**โครงงานวิศวกรรมชลประทาน**

**( 02207499 )**

**ที่ 10/2553**

**เรื่อง**

# การศึกษากำหนดการให้น้ำชลประทานด้วยแบบจำลอง Win ISAREG

# (A Study of Irrigation Scheduling using Win ISAREG Model)


**โดย**

**นายรัฐนัย หนูกุล**


**เสนอ**


**ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

**วิทยาเขต กำแพงแสน นครปฐม 73140**


**เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ( วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน )**

**พุทธศักราช 2553**

**ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน**

**ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

เรื่อง

การศึกษากำหนดการให้น้ำชลประทานด้วยแบบจำลอง Win ISAREG

(A Study of Irrigation Scheduling using Win ISAREG Model)

**นามผู้จัดทำโครงการ** นายรัฐนัย หนูกุล

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

ประธานกรรมการ .....

(อาจารย์ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์)

...../...../.....

หัวหน้าภาค .....

(รศ.สันติ ทองพำนัก)

...../...../.....

# บทคัดย่อ

เรื่อง : การศึกษากำหนดการให้น้ำชลประทานด้วยแบบจำลอง Win ISAREG

โดย : นายรัฐนัย หนูกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : .....

(อาจารย์ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์)

...../...../.....

โครงงานนี้ทำการศึกษาแบบจำลอง Win ISAREG ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถจำลองสมดุลน้ำในดิน โดยได้เลือกจำลองสถานการณ์การปลูกพืช ได้แก่ ถั่วเขียว ข้าวโพดและมันฝรั่ง แบ่งช่วงเวลาการปลูกเป็นสองช่วงคือช่วงฤดูฝนและฤดูร้อน ชุดดินที่เลือกใช้ได้แก่ ชุดดินกำแพงแสน โดยได้มีการใช้โปรแกรม Soil Texture Triangle Hydraulic Properties Calculator ผ่านทางเว็บไซด์เพื่อคำนวณค่าความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรของแต่ละชั้นดิน นอกจากนี้ยังได้ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐมในการคำนวณปริมาณใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายวัน โดยใช้โปรแกรม Evap56 ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมของแบบจำลอง Win ISAREG รวมทั้งประเมินปริมาณผลผลิตของพืชจากกำหนดการให้น้ำพืชด้วยวิธีต่างๆ

ผลการทดลองพบว่า แบบจำลอง Win ISAREG สามารถคำนวณความชื้นในดิน กำหนดการให้น้ำแก่พืช ปริมาณน้ำชลประทาน ผลผลิตของพืชที่ลดลงเนื่องจากการขาดน้ำ และประสิทธิภาพการให้น้ำ เมื่อเปรียบเทียบการจำลองสถานการณ์การให้น้ำชลประทานทั้ง 4 วิธี พบว่า วิธีการให้น้ำชลประทานโดยที่พืชไม่ขาดน้ำเป็นการให้น้ำที่ดีที่สุดเนื่องจากได้ผลผลิตพืชสูงสุด แต่ในทางปฏิบัติสามารถทำได้ยาก ในขณะที่วิธีการให้น้ำแบบกำหนดรอบเวรและปริมาณน้ำคงที่ เป็นวิธีที่เหมาะสมในทางปฏิบัติมากกว่า นอกจากนี้ผลการทดลองการปรับเปลี่ยนการให้น้ำชลประทานด้วยรอบเวรถี่ขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพการให้น้ำชลประทานเพิ่มมากขึ้นและการลดลงของผลผลิตจะน้อยตามไปด้วย ทั้งนี้โปรแกรมแบบจำลองยังสามารถคำนวณการลดลงของผลผลิตเนื่องจากสาเหตุดินเค็มและผลกระทบจากน้ำใต้ดินได้

# Abstract

Title : A Study of Irrigation Scheduling using Win ISAREG Model

By : Mr. Ratthanai Nugul

Project Advisor : .....

( Mr. Chuphan Chompuchan )

...../...../.....

This project aimed to study Win ISAREG model, which could simulate soil water balance. Green beans, maize and potato were selected for cropping simulation crops were divided into two growing periods; the summer and rainy season. Kamphaeng Saen soil series were used to calculate soil moisture at field capacity and wilting point. Each soil layer was analyzed using Soil Texture Triangle Hydraulic Properties Calculator through the website. Evap 56, the extension program of Win ISAREG, was used to determine daily reference crop evapotranspiration by using meteorological data from Nakhon Pathom Meteorological Stations. Also, the crops yields were estimated under various irrigation methods.

The results showed that Win ISAREG model could calculate soil moisture, irrigation scheduling, irrigation volumes, crop yield response to water deficit and irrigation schedule efficiently. A comparison between 4 irrigation methods showed that irrigation aiming at maximal yield was optimum but it could be difficult in actual practice, while the fixed irrigation timing and depth could be more practical method. Furthermore, irrigation frequency was varied, it was found that frequently irrigation could increase irrigation efficiency and decreased yield loss due to water deficit. In addition, this program could estimate yield loss because of salinity and groundwater.

# สารบาญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | I |
| Abstract | II |
| สารบาญ | III |
| สารบาญตาราง | IV |
| สารบาญภาพ | V |
| บทที่ 1 คำนำ วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา | 1 |
| บทที่ 2 การตรวจเอกสาร | 3 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์ ข้อมูลและขั้นตอนการดำเนินงาน | 20 |
| บทที่ 4 ผลการศึกษา | 30 |
| บทที่ 5 สรุปผล | 49 |
| เอกสารอ้างอิง | 52 |
| ภาคผนวก | 53 |
| ประวัติผู้จัดทำ | 74 |

# สารบาญตาราง

**หน้า**


| | | |
|---|---|---|
| ตารางที่ 1 | สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ในแต่ละช่วง | 9 |
| ตารางที่ 2 | สัมประสิทธิ์ความอ่อนไหวของพืชที่ขาดน้ำต่อผลผลิตที่ออกมา | 18 |
| ตารางที่ 3 | ผลการวิเคราะห์ข้อมูลชุดดินกำแพงแสน | 24 |
| ตารางที่ 4 | ข้อมูลของถั่วเขียว | 26 |
| ตารางที่ 5 | ข้อมูลของข้าวโพด | 27 |
| ตารางที่ 6 | ข้อมูลของมันฝรั่ง | 28 |
| ตารางที่ 7 | ผลการทดลอง การให้น้ำในแต่ละวิธีของ การปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดในฤดูฝน | 40 |
| ตารางที่ 8 | ผลการทดลอง การให้น้ำในแต่ละวิธีของ การปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดในฤดูร้อน | 41 |
| ตารางที่ 9 | รูปแบบรอบเวรและปริมาณการให้น้ำชลประทานของถั่วเขียว | 43 |
| ตารางที่ 10 | ผลการทดลองการให้น้ำชลประทานวิธีที่3 ของถั่วเขียวในฤดูร้อนที่รอบเวรต่างกัน | 44 |
| ตารางที่ 11 | รูปแบบรอบเวรและปริมาณการให้น้ำชลประทานของข้าวโพด | 45 |
| ตารางที่ 12 | ผลการทดลองการให้น้ำชลประทานวิธีที่3 ของข้าวโพดในฤดูร้อนที่รอบเวรต่างกัน | 46 |
| ตารางที่ 13 | รูปแบบรอบเวรและปริมาณการให้น้ำชลประทานของมันฝรั่ง | 47 |
| ตารางที่ 14 | ผลการทดลองการให้น้ำชลประทานวิธีที่3 ของมันฝรั่งในฤดูร้อนที่รอบเวรต่างกัน | 48 |

# สารบาญภาพ


| | | หน้า |
|---|---|---|
| ภาพที่ 1 | ส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมแก่การปลูกพืชโดยปริมาณและสถานะ | 3 |
| ภาพที่ 2 | การแบ่งระดับชั้นของน้ำและความชื้นในดิน | 6 |
| ภาพที่ 3 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช | 13 |
| ภาพที่ 4 | แสดงการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำ ของพืชในแต่ละกลุ่ม | 17 |
| ภาพที่ 5 | แสดงการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำของพืชในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช | 17 |
| ภาพที่ 6 | หน้าต่างโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG | 19 |
| ภาพที่ 7 | หน้าต่างโปรแกรมและหน้าต่างผลการคำนวณแบบจำลอง Win ISAREG | 21 |
| ภาพที่ 8 | โปรแกรมคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง Evap 56 | 22 |
| ภาพที่ 9 | แผนผังการแสดงขั้นตอนการดำเนินงานโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG | 23 |
| ภาพที่ 10 | โปรแกรมคำนวณ Soil texture triangle hydraulic ผ่านทางเว็บไซต์ | 25 |
| ภาพที่ 11 | ระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวโพด | 27 |
| ภาพที่ 12 | ระยะเวลาการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง | 28 |
| ภาพที่ 13 | ภาพแสดงหน้าจอของโปรแกรม Win ISAREG ที่มีการใช้ค่าพารามิเตอร์พร้อมสำหรับการคำนวณ | 30 |
| ภาพที่ 14 | ภาพแสดงหน้าจอผลการคำนวณ | 31 |
| ภาพที่ 15 | ตัวอย่างกราฟความชื้นในดิน | 32 |

# สารบาญภาพ (ต่อ)

**หน้า**


| | | |
|---|---|---|
| ภาพที่ 16 | กราฟแสดงผลความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทาน ทั้ง 4 วิธีของถั่วเขียว | 37 |
| ภาพที่ 17 | กราฟแสดงผลความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทาน ทั้ง 4 วิธีของข้าวโพด | 38 |
| ภาพที่ 18 | กราฟแสดงผลความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทาน ทั้ง 4 วิธี ของมันฝรั่ง | 39 |
| ภาพที่ 19 | กราฟความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทานในวิธีที่3 ของถั่วเขียวฤดูร้อน โดยแบ่งรอบเวรและปริมาณให้น้ำต่างกัน | 43 |
| ภาพที่ 20 | กราฟความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทานในวิธีที่3 ของข้าวโพดฤดูร้อน โดยแบ่งรอบเวรและปริมาณให้น้ำต่างกัน | 45 |
| ภาพที่ 21 | กราฟความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทานในวิธีที่3 ของมันฝรั่งฤดูร้อน โดยแบ่งรอบเวรและปริมาณให้น้ำต่างกัน | 47 |

# บทที่ 1
# คำนำ วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา

## 1.1 คำนำ

กำหนดการให้น้ำ ในงานทางด้านชลประทานนั้น จะเป็นช่วงเวลาของการให้น้ำแก่พืชในพื้นที่ของโครงการหรือแปลงทดลองในช่วงตลอดระยะเวลาของการเพาะปลูก ซึ่งในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตของพืชตั้งแต่ระยะตั้งต้นถึงระยะการเก็บเกี่ยวผลผลิต อัตราการใช้น้ำของพืชจะมีความแตกต่างกัน จึงต้องทำการศึกษาช่วงกำหนดการให้น้ำแก่พืชที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการให้น้ำสูงสุด อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ถึงกำหนดการในการให้น้ำ จะต้องคำนึงถึงปริมาณน้ำต้นทุน ชนิดของพืชที่ทำการเพาะปลูก สภาพภูมิอากาศของพื้นที่ที่ทำการปลูก ชนิดของดิน ระยะเวลาของฤดูการปลูก ทำให้การคิดวิเคราะห์คำนวณกำหนดการในการส่งน้ำหรือให้น้ำชลประทานทำได้ยาก เพื่อให้เกิดความสะดวกในการคำนวณ จึงมีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในการคำนวณกำหนดการให้น้ำชลประทานขึ้นมาใช้งาน

แบบจำลอง Win ISAREG เป็นแบบจำลองที่สามารถคำนวณสมดุลน้ำในดินเพื่อหากำหนดการให้น้ำแก่พืชที่เหมาะสม อีกทั้งยังสามารถจำลองสถานการณ์กำหนดการให้น้ำได้ในหลายกรณี เช่น กรณีปริมาณน้ำต้นทุนที่มีเพียงพอ หรือในกรณีที่มีน้ำต้นทุนจำกัดต่อการเพาะปลูกพืช รวมทั้งยังสามารถประเมินผลผลิตของพืชกรณีเมื่อพืชขาดน้ำในเวลาต่างๆของช่วงการเจริญเติบโต เป็นต้น ในโครงงานนี้ได้ทำการศึกษาโปรแกรม Win ISAREG โดยการจำลองสถานการณ์การปลูกพืช 3 ชนิด ในช่วงสภาวะที่เกิดเหตุการณ์วิกฤตแก่พืช เช่น ในช่วงฤดูแล้งและน้ำต้นทุนที่มีจำกัด เป็นต้น เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

## 1.2 วัตถุประสงค์

ประยุกต์การใช้งานโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG ในการคำนวณกำหนดการให้น้ำชลประทาน

**1.3 ขอบเขตการศึกษา**

ทำการศึกษาการใช้งานโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG ซึ่งเป็นการจำลองสมดุลน้ำในดิน เพื่อให้ทราบถึงกำหนดการให้น้ำพืชและผลผลิตที่ออกมาในสภาวะที่พืชเกิดการขาดน้ำ โดยพืชที่ทดสอบ คือ ถั่วเขียว ข้าวโพด และมันฝรั่ง จะแบ่งออกเป็นการปลูกในฤดูฝน และฤดูร้อน

| | | |
|---|---|---|
| ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา | : | 1 มกราคม 2553 ถึง 31 ธันวาคม 2553 |
| พืชที่ทำการศึกษา | : | ถั่วเขียว, ข้าวโพด, มันฝรั่ง |
| ชุดดินที่ใช้ในการศึกษา | : | ชุดดินกำแพงแสน |
| ข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้ในการศึกษา | : | ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครปฐม |

# บทที่ 2
# การตรวจเอกสาร

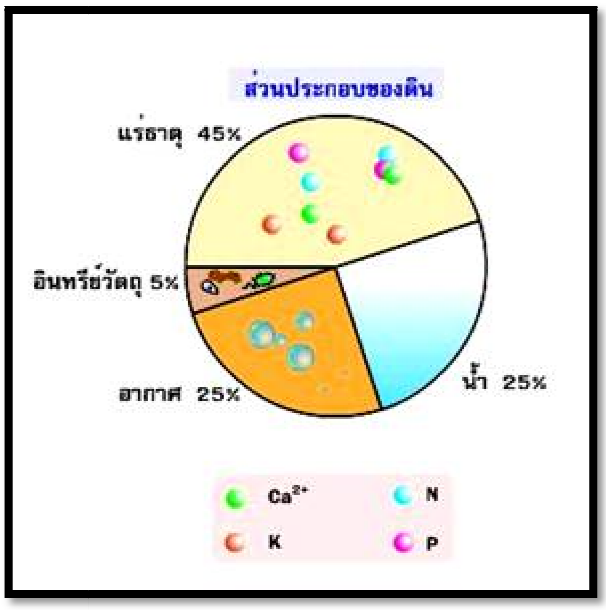
## 2.1 ดินและน้ำในดิน

### 2.2.1 คุณสมบัติของดิน

โอสถ (2543) กล่าวว่า คุณสมบัติที่สำคัญของดินที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช ที่สำคัญได้แก่

**1) ส่วนประกอบและสถานะของดิน**

ดินทางการเกษตรที่เหมาะแก่การปลูกพืชนั้นจะต้องหมายถึงดินที่มีส่วนประกอบ 4 อย่าง คือ อินทรียวัตถุ อนินทรีย์วัตถุ น้ำและอากาศ ที่อยู่ในรูป 3 สถานะ คือ อินทรียวัตถุและอนินทรีย์วัตถุ รวมกันเป็นส่วนของของแข็ง ที่เหลือจะเป็นช่องว่างของของเหลว ซึ่งเป็นสถานะน้ำหรือสารละลายที่อยู่ในดิน และ ก๊าซคือส่วนที่เป็นอากาศที่อยู่ในช่องว่าระหว่างเม็ดดินที่ไม่ได้เป็นของเหลว ดังภาพที่ 1




**ภาพที่ 1** ส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมแก่การปลูกพืชโดยปริมาณและสถานะ

**2) เนื้อดิน**

ลักษณะของเนื้อดินที่ระดับชั้นต่างๆ ในบริเวณเขตรากพืช เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องรู้เพราะลักษณะของเนื้อดินมีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณน้ำที่ดินสามารถอุ้มเอาไว้ได้สำหรับให้พืชนำไปใช้และยังมีอิทธิพลต่อการไหลซึมของน้ำลงไปในดินอีกด้วย

เนื้อดินเป็นคุณสมบัติของดินที่บอกถึงความหยาบ หรือความละเอียดของดิน ปกติแล้วดินจะประกอบด้วยส่วนผสมของอนุภาคหลัก 3 ชนิด ได้แก่ ทราย (Sand) ตะกอนทราย (Silt) และดินเหนียว (Clay)

สำหรับดินที่มีอนุภาคของทรายเป็นส่วนประกอบหลัก เรียกว่า ดินเนื้อหยาบ และดินที่มีอนุภาคของดินเหนียวเป็นส่วนประกอบหลัก เรียกว่า ดินเนื้อละเอียด ซึ่งจะมีความสามารถในกาอุ้มน้ำดีกว่าดินทรายซึ่งมีคุณสมบัติให้น้ำซึมผ่านได้ง่าย มีการระบายน้ำดีแต่อุ้มน้ำไว้ได้น้อย

**3) โครงสร้างของดิน**

โครงสร้างของดินเป็นคุณสมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับการเรียงตัวและการเกาะกันระหว่างเม็ดดินเป็นก้อนดิน ปกติแล้วโครงสร้างของดินกำหนดจากรูปร่าง ขนาด ความคงทนต่อการแตกแยกของเม็ดดิน เพราะโครงสร้างของดินจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศในดิน อัตราการซึมของน้ำลงในดิน ตลอดจนการแพร่กระจายของรากพืช ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงโครงสร้างของดินในเขตรากพืชอยู่เสมอ

**4) อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน**

อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น โครงสร้างของดิน เนื้อดิน ความลึกของน้ำบนผิวดิน สภาพของผิวดิน ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ เป็นต้น

ค่าของอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินจะมีค่ามากเมื่อเริ่มต้นให้น้ำเนื่องจากผิวดินยังแห้งอยู่จึงดูดซับน้ำเอาไว้ได้อย่างรวดเร็ว แต่ขณะที่มีการให้น้ำต่อไปดินจะเริ่มมีอาการอิ่มตัวด้วยน้ำและค่าอัตรานี้จะค่อยๆเริ่มลดลงจนถึงระดับหนึ่งที่มีค่าเกิบจะคงที่ตลอดไปจนกว่าจะหยุดการให้น้ำ

ในการให้น้ำแก่พืชนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการให้น้ำแบบพ่นฝอย ฉีดฝอยนั้น ไม่ควรให้น้ำในอัตราที่มากกว่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน เพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียของน้ำและการชะล้างพังทลายของดินได้

จากการทดลองเมื่อทำการจดบันทึกค่าความลึกของน้ำที่ลดลงที่ระยะเวลาต่างๆแล้ว ก็จะสามารถคำนวณหาอัตราการซึมของน้ำผ่านดินดังแสดงใน **สมการที่1**

$$I = \frac{D}{t} \qquad \text{----------} \qquad 1$$

โดย I = อัตราการซึมของน้ำ (cm/min)

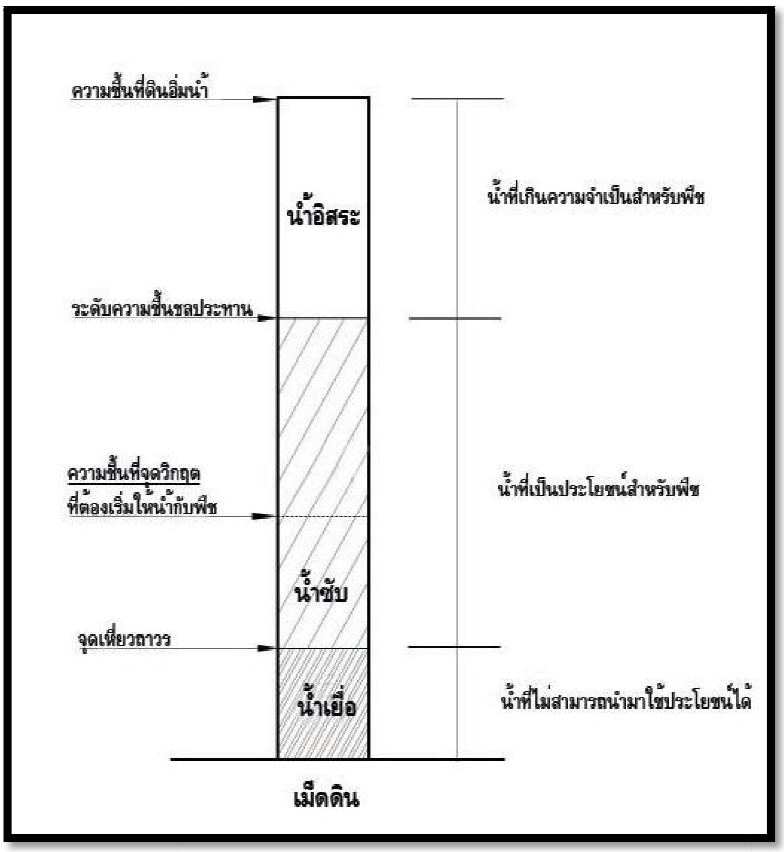
D = ความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดินที่ระยะเวลาต่างๆ (cm)

t = ระยะเวลาสะสม (min)

**2.2 ชนิดของน้ำและความชื้นในดิน**

**2.2.1 น้ำในดิน**

การเรียงตัวของเม็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปร่างต่างๆขึ้น เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำจะแทรกตัวเข้าไปอยู่ตามช่องว่างเหล่านี้และเกาะดินกับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินและน้ำ (Adhesive Force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) ซึ่งเรียกรวมว่าแรงดูดซับ (Capillary Force) ถ้าหากน้ำเข้าไปแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่าง กล่าวได้ว่า ดินนั้นอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated) และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนั้นทั้งหมดจะเป็นปริมาณสูงสุดที่ดินจะเก็บกักเอาไว้ได้ถ้าไม่มีแรงจากภายนอกมากระทำ แต่เนื่องจากว่าสสารทุกชนิดที่อยู่บนพื้นผิวโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำอยู่ตลอดเวลารวมถึงน้ำที่ขังอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วย ในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่แรงดึงดูดระหว่างน้ำกับช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะน้อยกว่าช่องว่างที่มีขนาดเล็กดังนั้นเมื่อแรงดึงดูดดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าแรงดึงดูดของโลก น้ำในดินก็จะมีการไหลออกไปจากช่องว่างและไหลไปยังที่ต่ำกว่าซึ่งเรียกว่า น้ำอิสระ (Gravitation Water หรือ Free Water) เมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดการให้น้ำแก่พืช น้ำที่มีอยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะถูกระบายออกโดยใช้เวลา 2-3วัน ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดีน้ำอิสระจะถูกระบายออกไปหมดก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อพืชและจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ ส่วนน้ำที่มีในช่องว่างขนาดเล็กซึ่งไม่ถูกระบายออกด้วยแรงดึงดูดของโลก อาจจะมีการระบายออกด้วยแรงดูดซับ ซึ่งจะมีการเคลื่อนที่ช้ามาก ซึ่งช้ากว่าน้ำอิสระและจะมีทิศทางไปในทางใดก็ได้ โดยจะเคลื่อนที่ไปสู่จุดที่มีแรงดูดซับมากที่สุดเสมอและเป็นน้ำที่รากพืชสามารถดูดไปใช้ได้




**ภาพที่ 2** การแบ่งระดับชั้นของน้ำและความชื้นในดิน

**2.2.2 ความชื้นในดิน**

ความชื้นในดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

**1) ความชื้นชลประทาน (Field Capacity; FC)**

หลังจากที่น้ำอิสระ ได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้วความชื้นในดินจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จะลงเหลืออยู่แต่ Capillary Water หรือปริมาณน้ำที่ดินสามารถดูดซับ ไว้ได้เต็มที่ ซึ่งเรียกว่า ความชื้นชลประทาน (Field Capacity) หรือน้ำที่ดินสามารถดูดซับไว้ได้ที่ระดับแรงดัน 1/3 Bar หรืออีกในหนึ่งช่องว่างของดินที่ดูดซับน้ำไว้นี้จะมีแรงดึงดูดประมาณ 1/3 Bar

**2) ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (Wilting Point; WP)**

ความชื้นในดินที่พืชไม่สามารถดูดมาใช้ได้เพียงพอกับการคายน้ำและหลังจากนั้นพืชจะเริ่มมีการเหี่ยวเฉาถาวรเรียกว่า ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) หรืออีกในหนึ่งคือ ปริมาณน้ำที่ดูดซับไว้ด้วยแรงดึงดูด 15 Bar

**3) ความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Available Moisture/Total Available Water; AM or TAW)**

น้ำในรูปของความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตคือ Capillary Water ที่อยู่ระหว่าง Field Capacity และPermanent Wilting Point ดังนั้นผลต่างระหว่าง่าความชื้นในดินทั้งสอง ก็คือความชื่อที่ดินสามารถนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

การสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดินและจากที่พืชดูดเอาไปใช้ จะทำให้ปริมาณความชื้นในดินลดลงจนกระทั่งถึงจุดๆหนึ่งที่น้ำในดินไม่มีการเคลื่อนที่อีก ทั้งนี้เพราะว่าแรงที่น้ำหรือความชื้นจับยึดแน่น (Adhesive Force) เป็นแผ่นบางๆ รอบเม็ดดินมีมาก จนพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ พืชก็จะเหี่ยวเฉา และถ้าหากไม่มีการให้น้ำแก่พืชในตอนนี้แล้วพืชก็จะตาย ซึ่งน้ำยึดติดกับเม็ดดินไม่สามารถที่จะเคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดึงดูดของโลก และแรงดูดซับนี้เรียกว่า น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water)

