก แล้วใช้ด่างทับทิมผสมกับฟอร์มาลีนบรรจุลงในภาชนะ วางทิ้งไว้ใต้พลาสติกแล้วคลุมปิดทั่วแปลงให้มิดชิด ทิ้งไว้อย่างน้อย 48 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพผนวกที่ 1

3.1.3 ใช้จอบยกร่องเตรียมแปลงให้สม่ำเสมอ จากนั้นเตรียมหลุมปลูก โดยขุดหลุมลึกประมาณ 15 ซม. ทิ้งไว้ 7-10 วันเพื่อตากดินกำจัดเชื้อโรค รองก้นหลุมด้วยสารเคมีเทอร์ราคอร์ซุปเปอร์เอ็กซ์ เพื่อป้องกันเชื้อราและโรคจุดวงแหวน ก่อนนำต้นกล้ามะละกอลงปลูก

3.2 การเพาะกล้าและการปลูก

3.2.1 คัดเลือกเมล็ดพันธุ์มะละกอที่สมบูรณ์จำนวน 40 เมล็ด ทำการเพาะในภาชนะเพาะต้นกล้าและรดน้ำอย่างพอเพียงเป็นเวลา 1 เดือน

3.2.2 เมื่อต้นมะละกอมีขนาดโตขึ้น ทำการแยกปลูกในถุงดำอีกเป็นเวลาประมาณ 1 เดือน

3.2.3 นำต้นมะละกอลงปลูกในหลุมที่ขุดเตรียมไว้ โดยคัดเลือกต้นสมบูรณ์และแข็งแรงที่สุดจำนวน 4 ต้น เพื่อนำมาปลูกในถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter)

3.2.4 การนำต้นกล้าลงปลูกในหลุมที่เตรียมไว้ ควรทำด้วยความระมัดระวัง อย่าให้ดินแตกออกจากรากและไม่ให้รากขาด เมื่อวางต้นกล้าลงหลุมปลูกแล้ว ให้กลบดินรอบโคนต้น กดให้แน่นให้ระดับดินในหลุมปลูกเสมอกับระดับดินเดิมที่ติดมากับต้นกล้า อย่ากลบโคนต้นสูงกว่ารอยดินเดิม จะทำให้เป็นโรคโคนเน่า

3.2.5 รดน้ำให้ชุ่มทุกเช้า อย่าให้ขาดน้ำ ถ้าขาดน้ำในระยะนี้ต้นจะแคระแกร็น โตช้า และให้ผลผลิตช้าด้วย

3.3 การดูแลรักษา

3.3.1 การให้ปุ๋ย ควรให้ปุ๋ย 15-15-15 หลุมละ 1 ช้อนแกง ทุก 15 วัน

3.3.2 ใช้ยากำจัดศัตรูพืชเมื่อวันที่ 16 เดือนกันยายน 2552 ใช้ยา เพื่อฆ่าเชื้อรา

3.3.3 การทำไม้หลัก เพื่อค้ำยันพยุงลำต้นไม่ให้ล้ม โดยเฉพาะช่วงติดผล

3.3.4 การพรวนดินกำจัดวัชพืช ควรมีการพรวนดินกำจัดวัชพืชในช่วงแรก อย่าให้วัชพืชรบกวน

3.3.5 ถ้าดอกมีลักษณะก้านของกลีบดอกยาวคล้ายดอกมะลิจะให้ผลยาว แต่จะกลีบดอกสั้นให้ตัดต้นทิ้งเสียให้เหลือต้นที่กลีบดอกยาว

3.4 การตรวจวัดพัฒนาการเจริญเติบโตของมะละกอ

3.4.1 ตรวจวัดความสูงของต้นมะละกอ และขนาดเส้นรอบวงของลำต้น ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวเป็นระยะๆ

3.4.2 ตรวจนับจำนวนใบในแต่ละช่วงเวลา ตั้งแต่เริ่มปลูกจนมะละกอโตเต็มที่

3.4.3 บันทึกช่วงเวลาที่มะละกอ ออกดอก ติดผล จนถึงผลสุก

3.4.4 ตรวจวัดความลึกและการกระจายของราก โดยการขุดดินรอบทรงพุ่มของต้นมะละกอ โดยต้องขุดด้วยความระมัดระวังอย่างมากเพื่อรักษาให้รากของต้นมะละกอไว้ในสภาพสมบูรณ์ที่สุด ใช้น้ำฉีดเพื่อให้ดินหลุดจากรากของต้นมะละกอ แล้วดึงเอาต้นมะละกอขึ้นจากดินด้วยความระมัดระวังอย่างมาก จากนั้นจึงตรวจวัดความลึกและการกระจายของรากต้นมะละกอดังแสดงในภาพที่ 6

3.4.5 การเก็บเกี่ยวผลผลิต สามารถเก็บเกี่ยวผลดิบได้หลังปลูกประมาณ 5-6 เดือน แต่ถ้าเก็บผลสุก หลังจากปลูกประมาณ 8-10 เดือนจึงจะสามารถเก็บเกี่ยวได้ เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตทำการวัดขนาดของผลมะละกอ และชั่งน้ำหนัก

ภาพที่ 6 ความลึกและการแผ่กระจายของรากต้นมะละกอ

3.5 การหาความถ่วงจำเพาะของดิน

3.5.1 เตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ ประกอบด้วย เสียมขุดดิน อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน และกระป๋องใส่ดิน โดยในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชแต่ละถังได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดิน 4 จุด

3.5.2 การเก็บตัวอย่างดินทั้ง 4 จุด โดยการขุดให้ลึกลงไปประมาณ 15 เซนติเมตร และใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินนำดินขึ้นมาและใส่ลงในกระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

3.5.3 นำดินที่ไปอบในตู้อบ 24 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักของดินแห้ง

3.5.4 คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะของดิน โดยใช้น้ำหนักของดินแห้งหารด้วยปริมาตรของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน โดยทำการเฉลี่ยค่าความถ่วงจำเพาะของดิน 4 ค่าต่อ 1 ถังวัดการใช้น้ำของพืช

3.6 การเก็บข้อมูลความชื้นดิน

3.6.1 ชั่งน้ำหนักกระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

3.6.2 ขุดดินที่ความลึก 15 เซนติเมตร ทุกถัง Lysimeter ถังละ 1 ตัวอย่าง แล้วนำดินที่ความลึก 15 เซนติเมตร ใส่กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน

3.6.3 ชั่งน้ำหนักดินที่ขุดมารวมกับน้ำหนักกระป๋อง

3.6.4 นำดินเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบนาน 24 ชั่วโมง

3.6.5 นำดินหลังการอบ มาชั่งน้ำหนัก

3.6.6 คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินโดยน้ำหนักของดินแห้งจากสมการที่ 4

$$Pw = \frac{Ww}{Ws} x100 \qquad \text{(สมการที่ 4)}$$

โดย

Pw = ร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้ง

Ww = น้ำหนักของน้ำในดิน

Ws = น้ำหนักของดินซึ่งอบให้แห้งด้วยเตาอบ

3.7 การคำนวณข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

รวบรวมข้อมูลภูมิอากาศรายวัน จากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ระหว่างวันที่ 21 กรกฎาคม 2552 ถึง 9 มีนาคม 2553 รวม 232 วัน เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) รายวัน ข้อมูลประกอบด้วย

3.7.1 อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด

3.7.2 ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดและต่ำสุด

3.7.3 ความยาวนานแสงแดด

3.7.4 ความเร็วลม

3.7.5 ปริมาณน้ำฝน

3.7.6 ปริมาณการระเหย

การคำนวณข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ใช้สมการ Penman-Monteith และการคำนวณจากปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย

3.8 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของมะละกอในถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeters)

ทำการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของมะละกอในถังวัดการใช้น้ำของพืชทั้ง 4 ถัง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย โดยแบ่งรูปแบบการคำนวณเป็น 4 รูปแบบ ดังนี้

3.8.1 คำนวณจากการสมดุลน้ำถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชเพียงอย่างเดียว

3.8.2 คำนวณจากการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินเฉพาะในช่วงกรณีที่ไม่สามารถทำการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชได้

3.8.3 คำนวณจากการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน โดยพิจารณาที่ความชื้นในดินที่ระดับความลึก 1 ใน 4 ของความยาวของรากมะละกอ

3.8.4 คำนวณจากการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน โดยพิจารณาที่ความชื้นในดินที่ระดับความลึกดิน 15 เซนติเมตรจากผิวดิน

ผลการทดลอง

1. คุณสมบัติของดินในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช

1.1 เนื้อดินและระดับความชื้นในดิน

เนื้อดินและระดับความชื้นในดินในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชทั้ง 4 ถัง ใช้ข้อมูลจากรายงานผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน กลุ่มงานดินด้านวิทยาศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน สรุปดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เนื้อดิน ระดับความชื้นในดินและความถ่วงจำเพาะของดินในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช

ถัง	เนื้อดินที่ระดับความลึก 0 - 30 ซม.	เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่จุด FC	เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่จุด PWP	ค่าอัตราการซึมน้ำของดิน	ความถ่วงจำเพาะ
A	ดินร่วนเหนียวปนทราย	20.1	11.9	0.26	1.6
B	ดินร่วน	19.9	12.3	0.27	1.65
C	ดินร่วน	21.2	12.5	0.24	1.64
D	ดินร่วน	19.5	11.3	0.36	1.59

1.2 ความถ่วงจำเพาะของดิน

ความถ่วงจำเพาะของดินในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชทั้ง 4 ถัง สรุปดังตารางที่ 1 โดยมีตัวอย่างการคำนวณความถ่วงจำเพาะของดินในถัง A ดังนี้

ปริมาตรเครื่องขุดเจาะดิน 66.7 cm^3

น้ำหนักกระป๋อง 87 กรัม

น้ำหนักดินหลังอบ 194 กรัม

น้ำหนักดินแห้ง = น้ำหนักดินหลังอบ – น้ำหนักกระป๋อง

= 194 - 87

= 107 กรัม

ความถ่วงจำเพาะ $= \frac{\text{น้ำหนักดินแห้ง}}{\text{ปริมาตรเครื่องขุดเจาะดิน}} \times 100$

$= \frac{107}{66.7}$

$= (1.604\ g/cm^3)/(1g/cm^3)$

$= 1.604$

1.3 การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นดิน

เก็บตัวอย่างดินในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตรจากผิวดิน แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินโดยใช้สมการ

$$Pw = \frac{Ww}{Ws} x100 \qquad \text{(สมการที่ 5)}$$

โดย

Pw = ร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้ง

Ww = น้ำหนักของน้ำในดิน

Ws = น้ำหนักของดินซึ่งอบให้แห้งด้วยเตาอบ

ตัวอย่างการคำนวณ

วันที่ 1 พฤศจิกายน 2552

น้ำหนักกระป๋อง 92.5 กรัม

น้ำหนักดินก่อนอบ 307.5 กรัม

น้ำหนักดินหลังอบ 268.5 กรัม

น้ำหนักของน้ำในดิน (Ww) = น้ำหนักดินก่อนอบ – น้ำหนักดินหลังอบ

= 307.5 - 268.5

= 39 กรัม

น้ำหนักดินแห้ง (Ws) = น้ำหนักดินหลังอบ – น้ำหนักกระป๋อง

= 268.5 - 92.5

= 176 กรัม

เปอร์เซ็นต์ความชื้นดินเทียบน้ำหนักดินแห้ง (Pw) $= \frac{\text{น้ำหนักของน้ำในดิน}}{\text{น้ำหนักดินแห้ง}} \times 100$

$= \frac{39}{176} x100$

$= 22.159\ \%$

2. พัฒนาการเจริญเติบโตของมะละกอ

2.1 การเก็บข้อมูลพัฒนาการเจริญเติบโตของมะละกอ

ได้แบ่งช่วงระยะการเจริญเติบโตของมะละกอออกเป็น 4 ช่วง ได้แก่ ช่วงแรก ตั้งแต่เพาะเมล็ดจนกระทั่งเติบโตเป็นต้นกล้า เป็นระยะเวลา 15 วัน ช่วงที่ 2 ตั้งแต่ต้นกล้าจนกระทั่งติดดอก เป็นระยะเวลา 59 วัน ช่วงที่ 3 ตั้งแต่ติดดอกจนกระทั่งติดผล เป็นระยะเวลา 14 วัน ช่วงที่ 4 ตั้งแต่ติดผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยว เป็นระยะเวลา 132 วัน ดังแสดงในภาพที่ 7 8 9 และ 10 โดยเริ่มเก็บข้อมูลวันที่ 2 กันยายน 2552 ถึง 9 มีนาคม 2553 จะทำการเก็บข้อมูลโดยประมาณทุกๆ 15 วันและบันทึกวันเริ่มติดดอก วันเริ่มติดผล วันเก็บเกี่ยว ขนาดผลเฉลี่ย และข้อมูลพัฒนาการเจริญเติบโตของมะละกอ พบว่าเมื่อมะละกอโตเต็มที่ขนาดของลำต้น(เส้นรอบวง) อยู่ในช่วงระหว่าง 16 ถึง 17 เซนติเมตร ความสูงของต้นในช่วงระหว่าง 190 ถึง 200 เซนติเมตร ขนาดของทรงพุ่มอยู่ในช่วงระหว่าง 247.5 ถึง 253.5 เซนติเมตร จำนวนใบของต้นมะละกออยู่ในช่วงระหว่าง 33 ถึง 37 ใบ และวัดความยาวราก ปรากฏว่าความยาวรากอยู่ในช่วง 96.9 ถึง 105.17 เซนติเมตร

ภาพที่ 7 ระยะต้นกล้ามะละกอ

ภาพที่ 8 ระยะติดดอกของมะละกอ

ภาพที่ 9 ระยะติดลูกของมะละกอ

ภาพที่ 10 ระยะผลสุกของมะละกอ

2.2 การหาความยาวรากของมะละกอ

ทำการขุดต้นมะละกอจำนวน 3 ต้นที่มีความสูงแตกต่างกันเพื่อวัดความยาวของรากต้นมะละกอ ซึ่งพบว่าความยาวของรากจะแปรผันตามความสูงของต้นมะละกอ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลตรวจวัดความสูงของต้นมะละกอและความยาวรากของต้นมะละกอ