**2.3 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช**

ปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่างด้วยกัน คือ สภาพภูมิอากาศรอบๆ ของพืช ชนิดและอายุของพืชเอง จำนวนความชื้นและคุณสมบัติของดิน และองค์ประกอบอื่นๆ

การที่จะวัดการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดในทุกสภาพภูมิอากาศ และทุกสภาพดิน ฯลฯ นั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและจะต้องทำการวัดมากมายไม่มีที่สิ้นสุด นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามหาวิธีที่ง่ายกว่าการวัดโดยตรง ทางออกที่เลือกใช้ก็คือ

1.เลือกกำหนดพืชขึ้นมาชนิดหนึ่งที่งอกงามได้ตลอดปีและมีอัตราการใช้น้ำที่ได้ขึ้นกับอายุ

2.กำหนดให้ดินมีความชื้นสูงตลอดเวลาเพื่อทำให้คุณสมบัติของดินอย่างอื่น เช่น เนื้อดิน ความเข้มข้นของเกลือในดินในเกณฑ์ปกติ และความสามารถเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ ฯลฯ ให้คุณสมบัตินั้นหมดความสำคัญต่อการใช้น้ำไป

พืช มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการในข้อแรกมากที่สุดคือ หญ้า ต่อมาก็ได้มีการเลือกใช้พืช อื่นอีกเช่น Alfalfa สำหรับองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช เช่น วิธีการให้น้ำและการไถพรวนดินก็มิใช่องค์ประกอบที่มีความสำคัญมากเหมือน 3 อย่างแรก ดังนั้นการใช้น้ำของพืชที่เลือกไว้เมื่อดินมีความชื้นสูงพอตลอดเวลาก็จะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว

การใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่เลือกไว้เมื่อปลูกในดินที่มีความชื้นสูงพอตลอดเวลา เพื่อให้อัตราการใช้น้ำขึ้นอยู่กับสภาพอุณหภูมิอากาศเพียงอย่างเดียวนี้เรียกว่า การใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ Reference Evapotranspiration และนิยมใช้ตัวย่อว่า ETo

การที่การใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศรอบๆต้นพืชเพียงอย่างเดียวนั้น ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคิดสูตรสำหรับการคำนวณ ETo โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศได้มากมายและเมื่อต้องการทราบการใช้น้ำของพืชชนิดอื่นที่มิใช่พืชอ้างอิง (Crop Evapotranspiration, ETc หรือ ETm) ก็สามารถคำนวณโดยใช้สมการที่2

$$ETc = Kc \times ETo \qquad \text{----------} \quad 2$$

โดย

ETc (ETm) = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration) (mm/day)

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (reference Evapotranspiration) (mm/day)

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช Kc เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช ค่าดังกล่าวนี้ได้จากการทดลองวัดจริงในสนามโดยการปลูกหญ้าหรือพืชอ้างอิงอื่น และพืชที่ต้องการสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในถังวัดการใช้น้ำของพืชซึ่งติดตั้งในบริเวณใกล้เคียงกัน จากนั้นค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในช่วงการเจริญเติบโตช่วงใดช่วงหนึ่ง หรือตลอดฤดูการเพาะปลูกก็จะคำนวณได้โดยใช้สมการที่ 3

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \qquad \text{----------} \quad 3$$

ในเมื่อ ETc และ ETo เป็นค่าการใช้น้ำที่ได้จากการวัดในช่วงเวลาเดียวกัน เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของดิน และองค์ประกอบอื่นๆ คล้ายคลึงกันดังนั้นค่า Kc จึงขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช เพราะฉะนั้นค่า Kc ที่วัดได้นี้สามารถนำไปใช้ได้โดยทั่วไป ไม่ขึ้นอยู่กับสถานที่เพาะปลูกหรือสภาพภูมิอากาศโดยรอบ

**ตารางที่ 1** สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ในแต่ละช่วง (Doorenbos และ Kassam, 1988)

| Crop | Crop development stages | | | | | Total growing period |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Initial | Crop development | Mid-season | Late season | At harvest | |
| Banana | | | | | | |
| tropical | 0.4-0.5 | 0.7-0.85 | 1.0-1.1 | 0.9-1.0 | 0.75-0.85 | 0.7-0.8 |
| subtropical | 0.5-0.65 | 0.8-0.9 | 1.0-1.2 | 1.0-1.15 | 1.0-1.15 | 0.85-0.95 |
| Bean | | | | | | |
| Green | 0.3-0.4 | 0.65-0.75 | 1.95-1.05 | 0.9-0.95 | 0.85-0.95 | 0.85-0.9 |
| dry | 0.3-0.4 | 0.7-0.8 | 1.05-1.2 | 0.65-0.75 | 0.25-0.3 | 0.7-0.8 |
| Cabbage | 0.4-0.5 | 0.7-0.8 | 0.95-1.1 | 0.9-1.0 | 0.8-0.95 | 0.7-0.8 |
| Cotton | 0.4-0.5 | 0.7-0.8 | 1.05-1.25 | 0.8-0.9 | 0.65-0.7 | 0.8-0.9 |
| Grape | 0.35-0.55 | 0.6-0.8 | 0.7-0.9 | 0.6-0.8 | 0.55-0.7 | 0.55-0.75 |
| Groundnut | 0.4-0.5 | 0.7-0.8 | 0.95-1.1 | 0.75-0.85 | 0.55-0.6 | 0.75-0.8 |
| Maize | | | | | | |
| Sweet | 0.3-0.5 | 0.7-0.9 | 1.05-1.2 | 1.0-1.15 | 0.95-1.1 | 0.8-0.95 |
| grain | 0.3-0.5 | 0.7-0.85 | 1.05-1.2 | 0.8-0.95 | 0.55-0.6 | 0.75-0.9 |
| Onion | | | | | | |
| Dry | 0.4-0.6 | 0.7-0.8 | 0.95-1.1 | 0.85-0.9 | 0.75-0.85 | 0.8-0.9 |
| green | 0.4-0.6 | 0.6-0.75 | 0.95-1.05 | 0.95-1.05 | 0.95-1.05 | 0.65-0.8 |
| Pea, fresh | 0.4-0.5 | 0.7-0.85 | 1.05-1.2 | 1.0-1.15 | 0.95-1.1 | 0.8-0.95 |
| Pepper, fresh | 0.3-0.4 | 0.6-0.75 | 0.95-1.1 | 0.85-1.0 | 0.8-0.9 | 0.7-0.8 |
| Potato | 0.4-0.5 | 0.7-0.8 | 1.05-1.2 | 0.85-0.95 | 0.7-0.75 | 0.75-0.9 |
| Rice | 1.1-1.15 | 1.1-1.5 | 1.1-1.3 | 0.95-1.05 | 0.95-1.05 | 1.05-1.2 |
| Safflower | 0.3-0.4 | 0.7-0.8 | 1.05-1.2 | 0.65-0.7 | 0.2-0.25 | 0.65-0.7 |
| Sorghum | 0.3-0.4 | 0.7-0.75 | 1.0-1.15 | 0.75-0.8 | 0.5-0.55 | 0.75-0.85 |
| Soybean | 0.3-0.4 | 0.7-0.8 | 1.0-1.15 | 0.7-0.8 | 0.4-0.5 | 0.75-0.9 |
| Sugarbeet | 0.4-0.5 | 0.75-0.85 | 1.05-1.2 | 0.9-1.0 | 0.6-0.7 | 0.8-0.9 |
| Sugarcane | 0.4-0.5 | 0.7-1.0 | 1.0-1.3 | 0.75-0.8 | 0.5-0.6 | 0.85-1.05 |
| Sunflower | 0.3-0.4 | 0.7-0.8 | 1.05-1.2 | 0.7-0.8 | 0.35-0.45 | 0.75-0.85 |
| Tobacco | 0.3-0.4 | 0.7-0.8 | 1.0-1.2 | 0.9-1.0 | 0.75-0.85 | 0.85-0.95 |
| Tomato | 0.4-0.5 | 0.7-0.8 | 1.05-1.25 | 0.8-0.95 | 0.6-0.65 | 0.75-0.9 |
| Watermelon | 0.4-0.5 | 0.7-0.8 | 0.95-1.05 | 0.8-0.9 | 0.65-0.75 | 0.75-0.85 |
| Wheat | 0.3-0.4 | 0.7-0.8 | .05-1.2 | 0.65-0.75 | 0.2-0.25 | 0.8-0.9 |
| Alfalfa | 0.3-0.4 | | | | 1.05-1.2 | 0.85-1.05 |
| Citrus | | | | | | |
| clean weeding | | | | | | 0.65-0.75 |
| no weed control | | | | | | 0.85-0.9 |
| Olive | | | | | | 0.4-0.6 |
| First | : Under high humidity (RHmin > 70%) and low wind (U<5 m/sec). | | | | | |
| Second figure | : Under low humidity (RHmin < 20%) and strong wind (U>5 m/sec). | | | | | |

**2.2.1 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง**

การคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงในประเทศไทยนิยมใช้วิธีของ Modified-Penman มากกว่าสูตรอื่น ทั้งนี้เนื่องจากได้เปรียบเทียบผลการคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากวิธี Thornthwaite, Blaney-Criddle, Makkink, Jrnsen-Haise และ Penman แล้วสรุปว่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากสูตร Penman ให้ค่าที่เหมาะสมกับประเทศไทยมากกว่าสูตรอื่น เหตุผลสำคัญคือ สูตรนี้ได้รวมองค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้น้ำมาอยู่ในสูตรทุกอย่าง กล่าวคือ มีรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิความชื้นของอากาศ และความเร็วลม นอกจากนี้ วิธีการสร้างสูตรก็ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับกันมากกว่าสูตรอื่นๆ

ต่อมาได้มีการปรับปรุงวิธีการคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงเพื่อให้การคำนวณมีความถูกต้องใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ยิ่งขึ้น เรียกว่า วิธี FAO Penman-Monteith ซึ่งพัฒนามาจากวิธี Penman-Monteith และเป็นวิธีที่ FAO แนะนำให้ใช้สำหรับหาค่าการใช้น้ำของพืช วิธี FAO Penman-Monteith แสดงได้ดังสมการที่ 4

$$ETo = \frac{0.048\times\Delta\times(R_n-G)+\gamma\times\frac{900}{T+273}\times u_2\times(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma\times(1+0.34\times u_2)} \qquad \text{---------- 4}$$

โดยที่ ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (mm/day)

$R_n$ = รังสีแสงอาทิตย์สุทธิ (MJ $m^{-2}$ $day^{-1}$)

G = ปริมาณความร้อนของดิน (MJ $m^{-2}$ $day^{-1}$)

T = อุณหภูมิอากาศ (°C)

$U_2$ = ความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตรจากผิวดิน (m/s)

$e_s$ = ความดันไอน้ำอิ่มตัว (kPa)

$e_a$ = ความดันไอน้ำในอากาศ (kPa)

$\Delta$ = ความชัน (Slope) ของโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันไอน้ำ (kPa/°C)

$\gamma$ = ค่าคงที่ของ Psychrometric (kPa/°C)

**2.2.2 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง**

ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด (Total Available Water,TAW) คือน้ำที่อยู่ในเขตรากพืชซึ่งอยู่ในรูปของความชื้นในดิน จะมีค่าอยู่ระหว่างความชื้นชลประทาน (Field Capacity) กับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) หรือที่เรียกว่าน้ำดูดซึม(Capillary Water) เมื่อความชื้นในดินลดต่ำลง น้ำดูดซึมที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะเคลื่อนที่ช้าลงทำให้พืชดูดน้ำจากดินไปได้ยากขึ้น และถ้าความชื้นในดินลดลงต่ำกว่าช่วง Readily Available Water (RAW) แล้ว อัตราที่พืชดูดน้ำจากดินจะน้อยกว่าที่คายออกทางใบ พืชจะเริ่มเกิดอาการเหี่ยวเฉาลง

ปริมาณการใช้น้ำของพืช(Crop Evapotranspiration, Etc) ซึ่งเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ปริมาณการใช้น้ำสูงสุด(Maximum Evapotranspiration) ที่คำนวณได้ตามสมการที่ 4 อยู่บนเงื่อนไขที่ว่าพืชได้รับน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ แต่ในกรณีที่พืชเกิดการขาดน้ำ การใช้น้ำของพืชที่แท้จริง (Actual Evapotranspiration, ETa) จะมีค่าน้อยกว่าปริมาณการใช้น้ำสูงสุดที่คำนวณได้ ดังนั้นการคำนวณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริงจึงต้องนำค่าความชื้นในดินมาพิจารณาด้วย วิธีที่จะหาปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริงได้คือการคูณค่าสัมประสิทธิ์การขาดน้ำ (Water Stress Coefficient, Ks) ซึ่งเป็นค่าปรับแก้ความชื้นในดินเข้าไป แสดงดังสมการที่ 5

$$ETa = Ks \times Kc \times ETo = Ks \times ETc \qquad \text{----------} \quad 5$$

โดยที่ ETa = ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง (mm/day)

ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุด (mm/day)

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (mm/day)

Ks = สัมประสิทธิ์การขาดน้ำ

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ในกรณีที่พืชได้รับน้ำอย่างเพียงพอค่า Ks จะเท่ากับ 1 (ETa=ETc) แต่ถ้าพืชเกิดการขาดน้ำ (ความชื้นในดินต่ำกว่า RAW) ค่า Ks จะมีค่าน้อยกว่า 1 (ETa<ETc) ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริงจะมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชเสมอ

## 2.3 การให้น้ำแก่พืช

### 2.3.1 หลักการใช้น้ำของพืช

โอสถ(2543) กล่าวว่า การใช้น้ำของพืช ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและระยะการเจริญเติบโต โดยปกติแล้วพืชมีการใช้น้ำน้อยที่สุดเมื่อเริ่มเพาะปลูกและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนกระทั้งมากที่สุดเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่สร้างดอกและผลผลิตและจะค่อยๆ ลดลงเมื่อผลแก่และถึงระยะเวลาเริ่มเก็บเกี่ยว อาจจะแบ่งการเจริญเติบโตของพืชออกเป็น 3 ช่วงด้วยกันคือ ช่วงแตกใบ ช่วงออกดอกและสร้างผลผลิต สำหรับช่วงแตกใบยังแบ่งออกเป็น 2 ช่วงด้วยกันคือ เมื่อพืชยังอ่อนอยู่และเมื่อพืชมีการแตกกิ่งก้านอย่างเต็มที่แล้ว ส่วนช่วงออกผลก็อาจแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้เช่นกัน คือ ช่วงผลหรือเมล็ดยังสดอยู่และช่วงที่เมล็ดหรือผลเริ่มแห้งซึ่งพืชจะต้องการน้ำน้อยมากหรืออาจจะถูกเก็บเกี่ยวที่ช่วงการเจริญเติบโตระยะใดระยะหนึ่งก็ได้ พวกผักต่างๆ เช่น ผักกาดขาว ผักคะน้า กะหล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง หญ้าเลี้ยงสัตว์ จะเก็บเกี่ยวในช่วงแตกใบ พวกดอกไม้ต่างๆ และพวกผักที่ใช้ดอกเป็นอาหาร เช่น กะหล่ำดอกจะเก็บเกี่ยวในช่วงออกดอก ส่วนพวกที่ใช้ผลสดเป็นอาหาร เช่น มะเขือเทศ ข้าวโพด ส้ม กล้วย แตงโม จะเก็บเกี่ยวในช่วงผลสด สำหรับพืชพวกที่ต้องรอให้แห้งเสียก่อนจึงเก็บเกี่ยวก็มี ข้าว ฝ้าย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วที่ใช้เมล็ดเป็นอาหาร เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง เป็นต้น

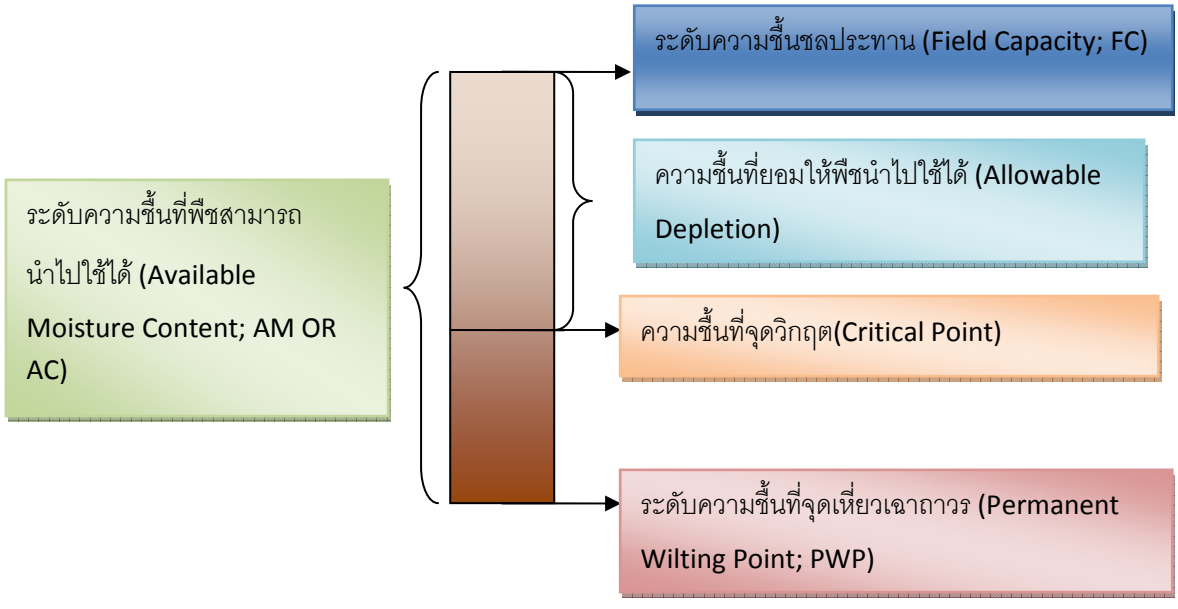
การใช้น้ำในขณะที่พืชขณะเล็กอยู่นั้นค่อนข้างน้อย อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่พืชใช้กับปริมาณน้ำที่ระเหยจากถาดวัดการระเหย (ET/E) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-0.5 ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่จะมาจากการระเหยจากผิวดิน เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ กล่าวคือ ในระยะหลังของช่วงแตกใบและในช่วงออกดอกของพืชจะมีการใช้น้ำเพิ่มขึ้น อัตราส่วนดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.75-1.0 หรือบางครั้งอาจจะมากกว่า 1.0 ได้บ้างเล็กน้อย ยกเว้นพืชบางชนิด เช่น สัปปะรด ซึ่งจะมีอัตราส่วนประมาณ 0.35 ทั้งนี้เพราะว่ารูใบของสัปปะรดจะปิดในตอนกลางวัน ในช่วงออกผลการใช้น้ำของพืชจะลดลงเพราะพืชมีการเจริญเติบโตน้อยลงแต่จะลดไม่มากนักในระยะที่ผลยังสดอยู่ กล่าวคือ จะลดลงจากระยะที่พืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชแต่การใช้น้ำจะลดลงมากในช่วงผลแห้ง

### 2.3.2 การกำหนดให้น้ำชลประทานแก่พืช

การกำหนดการให้น้ำแก่พืชเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในการชลประทานระดับไร่นาซึ่งจะเกี่ยวพันและมีผลกระทบโดยตรงต่อการปลูกพืชให้เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง ตลอดจนเพื่อให้ได้ประโยชน์จากน้ำชลประทานอย่างเต็มที่ การที่จะกำหนดการให้น้ำให้ถูกต้องเหมาะสม จำเป็นจะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง ดิน-น้ำ-พืช เป็นอย่างดี เรื่องดินจำเป็นที่จะต้องรู้คุณสมบัติของดินในแปลงเพาะปลูกเกี่ยวกับขีดความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้ของดิน ความชื้นในดินที่จะยอมให้พืชดูดเอาไปใช้ได้ ลักษณะการดูดซึมน้ำของดินและความสามารถในการระบายน้ำของดิน เรื่องน้ำจำเป็นจะต้องรู้ถึงปริมาณและคุณภาพน้ำชลประทานตลอดจนรอบเวรในการส่งน้ำชลประทาน และเรื่องพืชจำเป็นที่จะต้อง

รู้คุณสมบัติบางประการของพืช เช่น การใช้น้ำของพืช ความสามารถในการทนแล้ง และระยะวิกฤติของพืช ความสำเร็จหรือล้มเหลวของการให้น้ำแก่พืชหรือการชลประทานระดับไร่นา ขึ้นอยู่กับพืชที่ทำหน้าที่ในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช จะมีความรู้ความเข้าใจตลอดจนมีข้อมูลเกี่ยวกับ ดิน น้ำ และพืชมากน้อยแค่ไหน พึงจำได้เสมอว่า การกำหนดการให้น้ำที่ไม่เหมาะสม นอกจากจะก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์แล้วยังก่อให้เกิดผลเสียหายแก่พืชและผลผลิตตลอดจนอาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการระบายน้ำตามมาอีกด้วย

เมื่อไหร่จึงควรทำการให้น้ำและต้องให้เป็นปริมาณเท่าใด ถือว่าเป็นหัวใจของการกำหนดการให้น้ำแก่พืชหรือการชลประทานระดับไร่นา การให้น้ำแก่พืช คือ การให้น้ำเพื่อควบคุมความชื้นในดินในเขตรากพืชให้อยู่ในช่วงระหว่าง จุดเหี่ยวเฉาถาวร (WP) กับความชื้นชลประทาน (FC) หรือพูดง่ายๆ ว่าอยู่ในช่วงความชื้นที่พืชดูดเอาใช้ได้ การให้น้ำแก่พืชจะเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงใกล้จุดเหี่ยวเฉาถาวร ส่วนจะให้ลดลงใกล้มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความสามารถในการทนแล้งของพืช และสภาพภูมิอากาศ เช่น ความแห้งแล้ง หรือความชุ่มชื้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำของพืช โดยทั่วไปจะยอมให้ความชื้นในดินลดลง 50-75 เปอร์เซ็นต์ ของความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ ซึ่งความชื้นในดินที่ยอมให้ลดลงก่อนทำการให้น้ำครั้งต่อไป เรียกว่า ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปได้ (Allowable Soil Moisture Deficiency) หรือเรียกสั้นๆ ว่า Allowable Depletion ส่วนความชื้นที่เหลือในดินหลังจากที่พืชดูดเอาความชื้นที่ยอมให้พืชดูดเอาไปใช้ได้ไปหมดแล้ว คือ ความชื้นที่จุดวิกฤต (Critical Moisture level หรือ Critical point)




**ภาพที่ 3** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช

จากภาพที่ 3 สรุปได้ว่า การให้น้ำแก่พืชจะต้องเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤต และปริมาณที่ให้จะต้องมากพอที่จะเพิ่มความชื้นในดินให้ถึงความชื้นชลประทาน ซึ่งถ้าหากทำการให้น้ำไม่ทัน จนทำให้ความชื้นในดินลดต่ำลงกว่าความชื้นที่จุดวิกฤต จะมีผลกระทบกระเทือนต่อผลผลิตของพืชทำให้เกิดการเหี่ยวเฉา ผลผลิตและคุณภาพลดลง แต่การที่จะรู้ว่าความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤตหรือยัง จะต้องมีการตรวจวัดความชื้นในดินในเขตรากพืช ซึ่งทำได้ 3 วิธีคือ การวัดความชื้นของดินโดยการชั่งน้ำหนัก การวัดความชื้นโดยดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัส และวิธีสุดท้ายคือ การวัดความชื้นในดิน โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 วิธีดังกล่าว จะช่วยทำให้ทราบว่าควรจะให้น้ำแก่พืชได้หรือยัง และถ้าให้จะต้องให้ด้วยปริมาณเท่าใด ความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้มีค่าอยู่ระหว่างความชื้นชลประทานถึงความชื้นที่จุดวิกฤต จะแปรเปลี่ยนไปตามชนิดและลักษณะของดิน

**2.3.3 การคำนวณหาปริมาณน้ำ**

การคำนวณหาปริมาณน้ำเพื่อส่งให้แก่พืชจะยึดหลักการคือ จะต้องส่งน้ำให้แก่พืชในปริมาณที่พอดีและตรงตามช่วงเวลาและความต้องการของพืชเป็นสำคัญ ซึ่งข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญและต้องทราบก่อนการคำนวณได้แก่

**1) ข้อมูลพื้นฐาน**

- กลุ่มของดิน (Texture Class)
- ค่าความชื้นชลประทาน (Field Capacity)
- ค่าความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point)
- ค่าความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Available Moisture)
- ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (Apparent Specific Gravity)
- ค่าความลึกของเขตรากพืชตามช่วงอายุพืช (Root Zone Depth)

**2) สูตรที่ใช้คำนวณ**

$$d = \frac{(Pw \times As \times D)}{100} \qquad \text{----------} \quad 6$$

เมื่อ d = ค่าความลึกของน้ำที่จะต้องส่งให้แก่พืช (mm)

Pw = ค่าความชื้นที่จะต้องเพิ่มให้แก่ดินจนถึงระดับความชื้นชลประทาน (%)

As = ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

D = ค่าความลึกของเขตรากพืชหรือความลึกของดินที่ต้องการให้น้ำซึมลงไปถึงหลังจากการให้น้ำ (mm)

**2.3.4 รอบเวรการส่งน้ำ**

มนตรี (ม.ป.ป.) กล่าวว่า รอบเวรการส่งน้ำแก่พืช คือความถี่ของการส่งน้ำ ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาช่วงห่างของการส่งน้ำแต่ละครั้งว่าพืชสามารถใช้น้ำจำนวนดังกล่าวนั้นได้เป็นเวลากี่วัน เช่น ส่งน้ำครั้งหนึ่งพืชใช้ได้ 5 วัน หรือ 5 วันส่งน้ำครั้ง เป็นต้น ซึ่งคำนวณได้ดังสมการที่ 7

$$\text{ความถี่ของการส่งน้ำ} = \frac{\text{จำนวนน้ำที่ต้องเพิ่มแก่ดิน}(\text{mm})}{\text{อัตราการใช้น้ำของพืชต่อวัน}(\text{mm/day})} \qquad \text{-------} \quad 7$$