ความสูงของต้นมะละกอ	ความยาวรากของต้นมะละกอ
110	35
138	50
153	70

จากนั้น นำความสูงของต้นมะละกอและความยาวของรากต้นมะละกอมาเขียนกราฟเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากต้นมะละกอกับความสูงของต้นมะละกอ จะได้สมการในรูปของสมการโพลิโนเมียลกำลังสอง ดังแสดงในภาพที่ 11

$$y = a + bx + cx^2 \qquad \text{(สมการที่ 6)}$$

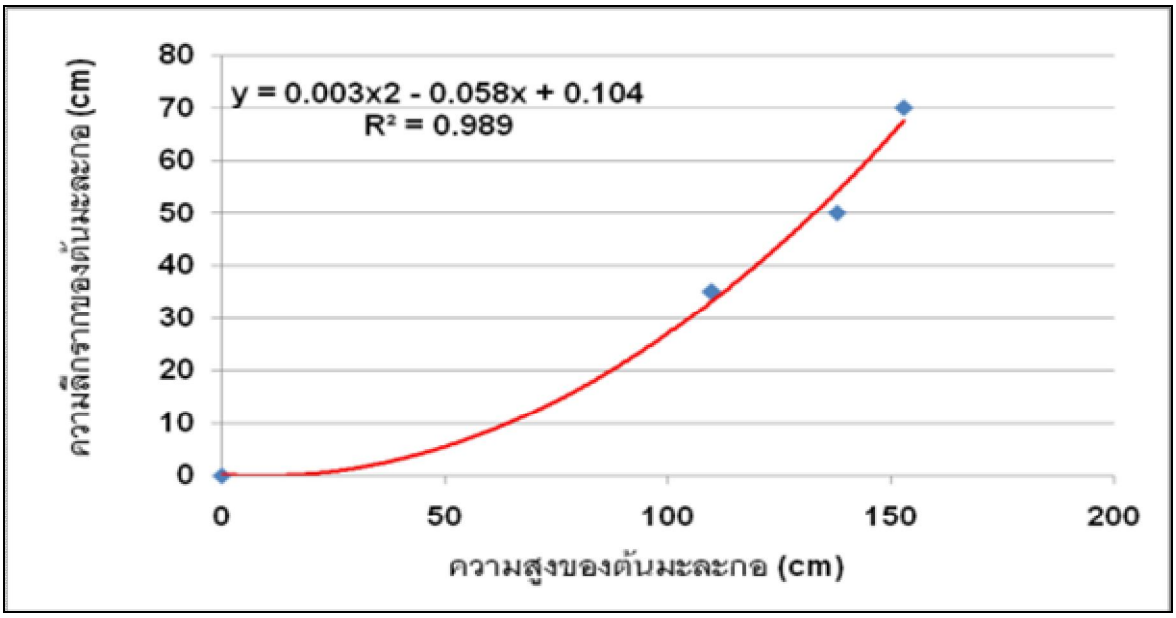
โดย x = ความสูงของต้นมะละกอ

y = ความยาวของรากมะละกอ

a = 0.10439

b = -0.05802

c = 0.00326



ภาพที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของรากต้นมะละกอกับความสูงของต้นมะละกอ

2.3 พัฒนาการเจริญเติบโตของมะละกอในถังวัดการใช้น้ำของพืช

จากภาพที่ 12 แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของต้นมะละกอจะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเจริญเติบโต ซึ่งพบว่าความสูงต้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 0-44 เฉลี่ยเท่ากับ 53.5 เซนติเมตร เนื่องจากอยู่ในช่วงต้นกล้ามะละกอมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และในช่วงวันที่ 45-74 มีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอีก 31.5 เซนติเมตร เนื่องจากอยู่ในช่วงต้นกล้าถึงติดดอกของมะละกอมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และหลังจากวันที่ 74 มีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างคงที่

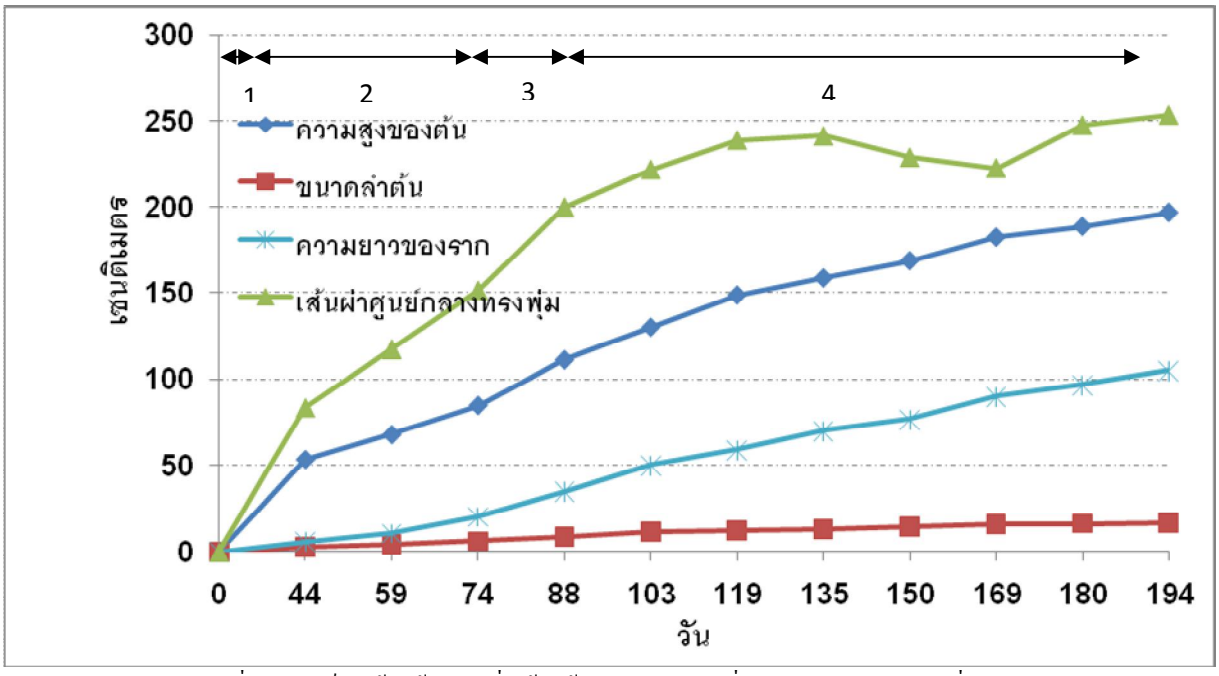
ความยาวของรากมะละกอ จะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเจริญเติบโต ซึ่งในช่วงวันที่ 0-44 เฉลี่ยเท่ากับ 6.04 เซนติเมตร พบว่าการเจริญเติบโตของรากมะละกอมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นไม่มากนัก เนื่องจากเป็นช่วงต้นกล้ามะละกอมีการเจริญเติบโตทางต้น และในช่วงวันที่ 45-74 ซึ่งเป็นช่วงต้นกล้าถึงติดดอก มีความยาวรากเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอีก 14.7 เซนติเมตร เนื่องจากการเจริญเติบโตของรากมะละกอมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามความสูงของต้นมะละกอ และหลังจากวันที่ 74 จะมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมาก

ขนาดของลำต้นมะละกอ จะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเจริญเติบโต ซึ่งในช่วงวันที่ 0-44 มีขนาดลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 3 เซนติเมตร เนื่องจากเป็นช่วงต้นกล้ามะละกอมีการเจริญเติบโตทางต้นเพียงเล็กน้อย และในช่วงวันที่ 45-74 ซึ่งเป็นช่วงต้นกล้าถึงติดดอก มีขนาดลำต้นเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอีก 3.33 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดลำต้นมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่าความสูงและความยาวของรากมะละกอ

เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มมะละกอ จะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเจริญเติบโต ซึ่งในช่วงวันที่ 0-44 มีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มมะละกอเฉลี่ยเท่ากับ 83.75 เซนติเมตร พบว่าการเจริญเติบโตของเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และในช่วงวันที่ 45-74 ซึ่งเป็นช่วงต้นกล้าถึงติดดอกมีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอีก 67.92 เซนติเมตร เนื่องจากการเจริญเติบโตของเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มมะละกอมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามความสูงของต้นมะละกอ และหลังจากวันที่ 74 มีอัตราการเจริญเติบโตของทรงพุ่มค่อนข้างคงที่

จากการศึกษาพบว่า ในช่วงวันที่ 0-74 ซึ่งเป็นช่วงต้นกล้ากำลังเจริญเติบโต การเจริญเติบโตของขนาดลำต้นและความยาวรากของมะละกอจะมีขนาดใกล้เคียงกันมาก ส่วนความสูงจะมีการพัฒนามากกว่าด้านอื่นๆ แต่เมื่อหลังจากวันที่ 74 ความยาวของรากมะละกอจะเจริญเติบโตมากกว่าขนาดลำต้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อสังเกต ขนาดของลำต้นจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด รองลงมาคือความยาวของรากมะละกอและเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือความสูงของต้นมะละกอ ทั้งนี้ ขนาดลำต้นของมะละกอที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดอันเนื่องมาจากข้อจำกัดทางพันธุกรรมของพันธุ์ ซึ่งทำให้ขนาดของลำต้นไม่ใหญ่มาก

ผลที่ได้จากการเก็บเกี่ยวเมื่อนำไปชั่งน้ำหนักพบว่ามีขนาดผลเฉลี่ย 0.881 กิโลกรัม ความยาวผลเฉลี่ย 18.81 เซนติเมตร และมีรูปทรงกระบอกคล้ายลูกฟักอ่อน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทั่วไปของมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ โดยมีรูปทรงกระบอกคล้ายลูกฟักอ่อน น้ำหนักผลประมาณ 0.80-2 กิโลกรัมต่อผล (ชุมชนเกษตรพอเพียง, 2553)

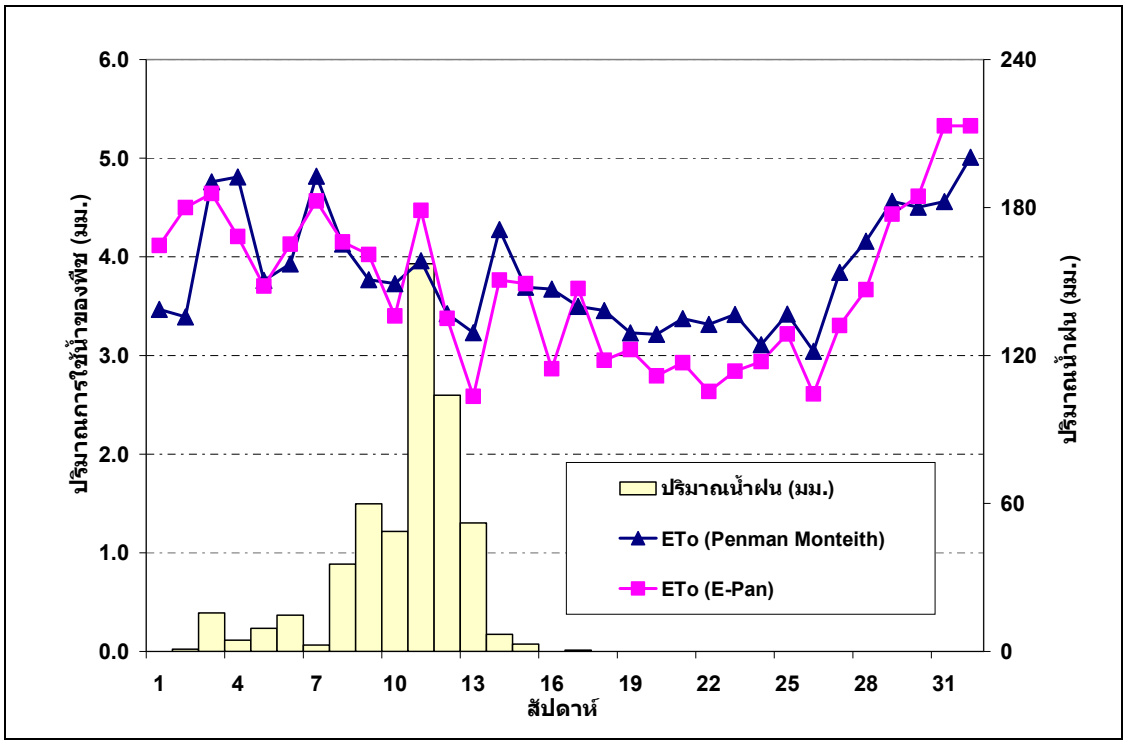


หมายเหตุ : (ช่วงที่ 1.เพาะเมล็ด – ต้นกล้า) (ช่วงที่ 2.ต้นกล้า – ติดดอก) (ช่วงที่ 3.ติดดอก – ติดผล) (ช่วงที่ 4.ติดผล – ผลสุก)

ภาพที่ 12 กราฟแสดงการเจริญเติบโตความสูง ขนาดลำต้น พื้นที่ทรงพุ่มและความยาวรากของมะละกอ

3. ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

รวบรวมข้อมูลภูมิอากาศรายวัน จากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ระหว่างวันที่ 21 กรกฎาคม 2552 ถึง 9 มีนาคม 2553 รวม 232 วัน (33 สัปดาห์) พบว่าในช่วงเวลาดังกล่าวมีฝนตกตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ถึง สัปดาห์ 17 โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 157.2 มิลลิเมตร ในสัปดาห์ที่ 11 จากนั้นนำข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมและจำนวนชั่วโมงแสงแดดมาคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman Monteith และ E-pan ดังแสดงในภาพที่ 13 พบว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธีคำนวณจากสูตร Penman Monteith มีค่าระหว่าง 5.01 ถึง 3.04 มิลลิเมตรต่อวัน เฉลี่ย 3.83 มิลลิเมตรต่อวัน ส่วนปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยการคำนวณจากค่า E-pan มีค่าระหว่าง 5.33 ถึง 2.59 มิลลิเมตรต่อวัน เฉลี่ย 3.7 มิลลิเมตรต่อวัน วิธี Penman Monteith และE-pan มีความสอดคล้องโดยมีค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่ใกล้เคียงและมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน ซึ่งในสัปดาห์ที่ 25 เป็นต้นไปปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจาก มีจำนวนชั่วโมงแสงแดดยาวนานกว่าในสัปดาห์ก่อนหน้า ดังนั้นอัตราการระเหยเพิ่มขึ้นส่งผลให้พืชมีปริมาณการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 13 กราฟแสดงปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและปริมาณน้ำฝน

4. ปริมาณการใช้น้ำของมะละกอ ในถังวัดการใช้น้ำของพืช

การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของมะละกอในถังวัดการใช้น้ำของพืช ใช้วิธีสมดุลน้ำ(Water Balance) ในแต่ละถัง จำนวน 4 ถัง (ถัง A, B, C และ D) แล้วค่าปริมาณการใช้น้ำของมะละกอทั้ง 4 ถังนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นปริมาณการใช้น้ำของพืชรายวัน จากนั้นจึงสรุปหาค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นรายสัปดาห์ ดังแสดงในตัวอย่างต่อไปนี้

วันที่ 10 สิงหาคม 2552

ปริมาณการใช้น้ำของพืชถัง A = 7.57 ลิตร

ปริมาณการใช้น้ำของพืชถัง B = 8.20 ลิตร

ปริมาณการใช้น้ำของพืชถัง C = 7.25 ลิตร

ปริมาณการใช้น้ำของพืชถัง D = 7.32 ลิตร

จากนั้นนำค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชทั้ง 4 ถัง มาหาปริมาณการใช้น้ำของพืชเฉลี่ยรายวัน

ปริมาณการใช้น้ำของพืช เฉลี่ยรายวัน = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ถัง A + B+ C+ D)/4

$$= \frac{(7.57 + 8.2 + 7.25 + 7.32)}{4}$$

= 7.45 ลิตร

จากนั้นนำค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชเฉลี่ยรายวัน มาหาปริมาณการใช้น้ำของพืชเฉลี่ยรายสัปดาห์

สัปดาห์ที่ 2 วันที่ 4 สิงหาคม 2552 ถึง 10 สิงหาคม 2552

4 สิงหาคม 2552 ปริมาณการใช้น้ำของพืช เฉลี่ยรายวัน = 7.73 ลิตร

5 สิงหาคม 2552 ปริมาณการใช้น้ำของพืช เฉลี่ยรายวัน = 7.81 ลิตร

6 สิงหาคม 2552 ปริมาณการใช้น้ำของพืช เฉลี่ยรายวัน = 9.57 ลิตร

7 สิงหาคม 2552 ปริมาณการใช้น้ำของพืช เฉลี่ยรายวัน = 7.78 ลิตร

8 สิงหาคม 2552 ปริมาณการใช้น้ำของพืช เฉลี่ยรายวัน = 7.76 ลิตร

9 สิงหาคม 2552 ปริมาณการใช้น้ำของพืช เฉลี่ยรายวัน = 7.72 ลิตร

10 สิงหาคม 2552 ปริมาณการใช้น้ำของพืช เฉลี่ยรายวัน = 7.45 ลิตร

ปริมาณการใช้น้ำของพืชเฉลี่ยรายสัปดาห์ $= \frac{7.73 + 7.81 + 9.57 + 7.78 + 7.76 + 7.72 + 7.45}{7}$

= 7.97 ลิตร

อย่างไรก็ตาม การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของมะละกอในถังวัดการใช้น้ำของพืช โดยใช้วิธีสมดุลน้ำ ได้แบ่งรูปแบบการคำนวณเป็น 4 กรณี (Case) ได้แก่

Case 1 คือ คำนวณจากการสมดุลน้ำถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชเพียงอย่างเดียว

Case 2 คือ คำนวณจากการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินเฉพาะในช่วงกรณีที่ไม่สามารถทำการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชได้

Case 3 คือ คำนวณจากการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน โดยพิจารณาที่ระดับความลึกดิน 1 ใน 4 ของความยาวของรากมะละกอ

Case 4 คือ คำนวณจากการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน โดยพิจารณาที่ระดับความลึกดิน 15 เซนติเมตรจากผิวดิน

สำหรับกรณีที่ 1 และ 2 (Case 1, Case 2) จากการศึกษาพบว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชซึ่งคำนวณจากการสมดุลน้ำถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชเพียงอย่างเดียว (Case 1) ปรากฏว่าในสัปดาห์ที่ 9-12 มีปริมาณน้ำที่ระบายออกมาจากถังวัดการใช้น้ำของพืชที่มากผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดจากช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณฝนตกลงไปในถังวัดการใช้น้ำของพืชมากส่งผลให้น้ำระบายจากถังมากผิดปกติ ส่วนในสัปดาห์ที่ 14-18 ไม่มีปริมาณน้ำที่ระบายออกจากถังวัดการใช้น้ำของพืช ทั้งนี้เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มะละกอมีพัฒนาการการเจริญเติบโตในช่วงเวลาดังกล่าวสูงมาก ส่งผลให้ปริมาณน้ำชลประทานที่ให้อาจไม่เพียงพอต่อความต้องการของมะละกอ ดังนั้นเมื่อไม่มีน้ำระบายออกจากถังวัดการใช้น้ำของพืชจึงทำให้ไม่สามารถคำนวณสมดุลน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวได้ ดังนั้นในกรณีที่ 2 (Case 2) จึงได้นำค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินมาคำนวณร่วมกับการสมดุลน้ำ แล้วนำมาแทนค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชเฉพาะในสัปดาห์ที่ 9-12 และ 14-18

สำหรับตัวอย่างการคำนวณปริมาณการใช้น้ำในถังวัดการใช้น้ำของพืชทั้ง 4 กรณี ดังแสดงในตัวอย่างต่อไปนี้

4.1 กรณีคำนวณจากการสมดุลน้ำถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชเพียงอย่างเดียว (Case 1)

ตัวอย่าง ถังวัดการใช้น้ำของพืช A วันที่ 16 ตุลาคม 2552
น้ำชลประทาน = 10 ลิตร
ปริมาณน้ำฝน = 2.1 มิลลิเมตร
น้ำระบาย = 3.72 ลิตร

$$ETc = Ir + P - DP \qquad \text{(สมการที่ 7)}$$

โดย ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช
Ir = น้ำชลประทาน
P = ปริมาณน้ำฝน
DP = น้ำระบายลงใต้ดิน (Deep Percolation)

การแปลงหน่วยปริมาณน้ำฝนจากหน่วยมิลลิเมตรเป็นหน่วยลิตร

$$P(l) = \frac{P(mm)}{1,000} \times A \times 1,000 \qquad \text{(สมการที่ 8)}$$

โดย P(l) = ปริมาณน้ำฝน(ลิตร)
P(mm) = ปริมาณน้ำฝน(มิลลิเมตร)
A = พื้นที่ถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช (ตารางเมตร)

ปริมาณน้ำฝน P(l) $= \frac{P(mm)}{1000} \times A$

$= \frac{2.1}{1,000} \times (1.5 \text{x} 1.5) \times 1,000$

$= 4.73$ ลิตร

ดังนั้น ETc $= 10 + 4.73 - 3.72$

$= 11.01$ ลิตร

4.2 กรณีคำนวณจากการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินเฉพาะในช่วงกรณีที่ไม่สามารถทำการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชได้ (Case 2)

ตัวอย่าง ถังวัดการใช้น้ำของพืช A วันที่ 16 ตุลาคม 2552
น้ำชลประทาน = 10 ลิตร
ปริมาณน้ำฝน = 2.1 มิลลิเมตร = 4.73 ลิตร
น้ำระบาย = 3.72 ลิตร
ความชื้นในดินที่จุด Field Capacity = 20.10 %
ความชื้นในดินที่ความลึก 15 เซนติเมตร = 17.41 %

$$ETc = Ir + P - DP + \Delta S \qquad \text{(สมการที่ 9)}$$

โดย ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

Ir = น้ำชลประทาน

P = ปริมาณน้ำฝน

DP = น้ำระบายลงใต้ดิน (Deep Percolation)

ΔS = การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดิน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดิน คำนวณจากการให้น้ำแก่พืชทุกวัน โดยกำหนดให้บริเวณชั้นดินที่ความลึก 15 เซนติเมตร ภายหลังการให้น้ำในแต่ละวันมีความชื้นถึงจุด Field Capacity และในวันถัดไปก่อนการให้น้ำ ทำการเก็บค่าความชื้นดิน ถ้าความชื้นดินมีค่าต่ำกว่าจุด Field Capacity ถือว่าพืชมีการนำเอาปริมาณน้ำในดินไปใช้ประโยชน์ ซึ่งจะนำผลต่างของความชื้นดินดังกล่าวมาคำนวณเทียบเป็นปริมาณการใช้น้ำของพืชได้ดังนี้

$$\Delta S(l) = \Delta S(\%) \times As \times D \times A \times 1,000 \qquad \text{(สมการที่ 10)}$$

โดย $\Delta S(l)$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดิน (หน่วย ลิตร)

$\Delta S(\%)$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดิน (หน่วย %)

As = ความถ่วงจำเพาะของดิน

D = ความลึกดิน (เมตร)

A = พื้นที่ถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช (ตารางเมตร)

จะได้ $\Delta S(l) = \frac{(20.10 - 17.41)}{100} \times 1.6 \times 0.15 \times (1.5 \times 1.5) \times 1000$

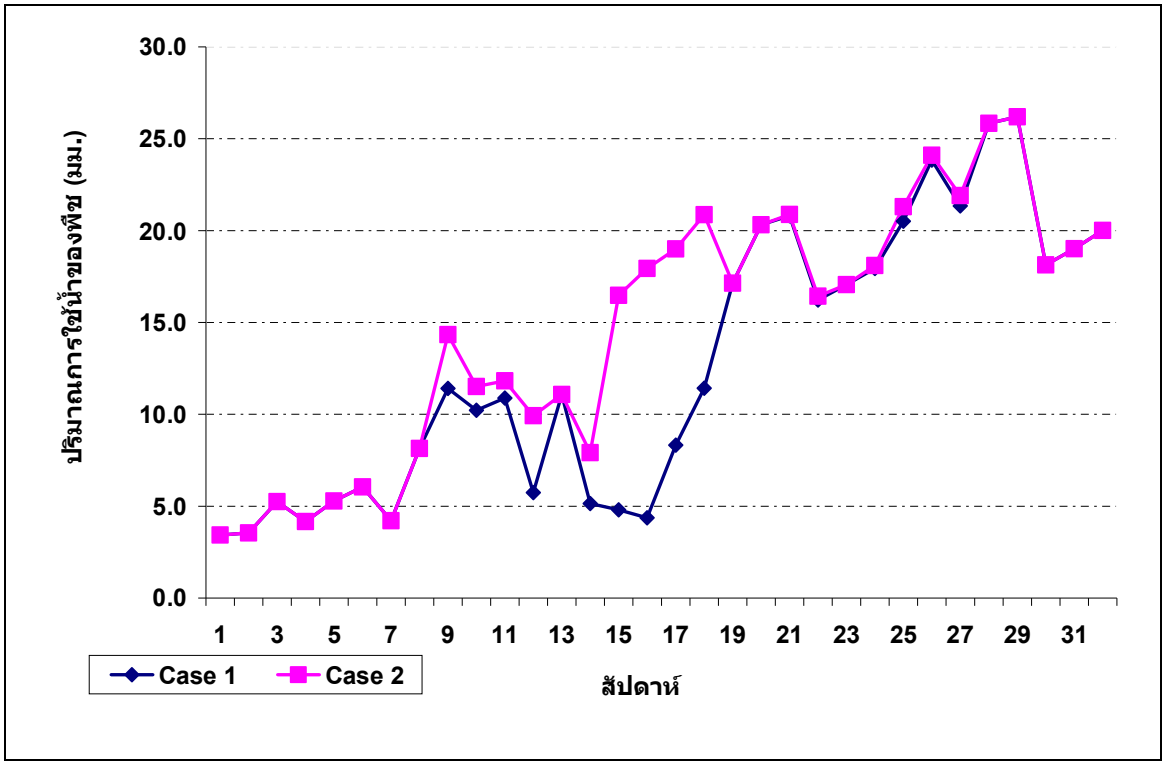
= 14.52 ลิตร

ดังนั้น ETc = 10 + 4.73 – 3.72 + 14.52

= 25.53 ลิตร

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของพืชระหว่าง Case 1 กับ Case 2 ดังแสดงในภาพที่ 14 โดย Case 1 มีค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชระหว่าง 26.20 - 3.43 มิลลิเมตร หรือเฉลี่ยเท่ากับ 12.81 มิลลิเมตร โดยสัปดาห์ที่ 9 10 11 และ 12 มีค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชเท่ากับ 11.42, 10.22, 10.89 และ 5.73 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วน Case 2 เมื่อปรับค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยนำความชื้นดินมาคำนวณด้วยพบว่ามีปริมาณการใช้น้ำของพืชเพิ่มขึ้นเป็น 14.34, 11.51, 11.82 และ9.93 มิลลิเมตร

ส่วนสัปดาห์ที่ 14 15 16 17 และ 18 สำหรับ Case 1 มีค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชเท่ากับ 5.14, 4.80, 4.37, 8.32 และ11.43 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วน Case 2 เมื่อปรับค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยนำความชื้นดินมาคำนวณด้วยพบว่ามีปริมาณการใช้น้ำของพืชเพิ่มขึ้นเป็น 7.91, 16.47, 17.94, 19.01และ 20.87 มิลลิเมตร



ภาพที่ 14 กราฟเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของมะละกอระหว่าง Case 1 กับ Case 2

4.3 กรณีคำนวณจากการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน โดยพิจารณาที่ระดับความลึกดิน 1 ใน 4 ของความยาวของรากมะละกอ

ตัวอย่างการคำนวณ ถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช A วันที่ 28 กรกฎาคม 2552 วัดความสูงต้นมะละกอได้เท่ากับ 20 เซนติเมตร

จากสมการที่ 6 $y = a + bx + cx^2$

จะได้ $y = 0.10439 + (-0.05802 \times 20) + ((0.00326) \times (20^2))$

ความยาวรากมะละกอ = 5.64 เซนติเมตร

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน โดยนำผลต่างของความชื้นดินมาคำนวณเทียบเป็นปริมาณการใช้น้ำของพืช

$$\Delta S(l) = \Delta S(\%) \times As \times (y/4) \times A \times 1000$$

โดย $\Delta S(l)$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน (หน่วย ลิตร)

$\Delta S(\%)$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในดิน (หน่วย %)

As = ความถ่วงจำเพาะของดิน

y = ความลึกของรากต้นมะละกอ (เมตร)

A = พื้นที่ถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช (ตารางเมตร)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน (หน่วย %)

$$\Delta S(\%) = S_{fc} - S$$

โดย $\Delta S(\%)$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน (หน่วย %)

S_{fc} = ความชื้นในดิน ที่ Field Capacity

S = ความชื้นในดิน

จะได้ $\Delta S(\%) = S_{fc} - S$

$= 20.1 - 19.61$

$\Delta S(\%) = 0.49$

จะได้ $\Delta S(l) = (\frac{0.49}{100}) \times 1.6 \times ((5.64/100)/4) \times (1.5 \times 1.5) \times 1000$

$= 0.25$

ดังนั้น $ETc = ETc\ (l) + \Delta S(l)$

$= 10 + 0.25$

$= 10.25$ ลิตร

4.4 กรณีคำนวณจากการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน โดยพิจารณาที่ระดับความลึกดิน 15 เซนติเมตรจากผิวดิน

ตัวอย่างการคำนวณ ถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช A วันที่ 28 กรกฎาคม 2552

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน โดยนำผลต่างของความชื้นดินมาคำนวณเทียบเป็นปริมาณการใช้น้ำของพืช

$$\Delta S(l) = \Delta S(\%) \times As \times D \times A \times 1,000$$

โดย $\Delta S(l)$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน (หน่วย ลิตร)