**2.4 แฟคเตอร์การตอบสนองของผลผลิต (Ky)**

แฟคเตอร์การตอบสนองของผลผลิตของพืช (Ky) เป็นอัตราส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง ผลผลิตจริงกับผลผลิตสูงสุด (Ya/Ym) อัตราส่วนระหว่างการใช้น้ำจริงกับการใช้น้ำสูงสุด (ETa/ETm) ดังสมการต่อไป โดยมีน้ำเป็นตัวแปรที่ทำให้ผลผลิตลดลง (1-Ya/Ym) และมีการขาดน้ำในอัตราส่วนที่เป็นจริงและเป็นค่าสูงสุดที่ (ETm) หรือเกิดในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืช

$$1 - \frac{\text{Ya}}{\text{Ym}} = \text{Ky}\left(1 - \frac{\text{ETa}}{\text{ETm}}\right) \qquad \text{----------} \quad 8$$

เมื่อ Ya = ผลผลิตต่ำสุด

Ym = ผลผลิตสูงสุด

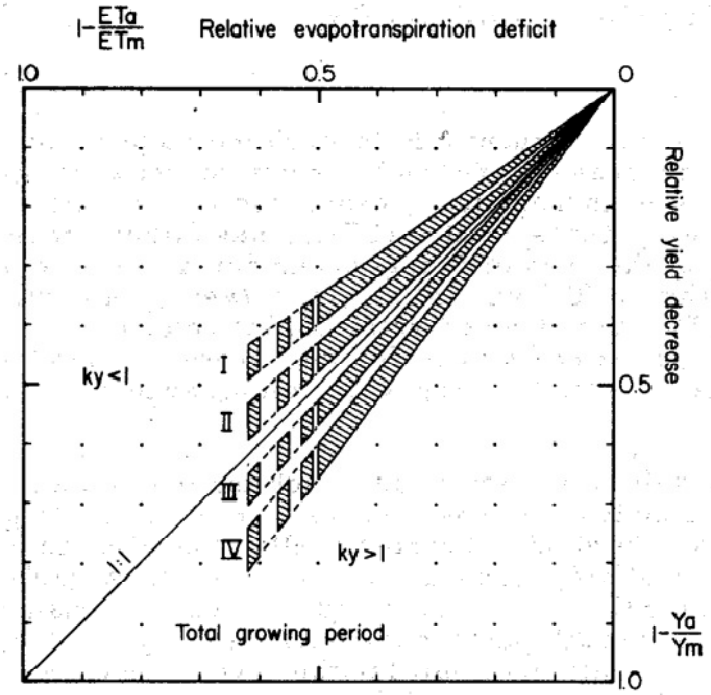
ETa = ปริมาณการใช้น้ำของพืชจริง

ETm = ปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุด

Ky = แฟกเตอร์การตอบสนองของผลผลิตพืช

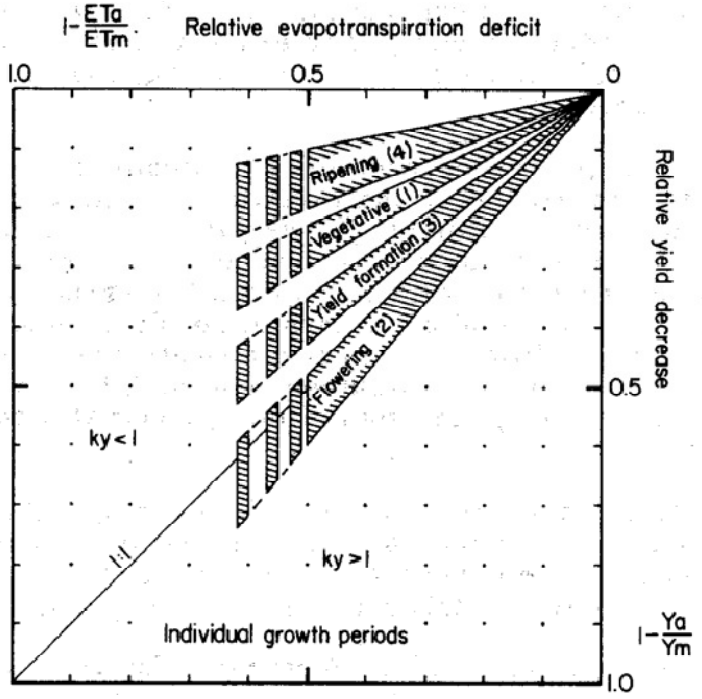
ตัวอย่างแสดงในภาพที่ 4 แสดงการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำ (Ky) ในพืช 4 กลุ่ม โดยพืชในกลุ่มที่ I,II อยู่ในช่วง Ky<1 แสดงว่าเป็นพืชทนแล้งสามารถทนต่อการขาดน้ำได้ ไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตมาก ส่วนพืชในกลุ่มที่ III,IV อยู่ในช่วง Ky>1 แสดงว่าเมื่อขาดน้ำจะทำให้มีการตอบสนองต่อผลผลิต คือ จะทำให้ผลผลิตลดลง โดยจากภาพที่ 2 สามารถเรียงลำดับกลุ่มของพืชที่มีการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำจากน้อยสุดไปมากสุดได้โดยพืชในกลุ่มที่ I<II<III<IV

ส่วนภาพที่ 5 แสดงการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำ ของพืชในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต โดยช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ (Ripening) ช่วงเจริญเติบโต (Vegetative) และช่วงออกผลผลิต (Yield Formation) จะอยู่ในช่วงที่ Ky<1 คือ ในช่วงนี้ถ้าพืชขาดน้ำจะยังมีผลกระทบต่อผลผลิตไม่มากนัก ส่วนในช่วงออกดอก (Flowering) จะอยู่ในช่วงที่ Ky>1 คือ ถ้าพืชขาดน้ำในช่วงนี้จะมีผลกระทบต่อผลผลิตมาก ทำให้ผลผลิตลดลง จากภาพที่ 5 จะสามารถเรียงลำดับการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำของพืชในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตจากน้อยสุดไปมากสุดได้โดยช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ (Ripening) < ช่วงเจริญเติบโต (Vegetative) < ช่วงออกผลผลิต (Yield Formation) < ช่วงออกดอก (Flowering) และในตารางที่ 2 แสดงค่าการตอบสนองผลผลิตของพืชในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด




| | | |
|---|---|---|
| I | alfalfa | |
| | groundnut | |
| | safflower | |
| | sugarbeet | |
| II | alfalfa | sorghum |
| | cabbage | soybean |
| | citrus | sugarbeet |
| | cotton | sunflower |
| | grape | tobacco |
| | | wheat |
| III | bean | potato |
| | citrus | tomato |
| | onion | water melon |
| | pea | wheat |
| | pepper | |
| IV | banana | |
| | maize | |
| | sugarcane | |

**ภาพที่ 4** แสดงการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำ ของพืชในแต่ละกลุ่ม

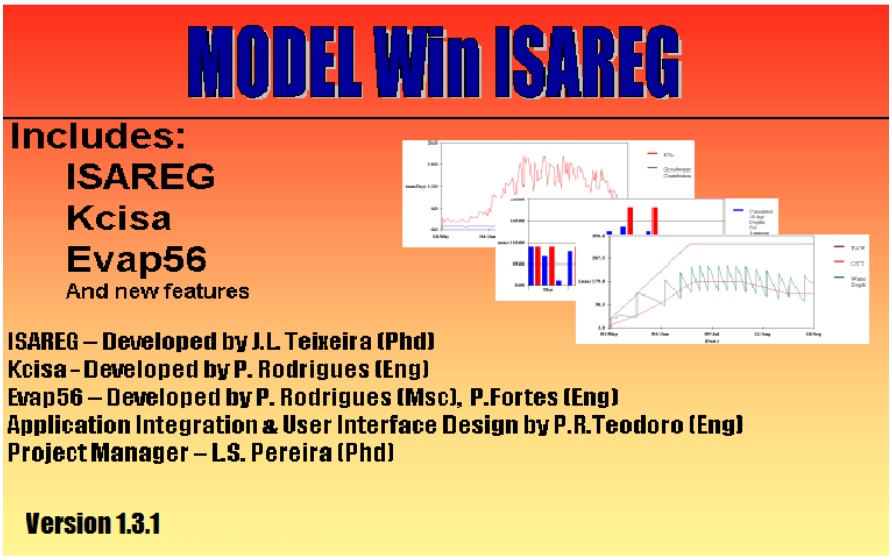



**ภาพที่ 5** แสดงการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำของพืชในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช

**ตารางที่ 2** สัมประสิทธิ์ความอ่อนไหวของพืชที่ขาดน้ำต่อผลผลิตที่ออกมา

| Crop | Vegetative period (1) | | | Flowering period | Yield formation | Ripening | Total growing period |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Early (1a) | late (1b) | total | (2) | (3) | (4) | |
| Alfalfa | | | 0.7-1.1 | | | | 0.7-1.1 |
| Banana | | | | | | | 1.2-1.35 |
| Bean | | | 0.2 | 1.1 | 0.75. | 0.2 | 1.15 |
| Cabbage | 0.2 | | | | 0.45 | 0.6 | 0.95 |
| Citrus | | | | | | | 0.8-1.1 |
| Cotton | | | 0.2 | 0.5 | | 0.25 | 0.85 |
| Grape | | | | | | | 0.85 |
| Groundnut | | | 0.2 | 0.8 | 0.6 | 0.2 | 0.7 |
| Maize | | | 0.4 | 1.5* | 0.5 | 0.2 | 1.25* |
| Onion | | | 0.45 | | 0.8 | 0.3 | 1.1 |
| Pea | 0.2 | | | 0.9 | 0.7 | 0.2 | 1.15 |
| Pepper | | | | | | | 1.1 |
| Potato | 0.45 | 0.8 | | | 0.7 | 0.2 | 1.1 |
| Safflower | | 0.3 | | 0.55 | 0.6 | | 0.8 |
| Sorghum | | | 0.2 | 0.55 | 0.45 | 0.2 | 0.9 |
| Soybean | | | 0.2 | 0.8 | 1.0 | | 0.85 |
| Sugarbeet<br>beet<br>sugar | | | | | | | <br>0.6-1.0<br>0.7-1.1 |
| Sugarcane | | | 0.75 | | 0.5 | 0.1 | 1.2 |
| Sunflower | 0.25 | 0.5 | | 1.0 | 0.8 | | 0.95 |
| Tobacco | 0.2 | 1.0 | | | 0.5 | | 0.9 |
| Tomato | | | 0.4 | 1.1 | 0.8 | 0.4 | 1.05 |
| Water melon | 0.45 | 0.7 | | 0.8 | 0.8 | 0.3 | 1.1 |
| Wheat<br>winter<br>spring | | | <br>0.2<br>0.2 | <br>0.6<br>0.65 | <br>0.5<br>0.55 | | <br>1.0<br>1.15 |

**2.5 แบบจำลองสมดุลของน้ำในดิน Win ISAREG**




**ภาพที่ 6** หน้าต่างโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG

แบบจำลอง Win ISAREG เป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดย J.L. Teixeira และ Technical University of Lisbon เป็นแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ ที่ใช้สำหรับการศึกษาถึงปริมาณการให้น้ำพืช รอบเวรการให้น้ำ และผลผลิตของพืชที่ออกมา เพื่อการจัดสรรน้ำในการชลประทาน ให้พอเพียงแก่พื้นที่เพาะปลูก

ความสามารถของแบบจำลอง Win ISAREG คือ จำลองความสมดุลของน้ำในดิน คำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) คำนวณความต้องการน้ำชลประทาน วันเวลาที่ต้องให้น้ำและผลผลิตที่ออกมา ลดลงเท่าใดเมื่อพืชเกิดการขาดน้ำหรือเนื่องจากดินเค็ม

# บทที่ 3
# อุปกรณ์ ข้อมูลและขั้นตอนการดำเนินงาน

## 3.1 อุปกรณ์

3.1.1 โปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG

3.1.2 โปรแกรม Evap 56

3.1.3 โปรแกรม Soil texture triangle hydraulic

3.1.4 คอมพิวเตอร์ Notebook : Intel Professor, 1.5 GHz, 1.00 GB of RAM ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP Professional, Service Pack 2

## 3.2 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง Win ISAREG

### 3.2.1 ข้อมูลพืช

ใช้ข้อมูลพืช 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วเขียว ข้าวโพด และมันฝรั่ง โดยต้องการข้อมูลดังต่อไปนี้

1.) ช่วงระยะเวลาของการเจริญเติบโตของพืช (Crop growth stage)

2.) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต (Crop Coefficient ;Kc)

3.) แฟคเตอร์การตอบสนองของผลผลิต (Yield Response Factor ;Ky)

### 3.2.2 ข้อมูลดิน

ใช้ตัวอย่างข้อมูลชุดดินกำแพงแสน จากวิทยานิพนธ์ เรื่องค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของชุดดินกำแพงแสนและชุดดินท่าแซะ (สันติ, 2538)

### 3.2.3 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐมช่วงระหว่าง เดือน ม.ค. 2552 – ม.ค. 2553

จะต้องมีข้อมูลทางด้าน

1) ความเร็วลม (Wind speed)

2) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

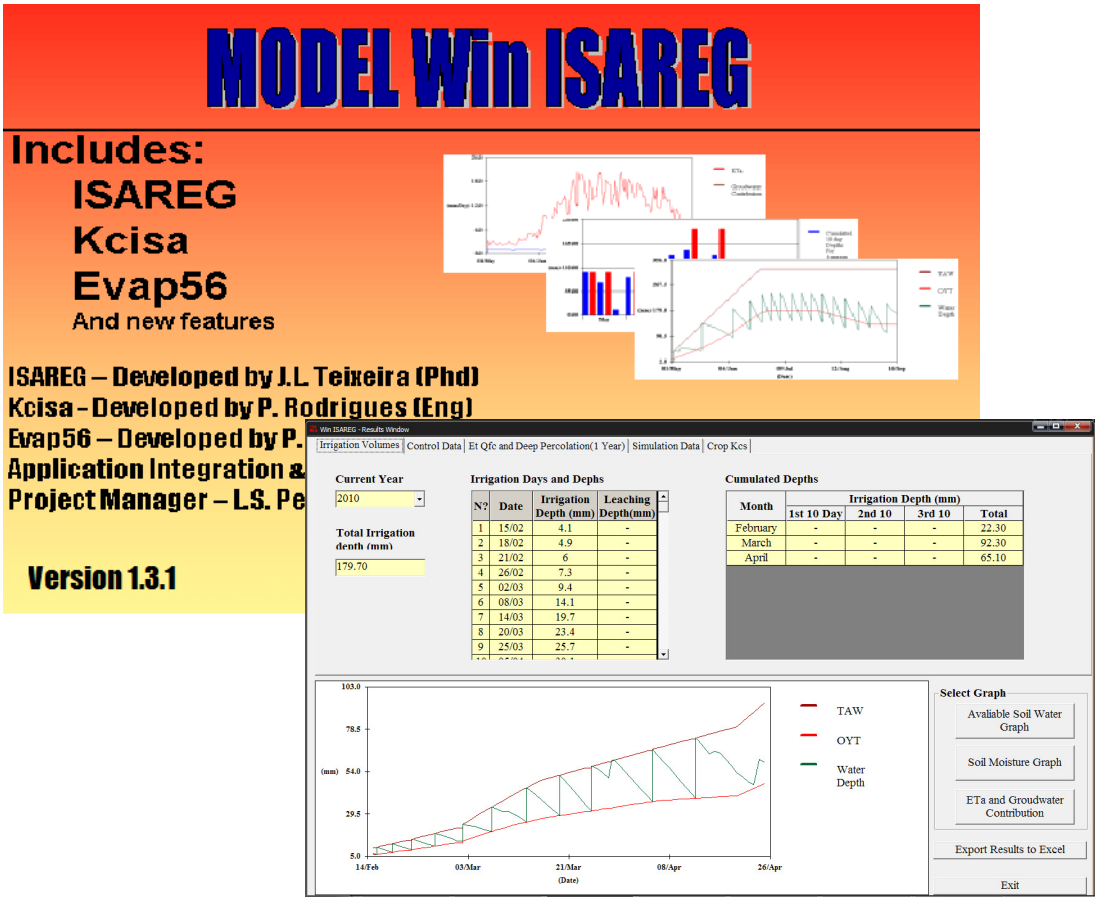
3) ความยาวนานของแสงแดด (Sunshine)

4) ปริมาณน้ำฝน (Rain fall)

5) อุณหภูมิ (Temperature)

**3.3 วิธีการดำเนินการ**

3.3.1 ศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG

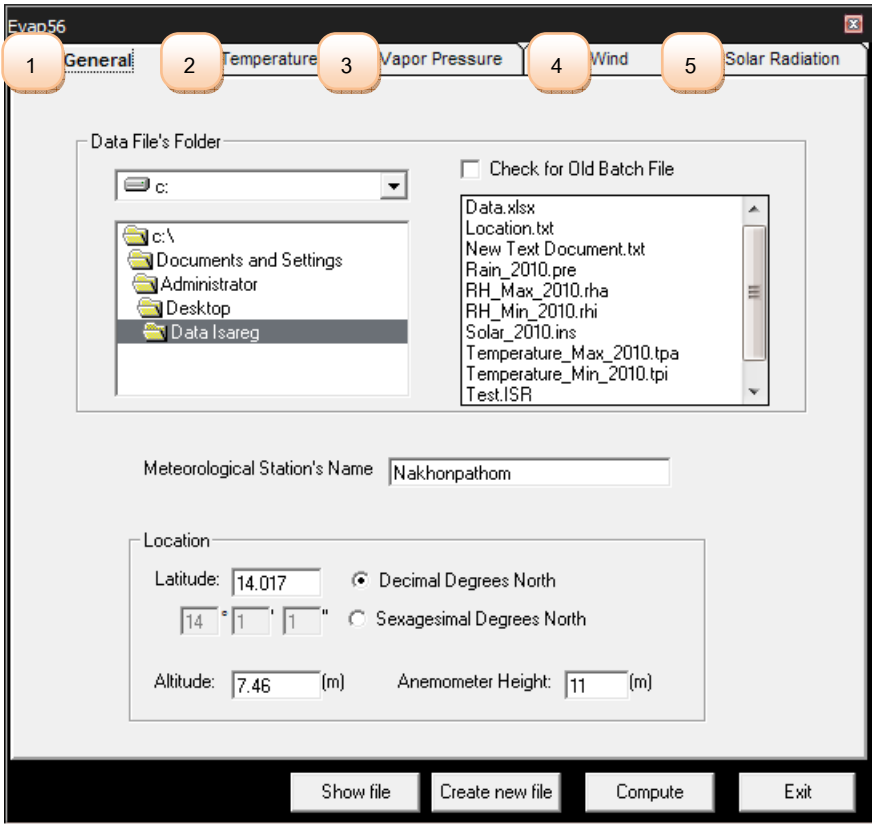



**ภาพที่ 7** หน้าต่างโปรแกรมและหน้าต่างผลการคำนวณแบบจำลอง Win ISAREG

3.3.2 ศึกษาวิธีใช้โปรแกรม Evap 56 เพื่อให้ทราบค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

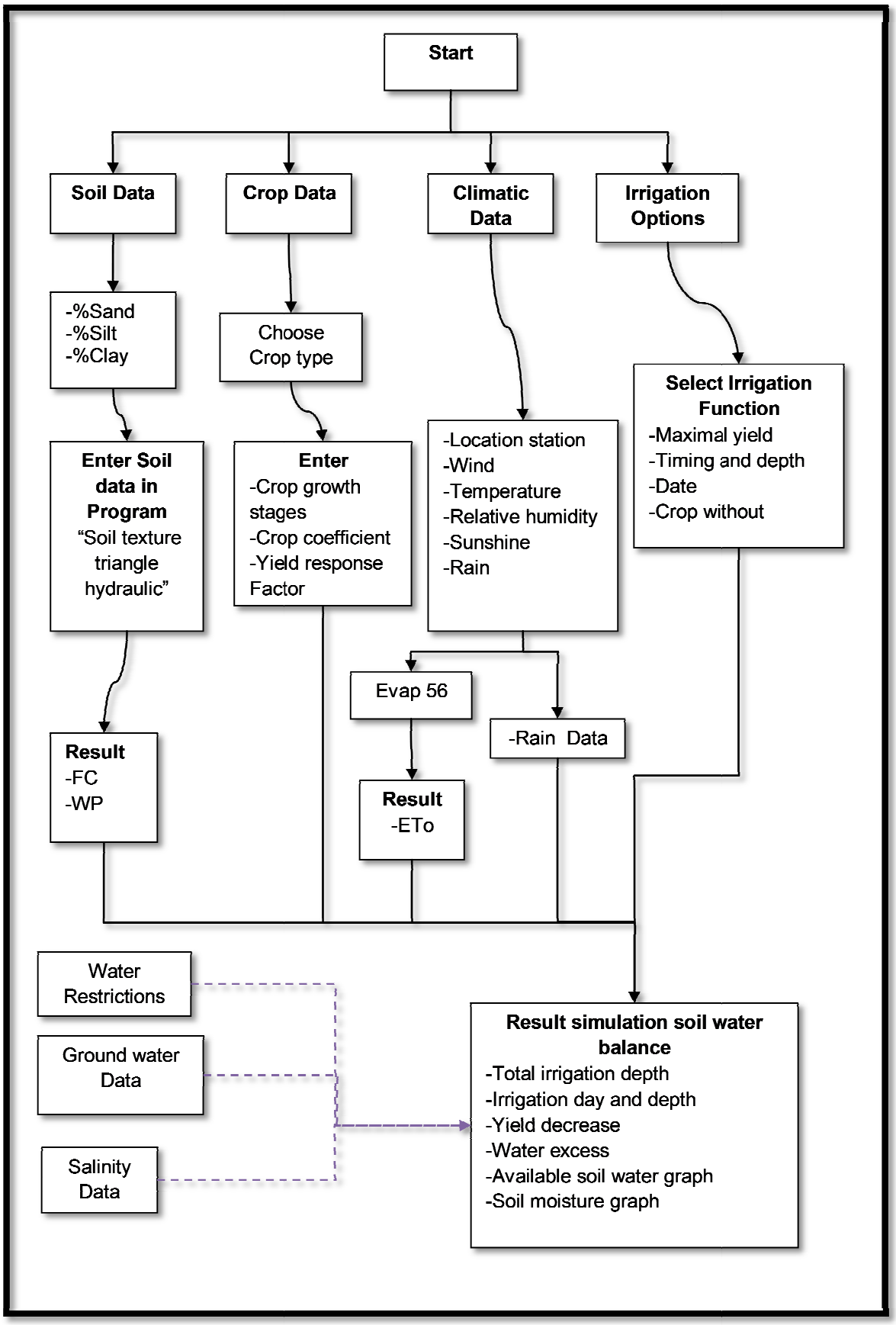
โดยพารามิเตอร์ที่โปรแกรม Evap 56 ต้องการก่อนที่โปรแกรมจะวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงได้ ดังภาพที่ 8

1) สถานที่ตั้งของสถานีอุตุนิยมวิทยา ละติจูด ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และความสูงของเสาวัดความเร็วลม
2) ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดรายวัน หน่วยเป็นองศาเซลเซียส
3) ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์รายวัน หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์อัตราส่วนโดยมวลต่อน้ำในอากาศ
4) ข้อมูลความเร็วลมรายวัน หน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง
5) ข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์โดยคำนวณได้จากความยาวนานของแสงแดด




**ภาพที่ 8** โปรแกรมคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง Evap 56

โดยตัวโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG จะมีวิธีการดำเนินการใช้ข้อมูลที่โปรแกรมต้องการและผลของข้อมูลที่โปรแกรมแสดงออกมาดังภาพที่ 9 รวมไปถึงการใช้โปรแกรม Soil texture triangle hydraulic และ Evap 56 ที่ใช้ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านข้อมูลดินและการใช้น้ำของพืชอ้างอิง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่โปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG ต้องการเพื่อนำไปวิเคราะห์ผลสรุป




**ภาพที่ 9** แผนผังการแสดงขั้นตอนการดำเนินงานโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG

3.3.3 เลือกหรือสมมติพื้นที่ที่จะทำการปลูกพืช ในการทดลองนี้ได้เลือกที่ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และเลือกชุดดินของที่นี้โดยอ้างอิงค่ามาจากหนังสือวิทยานิพนธ์ ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของชุดดินกำแพงแสนและชุดดินท่าแซะ ของ นายสันติ รัตนอานุภาพ (ข้อมูลได้แสดงในตารางที่ 3)

3.3.4 ทำการเลือกชนิดพืชที่จะทำการทดลองอย่างน้อย 3 ชนิด คือ ถั่วเขียว(Green Bean) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Maize Grain) และมันฝรั่ง (Potato) และขนาดพื้นที่ของแปลงกำหนดให้ปลูกพืชชนิดละ 1 ล้านเฮกตาร์ (1 เฮกตาร์ = 10000 ตารางเมตร) ปริมาณผลผลิตสูงสุดอ้างอิงจาก (FAO, 1986)