$\Delta S(\%)$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน (หน่วย %)

As = ความถ่วงจำเพาะของดิน

D = ความลึกดิน (เมตร)

A = พื้นที่ถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช (ตารางเมตร)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน (หน่วย %)

$$\Delta S(\%) = S_{fc} - S$$

โดย $\Delta S(\%)$ = การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดิน (หน่วย %)

S_{fc} = ความชื้นในดิน ที่จุด Field Capacity

S = ความชื้นในดิน

จะได้ $\Delta S(\%) = S_{fc} - S$

$= 20.1 - 19.61$

$= 0.49$

จะได้ $\Delta S(l) = (\frac{0.49}{100}) \times 1.6 \times (15/100) \times (1.5 \times 1.5) \times 1000$

$= 2.65$

ดังนั้น $ETc = ETc(l) + \Delta S(l)$

$= 10 + 2.65$

$= 12.65$ ลิตร

จากผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของมะละกอทั้ง 4 กรณี สรุปได้ดังแสดงในภาพที่ 15 พบว่าช่วงที่มีปริมาณการใช้น้ำของมะละกอต่ำสุดอยู่ในสัปดาห์ที่ 1 และปริมาณการใช้น้ำของมะละกอจะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเจริญเติบโตของมะละกอ และในสัปดาห์ที่ 29 จะมีปริมาณการใช้น้ำของมะละกอสูงสุด

ช่วงที่ 1 ต้นกล้ามะละกอถัง A, B, C และ D มีอายุประมาณ 2 สัปดาห์

จากการศึกษาพบว่า Case1, Case 2 , Case 3 ,Case 4 และ ETo มีค่า 7.0 ,7.0 ,7.6 ,11.1 และ 3.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งในช่วงที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำ Case1, Case 2 , Case 3 จะมีปริมาณการใช้น้ำที่ใกล้เคียงกันและเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเจริญเติบโตของต้นมะละกอ ส่วนCase 4 จะมีปริมาณการใช้น้ำที่สูงกว่า Case อื่นๆ เนื่องจากพิจารณาที่ความลึกดิน 15 เซนติเมตรจากผิวดิน

จากการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของมะละกอใน Case 2 จะมีความปริมาณการใช้น้ำของมะละกอเฉลี่ยประมาณ 2.0 เท่าของความต้องการน้ำของพืชอ้างอิง

จากการศึกษาพบว่าในระยะที่ 1 ต้นกล้ามะละกอมีการเจริญเติบโตของต้นเฉลี่ย 29.6 เซนติเมตร

ช่วงที่ 2 การติดดอกของมะละกอถัง A, B, C และ D อยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 10, 11, 11 และ 12 ตามลำดับ โดยเฉลี่ยช่วงการติดดอกของมะละกออยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 11

จากการศึกษาพบว่า Case1, Case 2 , Case 3 ,Case 4 และ ETo มีค่า 7.3 , 7.5 , 8.4 , 10.1 และ 4.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งในช่วงที่ 2 ปริมาณการใช้น้ำทั้ง 4 case จะมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันและเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเจริญเติบโตของต้นมะละกอ

จากการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของมะละกอใน Case 2 จะมีปริมาณการใช้น้ำของมะละกอเฉลี่ยประมาณ 1.8 เท่าของความต้องการน้ำของพืชอ้างอิง

จากการศึกษาพบว่าในระยะที่ 2 ต้นมะละกอมีการเจริญเติบโตของต้นเฉลี่ย 102.1 เซนติเมตร เพิ่มขึ้นจากช่วงที่ 1 ประมาณ 72.6 เซนติเมตร จะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตของต้นมะละกอสอดคล้องปริมาณการใช้น้ำของต้นมะละกอที่เพิ่มขึ้น

ช่วงที่ 3 การติดผลของมะละกอถัง A, B, C และ D อยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 11, 13, 13 และ 15 ตามลำดับโดยเฉลี่ยช่วงการติดผลของมะละกออยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 13

จากการศึกษาพบว่า Case1, Case 2 , Case 3 , Case 4 และ ETo มีค่า 8.4 ,10.5 ,10.4 ,10.6 และ 3.3 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งในช่วงที่ 3 ปริมาณการใช้น้ำ Case2, Case 3, Case 4 จะมีปริมาณการใช้น้ำที่ใกล้เคียงกัน ส่วน Case 1 จะมีปริมาณการใช้น้ำที่ต่ำกว่า Case 2, Case 3 และ Case 4 เนื่องจากมีฝนตกชุกในช่วงสัปดาห์นี้และอัตราการระเหยมีค่าน้อย พืชจึงมีการใช้น้ำน้อยลงจากปกติ

จากการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของมะละกอใน Case 2 จะมีปริมาณการใช้น้ำของมะละกอเฉลี่ยประมาณ 3.2 เท่าของความต้องการน้ำของพืชอ้างอิง

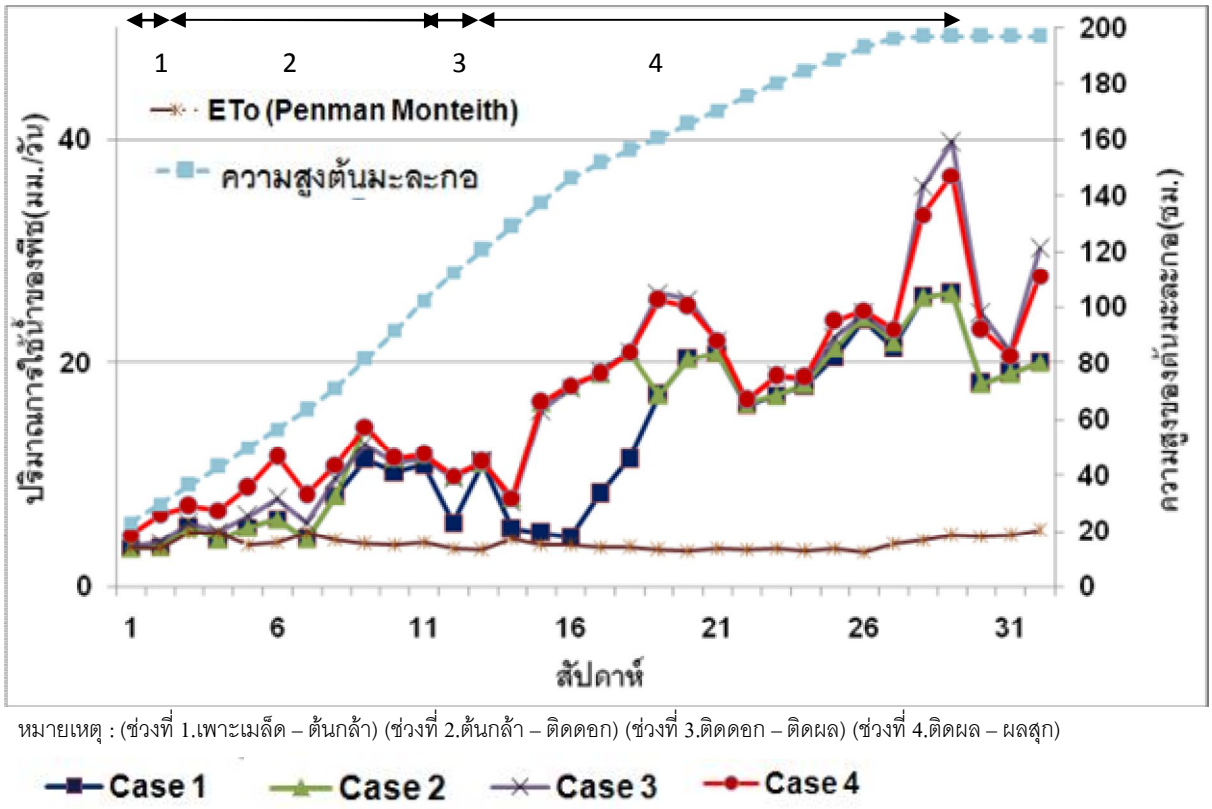
จากการศึกษาพบว่าในระยะที่ 3 ต้นมะละกอมีการเจริญเติบโตของต้นเฉลี่ย 120.6 เซนติเมตร เพิ่มขึ้นจากช่วงที่ 2 ประมาณ 18.4 เซนติเมตรจะเห็นได้ว่าต้นมะละกอมีการเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อยซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการใช้น้ำของต้นมะละกอที่ลดลง

ช่วงที่ 4 ช่วงผลสุกของมะละกอถัง A, B, C และ D อยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 27, 33, 29 และ 31 โดยเฉลี่ยช่วงผลสุกของมะละกออยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 30

จากการศึกษาพบว่า Case1, Case 2, Case 3, Case 4 และ ETo มีค่า 16.6, 19.4, 22.5, 22 และ 3.6 มิลลิเมตร ตามลำดับ ปริมาณการใช้น้ำของมะละกอเพิ่มขึ้นทั้ง 4 Case เนื่องจากมะละกออยู่ในช่วงติดผลจึงมีการใช้น้ำเพิ่มขึ้น

จากการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของมะละกอใน Case 2 จะมีปริมาณการใช้น้ำของมะละกอเฉลี่ยประมาณ 5.3 เท่าของความต้องการน้ำของพืชอ้างอิง

จากการศึกษาพบว่าในระยะที่ 4 ต้นมะละกอมีการเจริญเติบโตของต้นเฉลี่ย 196.8 เซนติเมตร เพิ่มขึ้นจากช่วงที่ 3 ประมาณ 76.2 เซนติเมตรจะเห็นได้ว่าต้นมะละกอมีการเจริญเติบโตขึ้นอย่างมากซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการใช้น้ำของต้นมะละกอที่เพิ่มขึ้น



หมายเหตุ : (ช่วงที่ 1.เพาะเมล็ด – ต้นกล้า) (ช่วงที่ 2.ต้นกล้า – ติดดอก) (ช่วงที่ 3.ติดดอก – ติดผล) (ช่วงที่ 4.ติดผล – ผลสุก)

Case 1 Case 2 Case 3 Case 4

ภาพที่ 15 กราฟแสดงปริมาณการใช้น้ำของมะละกอตามช่วงอายุการเจริญเติบโตของมะละกอ

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

มะละกอเป็นพืชที่มีการปลูกอยู่เกือบทุกจังหวัดทุกภาคของประเทศ มีทั้งแบบปลูกเป็นสวนหรือไร่มะละกอโดยเฉพาะ โดยมีการปลูกเพื่อการบริโภคและเป็นวัตถุดิบเพื่อการอุตสาหกรรม นอกจากนั้นแล้วมะละกอยังเป็นไม้ผลส่งออกของไทยที่ชาวต่างประเทศรู้จักและนิยมบริโภคกันมาก การปลูกมะละกอถ้าจะให้ได้ผลผลิตดี นอกจากการดูแลโดยใส่ปุ๋ยแล้ว ควรคำนึงถึงการให้น้ำแก่มะละกอ โดยต้องให้น้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ ในช่วงที่มะละกอกำลังมีการออกดอกติดผล ซึ่งในช่วงฤดูแล้งควรให้น้ำแก่มะละกอทุกๆ 5-7 วัน (ศักดิ์สิทธิ์, 2539) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาค้นคว้าในเชิงวิชาการถึงปริมาณการใช้น้ำของมะละกอ โครงการนี้จึงได้ทำการศึกษาหาค่าปริมาณการใช้น้ำของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย (พันธุ์ฮอลแลนด์) โดยใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำ (Percolation Type) ได้ทำการทดลองที่สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทาน 5 (แม่กลองใหญ่) อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ระหว่างวันที่ 21 กรกฎาคม 2552 ถึง 9 มีนาคม 2553 รวม 232 วัน (33 สัปดาห์) ตั้งแต่เริ่มนำต้นกล้าลงปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นแรก จากการทดลองพบว่า

1. ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman Monteith (ETo) ตลอดช่วงฤดูเพาะปลูก มีค่าการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 มิลลิเมตรต่อวัน ส่วนปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากการระเหยจาก Class A Pan (ETo) ตลอดช่วงระยะเวลาทดลอง มีค่าการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.70 มิลลิเมตรต่อวัน

2. สรุปการเจริญเติบโตของมะละกอ

การเจริญเติบโตของต้นมะละกอจะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเจริญเติบโต ในช่วงวันที่ 0-44 ปรากฏว่าความสูงของต้นมะละกอ ความยาวของรากมะละกอ ขนาดของลำต้นมะละกอ และเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มมะละกอ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เฉลี่ยเท่ากับ 53.5 6.04 3.00 และ 83.75 เซนติเมตร ตามลำดับและในช่วงวันที่ 45-74 มีความสูงของต้นมะละกอ ความยาวของรากมะละกอ ขนาดของลำต้นมะละกอ และเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่มมะละกอ เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เฉลี่ยเพิ่มขึ้นอีก 31.5 14.7 3.33 และ 67.92 เซนติเมตร ตามลำดับ และหลังจากวันที่ 76 มีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างคงที่

3. ปริมาณความต้องการน้ำของมะละกอตลอดฤดูเพาะปลูก (33 สัปดาห์) เมื่อมีการให้น้ำทุกวัน ปรากฏว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชซึ่งคำนวณจากการสมดุลน้ำถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชเพียงอย่างเดียวอาจให้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ผิดพลาด ทั้งนี้เนื่องจากในสัปดาห์ที่ 9-12 มีปริมาณน้ำที่ระบายออกมาจากถังวัดการใช้น้ำของพืชที่มากผิดปกติ ซึ่งอาจเกิดจากช่วงเวลาดังกล่าวมีปริมาณฝนตกลงไปในถังวัดการ

ใช้น้ำของพืชมากส่งผลให้น้ำระบายจากถังมากผิดปกติ จึงได้ใช้การคำนวณจากการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับผลต่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินเฉพาะในช่วงกรณีที่ไม่สามารถทำการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชได้ พบว่า ปริมาณการใช้น้ำของมะละกอช่วงระยะต้นกล้ามีการใช้น้ำเฉลี่ย 7 มิลลิเมตรต่อวัน ช่วงระยะติดดอกมีการใช้น้ำเฉลี่ย 7.5 มิลลิเมตรต่อวัน ช่วงระยะติดผลมีการใช้น้ำเฉลี่ย 10.5 มิลลิเมตรต่อวันและช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นแรกมีการใช้น้ำเฉลี่ย 19.4 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นต่อไปจะมีการใช้น้ำค่อนข้างคงที่