1) Green bean 1.3 ล้านตัน/1ล้านเฮกตาร์

2) Maize 2.84 ล้านตัน/1ล้านเฮกตาร์

3) Potato 13.8 ล้านตัน/1ล้านเฮกตาร์

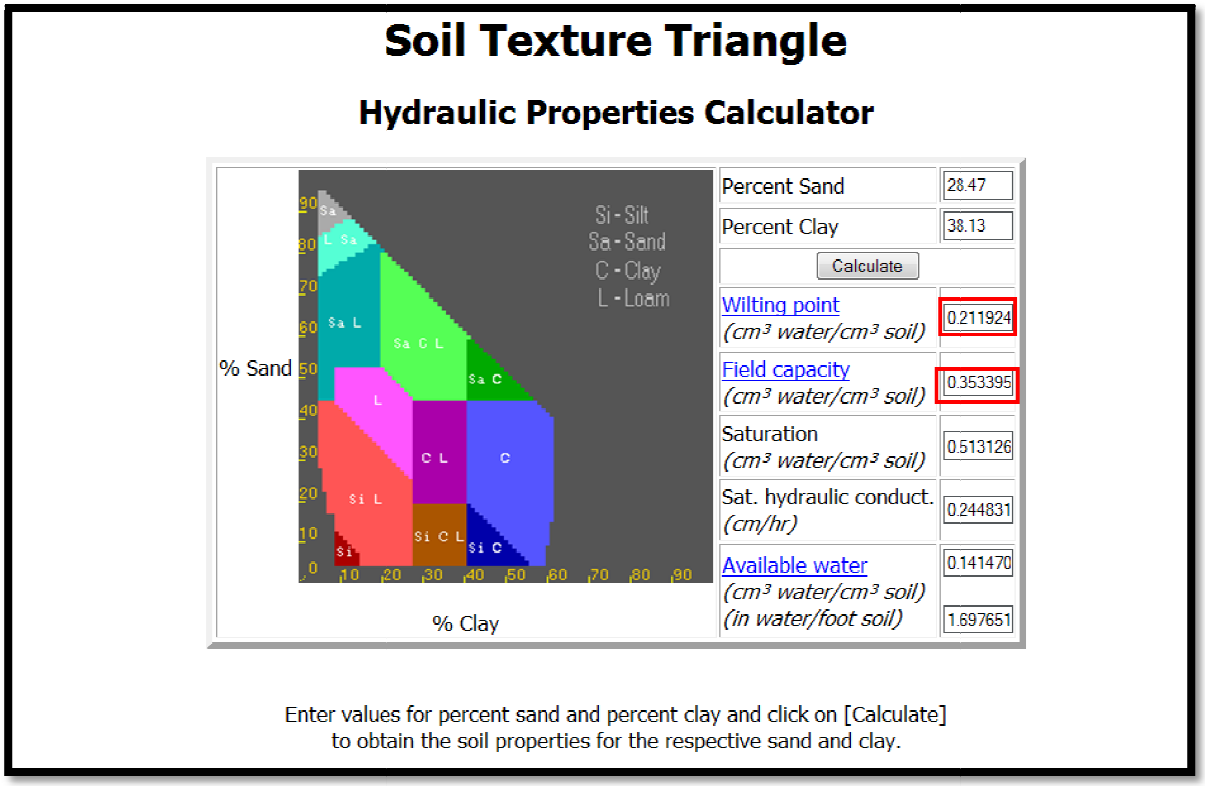
3.3.5 ศึกษาค่าตัวแปรต่างๆ ที่จะต้องนำมาป้อนค่าในแบบจำลอง Win ISAREG ดังนี้

**1) ข้อมูลของดิน (Soil Data)**

**ตารางที่ 3** ผลการวิเคราะห์ข้อมูลชุดดินกำแพงแสน (สันติ, 2538)

| Depth | Sand* | Sand fractions (%) | | | | | Silt* | Clay* | Textural | Textural | Density | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | VC | C | M | F | VF | | | class | index | bulk | particle | porosity |
| m | (%) | | | | | | (%) | (%) | | % | Mg m$^{-3}$ | | m$^3$ m$^{-3}$ |
| Kamphaeng Saen soil series | | | | | | | | | | | | | |
| 0.1 | 34.3 | 0.1 | 0.6 | 2.9 | 11.0 | 19.7 | 40.6 | 25.1 | Loam | 40.7 | 1.29 | 2.62 | 0.51 |
| 0.2 | 28.7 | 0.2 | 0.2 | 2.6 | 11.9 | 13.8 | 45.4 | 25.9 | Loam | 42.4 | 1.57 | 2.77 | 0.43 |
| 0.3 | 36.1 | 0.2 | 0.8 | 4.1 | 18.3 | 12.7 | 39.9 | 24.0 | Loam | 39.6 | 1.60 | 2.54 | 0.37 |
| 0.4 | 50.0 | 0.2 | 0.9 | 6.4 | 25.3 | 17.2 | 29.3 | 20.7 | Loam | 34.5 | 1.70 | 2.69 | 0.37 |
| 0.5 | 46.2 | 0.3 | 0.9 | 5.0 | 24.9 | 15.1 | 29.1 | 24.7 | Loam | 38.1 | 1.76 | 2.56 | 0.31 |
| 0.6 | 40.8 | 0.1 | 0.6 | 7.4 | 23.5 | 9.2 | 28.4 | 30.8 | Clay loam | 43.4 | 1.69 | 2.59 | 0.35 |
| 0.7 | 35.3 | 0.2 | 0.3 | 3.2 | 19.1 | 12.5 | 30.7 | 34.0 | Clay loam | 46.7 | 1.69 | 2.64 | 0.36 |
| 0.8 | 33.4 | 0.0 | 0.4 | 3.7 | 18.3 | 11.0 | 29.0 | 37.6 | Clay loam | 49.6 | 1.67 | 2.60 | 0.36 |
| 0.9 | 28.7 | 0.2 | 0.4 | 2.8 | 16.1 | 9.2 | 33.8 | 37.5 | Clay loam | 50.5 | 1.68 | 2.62 | 0.36 |
| 1.0 | 23.3 | 0.2 | 0.5 | 2.1 | 11.7 | 8.8 | 37.4 | 39.3 | Clay loam | 52.9 | 1.66 | 2.61 | 0.36 |
| average | | | | | | | | | | | | | |
| 0.1-1.0 | 35.7 | 0.2 | 0.6 | 4.0 | 18.0 | 14.6 | 34.4 | 30.0 | Clay loam | 43.8 | 1.63 | 2.62 | 0.38 |

เมื่อได้ข้อมูลชุดดินในค่า Depth (m), %Sand, %Clay, %Silt (จากตารางที่ 3) ของดินแต่ละชั้นแล้วนำค่าไปป้อนในโปรแกรมคำนวณ Soil texture triangle hydraulic properties calculator (ในภาพที่ 10) เพื่อให้โปรแกรมคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นชลประทาน ( Field Capacity by Volume) และจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Wilting point by Volume) ของแต่ละชั้นดิน จากนั้นนำค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นชลประทานและจุดเหี่ยวเฉาถาวร ไปป้อนในส่วนข้อมูลดินในโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG




**ภาพที่** 10 โปรแกรมคำนวณ Soil texture triangle hydraulic ผ่านทางเว็บไซต์

**2) ข้อมูลพืช (Crop Data)**

**ตารางที่ 4** ข้อมูลของถั่วเขียว (FAO, 2010)

| | Stages of Development | | | | | Plant date | Region |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Crop characteristic** | **Initial** | **Crop Development** | **Mid-season** | **Late** | **Total** | | |
| Beans - dry | | | | | | | |
| **Stage length, days** | 20<br>15<br>25 | 30<br>25<br>25 | 40<br>35<br>30 | 20<br>20<br>20 | 110<br>95<br>100 | May/June<br>June<br>June | Continental Climate<br>Pakistan, Calif.<br>Idaho, USA |
| **Depletion Coefficient, p** | 0.45 | >> | 0.45 | 0.6 | - | | |
| **Root Depth, m** | 0.30 | >> | >> | 1.0 | - | | |
| **Crop Coefficient, Kc** | 0.4 | >> | 1.15 | 0.35 | - | | |
| **Yield Response Factor, Ky** | 0.2 | 1.1 | 0.75 | 0.2 | 1.15 | | |
| Bean-fresh | | | | | | | |
| **Stage length, days** | 20<br>15 | 30<br>25 | 30<br>25 | 10<br>10 | 90<br>75 | Feb/Mar<br>Aug/Sep | Calif., Mediterranian<br>Calif., Egypt, Lebanon |
| **Depletion Coefficient, p** | 0.45 | >> | 0.45 | 0.6 | - | | |
| **Root Depth, m** | 0.30 | >> | >> | 1.0 | - | | |
| **Crop Coefficient, Kc** | 0.5 | >> | 1.05 | 0.9 | - | | |
| **Yield Response Factor, Ky** | 0.2 | 1.1 | 0.75 | 0.4 | 1.15 | | |

The growth periods of a common bean crop are

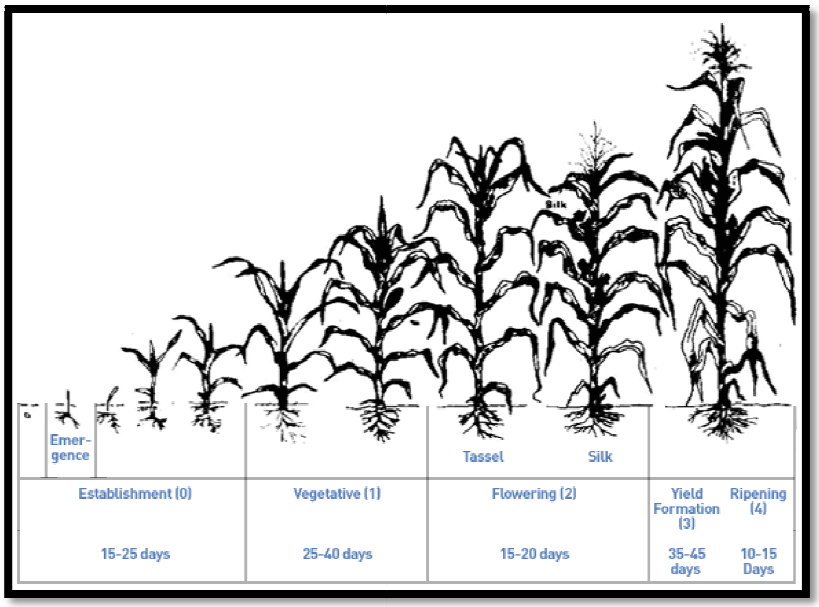
| | Green bean | Dry bean |
|---|---|---|
| 0 Establishment | 10-15 days | 10-15 days |
| 1 Vegetative(up to first flower) | 20-25 | 20-25 |
| 2 Flowering (including pod setting) | 15-25 | 15-25 |
| 3 Yield formation (pod development and Bean filling) | 15-20 | 25-30 |
| 4 Ripening | 0-5 | 20-25 |
| Total | 60-90 | 90-120 days |

**ตารางที่ 5** ข้อมูลของข้าวโพด (FAO, 2010)

| Maize (grain) | Stages of Development | | | | | Plant date | Region |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Crop characteristic | Initial | Crop Development | Mid-season | Late | Total | | |
| Stage length, days | 30 | 50 | 60 | 40 | 180 | April | East Africa (alt.) |
| | 25 | 40 | 45 | 30 | 140 | Dec/Jan | Arid Climate (alt.) |
| | 20 | 35 | 40 | 30 | 125 | June | Nigeria (humid) |
| | 20 | 35 | 40 | 30 | 125 | Oct./Dec | India (dry, cool) |
| | 30 | 40 | 50 | 30 | 150 | April | Spain (spr, sum) |
| | 30 | 40 | 50 | 30 | 150 | April | Calif. |
| | 30 | 40 | 50 | 50 | 170 | April | Idaho, USA |
| Depletion Coefficient, p | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.80 | - | | |
| Root Depth, m | 0.30 | >> | >> | 1.00 | - | | |
| Crop Coefficient, Kc | 0.30 | >> | 1.2 | 0.5 | - | | |
| Yield Response Factor, Ky | 0.40 | 0.40 | 1.30 | 0.50 | 1.25 | | |

The growth periods of a common maize crop are

| | Grain |
|---|---|
| 0 Establishment | 10-15 days |
| 1 Vegetative(up to first flower) | 20-40 |
| 2 Flowering (including pod setting) | 15-20 |
| 3 Yield formation (pod development and Bean filling) | 35-45 |
| 4 Ripening | 10-15 |
| Total | 90-135 |



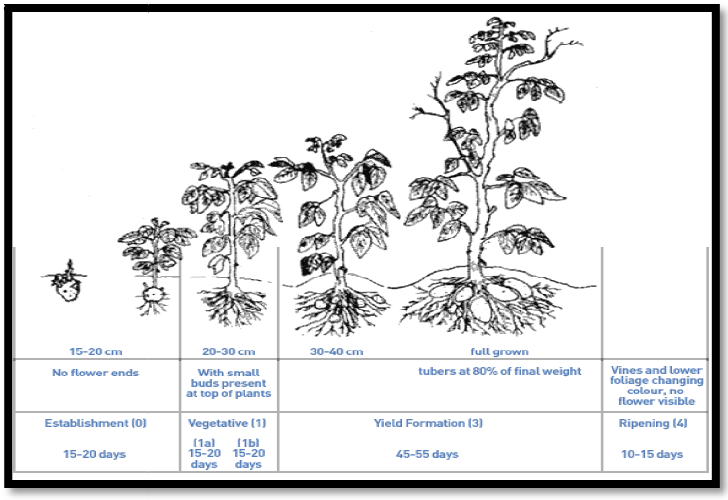

**ภาพที่ 11** ระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวโพด

**ตารางที่ 6** ข้อมูลของมันฝรั่ง (FAO, 2010)

| | Stages of Development | | | | | Plant date | Region |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Crop characteristic** | **Initial** | **Crop Development** | **Mid-season** | **Late** | **Total** | | |
| **Stage length, days** | 25 | 30 | 30/45 | 30 | 115/130 | Jan/Nov | (Semi)Arid Climate |
| | 25 | 30 | 45 | 30 | 130 | May | |
| | 30 | 35 | 50 | 30 | 145 | April | Continental Climeate |
| | 45 | 30 | 70 | 20 | 165 | Apr/May | Europe |
| | 30 | 35 | 50 | 25 | 140 | Dec | Idaho, USA |
| | | | | | | | Calf. Desert, USA |
| **Depletion Coefficient, p** | 0.25 | >> | 0.3 | 0.5 | - | | |
| **Root Depth, m** | 0.3 | >> | >> | 0.6 | - | | |
| **Crop Coefficient, Kc** | 0.5 | >> | 1.15 | 0.75 | - | | |
| **Yield Response Factor, Ky** | 0.45 | - | 0.8 | 0.7 | 1.1 | | |

The growth periods of a common potato crop are

| | Grain |
|---|---|
| 0 Establishment | 10-25 days |
| 1 Vegetative(up to first flower) | |
| -early vegetative | 15-20 |
| -tuber initiation | 15-20 |
| 2 Yield formation (pod development and Bean filling) | 45-55 |
| 3 Ripening | 10-15 |
| Total | 90-135 |




**ภาพที่ 12** ระยะเวลาการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง

**3) วิธีการให้น้ำชลประทาน (Irrigation Options)**

จะศึกษาโดยการให้น้ำ 4 วิธีคือ

1.ให้น้ำแบบเต็มที่ตามความต้องการน้ำของพืช (50% TAW)

2.ให้น้ำเมื่อความชื้นในดินเกิบถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวร

3.ให้น้ำโดยการกำหนดวันและปริมาณน้ำตายตัว

4.ไม่ให้น้ำชลประทานเลย

ทำการศึกษาแล้วจึงสรุปผลว่าปริมาณน้ำเท่าใดเวลาที่ให้น้ำช่วงเวลาใดและผลผลิตของพืชจะลดลงไปอย่างไร

**4) สภาพภูมิอากาศ (Climatic Data)**

รวบรวมข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยารายวัน ซึ่งได้ไปขอข้อมูลนี้ จากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครปฐมซึ่งจะมีข้อมูลทางด้าน

1.ความเร็วลม (Wind speed) (km/hr)

2.ความชื้นสัมผัส (Relative Humidity) (%)

3.ความยาวนานของแสงแดด (hrs)

4.ปริมาณน้ำฝน (mm)

5.อุณหภูมิ (°C)

3.3.6 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรทั้งหมดแล้วป้อนข้อมูลลงในแบบจำลอง Win ISAREG ตามวิธีการใช้โปรแกรมแบบจำลองซึ่งสามารถไปศึกษาได้ในภาคผนวกที่แสดงการใช้โปรแกรม เพื่อสรุปหาผลลัพธ์กำหนดการให้น้ำที่เหมาะสมกับพืชชนิดต่างๆ

3.3.7 สรุปผลของการดำเนินงานทั้งหมดและจัดทำหนังสือการายงานผล

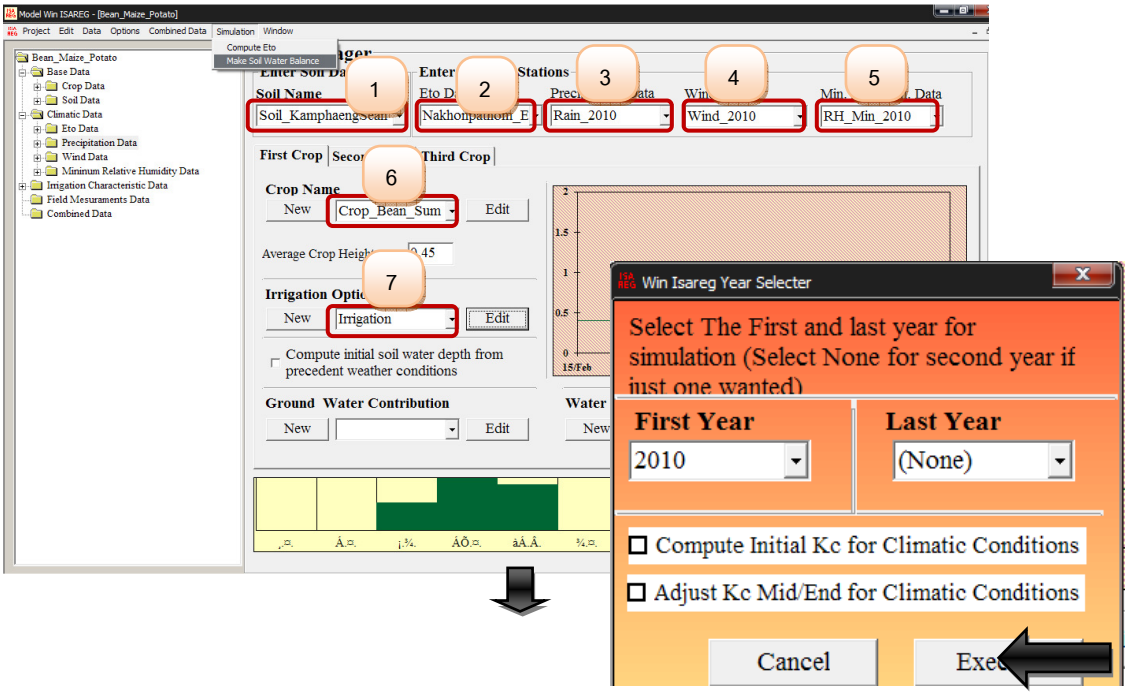
# บทที่ 4
# ผลการศึกษา

## 4.1 ผลการทดลองแบบจำลองสมดุลของน้ำในดิน Win ISAREG

พารามิเตอร์ที่โปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG ต้องการก่อนที่จะสามารถวิเคราะห์ผลได้แก่

1) ข้อมูลดิน ใช้ข้อมูลจากชุดดินกำแพงแสน (สันติ, 2538)
2) ข้อมูลการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยได้ใช้ผลลัพธ์จากโปรแกรม Evap56 จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครปฐม
3) ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครปฐม
4) ข้อมูลความเร็วลมจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครปฐม
5) ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์จากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครปฐม
6) ข้อมูลพืชโดยเลือกใช้ข้อมูลพืชจาก FAO Irrigation and drainage Paper 33 (FAO, 1986)
7) ข้อมูลการให้น้ำชลประทานแก่พืช

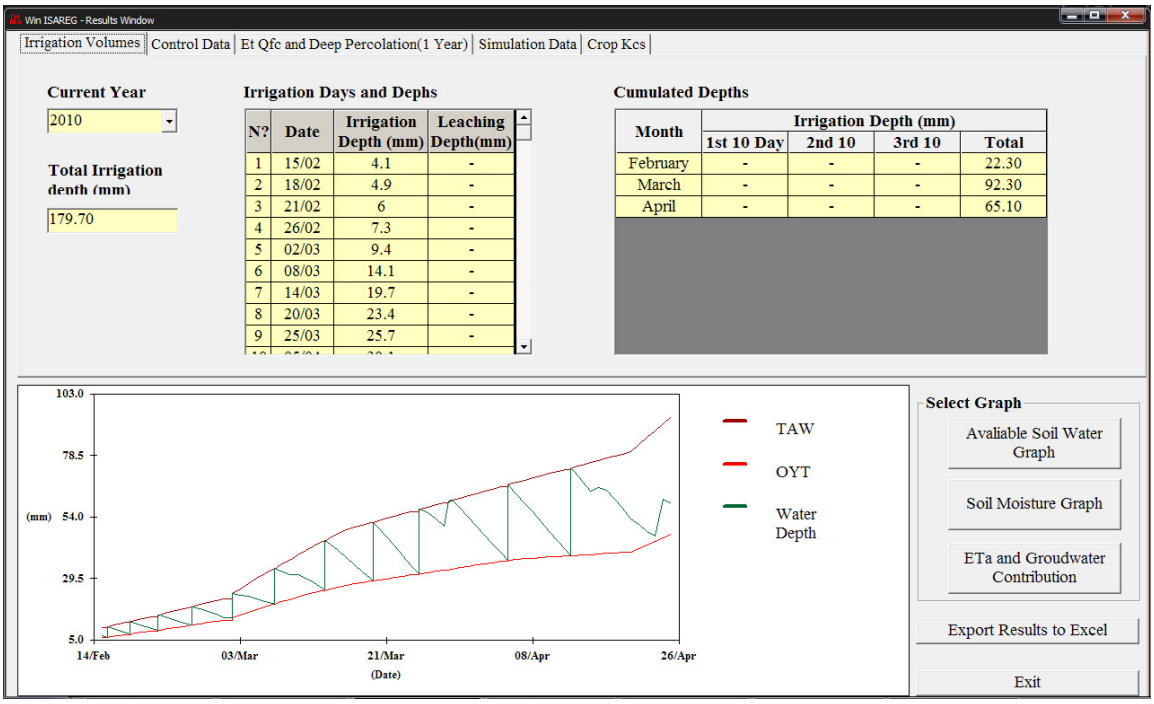
เมื่อได้พารามิเตอร์ทุกตัวที่โปรแกรมแบบจำลองต้องการแล้ว โปรแกรมจะสามารถวิเคราะห์ผลได้ดังภาพที่ 13




**ภาพที่ 13** ภาพแสดงหน้าจอของโปรแกรม Win ISAREG ที่มีการใช้ค่าพารามิเตอร์พร้อมสำหรับการคำนวณ

ผลลัพธ์การวิเคราะห์ของโปรแกรมแบบจำลองจะแสดงผลออกมาดังตัวอย่างดังภาพที่ 14 โปรแกรมจะวิเคราะห์ได้ถึง กราฟสมดุลน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ ผลผลิตของพืชที่ออกมาเมื่อเกิดการขาดน้ำ และประสิทธิภาพของการให้น้ำเป็นหลัก โดยผลการวิเคราะห์ของโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG จะแสดงผลลัพธ์ต่อไปนี้

1) ปริมาณน้ำชลประทานตลอดทั้งฤดูกาลปลูกและรอบเวรการให้น้ำในแต่ละครั้ง
2) ปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุด (ETm) และแท้จริง (ETa)
3) ปริมาณผลผลิตพืชที่ลดลงอันเนื่องมาจากผลของการขาดน้ำ
4) ประสิทธิภาพการให้น้ำชลประทาน
5) กราฟแสดงความลึกของน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (TAW Graph)
6) กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินตลอดระยะการปลูกพืช (Soil Moisture Graph)




**ภาพที่ 14** ภาพแสดงหน้าจอผลการคำนวณ

ในตัวอย่างกราฟในภาพที่ 15 สามารถอธิบายได้ดังนี้

- เส้นกราฟ %Soil Moisture บ่งบอกถึงความชื้นภายในดินที่พืชได้นำไปใช้ เมื่อพืชมีการใช้น้ำความชื้นในดินจะลดต่ำลงและเมื่อมีฝนตกหรือมีการให้น้ำชลประทานความชื้นในดินจะเพิ่มสูงขึ้น

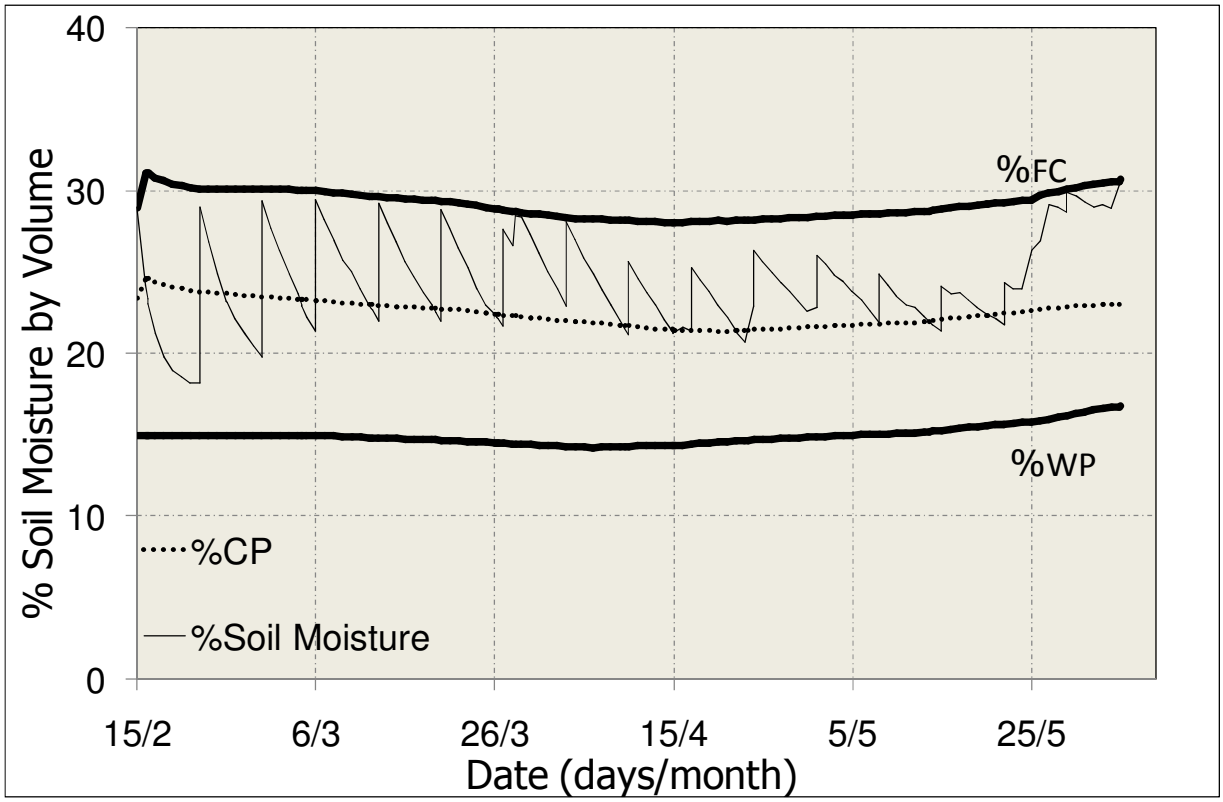
- เส้นกราฟ %FC (Filed Capacity) แสดงเป็นจุดความชื้นชลประทานซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพเนื้อดินและความลึกของรากพืช