นอกจากนี้เมื่อทดลองคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยการสมดุลน้ำในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช ร่วมกับผลต่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน โดยพิจารณาที่ความชื้นในดินที่ระดับระดับความลึกดิน 15 เซนติเมตรจากผิวดิน และที่ระดับความลึก 1 ใน 4 ของความยาวของรากมะละกอ พบว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืชในช่วงสัปดาห์ที่ 25-29 เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินลดลงต่ำกว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินที่ Field Capacity ดังนั้นพืชมีการนำเอาปริมาณน้ำในดินไปใช้ประโยชน์ และอัตราการระเหยเพิ่มขึ้นส่งผลให้พืชมีปริมาณการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้น

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองในครั้งนี้ พบว่ามะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย (ฮอลแลนด์) มีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุดในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นแรก 19.4 มิลลิเมตรต่อวันหรือ 43.65 ลิตรต่อต้นต่อวัน หรือคิดเป็น 305.55 ลิตรต่อต้นต่อสัปดาห์ ซึ่งถือว่ามีปริมาณการใช้น้ำที่มากกว่าข้อเสนอแนะของ The State of Queensland (Department of Employment, Economic Development and Innovation) (2010) ซึ่งได้เสนอแนะว่าหากมีการให้น้ำชลประทานแก่มะละกอด้วยวิธีฉีดฝอย ควรให้น้ำแก่พืชสูงสุดไม่เกิน 160 ลิตรต่อต้นต่อสัปดาห์ และการให้น้ำชลประทานด้วยวิธีน้ำหยด ควรให้น้ำแก่พืชสูงสุดไม่เกิน 50 ลิตรต่อต้นต่อสัปดาห์ ทั้งนี้ความแตกต่างอาจเนื่องมาจาก สถานที่การเพาะปลูก สภาพภูมิอากาศ ชนิดของดิน รวมทั้งสายพันธุ์ของมะละกอที่แตกต่างกัน

ผลจากการทดลองนี้ สามารถนำไปประยุกต์การวางแผนการให้น้ำแก่มะละกอ หากต้องการปลูกมะละกอในเชิงการค้าควรมีการวางแผนจัดหาน้ำให้แก่มะละกออย่างเพียงพอ โดยเฉพาะในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นแรกซึ่งมะละกอจะมีปริมาณการใช้น้ำมากที่สุดถึง 305.55 ลิตรต่อต้นต่อสัปดาห์ ดังนั้น สมมติว่ามีพื้นที่เพาะปลูกขนาด 1 ไร่ ระยะปลูกระหว่างต้น 2.5 x 2.5 เมตร จะมีจำนวนมะละกอ 256 ต้น ในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นแรกมะละกอจะมีการใช้น้ำรวม 78,220.8 ลิตรต่อสัปดาห์ หรือ 78.22 ลูกบาศก์เมตรต่อสัปดาห์ ทั้งนี้ในการจัดหาปริมาณน้ำต้นทุนควรคำนึงถึงวิธีการให้น้ำแก่มะละกอ เนื่องจากการให้น้ำแต่ละวิธีมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน จะต้องเผื่อปริมาณที่จะต้องสูญเสียในระหว่างการให้น้ำแก่มะละกอ อาทิเช่น กรณีการให้น้ำแบบน้ำหยด ซึ่งจะมีประสิทธิภาพการให้น้ำเฉลี่ยประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นปริมาณน้ำ

ต้นทุนที่จัดหาจะต้องเพิ่มขึ้นอีก 20 เปอร์เซ็นต์จากปริมาณน้ำต้นทุนเดิม นอกจากนี้ช่วงระหว่างที่ปลูก หากมีฝนตกจะช่วยลดปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องให้แก่มะละกอด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการใช้น้ำของมะละกอในลักษณะเดียวกันนี้ ตามภูมิภาคอื่นๆของประเทศ เพื่อยืนยันผลการทดลองและจะได้ทราบถึงค่าเฉลี่ยของปริมาณการใช้น้ำของมะละกอในแต่ละภูมิภาค

2. ควรมีการศึกษาทดลองการใช้น้ำของมะละกอต่อเนื่องอย่างน้อย2 ปี เพื่อทราบปริมาณการใช้น้ำของมะละกอเมื่อโตเต็มที่จนเก็บเกี่ยวผลผลิตรุ่นต่อไป

3. ควรมีการศึกษาการใช้น้ำของมะละกอในลักษณะเดียวกันนี้เปรียบเทียบกับมะละกอพันธุ์อื่นๆ

4. ปริมาณการใช้น้ำของมะละกอสามารถใช้ในการวางแผนปฏิทินการเพาะปลูกได้เนื่องจากมะละกอมีความต้องการใช้น้ำสูง ดังนั้นจึงสามารถเลือกทำการเพาะปลูกในช่วงที่มีปริมาณฝนที่เพียงพอ เพื่อลดปริมาณน้ำชลประทานที่จะต้องจัดหา

5. ควรระมัดระวังปริมาณการให้น้ำแก่มะละกอในระยะติดผลเป็นพิเศษ เนื่องจากมะละกอจะมีปริมาณการใช้น้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะติดดอกถึงติดผล หากมีการขาดน้ำต้นมะละกอจะมียอดและใบเล็กลง การออกดอกติดผลช้า ดอกที่แตกออกมาจะเป็นดอกตัวผู้เพิ่มมากขึ้นหรือดอกเป็นหมันหมด ดอกจะร่วง การติดผลน้อยและผลมีขนาดเล็กลง

6. ช่วงระยะมะละกอติดผลควรเด็ดเอาผลที่ไม่สมบูรณ์ออก เพื่อไม่ทำให้ผลมะละกอมีลักษณะบิดเบี้ยวหรือมีขนาดเล็กลง

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ.

จรูญ นามแก้ว. 2543. **การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวโพดอ่อน**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชุมชนเกษตรพอเพียง. 2551. **มะละกอฮอลแลนด์ (Holland Papaya)**. แหล่งที่มา http://kasetporpeang.com/holland_papaya.htm [7 เมษายน 2553]

ถนอม นิลน้อย. 2543. **การศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของถั่วแระญี่ปุ่น.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปกรณ์ สุตสุนทร. 2545. **การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกระเจี๊ยบเขียว**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพรัตน์ ทับประเสริฐ. 2546. **การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของแตงโม**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีระชัย จันทรบูรณ์. 2545. **การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของถั่วลิสง**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย. 2539. **มะละกอ**.โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, กรุงเทพฯ.

สิทธิ์พงษ์ เพ็งชะตา. 2548. **การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของกระชายดำ**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย.2551. **เอกสารคำสอนวิศวกรรมชลประทานเบื้องต้น**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

FAO CORPORATE DOCUMENT REPOSITORY. **Irrigation Water Management Irrigation water need**. แหล่งที่มา htpp://www.fao.org/docrep/s2022e/s20222e07.htm#3.1.2 pan evaporation method [17 มีนาคม 2553]

The State of Queensland (Department of Employment,Economic Development and Innovation). 2010. **Growing papaya Before you Start**. แหล่งที่มา http://www2.dpi.qld.gov.au/horticulture/5326.html [7 เมษายน 2553]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การเจริญเติบโตของมะละกอ

ตารางผนวกที่ 1 การเจริญเติบโตของมะละกอทั้ง 4 ถัง

ถัง	ช่วงอายุระยะเพาะเมล็ด	ช่วงอายุระยะต้นกล้า	ช่วงอายุระยะติดดอก	ช่วงอายุระยะติดผล	ช่วงอายุระยะผลสุก	ความสูงของต้นมะละกอ (ต้นกล้า	ความสูงของต้นมะละกอ (ติดดอก)	ความสูงของต้นมะละกอ (ติดผล)	ความสูงของต้นมะละกอ (ผลสุก)
A	1	15	67	79	190	20	80	125	200
B	1	15	74	88	232	20	85	110	197
C	1	15	74	88	205	20	105	125	210
D	1	15	87	103	221	20	85	105	180

ตารางผนวกที่ 2 การเจริญเติบโตของมะละกอ

อายุ (สัปดาห์)	ความสูงของต้นมะละกอ (cm)	ช่วงการเจริญเติบโต
1	0	เพาะเมล็ด
2	20	ต้นกล้า
11	88.75	ติดดอก
13	116.25	ติดผล
30	196.75	ผลสุก

ภาคผนวก ข

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

ตารางผนวกที่ 3 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
เดือน กรกฎาคม 2552

Altitude 7.457 ม.รทก.

Latitude 14°01'N

Wind vane 11 ม.

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Evap.	Sun.	Wind km./hrs.
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(hrs.)	Spd.
1	31.6	24.0	24.0	96	64	3.0	0.0	3.2
2	34.7	24.2	23.3	95	50	5.5	7.3	4.0
3	34.3	24.2	22.4	95	50	4.5	9.9	2.2
4	34.0	24.6	23.2	95	54	4.1	3.8	1.1
5	31.7	24.4	24.4	96	64	2.8	0.0	1.4
6	31.7	23.4	23.0	96	60	4.2	0.1	5.8
7	32.9	23.2	23.1	95	50	3.2	3.8	1.8
8	32.3	23.3	23.1	95	59	4.3	3.3	2.9
9	34.0	23.5	22.3	95	53	5.7	9.1	5.0
10	35.0	24.2	23.6	85	47	6.6	10.6	12.6
11	35.5	25.7	25.7	80	50	6.1	9.8	16.2
12	35.8	25.9	25.9	82	52	4.2	8.0	13.7
13	29.9	24.0	25.0	96	74	2.0	0.0	4.0
14	29.9	23.9	23.9	96	73	2.9	1.0	1.4
15	32.7	24.0	24.0	95	63	3.1	2.5	5.0
16	31.6	25.4	24.6	94	61	3.8	0.4	8.3
17	33.2	25.2	25.0	90	58	5.1	4.2	5.8
18	31.7	24.6	23.9	94	56	5.0	1.7	6.5
19	33.6	24.8	24.1	95	56	3.7	2.7	3.6
20	32.2	24.8	24.3	95	63	1.8	0.2	1.8
21	34.3	25.1	24.6	95	55	5.1	5.5	1.4
22	32.3	23.5	25.0	96	62	4.3	0.5	3.6
23	30.8	23.3	23.3	96	71	5.1	0.4	1.8
24	33.6	23.5	22.9	95	55	4.5	6.5	5.8
25	31.9	23.0	22.4	95	58	5.3	1.2	3.6
26	32.9	24.2	23.5	94	61	4.7	5.0	3.6
27	33.7	23.7	22.9	96	54	3.9	5.2	4.7
28	33.9	22.6	22.1	95	56	4.3	8.2	3.2
29	32.0	24.3	23.4	94	60	3.1	0.1	5.0
30	32.5	24.7	24.4	95	58	4.8	2.5	8.3
31	32.6	24.6	24.5	90	55	4.2	0.7	5.0
Total	1018.8	749.8	737.8	2901	1802	130.9	114.2	152.3
Mean	32.9	24.2	23.8	94	58	4.2	3.7	4.9

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม เดือนสิงหาคม 2552

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Evap.	Sun.	Wind
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(hrs.)	Spd.
1	32.7	24.3	23.7	94	54	5.4	3.9	9.0
2	33.5	24.7	24.0	95	54	3.6	2.5	5.8
3	33.7	24.8	24.4	94	56	3.4	2.2	3.6
4	35.0	24.6	23.5	95	54	4.7	6.5	6.5
5	34.7	25.2	23.7	95	53	5.4	7.0	8.3
6	32.7	25.2	24.5	92	63	5.4	3.2	5.8
7	30.0	25.0	24.4	94	76	4.4	0.0	2.9
8	33.2	25.4	24.7	95	60	4.1	1.7	6.8
9	30.8	24.8	24.1	95	66	3.3	0.4	5.4
10	32.8	24.5	23.6	95	60	4.2	0.3	4.0
11	35.1	24.4	22.8	94	51	6.3	9.0	5.8
12	36.4	24.6	24.0	90	45	4.4	10.0	8.6
13	36.5	25.6	25.5	96	48	5.8	7.7	4.7
14	34.4	24.0	24.0	95	49	2.4	4.6	1.1
15	35.9	25.2	24.0	94	48	4.4	9.4	1.8
16	35.2	24.0	23.7	96	45	4.3	5.2	1.4
17	36.0	23.6	23.6	97	52	4.9	6.7	4.7
18	34.3	23.5	23.4	96	51	3.9	3.2	1.8
19	36.2	24.0	23.1	95	44	3.9	8.2	2.2
20	36.3	22.7	21.8	95	44	5.9	11.2	3.6
21	36.2	24.6	23.6	88	47	6.0	10.9	8.6
22	36.1	24.0	23.9	97	47	FULL	8.3	5.4
23	35.3	23.9	23.5	96	47	6.0	8.7	5.0
24	34.0	24.5	24.0	96	54	3.3	4.6	0.4
25	35.6	23.2	23.0	95	47	6.3	8.1	4.0
26	36.3	24.3	24.3	95	43	7.8	7.8	7.6
27	35.7	23.7	23.5	95	54	6.8	9.2	5.0
28	33.3	24.0	23.7	95	60	1.0	4.0	1.8
29	33.2	23.7	23.7	95	56	3.0	1.4	0.4
30	31.8	26.0	25.6	95	68	2.6	0.0	1.8
31	32.7	25.3	25.0	95	61	3.0	1.3	2.2
Total	1065.6	757.3	740.3	2934	1657	135.9	167	136.0
Mean	34.4	24.4	23.9	95	53	4.5	5.4	4.4

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
เดือน กันยายน 2552

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Evap.	Sun.	Wind
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(hrs.)	Spd.
1	33.0	25.0	24.6	95	56	5.6	3.9	2.9
2	32.0	24.8	24.0	93	62	2.6	2.2	5.4
3	34.2	25.0	24.3	94	54	5.8	6.5	5.8
4	34.3	24.6	25.0	95	54	5.2	7.1	5.8
5	33.8	25.0	24.5	95	53	4.9	8.0	6.5
6	32.9	25.3	24.2	93	58	4.3	2.8	3.2
7	32.4	24.6	24.1	93	60	5.6	4.0	5.0
8	34.7	25.0	24.5	95	52	5.3	6.4	2.9
9	34.0	24.3	23.8	94	55	4.9	5.2	6.5
10	35.3	24.6	24.4	96	49	6.1	9.5	7.2
11	34.9	24.5	23.4	95	53	5.0	7.5	3.2
12	35.5	24.6	24.0	95	49	7.2	10.2	5.0
13	35.2	24.9	24.3	93	50	4.7	9.1	3.2
14	35.5	25.1	24.0	95	50	4.4	7.8	5.4
15	35.9	25.0	25.0	96	49	5.6	7.3	3.2
16	33.8	23.9	24.3	96	58	FULL	3.9	3.6
17	31.9	24.6	23.8	95	64	3.4	2.6	0.0
18	32.3	24.8	24.4	94	64	3.4	2.0	0.4
19	35.3	24.4	23.2	95	47	5.3	9.4	1.4
20	35.3	24.9	24.6	95	48	5.3	10.5	4.0
21	36.3	24.3	23.5	93	44	6.3	9.9	2.2
22	34.7	23.5	23.4	96	53	5.5	7.9	6.8
23	33.5	23.1	22.7	95	58	5.0	6.6	5.4
24	33.6	23.7	23.5	95	56	4.0	6.9	4.7
25	32.3	23.8	23.3	95	62	5.7	2.3	5.0
26	31.2	24.4	23.8	95	63	3.4	1.4	2.9
27	33.8	22.6	22.6	96	53	FULL	6.2	2.2
28	32.9	24.1	23.6	95	61	4.8	4.8	4.7
29	34.4	23.8	23.2	94	52	5.5	7.5	10.8
30	31.4	24.0	24.9	95	64	6.2	1.2	10.8
Total	1016.3	732.2	718.9	2841	1651	141.0	180.6	136.1
Mean	33.9	24.4	24.0	95	55	5.0	6.0	4.5