- เส้นกราฟ %CP (Critical Point) หรือปริมาณความชื้นที่จุดวิกฤต ซึ่งจุดนี้พืชจะเริ่มดูดน้ำขึ้นไปใช้ได้ยากขึ้น

- เส้นกราฟ %WP (Wilting Point) เป็นจุดเหี่ยวเฉาถาวร

- ในกรณีถ้าเส้นกราฟ %Soil Moisture ตกลงไปต่ำกว่าเส้นกราฟ %CP ในช่วงนั้นๆ พืชจะเริ่มการขาดน้ำหรือพืชดูดน้ำมาใช้ได้ยากขึ้นซึ่งจะส่งผลแก่ผลผลิตของพืชที่ออกมาแต่จะขึ้นอยู่กับการขาดน้ำช่วงระยะเวลาของพืชที่เจริญเติบโตในช่วงไหนด้วย

- ในกรณีถ้าเส้นกราฟ %Soil Moisture ตกลงไปต่ำกว่าเส้นกราฟ %WP ในช่วงนั้นๆ ต้นพืชจะมีโอกาสสูงที่จะล้มตาย




**ภาพที่ 15** ตัวอย่างกราฟความชื้นในดิน

**4.2 ผลการจำลองสถานการณ์กรณีการให้น้ำชลประทานแก่พืชด้วยวิธีต่างๆ**

จากการศึกษาแบบจำลอง Win ISAREG โดยการแบ่งชนิดพืชทดลองออกเป็น 3 ชนิด คือ ถั่วเขียว ข้าวโพด มันฝรั่ง และแต่ละชนิดจะแบ่งฤดูกาลที่ปลูกเป็น ฤดูฝนประมาณเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม และฤดูร้อนประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน

จะมีการแบ่งวิธีการให้น้ำเป็น 4 วิธี คือ

วิธีที่ 1 การให้น้ำพืชโดยพืชไม่มีการขาดน้ำโดยเมื่อความชื้นในดินลดลงถึงความชื้นจุดวิกฤตแล้วจึงให้น้ำชลประทาน

วิธีที่ 2 การให้น้ำพืชแบบการควบคุมความชื้นในดินเมื่อถึงจุดที่กำหนดจึงจะมีการให้น้ำ โดยจะกำหนดไว้ว่า ถ้าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ได้ ( Total Available Water : TAW) ลดลงเหลือ 50% แล้วจึงให้น้ำ จนถึงระดับความชื้นชลประทาน (Field capacity)

วิธีที่ 3 การให้น้ำแบบกำหนดวันและความลึก โดยกำหนดไว้ว่า ในฤดูฝนจะมีการให้น้ำที่ความลึก 5 มิลลิเมตร ทุกๆ 1สัปดาห์ และในฤดูร้อนจะกำหนดว่า จะให้น้ำ 20 มิลลิเมตร ทุกๆ 1 สัปดาห์

วิธีที่ 4 เป็นการปลูกโดยไม่มีการให้น้ำชลประทาน จะมีแต่น้ำฝนเพียงอย่างเดียว

ผลการทดลองการใช้โปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG ทดลองปลูกถั่วเขียว ข้าวโพดและมันฝรั่ง ในฤดูร้อนและฤดูฝนโดยแบ่งการให้น้ำทั้ง 4 วิธีแสดงความชื้นในดินดังภาพที่ 16 ถึง 18 และสรุปผลการทดลองดังในตารางที่ 7 และ 8 ดังนี้

(1) ผลผลิตในแต่ละฤดู

จากภาพที่ 16 และ 17 แสดงให้เห็นว่าวิธีการให้น้ำชลประทานสำหรับปลูกถั่วเขียวและข้าวโพดในช่วงฤดูฝน ทั้ง 4 วิธี กราฟความชื้นในดินลดลงไม่ต่ำกว่าความชื้นที่จุดวิกฤต (CP) ทำให้ทั้ง 4 วิธีไม่มีความแตกต่างของผลผลิต (ผลผลิตไม่ลด) ดังแสดงในตารางที่ 7 ในขณะที่มันฝรั่ง การให้น้ำชลประทานวิธีที่ 2, 3 และ 4 มีผลผลิตลดลงที่ 1.8, 0.4 และ 1.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากค่าความชื้นวิกฤตของมันฝรั่งมีค่าสูงกว่าข้าวโพดและถั่วเขียว ดังนั้นในการให้น้ำชลประทานวิธีที่ 2, 3และ 4 จึงเกิดความเสี่ยงขึ้นในการลดลงของผลผลิตมันฝรั่ง

ส่วนการทดลองปลูกถั่วเขียวในฤดูร้อน จะแสดงความแตกต่างกันระหว่างการให้น้ำชลประทาน ทั้ง 4 วิธีได้อย่างชัดเจน เหตุเพราะปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมามีน้อยทำให้ความชื้นในดินลดลง ซึ่งจะเห็นความแตกต่างกันของปริมาณความชื้นในดินเมื่อเทียบกันระหว่างการให้น้ำชลประทานวิธีที่ 1 และ วิธีที่ 4 แสดงดังในภาพที่ 16 (ฤดูร้อน) ซึ่งในวิธีที่ 1 จะเป็นการให้น้ำโดยที่

ไม่ทำให้พืชเกิดการขาดน้ำ จะเห็นว่าเส้นกราฟปริมาณความชื้นในดินไม่ลดลงเกินไปกว่าเส้นกราฟจุดความชื้นวิกฤต ในขณะวิธีที่ 4 จะไม่ให้น้ำชลประทานแก่พืชเลยทำให้พืชจะต้องอาศัยความชื้นในดินและจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาเท่านั้น ดังนั้นเมื่อไม่มีฝนตกลงมาจะเห็นได้ว่าเส้นกราฟปริมาณความชื้นในดินของกรณีที่ 4 จะค่อยๆลดลงต่ำกว่าจุดความชื้นวิกฤต จนใกล้ถึงจุดความชื้นเหี่ยวเฉาถาวร (WP) ซึ่งจะส่งผลให้ผลผลิตของถั่วเขียวลดลงเป็นอย่างมากถึง 71% ของผลผลิตทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 8

อย่างไรก็ตามในวิธีที่ 2 และ3 จะมีความใกล้เคียงกัน สามารถเปรียบเทียบได้จากภาพที่ 16 ในฤดูร้อน เห็นว่าเส้นกราฟปริมาณความชื้นในดินจะลดลงไปจากเส้นกราฟจุดความชื้นวิกฤตใกล้เคียงกัน และจากตารางที่ 8 เห็นว่าปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของถั่วเขียว (ETa) แล้วในวิธีการให้น้ำที่ 2 และ3 จะใกล้เคียงกันด้วย แต่ในความจริงแล้วการขาดน้ำในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งของพืชที่ต่างกัน ผลผลิตที่ได้ก็จะแตกต่างกันด้วยเช่นกัน

ส่วนการให้น้ำข้าวโพดทั้ง 4 วิธี ในฤดูฝนและฤดูร้อน จะมีความใกล้เคียงกับถั่วเขียว สามารถเปรียบเทียบได้จากภาพที่ 16 และภาพที่ 17 แต่จะมีความแตกต่างกันด้านปริมาณน้ำที่ใช้ซึ่งข้าวโพดจะมีปริมาณการใช้น้ำสูงกว่าถั่วเขียวเนื่องจากข้าวโพดมีระยะเวลาของการเจริญเติบโตจนกระทั่งระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 7 และตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุดมีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามผลผลิตที่ลดลงเนื่องจากการขาดน้ำจะแตกต่างกับถั่วเขียวเนื่องจากปัจจัยความอ่อนไหวต่อการขาดน้ำของพืช (Ky) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ในแต่ละชนิดต่างกัน

สำหรับการทดลองการให้น้ำชลประทานแก่มันฝรั่งในช่วงฤดูฝนเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเขียวและข้าวโพด พบว่ามีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดสามารถสังเกตได้จากภาพที่ 18 ในฤดูฝน พบว่าความแตกต่างกันระหว่างการให้น้ำชลประทานในวิธีที่ 1 และ 4 เส้นกราฟปริมาณความชื้นในดินของวิธีที่ 4 จะลดลงไปต่ำกว่าเส้นกราฟความชื้นในดินที่จุดวิกฤตต่อมันฝรั่งโดยเฉพาะช่วงปลายฤดู (เดือนพ.ย.) ซึ่งไม่มีฝนตกและทำให้ผลผลิตลดลง (ดังแสดงในตารางที่ 7) เมื่อเปรียบกับถั่วเขียวและข้าวโพดแล้วเห็นว่าเส้นกราฟความชื้นจุดวิกฤตของมันฝรั่งจะมีช่วงระหว่างกับปริมาณความชื้นชลประทานน้อยกว่าถั่วเขียวและข้าวโพด ดังนั้นการปลูกมันฝรั่งในช่วงฤดูฝนจึงจำเป็นที่ต้องมีการให้น้ำชลประทานในช่วงปลายฤดู ซึ่งจะแตกต่างกันกับถั่วเขียวและข้าวโพดที่ไม่จำเป็นต้องให้น้ำในช่วงฤดูฝน ส่วนการให้น้ำแก่มันฝรั่งในฤดูร้อนจึงจำเป็นอย่างยิ่ง จากภาพที่ 18 (ฤดูร้อน) และตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าถ้าไม่ให้น้ำชลประทานแก่มันฝรั่งเลย (วิธีที่ 4) จะทำให้ผลผลิตลดลงมากถึง 80.3% ดังนั้นการปลูกมันฝรั่งในช่วงฤดูร้อนมีความเสี่ยงมากต่อผลผลิตที่ลดลง

(2) ปริมาณการใช้น้ำชลประทาน

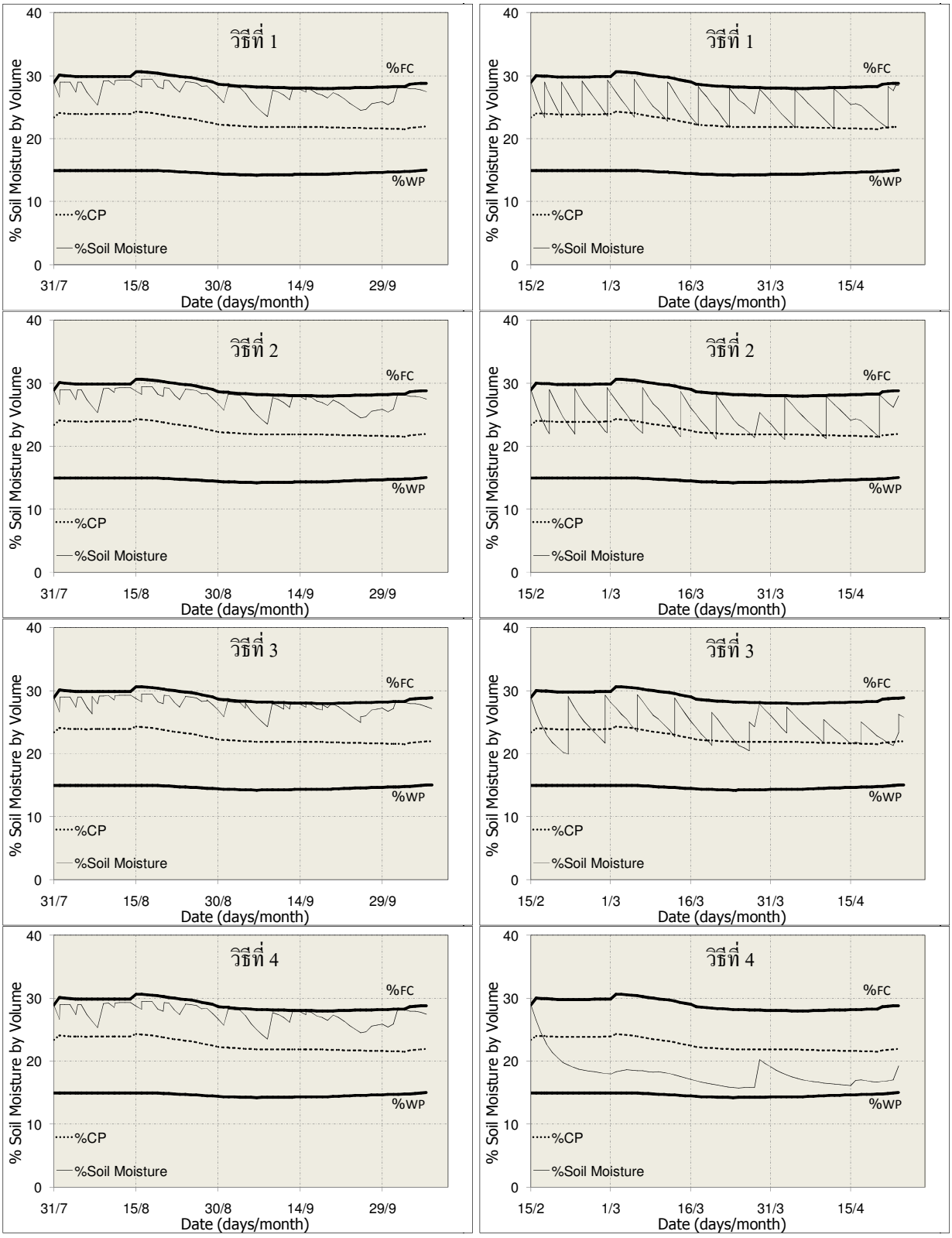
ในช่วงฤดูฝนพืชที่มีปริมาณการใช้น้ำ (ETm) มากที่สุด คือ ข้าวโพด แต่พืชที่ใช้น้ำชลประทานมากที่สุดคือมันฝรั่ง ดังแสดงใน ตารางที่ 7 เหตุที่ข้าวโพดมีปริมาณการใช้น้ำสูงสุดแต่ไม่ต้องการน้ำชลประทานเลย ทั้งนี้สามารถพิจารณาได้ 2 กรณี

1) กรณีไม่ให้พืชขาดน้ำเลย เนื่องจากข้าวโพดมีปริมาณความชื้นที่จุดวิกฤตที่น้อยกว่ามันฝรั่ง ประกอบกับในช่วงฤดูฝนมีฝนตกลงมาสม่ำเสมอทำให้ความชื้นในดินอยู่สูงกว่าความชื้นที่จุดวิกฤตตลอดฤดูการเพาะปลูก ทำให้ข้าวโพดไม่จำเป็นต้องให้น้ำชลประทานในฤดูฝน
2) กรณีที่ไม่ให้น้ำชลประทาน พิจารณาได้จากการให้น้ำชลประทานวิธีที่ 4 ของข้าวโพดและมันฝรั่ง ดังแสดงในตารางที่ 7 จะเห็นว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง (ETa) ของมันฝรั่งมีค่าน้อยกว่าปริมาณการใช้น้ำสูงสุด (ETm) เนื่องจากปลายฤดูฝน (เดือน พ.ย.) ไม่มีฝนตกเมื่อความชื้นในดินลดลงต่ำกว่าจุดวิกฤตทำให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง (ETa) น้อยกว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุด (ETm)

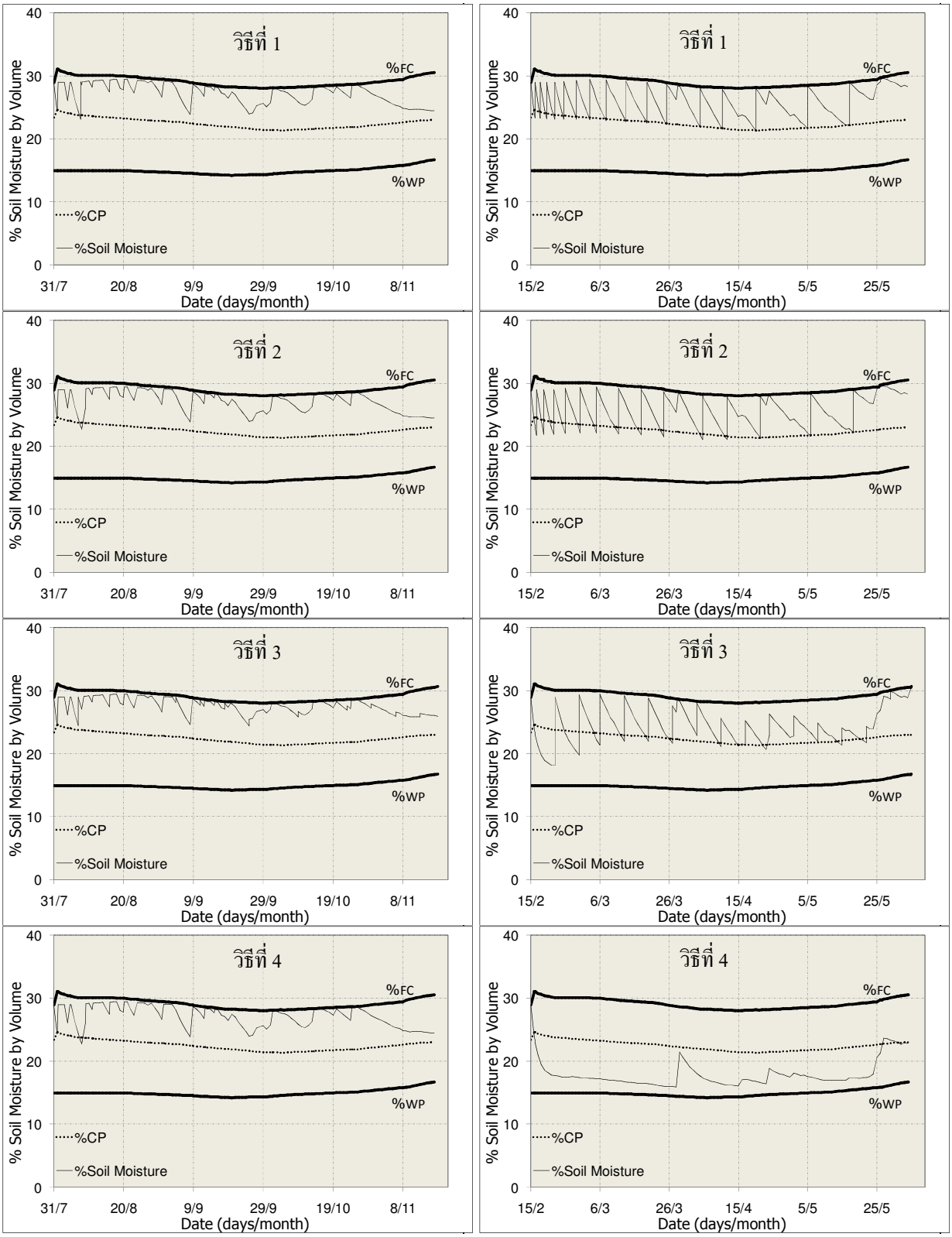
ในช่วงฤดูร้อนข้าวโพดจะเป็นพืชที่มีปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุด (ETm) สูงที่สุดมากกว่าทั้งถั่วเขียวและมันฝรั่ง แต่พืชที่ต้องการน้ำชลประทานที่มากที่สุดคือ มันฝรั่งอีกเช่นกัน ดังในตารางที่ 8 เมื่อพิจารณาการให้น้ำในวิธีที่ 1 แต่เมื่อพิจารณาการให้น้ำในวิธีที่ 2 และ3 แล้ว พืชที่เกิดการขาดน้ำและการลดลงของผลผลิตมากที่สุดคือมันฝรั่ง ดังนั้นกล่าวได้ว่าในวิธีการให้น้ำแบบเดียวกัน มันฝรั่งเป็นพืชที่ไม่เหมาะกับการปลูกในช่วงฤดูร้อน

ส่วนถั่วเขียวเป็นพืชที่ใช้น้ำน้อยที่สุดในพืชที่ได้ทำการทดลองอย่างไรก็ตาม จากการพิจารณาในตารางที่ 8 ในวิธีที่ 3 การให้น้ำในวิธีนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำไปโดยไม่มีประโยชน์จำนวนมาก เมื่อเทียบกับข้าวโพดและมันฝรั่งในกำหนดเวลาและปริมาณน้ำที่เท่ากัน ดังนั้นเพื่อให้ไม่เกิดการสิ้นเปลืองควรลดปริมาณน้ำในแต่ละรอบเวรลงสำหรับการให้น้ำในวิธีที่ 3 ช่วงฤดูร้อน

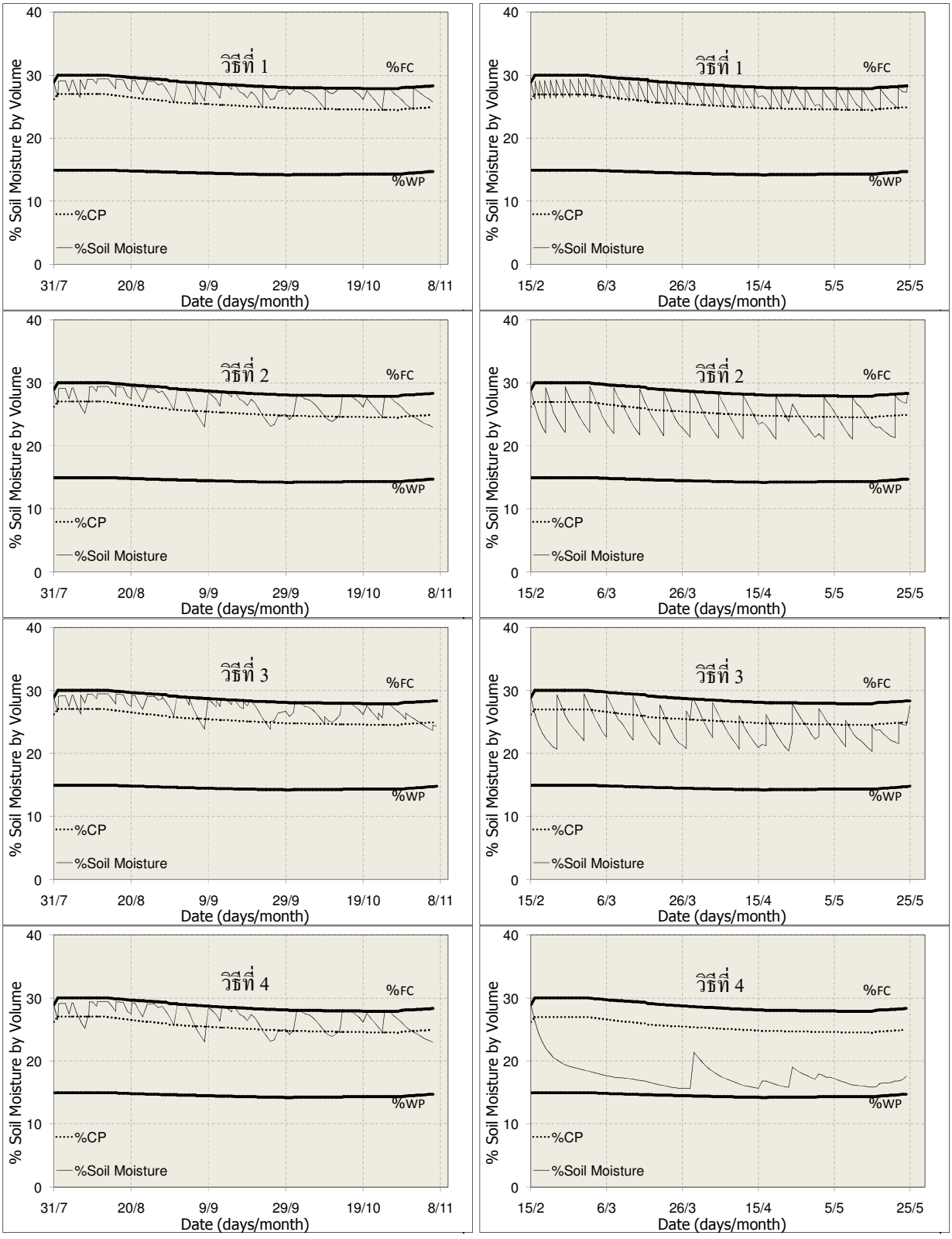
นอกจากนี้จากตารางที่ 7 จะเห็นว่าการให้น้ำในวิธีที่ 3 ทำให้ถั่วเขียวและข้าวโพดเกิดการสูญเสียน้ำไปจำนวนมากเพราะการให้น้ำด้วยวิธีที่ 3 ถ้าความชื้นถึงจุดความชื้นชลประทาน (FC) ณ รอบเวรการให้น้ำ โปรแกรมจะไม่ให้น้ำชลประทาน แต่ถ้าความชื้นต่ำกว่าความชื้นชลประทานเล็กน้อย จะทำการให้น้ำชลประทาน (เช่น ต่ำกว่า FC 2 มิลลิเมตร แต่ให้น้ำ 5มิลลิเมตร จะเกิดน้ำส่วนเกินขึ้น 3 มิลลิเมตร) ทั้งนี้หากพิจารณาผลผลิตของถั่วเขียวและข้าวโพดโดยวิธีไม่ให้น้ำชลประทาน (วิธีที่ 4) ซึ่งพบว่าผลผลิตไม่ลดลง ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องให้น้ำแก่ถั่วเขียวและข้าวโพดในฤดูฝนหรือใช้วิธีการให้น้ำชลประทานวิธีที่ 4