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

เดือน ตุลาคม 2552

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Evap.	Sun.	Wind
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(hrs.)	Spd.
1	25.8	22.5	22.0	95	93	2.2	0.0	8.3
2	32.6	23.5	23.5	95	57	2.8	1.5	1.8
3	33.4	24.8	24.0	94	54	1.8	8.2	2.9
4	34.7	25.2	24.1	94	48	5.5	9.8	5.0
5	35.2	24.6	24.2	96	54	FULL	6.8	3.6
6	33.6	24.5	23.5	96	54	6.6	8.4	1.1
7	33.7	25.1	23.0	94	51	4.2	6.9	3.6
8	34.0	25.5	24.0	94	54	3.0	6.8	0.0
9	34.8	24.4	22.7	93	49	5.1	8.0	3.2
10	34.0	23.4	23.1	94	53	FULL	9.2	1.4
11	32.7	23.9	23.1	94	58	7.4	6.2	2.2
12	30.8	23.6	23.5	94	71	FULL	3.3	1.4
13	30.2	24.7	24.6	93	70	5.8	1.5	2.2
14	33.2	23.7	22.7	93	55	3.4	8.9	1.1
15	31.9	25.1	24.4	92	63	1.7	0.4	0.4
16	33.0	24.5	24.0	92	58	5.3	7.3	2.2
17	32.7	23.9	22.9	93	58	4.2	6.6	2.2
18	32.8	23.8	22.9	93	60	3.5	5.2	1.8
19	33.0	23.7	22.7	92	58	3.9	8.7	1.1
20	33.6	24.7	23.5	93	53	3.2	6.2	1.1
21	31.3	24.6	23.6	92	59	1.0	2.4	1.1
22	32.3	24.2	22.8	93	61	5.2	4.7	2.2
23	30.3	23.1	22.8	93	70	1.4	2.1	0.4
24	31.6	24.0	22.5	92	69	2.1	2.9	1.1
25	33.7	24.0	22.5	93	49	4.5	9.9	1.4
26	33.9	25.6	24.0	92	54	3.9	7.8	0.4
27	33.6	25.0	24.1	93	52	4.6	9.6	0.4
28	32.4	23.5	22.7	93	51	3.2	9.5	4
29	32.0	23.0	20.8	93	56	5.6	9.9	2.2
30	32.7	23.2	21.0	92	51	4.0	9.9	3.2
31	32.1	22.5	19.8	93	51	4.5	9.9	3.6
Total	1011.6	747.8	715.0	2893	1794	109.6	198.5	66.6
Mean	32.6	24.1	23.1	93	58	3.5	6.0	2.1

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
เดือน พฤศจิกายน 2552

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Evap.	Sun.	Wind
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(hrs.)	Spd.
1	31.7	22.0	18.7	94	46	4.2	9.8	4.0
2	31.1	21.8	19.0	92	48	4.9	7.4	8.3
3	26.9	20.2	20.2	94	53	5.0	0.0	12.6
4	28.4	21.3	19.1	88	58	3.9	6.9	11.2
5	30.6	22.6	21.0	88	52	4.9	9.6	1.4
6	31.6	24.5	22.6	92	51	5.2	7.7	7.2
7	32.4	22.7	19.5	93	52	5.0	9.5	5.0
8	33.0	24.3	21.5	93	55	3.0	4.8	0.4
9	34.6	23.8	21.8	95	49	3.7	9.3	1.1
10	35.4	24.4	21.9	94	50	3.4	8.7	0.0
11	35.0	24.7	22.5	94	54	3.1	5.4	0.4
12	35.4	24.7	22.4	93	46	3.9	8.7	2.2
13	35.9	24.6	22.2	93	45	3.0	9.3	0.4
14	35.6	25.1	22.6	92	48	3.7	7.3	1.1
15	35.5	25.6	23.0	91	46	4.4	8.3	2.9
16	34.4	24.9	22.5	92	52	2.1	4.9	0.4
17	34.0	24.6	22.5	92	54	5.1	6.0	2.2
18	29.7	20.4	20.4	93	55	3.1	5.3	5.8
19	28.8	20.2	17.5	93	49	3.9	9.5	4.0
20	28.6	20.4	17.7	92	50	4.7	9.3	5.4
21	28.0	19.7	16.4	93	43	4.3	9.4	8.6
22	26.3	17.4	13.9	93	46	5.7	6.8	6.8
23	27.8	16.6	12.6	94	42	3.5	8.6	4.0
24	28.7	16.6	12.6	93	46	3.7	6.4	2.2
25	30.3	17.1	12.8	93	40	2.8	9.1	4.7
26	31.0	16.5	12.0	94	37	3.2	8.7	1.4
27	31.2	17.6	13.9	94	39	2.9	9.4	2.9
28	31.3	18.2	14.6	94	43	4.8	9.2	3.2
29	31.7	19.5	15.7	94	44	3.1	9	3.2
30	31.1	20.2	15.7	94			9.2	3.6
Total	946.0	642.2	558.8	2784	1393	114.2	233.5	116.6
Mean	31.5	21.4	18.6	93	48	3.9	7.8	3.9

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
เดือน ธันวาคม 2552

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Evap.	Sun.	Wind
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(hrs.)	Spd.
1	30.1	19.3	15.5	94	43	6.0	9.1	3.6
2	30.1	19.5	15.6	93	44	3.3	9.1	4.7
3	29.9	18.4	14.4	94	46	2.6	9.0	4.0
4	29.0	18.4	15.0	94	49	3.7	7.8	1.1
5	29.7	17.9	14.6	93	43	3.1	5.6	2.2
6	30.0	17.2	13.1	94	41	3.2	8.3	1.1
7	30.5	17.2	13.5	94	42	3.3	8.6	1.1
8	31.2	19.0	16.0	93	44	2.8	8.3	1.4
9	31.3	19.8	15.9	95	44	2.7	8.6	1.1
10	31.1	18.4	15.1	94	39	4.4	8.6	1.1
11	31.5	18.5	16.1	94	41	2.8	8.3	1.1
12	31.6	18.9	15.6	94	46	2.7	8.6	2.2
13	31.6	19.3	16.6	94	48	4.6	6.3	2.2
14	32.5	21.9	19.5	94	47	3.0	7.8	2.9
15	32.7	21.6	18.7	94	45	3.2	8.2	3.6
16	33.5	21.1	17.9	94	43	4.3	8.3	0.4
17	33.0	22.0	19.4	94	46	2.9	7.8	2.2
18	32.2	21.8	19.2	93	47	3.3	8.7	1.4
19	30.6	21.7	18.6	94	54	2.0	8.3	4.0
20	29.6	22.0	18.7	94	53	4.5	8.1	1.8
21	29.0	20.0	15.6	94	52	3.9	8.3	3.6
22	28.8	19.5	15.6	94	54	2.7	8.7	2.9
23	31.0	18.0	14.4	94	42	2.3	8.6	1.4
24	31.6	18.2	14.3	94	42	3.7	8.7	2.9
25	33.2	19.0	14.5	94	40	2.5	8.5	1.1
26	33.2	20.9	17.8	93	45	3.9	8.0	0.0
27	34.1	21.8	17.7	94	43	2.0	8.5	2.2
28	33.8	22.6	19.3	93	43	4.6	8.6	0.0
29	33.9	23.6	20.2	93	46	4.2	8.0	1.8
30	33.7	23.2	19.5	93	47	3.3	8.2	1.1
31	34.0	22.5	19.5	92	46	2.2	7.8	0.4
Total	978.0	623.2	517.4	2905	1405	103.7	255.3	60.6
Mean	31.5	20.1	16.7	94	45	3.3	8.2	2.0

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
เดือน มกราคม 2553

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Evap	Sun.	Wind
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.	(hrs.)	Spd.
1	34.6	22.9	20.1	94	45	4.0	7.9	0.4
2	33.6	21.7	18.6	94	49	3.4	8.1	1.1
3	33.5	20.2	16.3	93	40	3.1	8.8	1.1
4	34.0	21.3	17.5	92	47	3.2	8.7	1.4
5	34.7	24.3	22.0	92	48	3.4	8.6	1.4
6	31.0	24.5	22.0	93	65	2.5	1.3	1.8
7	33.3	24.1	22.5	92	46	3.0	7.5	0.4
8	29.4	23.0	19.6	92	60	3.2	1.6	2.9
9	30.4	20.8	18.3	92	56	3.2	8.8	2.9
10	32.5	20.1	17.5	93	41	6.0	9.2	1.1
11	33.4	19.7	16.1	93	39	2.9	8.9	1.8
12	33.6	19.8	15.7	92	36	2.7	8.3	1.1
13	31.6	21.6	18.7	93	49	4.3	6.8	2.2
14	29.3	20.5	16.7	92	51	3.2	7.4	1.8
15	30.0	18.0	14.5	93	44	3.0	7.4	1.8
16	30.8	18.7	15.3	92	41	4.7	9.0	4.0
17	28.9	19.4	16.7	91	48	4.2	9.2	6.5
18	28.5	17.5	14.0	94	45	4.4	9.2	5.0
19	30.2	16.1	11.4	94	35	3.7	9.0	3.6
20	30.5	20.7	16.5	87	45	2.6	4.6	5.4
21	29.0	23.5	22.5	91	64	4.2	1.5	4.7
22	30.3	22.9	19.7	93	60	2.4	2.8	2.2
23	31.3	22.8	19.7	93	56	2.2	4.6	1.8
24	32.5	22.5	19.5	92	49	3.6	8.2	1.1
25	32.4	23.0	20.0	92	49	2.8	6.8	1.8
26	31.6	23.1	20.2	94	52	3.0	8.0	1.4
27	32.5	21.7	19.0	94	46	4.5	8.6	0.4
28	33.7	22.3	19.0	93	42	3.4	9.0	1.8
29	34.4	22.5	19.3	93	44	3.9	8.6	2.2
30	34.2	23.1	19.7	94	48	4.0	8.5	1.4
31	34.7	22.7	19.7	94	42	4.3	8.8	1.8
Total	990.4	665.	568.3	2871	1482	109.	225.	68.3
Mean	31.9	21.5	18.3	93	48	3.5	7.3	2.2

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม
เดือน กุมภาพันธ์ 2553

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Evap.	Sun.	Wind
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(hrs.)	Spd.
1	35.2	23.5	20.3	93	44	4.1	8.7	1.8
2	35.0	24.0	21.0	93	44	4.5	8.2	2.9
3	35.2	24.0	22.0	91	41	3.8	8.0	1.4
4	35.6	23.6	20.8	91	41	3.6	8.7	0.4
5	35.4	23.8	21.0	92	44	4.6	8.9	1.8
6	34.7	24.2	21.8	93	47	4.5	9.1	5.0
7	34.8	24.2	21.3	93	39	4.1	8.7	1.4
8	34.7	23.2	20.5	94	39	5.1	9.4	3.6
9	35.1	22.4	18.5	93	42	4.7	9.5	3.2
10	35.9	22.7	18.6	92	44	4.1	9.6	3.6
11	36.2	22.0	19.0	94	36	5.9	9.6	2.2
12	35.4	23.2	19.3	92	46	5.5	9.7	1.8
13	35.2	23.2	19.7	93	43	5.4	9.5	2.2
14	35.7	23.5	20.6	92	43	5.7	9.5	5.0
15	35.8	24.2	21.4	93	44	5.2	9.7	3.2
16	34.8	23.5	19.4	92	47	3.7	9.9	2.9
17	34.8	23.7	20.5	91	47	5.3	9.9	2.2
18	35.7	23.5	19.9	92	44	3.7	9.2	3.2
19	35.4	24.6	21.6	92	45	5.3	8.6	1.4
20	35.6	24.3	22.0	93	35	4.9	9.2	3.6
21	36.2	23.9	20.3	92	26	5.2	7.6	1.4
22	34.8	23.3	19.0	92	36	4.2	9.8	2.2
23	34.9	23.7	20.5	93	36	6.5	9.8	3.2
24	34.8	23.5	20.5	93	36	4.3	7.8	3.6
25	35.4	21.3	17.7	93	30	5.3	6.4	2.2
26	35.7	22.7	18.9	92	34	5.5	9.4	0.4
27	35.9	21.6	16.7	94	46	4.1	8.9	2.9
28	36.1	25.1	22.3	96	45	5.9	9.7	5.0
Total	990.0	656.4	565.1	2594	1144	134.7	253.0	73.7
Mean	35.4	23.4	20.2	93	41	4.8	9.0	2.6

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

เดือน มีนาคม 2553

Date	Air Temperature(^{o}C)			Humidity (%)		Evap.	Sun.	Wind
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(hrs.)	Spd.
1	35.5	24.5	21.8	99	49	5.7	8.8	5.8
2	36.4	23.9	20.7	98	34	4.9	9.3	2.2
3	36.3	24.7	21.6	96	39	6.1	9.3	4.7
4	37.1	23.2	19.1	99	17	5.2	9.2	3.2
5	37.7	22.2	17.4	100	12	6.5	9.8	6.5
6	37.6	20.5	15.7	94	16	5.3	9.8	2.9
7	36.7	22.7	20.2	99	40	3.2	9.2	1.4
8	36.6	24.0	21.5	95	42	6.1	9.3	3.6

ภาคผนวก ค
ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)
เดือน กรกฎาคม 2552

วันที่	ระยะเวลาฝนตก		ปริมาณน้ำฝน (มม.)	หมายเหตุ
	เริ่มตก น.	หยุดตก น.		
1	จักรนาฬิกาขัดข้อง		-	ตารางนี้ใช้กับเครื่องวัดน้ำฝน
2	"		-	แบบอัตโนมัติที่มีแผ่นกราฟ
3	"		-	บอกเวลาฝนเริ่มตกและหยุดตก
4	"		-	สถานีใดที่ใช้เครื่องวัดน้ำฝน
5	"		2.1	แบบธรรมดาให้กรอกเฉพาะ
6	"		14.9	ของปริมาณน้ำฝน
7	"		9.6	
8	"		4.3	
9	"		-	
10	"		-	
11	"		-	
12	"		-	
13	"		5.8	
14	"		-	
15	"		-	
16	"		-	
17	"		-	
18	"		-	
19	"		2.3	
20	"		-	
21	"		-	
22	"		65.1	
23	"		3.5	
24	"		1.4	
25	"		-	
26	"		-	
27	"		-	
28	"		-	
29	"		-	
30	"		-	
31	"		-	
รวม			109.00	
เฉลี่ย			3.52	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)
เดือน สิงหาคม 2552