**ภาพที่ 16** กราฟแสดงผลความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทานทั้ง 4 วิธีของถั่วเขียว




**ภาพที่ 17** กราฟแสดงผลความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทานทั้ง 4 วิธีของข้าวโพด




**ภาพที่ 18** กราฟแสดงผลความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทานทั้ง 4 วิธี ของมันฝรั่ง

**ตารางที่ 7** ผลการทดลอง การให้น้ำในแต่ละวิธีของ การปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดในฤดูฝน

| วิธีการให้น้ำ | พืช | Total Depth (mm) | ETm | ETa | %Total Yield Decreases | Water Excess (mm) | % Scheduling Efficiency |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| วิธีที่1 | ถั่วเขียว | 0 | 177.7 | 177.7 | 0 | 0 | 100 |
| การให้น้ำพืชโดย | ข้าวโพด | 0 | 280.4 | 280.4 | 0 | 0 | 100 |
| ไม่ให้ขาดน้ำ | มันฝรั่ง | 59.7 | 277.9 | 277.9 | 0 | 0 | 100 |
| วิธีที่2 | ถั่วเขียว | 0 | 177.7 | 177.7 | 0 | 0 | 100 |
| ควบคุมความชื้น | ข้าวโพด | 0 | 280.4 | 280.4 | 0 | 0 | 100 |
| ในดิน | มันฝรั่ง | 0 | 277.9 | 273.3 | 1.8 | 0 | 100 |
| วิธีที่3 | ถั่วเขียว | 50.0 | 177.7 | 177.7 | 0 | 25.51 | 49.00 |
| กำหนดวันและ | ข้าวโพด | 80.0 | 280.4 | 280.4 | 0 | 30.91 | 61.37 |
| ปริมาณน้ำ | มันฝรั่ง | 75.0 | 277.9 | 276.8 | 0.4 | 28.32 | 62.24 |
| วิธีที่4 | ถั่วเขียว | 0 | 177.7 | 177.7 | 0 | 0 | 0 |
| ไม่ให้น้ำ | ข้าวโพด | 0 | 280.4 | 280.4 | 0 | 0 | 0 |
| ชลประทาน | มันฝรั่ง | 0 | 277.9 | 273.3 | 1.8 | 0 | 0 |

**ตารางที่ 8** ผลการทดลอง การให้น้ำในแต่ละวิธีของ การปลูกพืชทั้ง 3 ชนิดในฤดูร้อน

| วิธีการให้น้ำ | พืช | Total Depth (mm) | ETm | ETa | %Total Yield Decreases | Water Excess (mm) | % Scheduling Efficiency |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| กรณีที่1 | ถั่วเขียว | 211.5 | 234.1 | 234.1 | 0 | 0 | 100 |
| การให้น้ำพืชโดย | ข้าวโพด | 299.7 | 396.3 | 396.3 | 0 | 0 | 100 |
| ไม่ให้ขาดน้ำ | มันฝรั่ง | 350.2 | 389.7 | 389.7 | 0 | 0 | 100 |
| กรณีที่2 | ถั่วเขียว | 200.5 | 234.1 | 232.6 | 0.7 | 0 | 100 |
| ควบคุมความชื้น | ข้าวโพด | 303.6 | 396.3 | 395.0 | 0.4 | 0 | 100 |
| ในดิน | มันฝรั่ง | 303.5 | 389.7 | 345.4 | 12.5 | 0 | 100 |
| กรณีที่3 | ถั่วเขียว | 220.0 | 234.1 | 231.0 | 1.5 | 30.66 | 86.06 |
| กำหนดวันและ | ข้าวโพด | 320.0 | 396.3 | 386.0 | 3.3 | 24.27 | 92.41 |
| ปริมาณน้ำ | มันฝรั่ง | 300.0 | 389.7 | 333.7 | 15.8 | 25.07 | 91.64 |
| กรณีที่4 | ถั่วเขียว | 0 | 234.1 | 89.6 | 71.0 | 0 | 0 |
| ไม่ให้น้ำ | ข้าวโพด | 0 | 396.3 | 162.5 | 73.7 | 0 | 0 |
| ชลประทาน | มันฝรั่ง | 0 | 389.7 | 105.1 | 80.3 | 0 | 0 |

สรุปผลจากการศึกษาการให้น้ำชลประทานทั้ง 4 วิธี พบว่าในวิธีที่ 3 เมื่อพิจารณาแล้วการให้น้ำในกรณีนี้จะเป็นการให้น้ำที่สะดวกที่สุดในทางปฏิบัติโดยการกำหนดวันและปริมาณการให้น้ำคงที่ตลอดช่วงเวลาการปลูกพืช เมื่อเปรียบเทียบกันกับระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2

การให้น้ำชลประทานในวิธีที่ 1 เป็นวิธีการให้น้ำพืชที่ดีที่สุดแก่พืชจริงแต่ในการปฏิบัติจริงแล้วการให้น้ำแบบในวิธีที่ 1 จะทำให้เกิดการสับสนในปริมาณการให้น้ำในแต่ละครั้งที่ให้จะไม่เท่ากัน และช่วงเวลาการให้น้ำไม่เท่ากันอีกด้วย ส่วนการให้น้ำชลประทานในวิธีที่ 2 เป็นวิธีการให้น้ำแบบควบคุมปริมาณความชื้นในดินโดยจะให้น้ำเมื่อความชื้นในดินลดลงไปถึง 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาณที่พืชสามารถนำไปใช้การได้ ยิ่งเป็นการยากที่กำหนดถึงปริมาณน้ำที่จะให้และกำหนดวันในแต่ละครั้ง ดังนั้นการกำหนดการให้น้ำชลประทานในวิธีที่ 3 จึงเป็นการให้น้ำที่สะดวกมากกว่าวิธีการให้น้ำในวิธีที่ 1และ 2

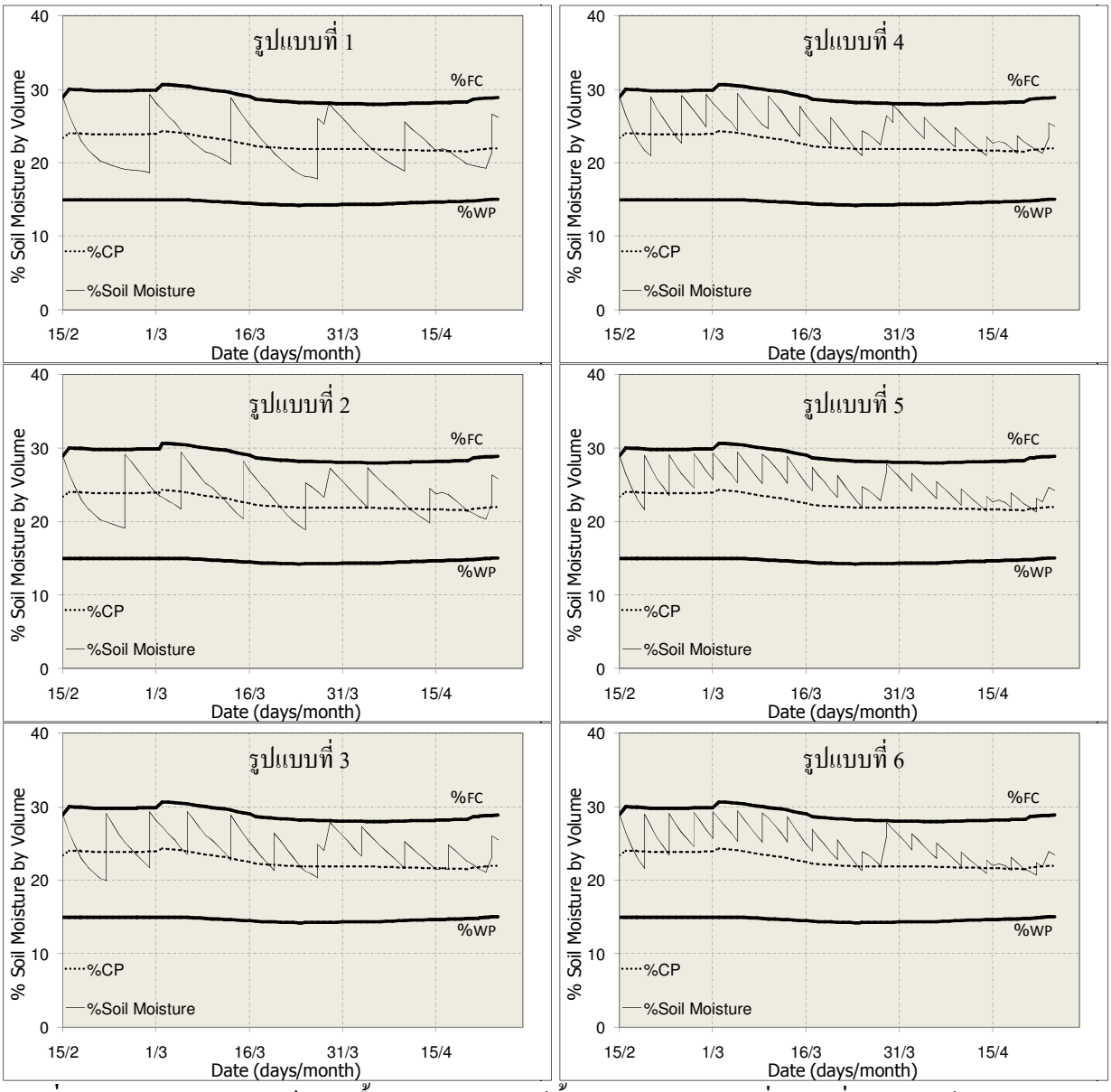
**4.3 ผลการจำลองสถานการณ์กำหนดการให้น้ำชลประทานที่รอบเวรแตกต่างกัน**

จากผลการทดลองวิธีการให้น้ำชลประทานแก่ถั่วเขียว ข้าวโพดและมันฝรั่งในวิธีที่ 3 ซึ่งจะแบ่งกำหนดรอบวันและปริมาณการให้น้ำในแต่ละครั้งที่แตกต่างกัน พบว่าเป็นการให้น้ำที่สะดวกมากกว่าวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากกว่าวิธีอื่นด้วย ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองหารอบเวรการให้น้ำที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยใช้ข้อมูลการปลูกในช่วงฤดูร้อน โดยแบ่งรอบเวรการให้น้ำเป็นรูปแบบต่างๆ ได้แก่ 14, 10, 7, 5 และ 4 วันต่อการให้น้ำ 1 ครั้ง โดยมีความลึกของการให้น้ำรวมในแต่ละรูปแบบใกล้เคียงกันมากที่สุด และกำหนดความลึกของการให้น้ำแก่พืชที่ทำให้ผลผลิตไม่ลดลง จากตารางที่ 8 พบว่า ถั่วเขียวจะมีปริมาณน้ำชลประทานที่ความลึก 211.5 มิลลิเมตร ข้าวโพด 299.7 มิลลิเมตร และมันฝรั่ง 350.2 มิลลิเมตร

ผลการทดลองสรุปดังภาพที่ 19 ถึง 21 และตารางที่ 9 ถึง 11 ดังนี้

**ตารางที่ 9** รูปแบบรอบเวรและปริมาณการให้น้ำชลประทานของถั่วเขียว

| รูปแบบรอบเวรการให้น้ำ | ปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชแต่ละครั้ง (มิลลิเมตร) | ปริมาณน้ำรวมทั้งฤดูการปลูก (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|
| รูปแบบที่ 1 ให้น้ำ 14 วันต่อครั้ง | 35.5 | 213.0 |
| รูปแบบที่ 2 ให้น้ำ 10 วันต่อครั้ง | 26.5 | 212.0 |
| รูปแบบที่ 3 ให้น้ำ 7 วันต่อครั้ง | 19.5 | 214.5 |
| รูปแบบที่ 4 ให้น้ำ 5 วันต่อครั้ง | 14.0 | 210.0 |
| รูปแบบที่ 5 ให้น้ำ 4 วันต่อครั้ง | 11.5 | 207.0 |
| รูปแบบที่ 6 ให้น้ำ 4 วันต่อครั้ง | 10.5 | 189.0 |




**ภาพที่ 19** กราฟความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทานในวิธีที่3 ของถั่วเขียวฤดูร้อน โดยแบ่งรอบเวรและปริมาณให้น้ำต่างกัน

**ตารางที่ 10** ผลการทดลองการให้น้ำชลประทานวิธีที่3 ของถั่วเขียวในฤดูร้อนที่รอบเวรต่างกัน

| | Irrigation Depth(mm)/Frequency(Day) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 35.5/14 | 26.5/10 | 19.5/7 | 14/5 | 11.5/4* | 10.5/4* |
| Total Irrigation Depth(mm) | 213 | 212 | 214.5 | 210 | 207 | 189 |
| ETm | 234.1 | 234.1 | 234.1 | 234.1 | 234.1 | 234.1 |
| ETa | 201.5 | 220.4 | 230.7 | 232.9 | 233.8 | 232.9 |
| Water excess(mm) | 46.23 | 34.4 | 28.16 | 26.00 | 27.45 | 15.52 |
| %Total Yield Decreases | 16.0 | 6.7 | 1.7 | 0.6 | 0.2 | 0.6 |
| %Scheduling Efficiency | 78.28 | 83.77 | 86.87 | 87.62 | 86.74 | 91.79 |

จากตารางที่ 9 เป็นการแบ่งกำหนดวันและปริมาณการให้น้ำแก่ถั่วเขียวเพื่อหาข้อสรุปว่าวิธีกำหนดการให้น้ำแบบไหนดีที่สุดแก่ถั่วเขียว ซึ่งเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 19 (รูปแบบที่ 5 และ 6) พบว่าเส้นกราฟปริมาณความชื้นในดิน จะอยู่เหนือเส้นกราฟปริมาณความชื้นที่จุดวิกฤต จะแตกต่างกับ (รูปแบบที่ 1 และ 2) ซึ่งเส้นกราฟปริมาณความชื้นในดินต่ำกว่าเส้นกราฟปริมาณความชื้นที่จุดวิกฤตหลายครั้งตลอดฤดูเพาะปลูก ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้ลดลง 16% และ6.7% ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 10

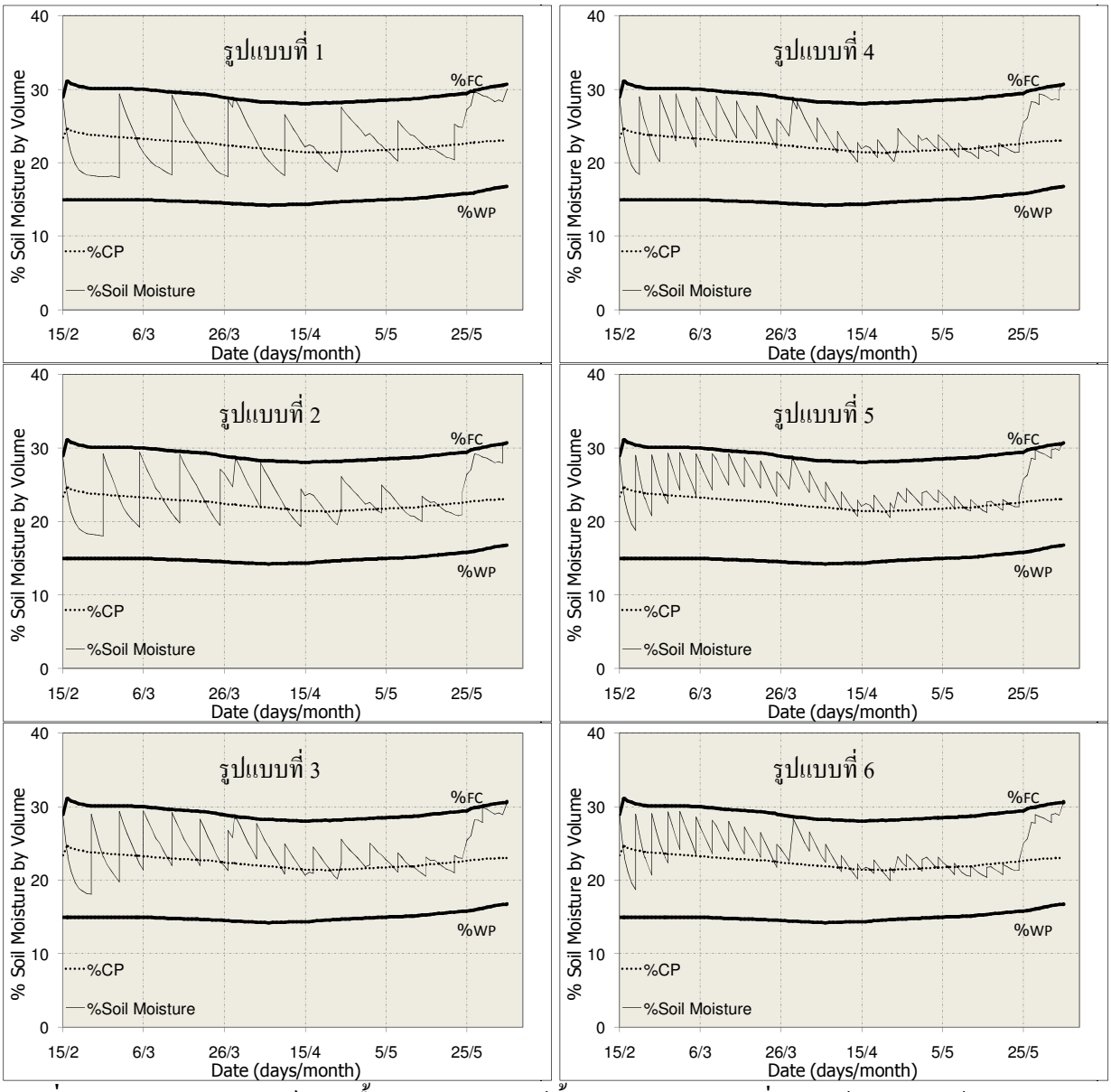
จากตารางที่ 10 จะเห็นได้ว่าการให้น้ำที่รอบเวร 4 วันต่อครั้งครั้งละ 11.5 มิลลิเมตร เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ลดลงจะน้อยที่สุด และ การให้น้ำที่ 4 วันครั้งครั้งละ 10.5 มิลลิเมตร ประสิทธิภาพการกำหนดการให้น้ำชลประทานจะมีค่ามากที่สุด เพราะอัตราส่วนระหว่างการใช้น้ำของถั่วเขียวสูงสุด (ETm) กับปริมาณการใช้น้ำของถั่วเขียวแท้จริง (ETa) มีปริมาณแตกต่างกันไม่มาก แต่เมื่อดูจากปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชไปแล้วไม่เกิดประโยชน์ (Water Excess) รูปแบบการให้น้ำที่ 4 วัน ครั้งครั้งละ 11.5 มิลลิเมตร จะเกิดการสูญเสียน้ำมากกว่า รูปแบบ 4 วันครั้งครั้งละ 10.5 มิลลิเมตร

ฉะนั้นจากตารางที่ 10 การเลือกระยะเวลาการให้น้ำถั่วเขียวที่ปลูกในฤดูร้อน

1) ที่ 4 วันครั้ง ครั้งละ 11.5 มิลลิเมตร ถ้าต้องการให้ผลผลิตออกมาสูงในกรณีที่มีน้ำเพียงพอ
2) ที่ 4 วันครั้ง ครั้งละ 10.5 มิลลิเมตร ถ้าต้องการให้ใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดและผลผลิตออกมายอมรับได้

**ตารางที่ 11** รูปแบบรอบเวรและปริมาณการให้น้ำชลประทานของข้าวโพด

| รูปแบบรอบเวรการให้น้ำ | ปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชแต่ละครั้ง (มิลลิเมตร) | ปริมาณน้ำรวมทั้งฤดูการปลูก (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|
| รูปแบบที่ 1 ให้น้ำ 14 วันต่อครั้ง | 37.5 | 300.0 |
| รูปแบบที่ 2 ให้น้ำ 10 วันต่อครั้ง | 25.0 | 300.0 |
| รูปแบบที่ 3 ให้น้ำ 7 วันต่อครั้ง | 18.5 | 296.0 |
| รูปแบบที่ 4 ให้น้ำ 5 วันต่อครั้ง | 13.0 | 299.0 |
| รูปแบบที่ 5 ให้น้ำ 4 วันต่อครั้ง | 11.0 | 308.0 |
| รูปแบบที่ 6 ให้น้ำ 4 วันต่อครั้ง | 10.0 | 280.0 |




**ภาพที่ 20** กราฟความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทานในวิธีที่3 ของข้าวโพดฤดูร้อน โดยแบ่งรอบเวรและปริมาณให้น้ำต่างกัน

**ตารางที่ 12** ผลการทดลองการให้น้ำชลประทานวิธีที่3 ของข้าวโพดในฤดูร้อนที่รอบเวรต่างกัน

| | Irrigation Depth(mm)/Frequency(Day) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 37.5/14 | 25/10 | 18.5/7 | 13/5 | 11/4* | 10/4* |
| Total Irrigation Depth(mm) | 300 | 300 | 296 | 299 | 308 | 280 |
| ETm | 396.3 | 396.3 | 396.3 | 396.3 | 396.3 | 396.3 |
| ETa | 345.8 | 364 | 381.2 | 383.7 | 390.8 | 382.5 |
| Water excess(mm) | 44.54 | 18.33 | 7.90 | 8.24 | 11.00 | 0.07 |
| %Total Yield Decresase | 15.9 | 10.2 | 4.8 | 4.0 | 1.7 | 4.4 |
| %Scheduling Efficiency | 85.15 | 93.89 | 97.33 | 97.25 | 96.43 | 99.98 |

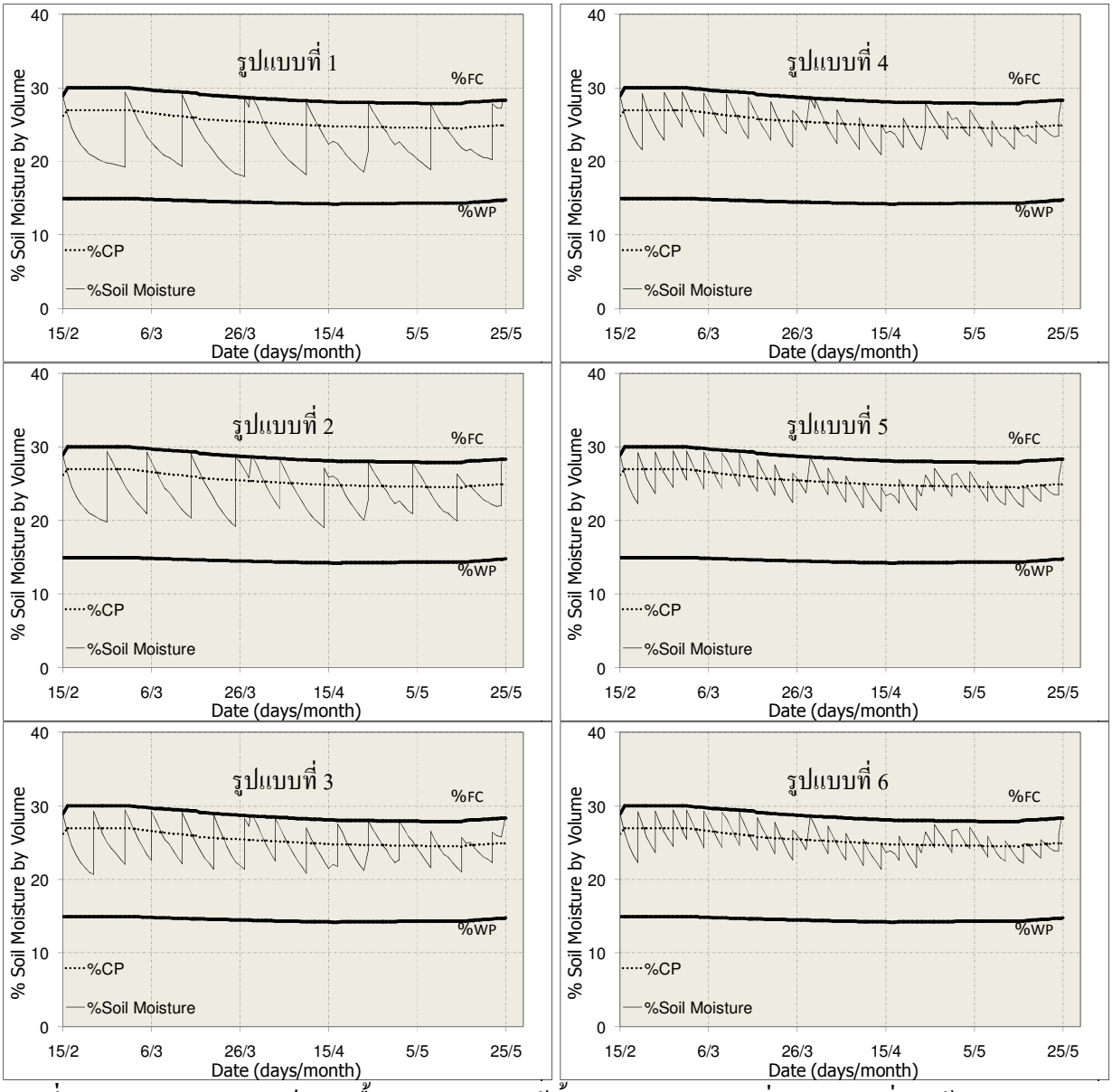
จากตารางที่ 11 จะเป็นการกำหนดแบ่งเวลาการให้น้ำและปริมาณน้ำชลประทานที่ให้แก่ข้าวโพด เพื่อหาการกำหนดวันแบ่งการให้น้ำแก่ข้าวโพดแบบใดจึงเกิดผลดีที่สุด จากภาพที่ 15 (รูปแบบที่ 5) เส้นกราฟปริมาณความชื้นในดิน จะอยู่บนช่วงระหว่าง เส้นกราฟความชื้นชลประทานและเส้นกราฟจุดความชื้นวิกฤตมากที่สุดตลอดเส้นกราฟ เพราะมีกำหนดการให้น้ำที่ถี่และปริมาณน้ำที่ให้พอเหมาะกว่ากำหนดการให้น้ำอื่น แต่ทั้งนี้การให้น้ำถี่แต่ให้น้ำในปริมาณมากจะทำให้เกิดน้ำที่ให้ไปแล้วไม่ได้เกิดประโยชน์ขึ้นมากอีกด้วย และเมื่อพิจารณาในตารางที่ 12 กำหนดการให้น้ำที่ 4 วันครั้งจะเห็นค่าปริมาณการใช้น้ำสูงสุด (ETm) จะมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่ข้าวโพดใช้จริง (ETa) มากกว่าการกำหนดให้น้ำในช่วงอื่น จะได้ว่าการให้น้ำที่ 4 วัน ครั้งครั้งละ 11 มิลลิเมตร เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ลดลงจะน้อยที่สุด และ การให้น้ำที่ 4 วันครั้งครั้งละ 10 มิลลิเมตร เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการกำหนดการให้น้ำจะมีค่ามากที่สุด