วันที่	ระยะเวลาฝนตก		ปริมาณน้ำฝน (มม.)	หมายเหตุ
	เริ่มตก น.	หยุดตก น.		
1	จักรนาฬิกาขัดข้อง		-	ตารางนี้ใช้กับเครื่องวัดน้ำฝน
2	"		-	แบบอัตโนมัติที่มีแผ่นกราฟ
3	"		-	บอกเวลาฝนเริ่มตกและหยุดตก
4	"		-	สถานีใดที่ใช้เครื่องวัดน้ำฝน
5	"		-	แบบธรรมดาให้กรอกเฉพาะ
6	"		0.9	ของปริมาณน้ำฝน
7	"		-	
8	"		-	
9	"		-	
10	"		-	
11	"		-	
12	"		-	
13	"		11.7	
14	"		-	
15	"		-	
16	"		-	
17	"		-	
18	"		-	
19	"		-	
20	"		-	
21	"		-	
22	"		4.6	
23	"		-	
24	"		-	
25	"		-	
26	"		7.0	
27	"		0.5	
28	"		-	
29	"		-	
30	"		1.3	
31	"		0.6	
รวม			35.50	
เฉลี่ย			0.98	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)
เดือน กันยายน 2552

วันที่	ระยะเวลาฝนตก		ปริมาณน้ำฝน (มม.)	หมายเหตุ
	เริ่มตก น.	หยุดตก น.		
1	จักรนาพิกาขัดข้อง		-	ตารางนี้ใช้กับเครื่องวัดน้ำฝน
2	-	-	-	แบบอัตโนมัติที่มีแผ่นกราฟ
3	-	-	-	บอกเวลาฝนเริ่มตกและหยุดตก
4	17.05.17.50	22.20.23.15	3.1	สถานีใดที่ใช้เครื่องวัดน้ำฝน
5	-	-	-	แบบธรรมดาให้กรอกเฉพาะ
6	13.34	14.07	11.6	ของปริมาณน้ำฝน
7	-	-	-	
8	20.1	21.45	2.6	
9	-	-	-	
10	-	-	-	
11	-	-	-	
12	-	-	-	
13	-	-	11.7	
14	-	-	-	
15	2.05	3.55	1.7	
16	17.08	19.28	33.7	
17	-	-	-	
18	-	-	-	
19	-	-	-	
20	-	-	-	
21	-	-	-	
22	17.5	18.23	1.9	
23	14.50-15.10	21.06-23.25	4.6	
24	19.2	21.5	11.5	
25	13.05-15.25	16.15-17.55	12.1	
26	-	-	-	
27	18.15	21.38	29.8	
28	-	-	-	
29	-	-	-	
30	19.05	6.45	33.4	
รวม			146.00	
เฉลี่ย			4.87	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)

เดือน ตุลาคม 2552

วันที่	ระยะเวลาฝนตก		ปริมาณน้ำฝน (มม.)	หมายเหตุ
	เริ่มตก น.	หยุดตก น.		
1	7.05	16.22	6.1	ตารางนี้ใช้กับเครื่องวัดน้ำฝน
2	6.02	7.12	0.8	แบบอัตโนมัติที่มีแผ่นกราฟ
3	-	-	-	บอกเวลาฝนเริ่มตกและหยุดตก
4	-	-	-	สถานีใดที่ใช้เครื่องวัดน้ำฝน
5	จักรนาพิกาขัดข้อง		-	แบบธรรมดาให้กรอกเฉพาะ
6	18.05	18.2	0.9	ของปริมาณน้ำฝน
7	18.4	19.45	19	
8	-	-	-	
9	-	-	-	
10	23.26	1.15	15.7	
11	21.4	1.2	52.1	
12	18.20.21.16	03.18.05.53	69.5	
13	15.18	2.18	11.7	
14	-	-	-	
15	-	-	1.7	
16	20.1	21.05	2.1	
17	21.45	22.4	8.5	
18	16.4	19.05	81.6	
19	-	-	-	
20	-	-	-	
21	13.01	17.28	13.7	
22	2.25	7.5	37.1	
23	-	-	-	
24	จักรนาพิกาขัดข้อง		-	
25	-	-	-	
26	-	-	-	
27	-	-	-	
28	-	-	-	
29	-	-	-	
30	-	-	-	
31	-	-	-	
รวม			316.8	
เฉลี่ย			10.22	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)
เดือน พฤศจิกายน 2552

วันที่	ระยะเวลาฝนตก		ปริมาณน้ำฝน (มม.)	หมายเหตุ
	เริ่มตก น.	หยุดตก น.		
1	-	16.22	6.1	ตารางนี้ใช้กับเครื่องวัดน้ำฝน
2	-	7.12	0.8	แบบอัตโนมัติที่มีแผ่นกราฟ
3	18.32	19.48	1.9	บอกเวลาฝนเริ่มตกและหยุดตก
4	-	-	-	สถานีใดที่ใช้เครื่องวัดน้ำฝน
5			-	แบบธรรมดาให้กรอกเฉพาะ
6	-	-	-	ของปริมาณน้ำฝน
7	-	-	19	
8	17.55	18.05	1.1	
9	-	-	-	
10	-	-	-	
11	-	-	-	
12	-	-	-	
13	-	-	-	
14	-	-	-	
15	-	-	-	
16	-	-	-	
17	16.23	16.45	0.5	
18	-	-	-	
19	-	-	-	
20	-	-	-	
21	-	-	-	
22	-	-	-	
23	-	-	-	
24	-	-	-	
25	-	-	-	
26	-	-	-	
27	-	-	-	
28	-	-	-	
29	-	-	-	
30	-	-	-	
รวม			3.5	
เฉลี่ย			0.12	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)
เดือน ธันวาคม 2552

วันที่	ระยะเวลาฝนตก		ปริมาณน้ำฝน (มม.)	หมายเหตุ
	เริ่มตก น.	หยุดตก น.		
1	-	-	-	ตารางนี้ใช้กับเครื่องวัดน้ำฝน
2	-	-	-	แบบอัตโนมัติที่มีแผ่นกราฟ
3	-	-	-	บอกเวลาฝนเริ่มตกและหยุดตก
4	-	-	-	สถานีใดที่ใช้เครื่องวัดน้ำฝน
5	-	-	-	แบบธรรมดาให้กรอกเฉพาะ
6	-	-	-	ของปริมาณน้ำฝน
7	-	-	-	
8	-	-	-	
9	-	-	-	
10	-	-	-	
11	-	-	-	
12	-	-	-	
13	-	-	-	
14	-	-	-	
15	-	-	-	
16	-	-	-	
17	-	-	-	
18	-	-	-	
19	-	-	-	
20	-	-	-	
21	-	-	-	
22	-	-	-	
23	-	-	-	
24	-	-	-	
25	-	-	-	
26	-	-	-	
27	-	-	-	
28	-	-	-	
29	-	-	-	
30	-	-	-	
31	-	-	-	
รวม			0	
เฉลี่ย			0	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)
เดือน มกราคม 2553

วันที่	ระยะเวลาฝนตก		ปริมาณน้ำฝน (มม.)	หมายเหตุ
	เริ่มตก น.	หยุดตก น.		
1	-	-	-	ตารางนี้ใช้กับเครื่องวัดน้ำฝน
2	-	-	-	แบบอัตโนมัติที่มีแผ่นกราฟ
3	-	-	-	บอกเวลาฝนเริ่มตกและหยุดตก
4	-	-	-	สถานีใดที่ใช้เครื่องวัดน้ำฝน
5	-	-	-	แบบธรรมดาให้กรอกเฉพาะ
6	-	-	-	ของปริมาณน้ำฝน
7	-	-	-	
8	-	-	-	
9	-	-	-	
10	-	-	-	
11	-	-	-	
12	-	-	-	
13	-	-	-	
14	-	-	-	
15	-	-	-	
16	-	-	-	
17	-	-	-	
18	-	-	-	
19	-	-	-	
20	-	-	-	
21	-	-	-	
22	-	-	-	
23	-	-	-	
24	-	-	-	
25	-	-	-	
26	-	-	-	
27	-	-	-	
28	-	-	-	
29	-	-	-	
30	-	-	-	
31	-	-	-	
รวม			0	
เฉลี่ย			0	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)
เดือน กุมภาพันธ์ 2553

วันที่	ระยะเวลาฝนตก		ปริมาณน้ำฝน (มม.)	หมายเหตุ
	เริ่มตก น.	หยุดตก น.		
1	-	-	-	ตารางนี้ใช้กับเครื่องวัดน้ำฝน
2	-	-	-	แบบอัตโนมัติที่มีแผ่นกราฟ
3	-	-	-	บอกเวลาฝนเริ่มตกและหยุดตก
4	-	-	-	สถานีใดที่ใช้เครื่องวัดน้ำฝน
5	-	-	-	แบบธรรมดาให้กรอกเฉพาะ
6	-	-	-	ของปริมาณน้ำฝน
7	-	-	-	
8	-	-	-	
9	-	-	-	
10	-	-	-	
11	-	-	-	
12	-	-	-	
13	-	-	-	
14	-	-	-	
15	-	-	-	
16	-	-	-	
17	-	-	-	
18	-	-	-	
19	-	-	-	
20	-	-	-	
21	-	-	-	
22	-	-	-	
23	-	-	-	
24	-	-	-	
25	-	-	-	
26	-	-	-	
27	-	-	-	
28	-	-	-	
29	-	-	-	
30	-	-	-	
31	-	-	-	
รวม			0	
เฉลี่ย			0	

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ) ปริมาณน้ำฝน สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่)
เดือน มีนาคม 2553

วันที่	ระยะเวลาฝนตก		ปริมาณน้ำฝน (มม.)	หมายเหตุ
	เริ่มตก น.	หยุดตก น.		
1	-	-	-	ตารางนี้ใช้กับเครื่องวัดน้ำฝน
2	-	-	-	แบบอัตโนมัติที่มีแผ่นกราฟ
3	-	-	-	บอกเวลาฝนเริ่มตกและหยุดตก
4	-	-	-	สถานีใดที่ใช้เครื่องวัดน้ำฝน
5	-	-	-	แบบธรรมดาให้กรอกเฉพาะ
6	-	-	-	ของปริมาณน้ำฝน
7	-	-	-	
8	-	-	-	
9	-	-	-	
10	-	-	-	
11	-	-	-	
12	-	-	-	
13	-	-	-	
14	-	-	-	
15	-	-	-	
16	-	-	-	
17	-	-	-	
18	-	-	-	
19	-	-	-	
20	-	-	-	
21	-	-	-	
22	-	-	-	
23	-	-	-	
24	-	-	-	
25	-	-	-	
26	-	-	-	
27	-	-	-	
28	-	-	-	
29	-	-	-	
30	-	-	-	
31	-	-	-	
รวม			0	
เฉลี่ย			0	

ภาคผนวก ง
สรุปปริมาณการใช้น้ำของพืชและปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงเฉลี่ยรายวัน

ตารางผนวกที่ 5 สรุปปริมาณการใช้น้ำของพืชและปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงเฉลี่ยรายวัน (หน่วย มิลลิเมตร)

สัปดาห์	Period		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	ETo(PM)	ETo (E-Pan)	T
1	28 ก.ค. 52	3 ส.ค. 52	3.43	3.43	3.57	4.63	3.47	4.11	22.87
2	4 ส.ค. 52	10 ส.ค. 52	3.54	3.54	3.98	6.44	3.39	4.50	29.57
3	11 ส.ค. 52	17 ส.ค. 52	5.25	5.25	5.68	7.20	4.76	4.64	36.27
4	18 ส.ค. 52	24 ส.ค. 52	4.16	4.16	4.93	6.84	4.81	4.21	42.97
5	25 ส.ค. 52	31 ส.ค. 52	5.28	5.28	6.33	8.89	3.76	3.70	49.67
6	1 ก.ย. 52	7 ก.ย. 52	6.05	6.05	7.88	11.65	3.93	4.13	56.40
7	8 ก.ย. 52	14 ก.ย. 52	4.21	4.21	5.74	8.23	4.82	4.57	63.17
8	15 ก.ย. 52	21 ก.ย. 52	8.14	8.14	9.66	10.92	4.13	4.15	71.00
9	22 ก.ย. 52	28 ก.ย. 52	11.42	14.34	12.71	14.34	3.77	4.02	81.20
10	29 ก.ย. 52	5 ต.ค. 52	10.22	11.51	11.00	11.51	3.73	3.40	91.54
11	6 ต.ค. 52	12 ต.ค. 52	10.89	11.82	11.44	11.82	3.96	4.47	102.14
12	13 ต.ค. 52	19 ต.ค. 52	5.73	9.93	9.68	9.93	3.42	3.38	112.27
13	20 ต.ค. 52	26 ต.ค. 52	11.08	11.08	11.18	11.20	3.23	2.59	120.58
14	27 ต.ค. 52	2 พ.ย. 52	5.14	7.91	7.61	7.91	4.28	3.76	128.82
15	3 พ.ย. 52	9 พ.ย. 52	4.80	16.47	15.73	16.47	3.69	3.73	137.50
16	10 พ.ย. 52	16 พ.ย. 52	4.37	17.94	17.76	17.94	3.67	2.87	146.16
17	17 พ.ย. 52	23 พ.ย. 52	8.32	19.01	19.11	19.01	3.50	3.68	151.88
18	24 พ.ย. 52	30 พ.ย. 52	11.43	20.87	21.04	20.87	3.46	2.95	156.25
19	1 ธ.ค. 52	7 ธ.ค. 52	17.14	17.14	26.22	25.63	3.23	3.06	160.75
20	8 ธ.ค. 52	14 ธ.ค. 52	20.31	20.31	25.69	25.05	3.21	2.79	165.42
21	15 ธ.ค. 52	21 ธ.ค. 52	20.87	20.87	22.22	22.05	3.37	2.93	170.21
22	22 ธ.ค. 52	28 ธ.ค. 52	16.43	16.43	16.71	16.69	3.31	2.64	175.26
23	29 ธ.ค. 52	4 ม.ค. 53	17.06	17.06	19.12	18.76	3.42	2.84	180.33
24	5 ม.ค. 53	11 ม.ค. 53	18.10	18.10	18.81	18.68	3.11	2.94	184.77
25	12 ม.ค. 53	18 ม.ค. 53	21.30	21.30	24.45	23.76	3.42	3.22	188.75
26	19 ม.ค. 53	25 ม.ค. 53	24.10	24.10	24.81	24.70	3.04	2.61	192.75
27	26 ม.ค. 53	1 ก.พ. 53	21.90	21.90	23.37	23.03	3.84	3.30	196.26
28	2 ก.พ. 53	8 ก.พ. 53	25.84	25.84	35.73	33.26	4.16	3.67	196.75
29	9 ก.พ. 53	15 ก.พ. 53	26.20	26.20	39.76	36.81	4.56	4.43	196.75
30	16 ก.พ. 53	22 ก.พ. 53	18.13	18.13	24.39	23.00	4.50	4.61	196.75
31	23 ก.พ. 53	1 มี.ค. 53	19.01	19.01	21.11	20.58	4.56	5.33	196.75
32	2 มี.ค. 53	8 มี.ค. 53	20.01	20.01	30.27	27.76	5.01	5.33	196.75