จากตารางที่ 12 ที่พิจารณาการเลือกระยะเวลาการให้น้ำข้าวโพดที่ปลูกในฤดูร้อน

1. ที่ 4 วันครั้ง ครั้งละ 11 มิลลิเมตร ถ้าต้องการให้ผลผลิตออกมาสูงในกรณีที่มีน้ำเพียงพอหรืออาจเพิ่มปริมาณน้ำที่จะให้แต่ละครั้งเป็น 11.5 ถึง 12 มิลลิเมตร ต่อครั้ง เพื่อให้ผลผลิตออกมาดีกว่าเดิม
2. ที่ 4 วันครั้ง ครั้งละ 10 มิลลิเมตร ถ้าต้องการให้ใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดและผลผลิตออกมายอมรับได้

**ตารางที่ 13** รูปแบบรอบเวรและปริมาณการให้น้ำชลประทานของมันฝรั่ง

| รูปแบบรอบเวรการให้น้ำ | ปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชแต่ละครั้ง (มิลลิเมตร) | ปริมาณน้ำรวมทั้งฤดูการปลูก (มิลลิเมตร) |
|---|---|---|
| รูปแบบที่ 1 ให้น้ำ 14 วันต่อครั้ง | 43.5 | 348.0 |
| รูปแบบที่ 2 ให้น้ำ 10 วันต่อครั้ง | 32.0 | 352.0 |
| รูปแบบที่ 3 ให้น้ำ 7 วันต่อครั้ง | 23.5 | 352.5 |
| รูปแบบที่ 4 ให้น้ำ 5 วันต่อครั้ง | 16.5 | 346.5 |
| รูปแบบที่ 5 ให้น้ำ 4 วันต่อครั้ง | 13.5 | 351.0 |
| รูปแบบที่ 6 ให้น้ำ 4 วันต่อครั้ง | 13.0 | 338.0 |




**ภาพที่ 21** กราฟความสัมพันธ์ความชื้นในดินในการให้น้ำชลประทานในวิธีที่3 ของมันฝรั่งฤดูร้อน โดยแบ่งรอบเวรและปริมาณให้น้ำต่างกัน

**ตารางที่ 14** ผลการทดลองการให้น้ำชลประทานวิธีที่3 ของมันฝรั่งในฤดูร้อนที่รอบเวรต่างกัน

| | Irrigation Depth(mm)/Frequency(Day) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 43.5/14 | 32/10 | 23.5/7 | 16.5/5 | 13.5/4* | 13/4* |
| Total Irrigation Depth(mm) | 348 | 352 | 352.5 | 346.5 | 351 | 338 |
| ETm | 389.7 | 389.7 | 389.7 | 389.7 | 389.7 | 389.7 |
| ETa | 283.7 | 318 | 345.8 | 357.1 | 366.9 | 361.7 |
| Water excess(mm) | 100.74 | 74.06 | 52.11 | 42.41 | 38.17 | 33.67 |
| %Total Yield Decresase | 29.9 | 20.2 | 12.4 | 9.2 | 6.4 | 7.9 |
| %Scheduling Efficiency | 71.05 | 78.96 | 85.22 | 87.76 | 89.13 | 90.04 |

จากตารางที่ 13 จะเห็นว่าเป็นการแบ่งกำหนดการให้น้ำของมันฝรั่งเพื่อดูกำหนดการที่เหมาะสมแก่การให้น้ำมันฝรั่ง จากการสังเกตภาพที่ 16 ทั้งกำหนดการให้น้ำทั้ง 6 แบบ เส้นกราฟปริมาณความชื้นในดินจะลดลงไปอยู่ต่ำกว่าเส้นกราฟจุดปริมาณความชื้นวิกฤตของมันฝรั่งค่อนข้างมากและหลายช่วงเวลา จึงทำให้เกิดการลดลงของผลผลิตมันฝรั่งที่ออกมาค่อนข้างสูง ซึ่งเมื่อดูจากตารางที่ 14 จะเห็นว่าปริมาณผลผลิตที่ลดลงมาน้อยที่สุด คือ 6.4% ของปริมาณผลผลิตสูงสุดของมันฝรั่ง และเมื่อเทียบกับกับปริมาณที่ให้น้ำไปแล้วไม่เกิดประโยชน์ถือว่ามีปริมาณมากพอสมควรกับปริมาณน้ำที่เสียไป น้อยที่สุดคือ 33.67 มิลลิเมตร ตลอดระยะเวลาการปลูก

ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า ควรหลีกเลี่ยงการปลูกมันฝรั่งในฤดูร้อนแต่มีความต้องการปลูกและมีน้ำต้นทุนเพียงพอ จากภาพที่ 13 กรณีที่ 1 จะเห็นว่าการให้น้ำแก่มันฝรั่งจะมีรอบเวรที่ถี่มากกว่า ข้าวโพดและถั่วเขียว เพื่อให้ปริมาณความชื้นในดินไม่ลดลงต่ำกว่าความชื้นที่จุดวิกฤต แต่ถ้าต้องการความสะดวกต่อการให้น้ำ จากตารางที่ 14 การให้น้ำที่ 4 วัน ครั้งครั้งละ 13.5 มิลลิเมตร เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ลดลงจะน้อยที่สุดจึงควรเลือกกำหนดการนี้เพื่อความสะดวกแก่การให้น้ำ

สรุปผลจากการให้น้ำด้วยวิธีกำหนดวันและปริมาณน้ำที่ให้ดังที่ได้กล่าวมาจะเห็นว่ายิ่งรอบเวรการให้น้ำที่ถี่ขึ้นจะทำให้เส้นกราฟปริมาณความชื้นในดินอยู่สูงกว่าเส้นกราฟปริมาณความชื้นที่จุดวิกฤต ซึ่งจะส่งผลให้ผลผลิตของพืชที่ลดลงเนื่องจากสภาวะการขาดน้ำน้อยลงอย่างไรก็ตามเมื่อระยะการเจริญเติบโตของพืชเติบโตไปถึงประมาณกลางฤดูการเพาะปลูกค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจะเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น ภาพที่ 15 (รูปแบบที่ 6) เห็นว่าจะเกิดการขาดน้ำขึ้น ซึ่งในช่วงนั้นควรมีการเพิ่มปริมาณการให้น้ำชลประทานจากปริมาณการให้น้ำในช่วงการเจริญเติบโตของพืชในช่วงแรก

# บทที่ 5
# สรุปผล

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

โปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG ต้องการข้อมูล ดังนี้

5.1.1 ข้อมูลดินในที่นี้ได้ใช้ข้อมูลชุดดินกำแพงแสน (สันติ, 2538) โดยนำค่าเปอร์เซ็นต์ดินเหนียว ดินทราย ดินตะกอน ป้อนค่าในโปรแกรม Soil Texture Triangle Hydraulic Properties Calculator ผ่านทางเว็บไซด์ แล้วนำค่าความชื้นชลประทาน และจุดเหี่ยวเฉาถาวร ของแต่ละชั้นความลึกดินของข้อมูลดินป้อนลงในของโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG อีกครั้ง

5.1.2 ข้อมูลพืชอ้างอิงจาก FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33 (FAO, 1986) โดยใช้ถั่วเขียว ข้าวโพดและมันฝรั่งสำหรับ ข้อมูลพืช จะต้องทราบถึงระยะเวลาการปลูก แฟคเตอร์การตอบสนองของการขาดน้ำของพืช (Ky) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)

5.1.3 ข้อมูลทางสภาพอากาศได้ใช้การคำนวณค่า ETo โดยใช้ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา จากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม เพื่อให้ทราบค่าการใช้น้ำของพืชสูงสุด (ETm = ETo × Kc) ของพืชในแต่ละชนิด โดยอาศัยโปรแกรม Evap 56

เมื่อได้ข้อมูลครบจึงได้ทำการจำลองวิธีการให้น้ำแก่พืช ในแต่ละวิธีที่แตกต่างกัน เพื่อให้ทราบถึงวิธีการให้น้ำที่สะดวกและไม่ส่งผลกระทบถึงผลผลิตที่ออกมา

จากผลการทดลองพบว่าพืชที่ไม่เหมาะแก่การปลูกในฤดูร้อน คือมันฝรั่ง เพราะมันฝรั่งมีการตอบสนองต่อการขาดน้ำสูงมาก

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จะเห็นได้ว่าจะมีความแตกต่างกันเมื่อมีการให้น้ำชลประทานด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ซึ่งการให้น้ำโดยที่พืชไม่ขาดน้ำเลยจะมีผลผลิตออกมาได้สูงสุด แต่การให้น้ำโดยวิธีการนี้ในทางปฏิบัติจริงนั้นสามารถทำได้ยาก เพื่อให้ประหยัดทั้งน้ำและเวลาให้น้ำที่แม่นยำดังทฤษฎี ดังนั้นจึงเพื่อให้เหมาะสมกับการปฏิบัติที่ทำได้โดยง่ายจึงควรกำหนด รอบเวรให้น้ำและปริมาณให้น้ำที่เหมาะสม เพื่อให้ผลผลิตออกมาในปริมาณที่สามารถยอมรับได้จะเป็นการง่ายที่สุด

ในฤดูฝนพืชที่มีผลผลิตลดลงมากที่สุดเมื่อไม่ให้น้ำชลประทานคือ มันฝรั่ง 1.8 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุด (ETm) คือข้าวโพด 280.4 มิลลิเมตร และในวิธีที่ 3 ประสิทธิภาพการให้น้ำชลประทานแก่พืชที่ดีที่สุดคือ มันฝรั่ง 62.24 เปอร์เซ็นต์

ในฤดูร้อนพืชที่มีผลผลิตลดลงมากที่สุดเมื่อไม่ให้น้ำชลประทานคือมันฝรั่ง 80.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุด (ETm) คือข้าวโพด 396.3 มิลลิเมตร และในวิธีที่ 3 ประสิทธิภาพการให้น้ำชลประทานแก่พืชที่ดีที่สุดคือ ข้าวโพด 92.41 เปอร์เซ็นต์

**5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง**

โปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG สามารถจำลองได้ถึงปริมาณความชื้นในดินที่พืชมีความสามารถนำไปใช้ได้ในฤดูกาลปลูก และคำนวณปริมาณน้ำชลประทาน รอบเวรการให้น้ำที่ให้แก่พืชเมื่อพืชเกิดการขาดน้ำ แสดงปริมาณผลผลิตพืชที่ลดลงเมื่อพืชเกิดการขาดน้ำ อีกทั้งยังคำนวณได้ถึงปริมาณน้ำชลประทานที่ให้แก่พืชแล้วไม่เกิดประโยชน์ด้วย

อย่างไรก็ตามแบบจำลอง Win ISAREG ไม่สามารถคำนวณปริมาณฝนใช้การได้ ในที่นี้จึงใช้ฝนปกติในการป้อนข้อมูล ดังนั้นหากต้องการความถูกต้องในการคำนวณปริมาณฝน ควรคำนวณเป็นฝนใช้การก่อนป้อนข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม นอกจากนี้แบบจำลอง Win ISAREG ไม่สามารถคำนวณถึง ระดับความชื้นชลประทาน (Field Capacity) และจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Wilting Point) ได้ จึงต้องใช้โปรแกรม Soil Texture Triangle Hydraulic Properties Calculator. ผ่านทางเว็บไซด์ อีกทั้งโปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG ยังไม่สามารถคำนวณถึง แฟคเตอร์การตอบสนองของผลผลิตพืชในการขาดน้ำในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตได้ ซึ่งในโปรแกรม จะใช้การคำนวณแฟคเตอร์ดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยตลอดฤดูเพาะปลูก

ในการให้น้ำชลประทานด้วยวิธีที่ 3 ยังมีข้อจำกัดการแบ่งรอบเวรการให้น้ำที่ถี่ขึ้นไม่สามารถทำได้ เพราะโปรแกรม Win ISAREG สามารถกำหนดแบ่งรอบเวรการให้น้ำได้มากที่สุดเพียง 30 ครั้งต่อฤดูการปลูกเท่านั้น

**5.3 ข้อเสนอแนะ**

5.3.1 แบบจำลอง Win ISAREG สามารถนำไปใช้ในการชลประทานเพื่อคำนวณหาค่าปริมาณการส่งน้ำ ในพื้นที่โครงการชลประทานที่รับผิดชอบได้

จากผลการทดลอง วิธีการให้น้ำจะสามารถเลือกวิธีการให้น้ำได้ทั้ง 4 วิธี

วิธีที่ 1 คือการให้น้ำแบบเต็มที่โดยพืชไม่ขาดน้ำผลผลิตจึงออกมาสูงสุดเช่นกัน แต่วิธีนี้ในทางปฏิบัติจริงสามารถกระทำได้ยากซึ่งเหมาะกับโครงการที่ใช้การลงทุนมากและประมาณน้ำต้นทุนที่มีน้อย ใช้ได้ทั้งฤดูฝนและฤดูร้อน

วิธีที่ 2 คือการให้น้ำเมื่อความชื้นในดินลดลงถึงจุดกำหนด ในทางปฏิบัติจริงทำได้ยากและมีโอกาสผิดพลาดสูงในการให้น้ำ จึงมีผลส่งให้ผลผลิตที่ออกมาอาจจะลดลงได้

วิธีที่ 3 คือการให้น้ำโดยกำหนดวันและปริมาณ เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในทางปฏิบัติการให้น้ำจริงแต่ควรจะปรับเปลี่ยนกำหนดเวลาและปริมาณน้ำให้เหมาะสมกับพืชชนิดนั้นๆ

วิธีที่ 4 คือไม่ให้น้ำเลยซึ่งเหมาะกับการปลูกพืชในฤดูฝนมาก แต่ไม่เหมาะกับฤดูร้อนซึ่งอาจจะทำให้พืชล้มตายได้

5.3.2 ในการทดลองนี้ไม่ได้นำข้อมูลน้ำใต้ดินมาประกอบการคำนวณด้วย ทั้งนี้โปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG สามารถนำข้อมูลระดับน้ำใต้ดินมาประกอบการคำนวณได้ ซึ่งจะมีผลต่อการคำนวณปริมาณการให้น้ำแก่พืชและกำหนดการให้น้ำพืชด้วย นอกจากนี้ในการทดลองนี้ไม่ได้ทำการป้อนค่าความเค็มของดิน ทั้งนี้โปรแกรมแบบจำลอง Win ISAREG สามารถประเมินการลดลงของผลผลิตหรือการคำนวณน้ำชลประทานกรณีดินมีความเค็มได้ อีกทั้งแบบจำลองยังสามารถวิเคราะห์ได้ถึงกรณีน้ำต้นทุนมีจำกัดซึ่งจะอยู่ในฟังก์ชัน Water Restrictions สามารถกำหนดว่าช่วงไหนไม่สามารถให้น้ำได้ ดังนั้นในการทดลองในอนาคตสามารถทำการทดลองโดยใช้ข้อมูลน้ำใต้ดินและความเค็มของดินเข้ามาประกอบด้วย จะทำให้ผลการคำนวณถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.3.3 ในการทดลองนี้อ้างอิงข้อมูลพารามิเตอร์พืชตาม FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33 ทั้งนี้ในการทดลองครั้งต่อๆ ไปควรใช้ข้อมูลพารามิเตอร์พืชในประเทศไทย จึงจะทำให้เกิดการสอดคล้องกับข้อมูลชุดดินและภูมิอากาศในประเทศไทย นอกจากนี้แล้วควรจะมีการตรวจสอบเปรียบเทียบผลกับการจำลองด้วยโปรแกรมกับการทดลองปลูกจริงในภาคสนาม

# เอกสารอ้างอิง

มนตรี ค้ำชู. ม.ป.ป. **เอกสารประกอบคำบรรยายหลักชลประทาน.** 73 หน้า

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526**. หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 274 หน้า

สันติ รัตนอานุภาพ, 2538. **ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของ ชุดดินกำแพงแสนและชุดดินท่าแซะ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โอสถ ชาญเวชช์, 2543. **ปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและค่าสัมประสิทธ์พืช.** ส่วนเกษตรชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. 109 หน้า

J.Doorenbos, A.H. Kassam, C.L.M Bentvelsen, V. Branscheid, J.M.G.A. Plusje, M.Smith, G.O.Uittenbogaard, H.K. Van Der Wal. 1986. **Yield Response to water FAO Irrigation and drainage Paper 33** .193 Page

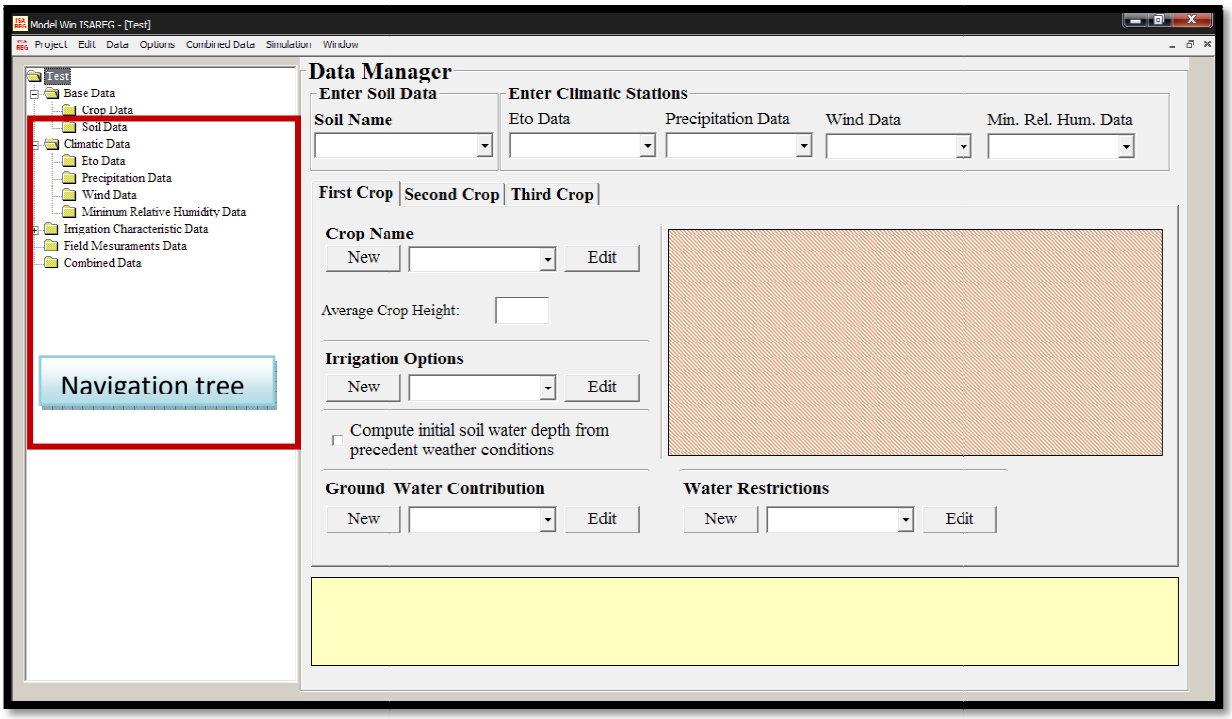
Program Soil Texture Triangle Hydraulic Properties Calculator , แหล่งที่มา http://staffweb.wilkes.edu/brian.oram/soilwatr.htm , 7 เม.ย. 2554

# ภาคผนวก

**ภาพผนวกที่ 1** หน้าต่างแรกในโปรแกรม WinIsareg

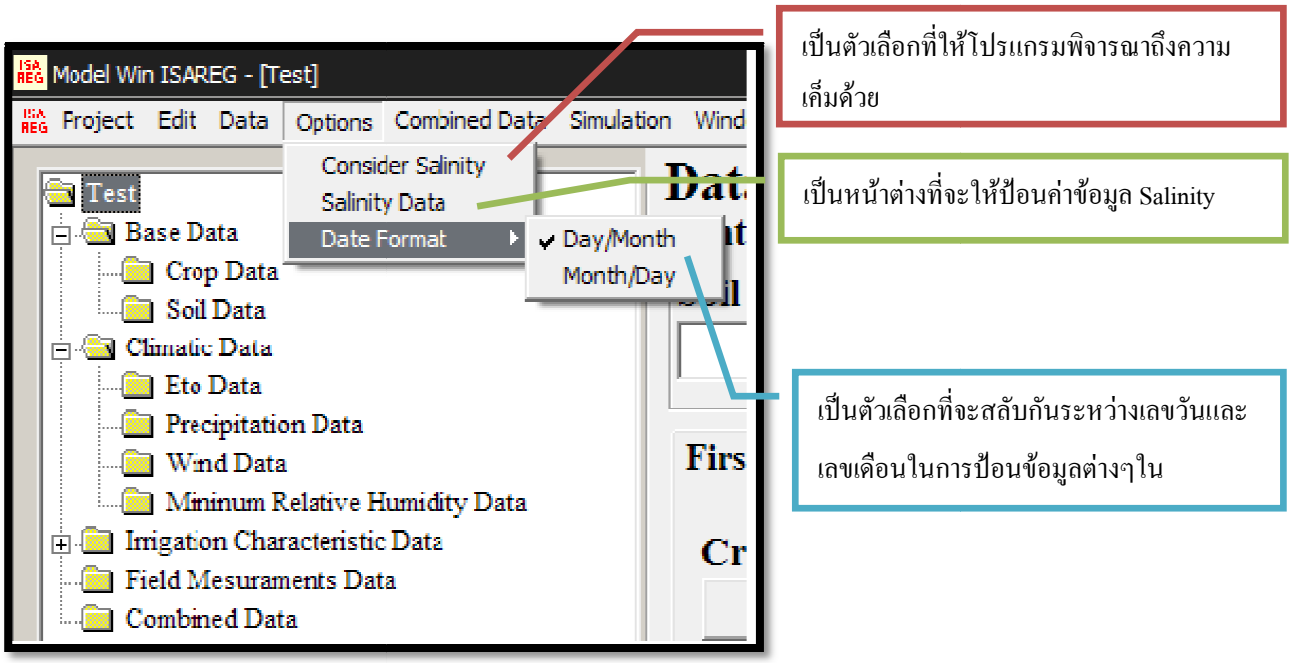
•เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาโปรแกรมจะให้เลือกสร้างข้อมูลใหม่หรือ เปิดข้อมูลที่มีอยู่แล้ว

หลังจากเลือก Create a new จะทำการบันทึกข้อมูลเป็นไฟล์ *.ISR และจะแสดงเมนูหลักตามภาพผนวกที่ 2

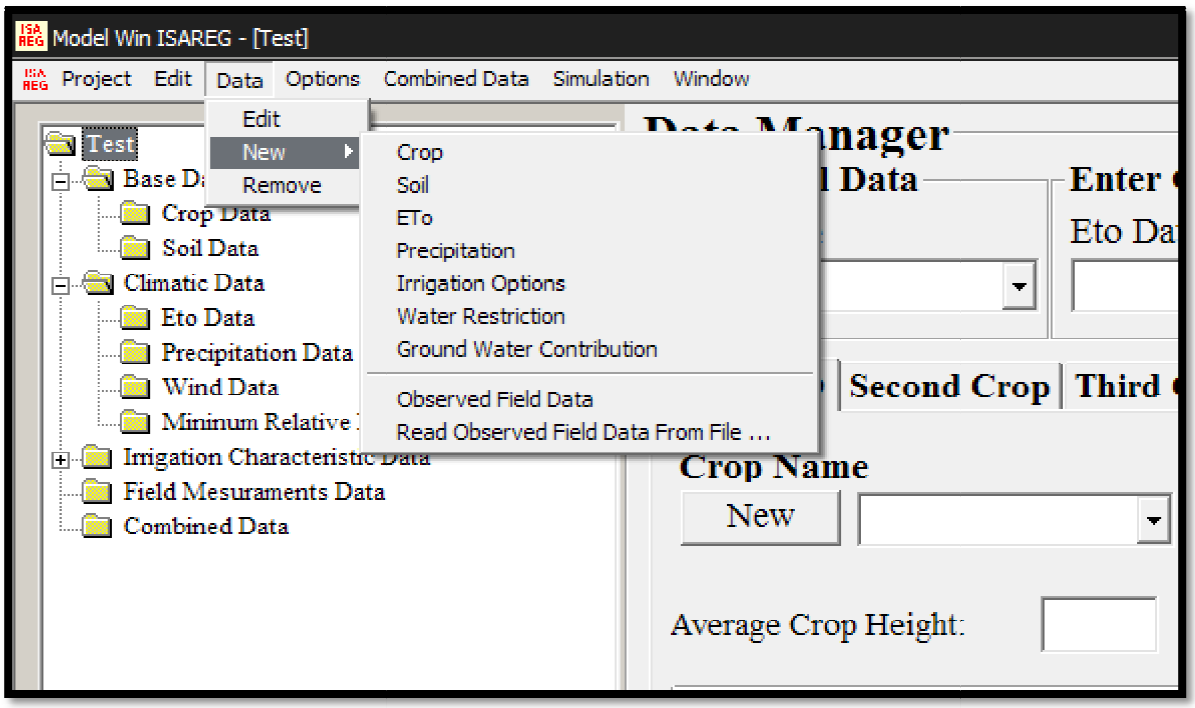



**ภาพผนวกที่ 2** หน้าต่างหลักโปรแกรม WinIsareg

•หลังจากเปิดหน้าเมนูหลักแล้ว ในกรอบ Navigation tree จะเป็นการแสดงหัวข้อข้อมูลจำเป็นที่เราต้องป้อนค่าลงไป