หมายเหตุ T = ความสูงของต้นมะละกอ

ภาคผนวก จ
ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman Monteith

$$ETo = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

สมการ FAO Penman-Monteith ประกอบด้วย พารามิเตอร์ ดังนี้

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง[mm day $^{-1}$]

R_n = พลังงานการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สุทธิที่พื้นผิว [MJ m^{-2}day^{-1}]

G = พลังงานความร้อนที่ถ่ายลงดิน [MJ m^{-2}day^{-1}]

T = อุณหภูมิอากาศ [$^{\circ}$C]

U_2 = ความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตรจากผิวดิน [ms^{-1}]

$e_s - e_a$ = ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัว (e_s) กับความดันไอน้ำจริงในอากาศ (e_a) [kPa]

Δ = ความชันของโค้งความดันไอน้ำอิ่มตัวหรือโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแรงดันไอน้ำ [kPa$^{\circ}$C^{-1}]

γ = ค่าคงที่ของเทอมความชื้น (psychrometric constant) [kPa$^{\circ}$C^{-1}]

ตัวอย่างการคำนวณ

Altitude	7.457 ม.รทก.
Latitude	14°01'N
Wind vane	11 ม.
วันที่ 27 กรกฎาคม 2552	
Tmin	23.7°C
Tmax	33.7 °C
%RH	=75%
Windspeed	= 4.7 km/hrs
Sunshine	=5.2 hr
Tmean	$= \frac{33.7 + 23.7}{2}$ = 28.7°C

พารามิเตอร์อากาศ

γ $= 0.665 \times 10^{-3} P$

$P = \frac{101.3(293 - (0.0065Z)5.26}{293}$

$= \frac{101.3(293 - (0.0065)(7.457))5.26}{293}$

$= 101.212 KPa$

γ $= 0.665 \times 10\text{-}3\ (101.212)$

$= 0.067$

ความเร็วลม (U_2)

$U_2 = \frac{UZx4.87}{\ln(67.8(z) - 5.42}$

$U_2 = \frac{(4.7)x4.87}{\ln(67.8(11) - 5.42)}$

$= 0.962$

$\Delta = \frac{2503\exp(\frac{17.27T}{T + 237.3})}{(T + 273.3)2}$

$\Delta = \frac{2503\exp(\frac{17.27(28.7)}{T + 237.3}}{(T + 273.3)2}$

$e_s = \frac{e^{\circ}(T\max) + e^{\circ}(T\min)}{2}$

e °(Tmax) $= 0.6180 \exp(\frac{17.27(T\max)}{T\max + 237.3})$ Tmax = 33.7

e °(Tmin) $= 0.6180 \exp(\frac{17.27(T\min)}{T\min + 237.3})$ Tmin = 23.7

e° (Tmax) = 2.931 KPa

e°(Tmin) = 5.231 KPa

es $= \frac{(2.931 + 5.231)}{2}$

es = 4.081 KPa

จากRH $= \frac{ea}{es}$

ea = RH x es

ea $= \frac{75}{100}$ x (4.081)

ea = 3.061KPa

(es – ea) = 4.081 – 3.061= 1.020KPa

พลังงานรังสีสุทธิ (Rn - G)

J = Julian Day

ϕ (ละติจูด) 14°01’ N $= 14 + \frac{01}{60}$

= 14.01667 Degree

$(14 + \frac{01}{60}) \times \frac{\pi}{180}$ = 0.245 Rad

Rn = Rns – Rnl

Rns = (1-α) Rs

Rs = $(0.25 + 0.5\frac{n}{N})$Ra

N = $\frac{24}{\pi}(\omega s)$

dr = ส่วนกลับระยะทางโลก – ดวงอาทิตย์สัมพัทธ์

dr = $1 + 0.033\cos(\frac{2\pi}{365}J)$

dr = $1+ 0.033\cos(\frac{2\pi}{365} \times 218.000) = 0.973$

δ = มุมเบนดวงอาทิตย์ตามฤดูกาล

$\delta = 0.409 \sin(\frac{2\pi}{365}J - 1.39)$

$\delta = 0.409 \sin(\frac{2\pi}{365}(218.000) - 1.39) = 0.287$ rad

ωs = มุมดวงอาทิตย์ตามเวลา

$\omega s = \text{ArcCos}[-\tan\phi \times \tan\delta] = \cos^{-1}[-\tan(0.245)\times\tan(0.287)]$

$\omega s = 1.645$ rad

$Ra = \frac{Gscxdr}{\pi}[(\omega s \times \sin\phi \times \sin\delta) + (\cos\phi \times \cos\delta \times \sin\omega s)]$

ค่าคงที่

Gsc = 118.11

$Ra = \frac{(118.11)\times(0.973)}{\pi} \times [(1.645 \times \sin(0.245) \times \sin(0.287) + (\cos(0.245) \times \cos(-0.287) \times \sin(1.645)]$

$Ra = 38.057 \frac{MJ}{m2.day}$

$N = \frac{24}{\pi}(\omega s)$

$$= \frac{24}{\pi}(1.645)$$

$$= 12.558 \text{ hr}$$

Rs $= (0.25 + 0.5\frac{n}{N})$ Ra $= (0.25+0.5\frac{5.2}{12.558})(38.057)$

Rs $= 17.393 \frac{MJ}{m2.day}$

Rns $= (1-\alpha)$ Rs $\frac{MJ}{m2.day}$ $\alpha = 0.23$ Albedo พืชอ้างอิง

Rns $= (1-0.23)(17.393)$

Rns $= 13.393 \frac{MJ}{m2.day}$

Rnl $= \sigma[\frac{T_4 \text{ max, k} + T_4 \text{ min, k}}{2}] \text{ x } (0.34-0.14\sqrt{ea}) \text{ x } (1.35\frac{Rs}{Rso} - 0.35)$

ค่าคงที่

$$\sigma[\frac{T_4 \text{ max, k} + T_4 \text{ min, k}}{2}] = (4.903\text{x}10^{-9})[\frac{(33.7+273.16)_4 + (23.7+273.16)_4}{2}]$$

$$= 40.9034$$

$(0.34-0.14\sqrt{ea})$ $= (0.34-0.14\sqrt{2.14})$

$$= 0.1352$$

Rso $= (0.75 + 2\text{x}10\text{-}5(Z))\text{x Ra}$

$= (0.75 + 2\text{x}10\text{-}5(7.457))\text{x}(38.057)$

Rso $= 28.548$

$(1.35\frac{Rs}{Rso}\text{-}0.35)$ $= (1.35\frac{17.393}{28.548}\text{-}0.35) = 0.472$

Rnl $= (40.775) \text{ x } (0.095) \text{ x } (0.472)$

Rnl $= 1.832 \frac{MJ}{m2.day}$ ***

Rn $= \text{Rns} - \text{Rnl}$

Rn $= 13.393 - 1.832$

$$= 11.561 \frac{\text{MJ}}{\text{m2.day}}$$

ETo $= \frac{0.408\Delta\text{x}(\text{Rn} - \text{G}) + \gamma\frac{900}{\text{T}+273}\text{x}U_2(\text{es} - \text{ea})}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$

$0.408\text{x}\,\Delta\,\text{x(Rn-G)}$ $= (0.408)(0.067)(11.561\text{-}0)$

$$= 1.075$$

$\gamma\frac{900}{T+273}\text{x } U_2 \text{ x (es-ea)}$ $= (0.067)(\frac{900}{28.7+273})(0.962)(1.020)$

$= 0.197$

$\Delta+\gamma(1+0.34U2) = ((0.067)+(0.067)+(1+0.34(0.962))$

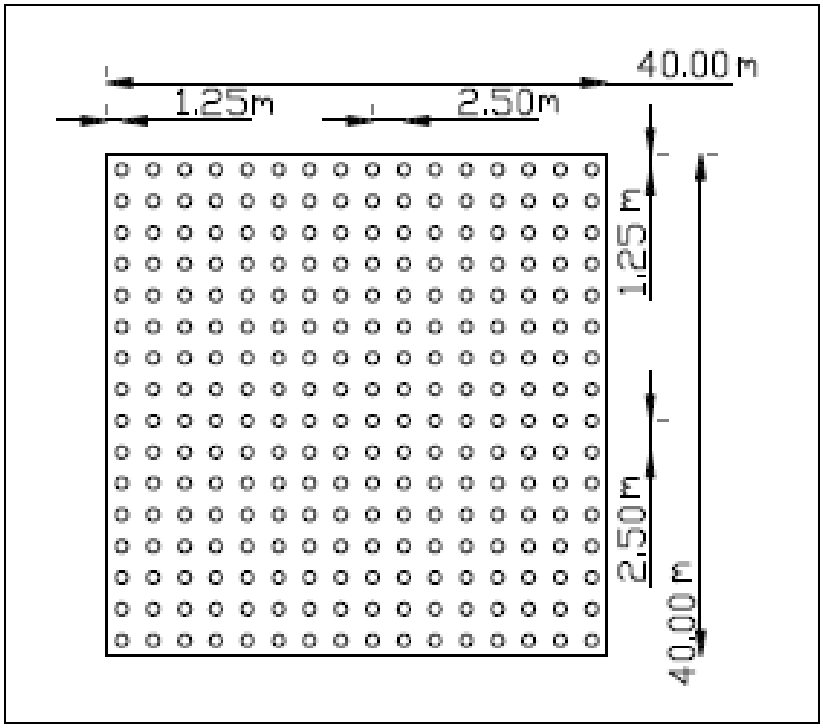
$= 0.317$

$ETo = \frac{1.075 + 0.197}{0.317}$

$ETo = 4.010$ mm/day

ภาคผนวก ฉ
ตัวอย่างการคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำของมะละกอ

ตัวอย่าง การหาปริมาณความต้องการใช้น้ำของมะละกอ



ภาพที่ 18 ตัวอย่างการปลูกมะละกอ พื้นที่ 1 ไร่

พื้นที่ขนาด 1 ไร่

พื้นที่ทรงพุ่มมะละกอ 2.5 เมตร

ระยะห่างระหว่างต้น 2.5 × 2.5 เมตร

ดังนั้นพื้นที่ขนาด 1 ไร่ มีจำนวนมะละกอ 256 ต้น

ในช่วงที่มะละกอเจริญเติบโตเต็มที่ มีปริมาณการใช้น้ำของมะละกอเฉลี่ย 43.65 ลิตรต่อต้นต่อวัน

ปริมาณความต้องการน้ำต้นทุนต่อ 1 ไร่

$$= \frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำของมะละกอ} \times \text{จำนวนต้นมะละกอ}}{\text{ประสิทธิภาพการชลประทาน}}$$

กรณีการให้น้ำแบบผิวดิน มีประสิทธิภาพชลประทานเฉลี่ยประมาณ 60 %
ดังนั้นปริมาณความต้องการน้ำต้นทุนต่อ 1 ไร่

= (43.65 x 256) / (60/100)

= 18,624 ลิตรต่อวัน

= 18.62 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

กรณีการให้น้ำแบบฉีดฝอย มีประสิทธิภาพชลประทานเฉลี่ยประมาณ 70 %
ดังนั้นปริมาณความต้องการน้ำต้นทุนต่อ 1 ไร่

= (43.65 x 256) / (70/100)

= 15,963.43 ลิตรต่อวัน

= 15.96 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

กรณีการให้น้ำแบบน้ำหยด มีประสิทธิภาพชลประทานเฉลี่ยประมาณ 80 %
ดังนั้นปริมาณความต้องการน้ำต้นทุนต่อ 1 ไร่

= (43.65 x 256) / (80/100)

= 13,968 ลิตรต่อวัน

= 13.97 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ภาคผนวก ช
ขั้นตอนการเตรียมแปลงและการเจริญเติบโต

ภาพผนวกที่ 1 อบดินเพื่อฆ่าเชื้อโรค

ภาพผนวกที่ 2 การเตรียมหลุมปลูก

ภาพผนวกที่ 3 นำต้นกล้าลงปลูก

ภาพผนวกที่ 4 การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2552

ภาพผนวกที่ 5 การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 30 กันยายน 2552

ภาพผนวกที่ 6 การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน 2552

ภาพผนวกที่ 7 การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2552

ภาพผนวกที่ 8 การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 13 มกราคม 2553

ภาพผนวกที่ 9 การเจริญเติบโตของมะละกอ เมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2553

ประวัติผู้จัดทำ

นายณัฐนันท์ บรรลุผล
ที่อยู่ปัจจุบัน 128 ม.13 ต.คูบัว อ.เมือง จ.ราชบุรี
จบชั้นประถมศึกษา จากโรงเรียนดรุณาราชบุรี อ.เมือง จ.ราชบุรี
จบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากเบญจมราชูทิศ ราชบุรี
อ.เมือง จ.ราชบุรี
จับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี
อ.เมือง จ.ราชบุรี
เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เมื่อปี พ.ศ. 2549

นายเกียรติภูมิ นาคอ่วม
ที่อยู่ปัจจุบัน 291 ถ. สาครธนากร ต.ลำพยา อ.เมือง จ.ราชบุรี
จบชั้นประถมศึกษา จากโรงเรียนอนุบาลนครปฐม
อ.เมือง จ.นครปฐม
จบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย
อ.เมือง จ.นครปฐม
จับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย
อ.เมือง จ.นครปฐม
เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เมื่อปี พ.ศ. 2549

นางสาวมตินันท์ จงไกรจักร รหัส 49242076
ที่อยู่ปัจจุบัน 52 ม.6 ต.เขาพระบาท อ.เชียรใหญ่
จ.นครศรีธรรมราช
จบชั้นประถมศึกษา จากโรงเรียนวัดพระมหาธาตุ
นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช
จบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนรัตนโกสินทร์
สมโภชบางขุนเทียน เขตบางขุนเทียน จ.กรุงเทพมหานคร
จบชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ
นครศรีธรรมราช อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช
เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เมื่อปี พ.ศ. 2549