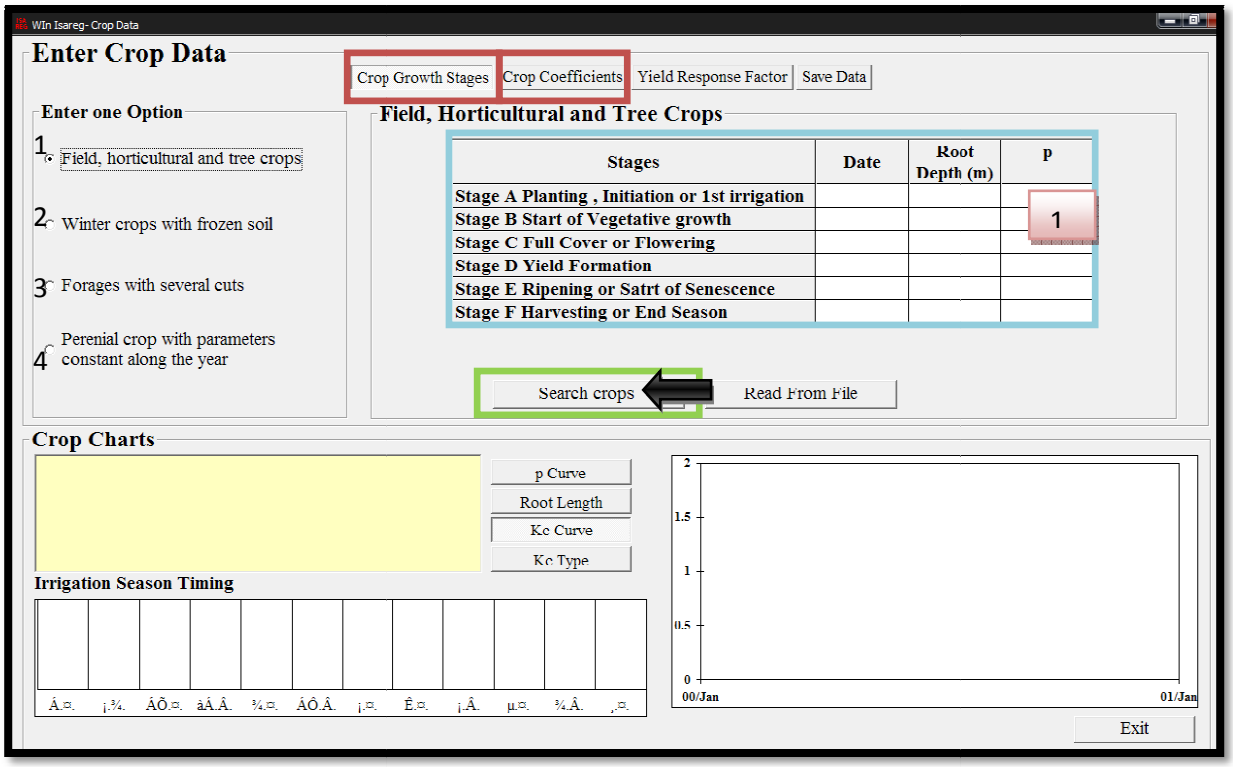

**ภาพผนวกที่ 3** แสดงหน้าตัวเลือกปรับแต่งหน่วยของโปรแกรม WinIsareg




**ภาพผนวกที่ 4** แสดงการสร้างฟังก์ชันข้อมูล

•แสดงถึงการสร้างข้อมูลในหัวข้อหลักต่างๆ เช่น พารามิเตอร์ของพืช ดิน การใช้น้ำของพืช ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

## Enter Crop Data




**ภาพผนวกที่ 5** การสร้างข้อมูลพืช

1. Field , horticultural and tree crops (ใช้สำหรับ พื้นที่การเกษตรแบบพืชไร่พืชสวน)

2. Winter Crops with frozen soil (ใช้สำหรับพืชเมืองหนาว และมีดินที่มีความเย็นจัด)

3. Forages with several cut (ใช้สำหรับ ต้นไม้ที่ใช้ต้นเป็นผลผลิต)

4. Perenial crop with parameters constant along the year (ใช้สำหรับไม้ยืนต้นที่มีค่าตัวแปรเท่าเดิมตลอดทั้งปี)

การเจริญเติบโตของพืชจะพัฒนา ตามกรอบที่1 ในภาพผนวกที่ 5 ดังนี้

Initial, from dates A to B

Development, from B to C

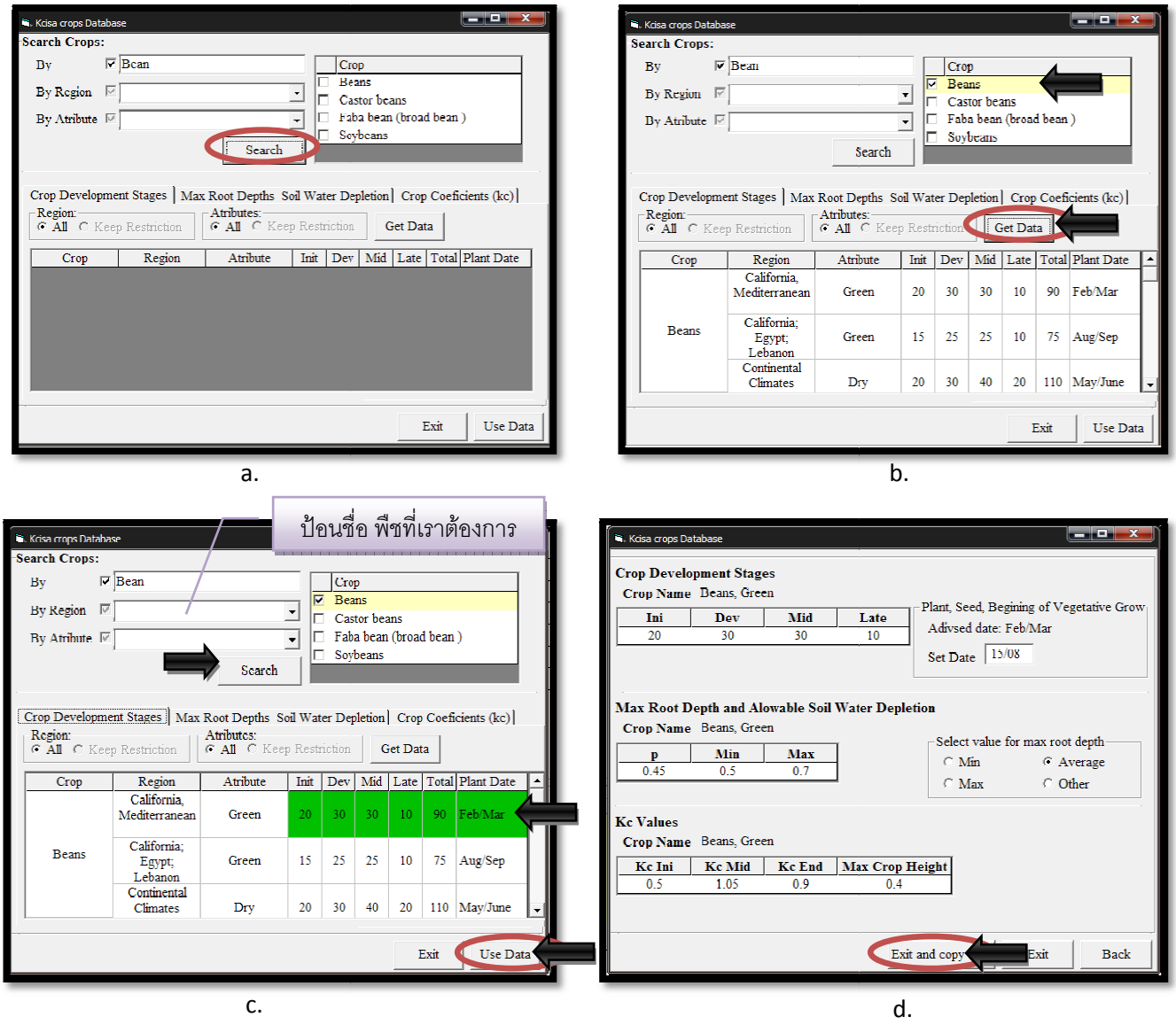
Early mid season, from C to D

Late mid season, from D to E, and

End season, From E to F.

**เลือกใช้ ตัวเลือกหัวข้อ Field , horticultural and tree crops

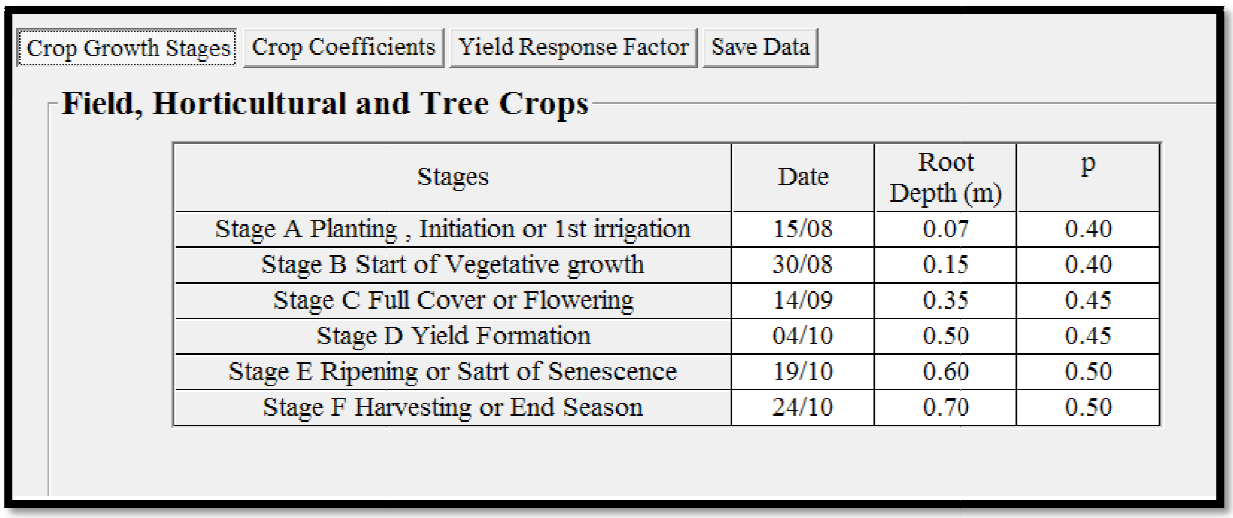
การป้อนค่า Crop Growth Stages และCrop Coefficients จะแสดงใน ภาพผนวกที่ 6 ดังนี้




**ภาพผนวกที่ 6** การค้นหาข้อมูลพืชที่มีอยู่ในโปรแกรม WinIsareg

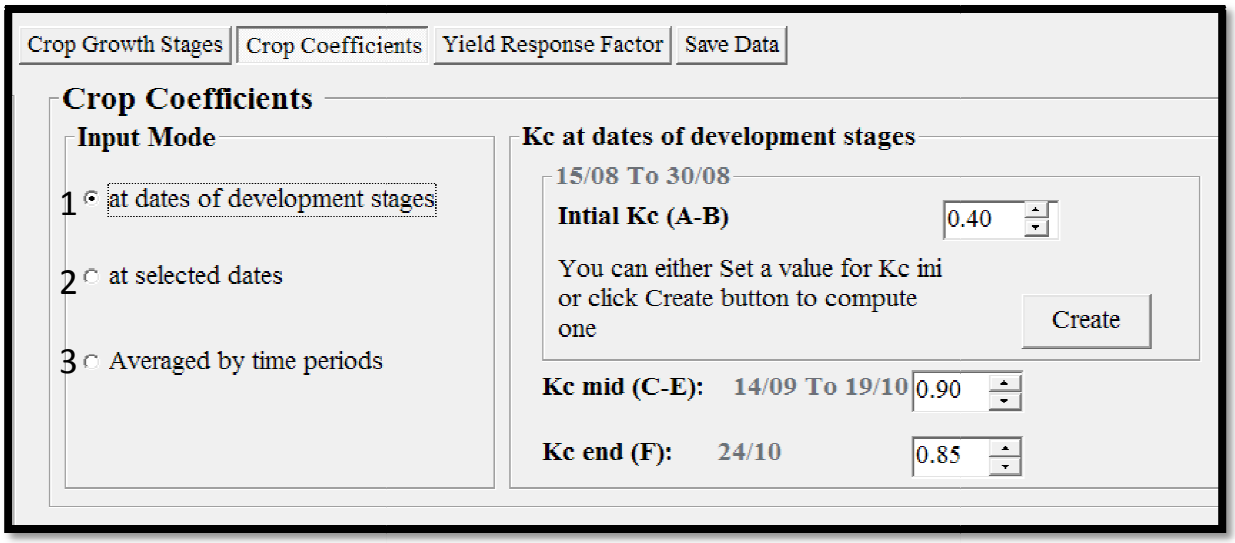
• เมื่อคลิ๊กที่ Search Crops ตามภาพผนวกที่ 5 จะได้ ตามภาพผนวกที่ 6 (a) ซึ่งเป็น Searching information on the crops database Window จากนั้นทำตามขั้นตอน ตามภาพผนวกที่ 6 (a) จนถึง (d)

**หรือนำค่ามาจากหนังสือ FAO 33 (แล้วจะได้ค่าออกมาดัง ภาพผนวกที่ 7)




| Stages | Date | Root Depth (m) | p |
|---|---|---|---|
| Stage A Planting , Initiation or 1st irrigation | 15/08 | 0.07 | 0.40 |
| Stage B Start of Vegetative growth | 30/08 | 0.15 | 0.40 |
| Stage C Full Cover or Flowering | 14/09 | 0.35 | 0.45 |
| Stage D Yield Formation | 04/10 | 0.50 | 0.45 |
| Stage E Ripening or Satrt of Senescence | 19/10 | 0.60 | 0.50 |
| Stage F Harvesting or End Season | 24/10 | 0.70 | 0.50 |

**ภาพผนวกที่ 7** การป้อนข้อมูลวันในการเจริญเติบโตของพืช



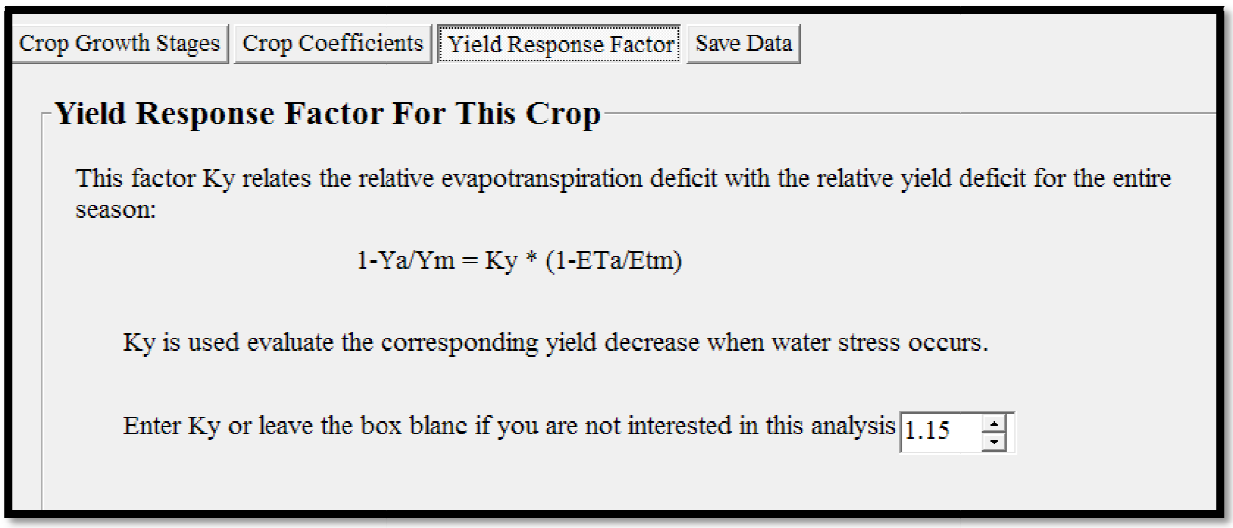

**ภาพผนวกที่ 8** การป้อนข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ในภาพผนวกที่ 8 เป็นการใส่ค่า Crop Coefficients โดยจะมีตัวเลือก

1. At dates of development stages คือจะเป็นการป้อนค่า Kc ตามในแต่ละช่วงของพืชที่ได้เติบโตไปถึงขั้นนั้นๆ ตาม Crop growth stages

2. At selected dates คือการป้อนค่า Kc แบบกำหนดวันในช่วงระยะวันเวลาในการปลูกว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่า Kcในช่วงวันใดบ้าง

3. Averaged by time periods คือการป้อนค่า Kc แบบเฉลี่ย โดยจะแบ่งเป็น เฉลี่ยรายเดือน และเฉลี่ยรายสิบวัน

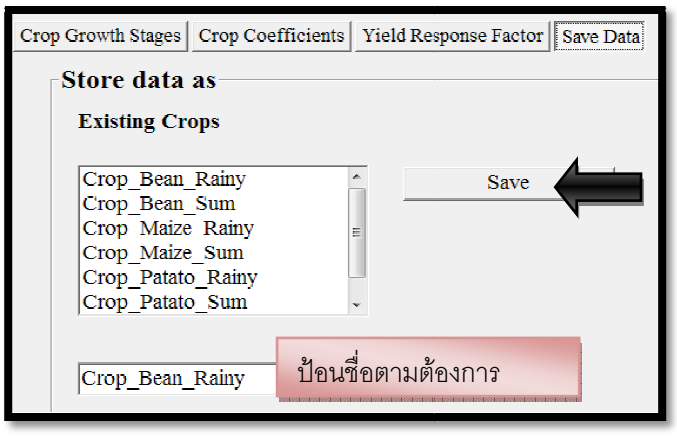



**ภาพผนวกที่ 9** การป้อนค่า Ky

โดยในภาพผนวกที่ 9 จะเป็นการป้อนค่าสัมประสิทธิ์ Ky ค่าสัมประสิทธิ์ตัวนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความอ่อนไหวต่อการขาดน้ำของพืช ส่งจะแสดงอธิพลไปถึงผลผลิตของพืชที่ออกมามากหรือน้อยเช่นใด โดยค่า Ky สำหรับพืชชนิดต่างๆจะแสดงใน ภาพผนวกที่ 10

| Crop | Ky | Crop | Ky |
|---|---|---|---|
| Alfalfa | 1.1 | Potato | 1.1 |
| Banana | 1.2-1.35 | Safflower | 0.8 |
| Beans | 1.15 | Sorghum | 0.9 |
| Cabbage | 0.95 | Soybean | 0.85 |
| Citrus | 1.1-1.3 | Spring Wheat | 1.15 |
| Cotton | 0.85 | Sugarbeet | 1.0 |
| Grape | 0.85 | Sugarcane | 1.2 |
| Groundnet | 0.70 | Sunflower | 0.95 |
| Maize | 1.25 | Tomato | 1.05 |
| Onion | 1.1 | Watermelon | 1.1 |
| Peas | 1,15 | Winter wheat | 1.05 |
| Pepper | 1.1 | | |

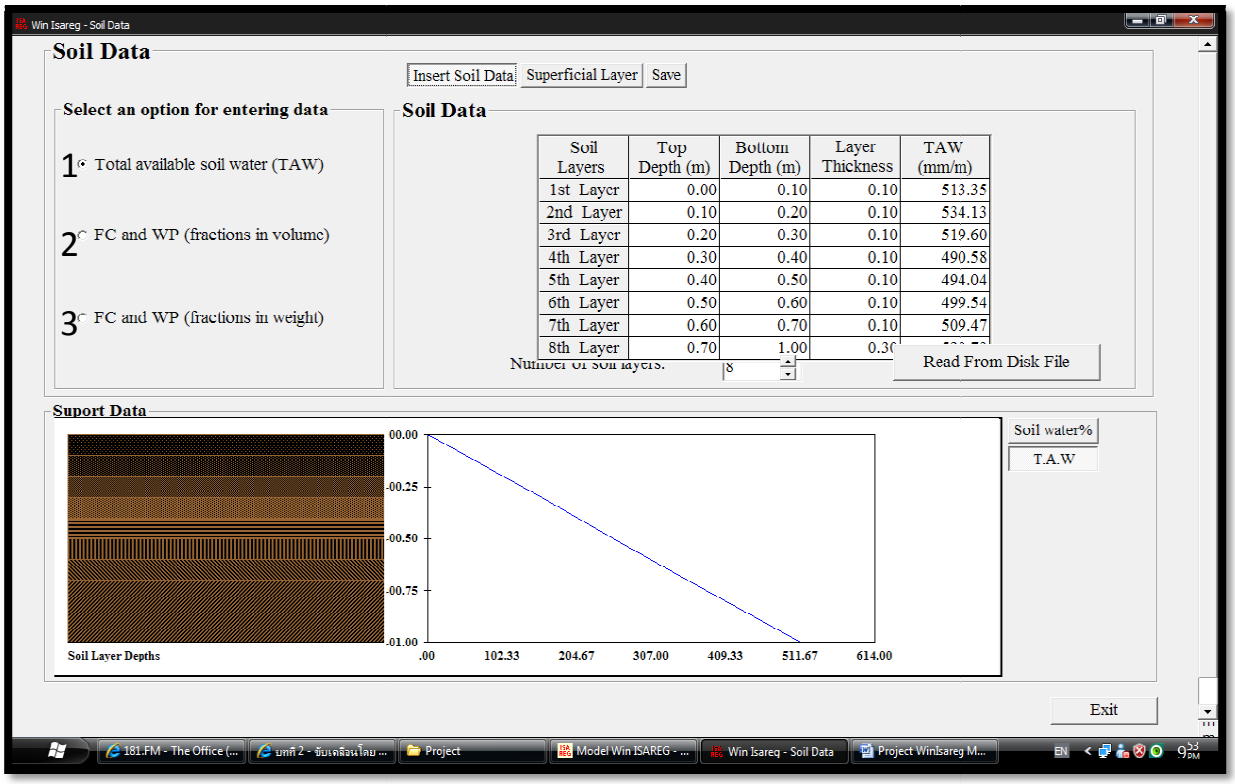
**ภาพผนวกที่ 10** แสดงตารางแฟคเตอร์การตอบสนองของผลผลิต (Doorenbos and Kassam, 1979).




ในภาพผนวกที่ 11 เป็นการแสดงการ Save ข้อมูลของ Main Data

**ภาพผนวกที่ 11** การบันทึกข้อมูล

## Enter Soil Data



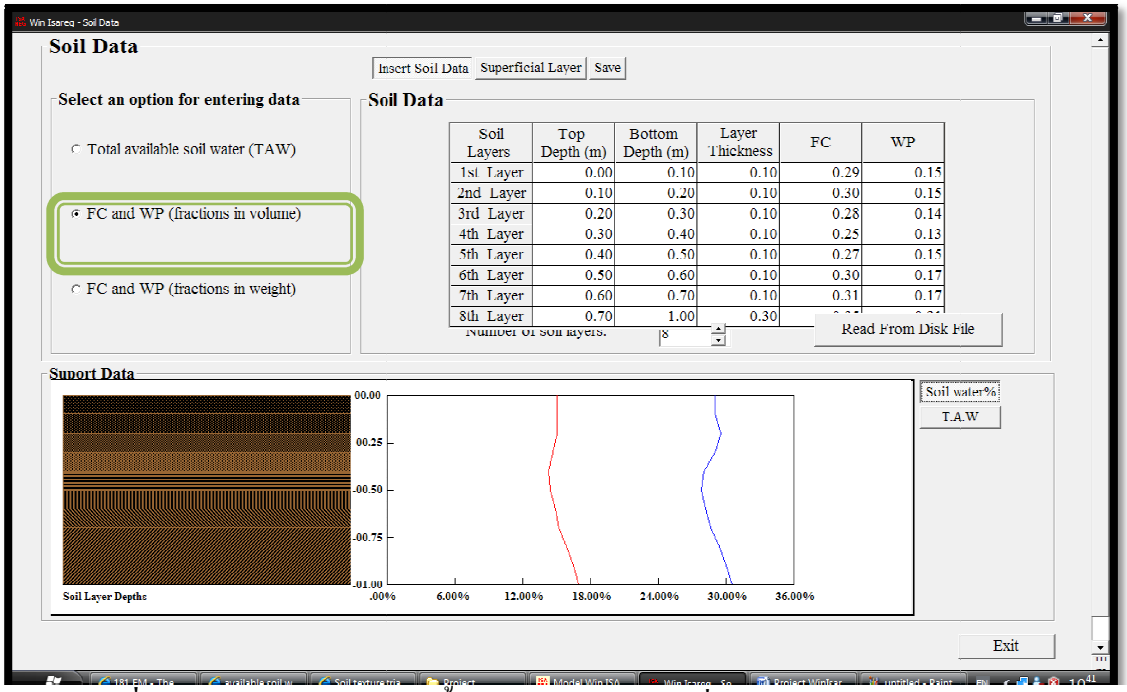

**ภาพผนวกที่ 12** หน้าต่างข้อมูลดิน

1. Total available water (TAW) เป็นตัวเลือกสำหรับป้อนค่าความหนาของชั้นดินแต่ละชั้นและค่า Total available water (TAW) ที่เราทราบค่า เป็นอัตราส่วนความลึก (water mm/ soil m)

2. FC and WP (fractions in volume) เป็นตัวเลือกสำหรับป้อนค่าตัวแปร 2 ตัวคือ % FC (Field capacity) และ %WP (Wilting Point) ของแต่ละชั้นดินที่เราทราบค่า ซึ่งเป็นอัตราส่วนโดย ปริมาตร

3. FC and WP (fractions in weight) เป็นตัวเลือกสำหรับป้อนค่าตัวแปร 2 ตัวคือ % FC (Field capacity) และ %WP (Wilting Point) ของแต่ละชั้นดินที่เราทราบค่า ซึ่งเป็นอัตราส่วนโดยน้ำหนัก

****โดยเลือกใช้ • FC and WP (fractions in volume)**



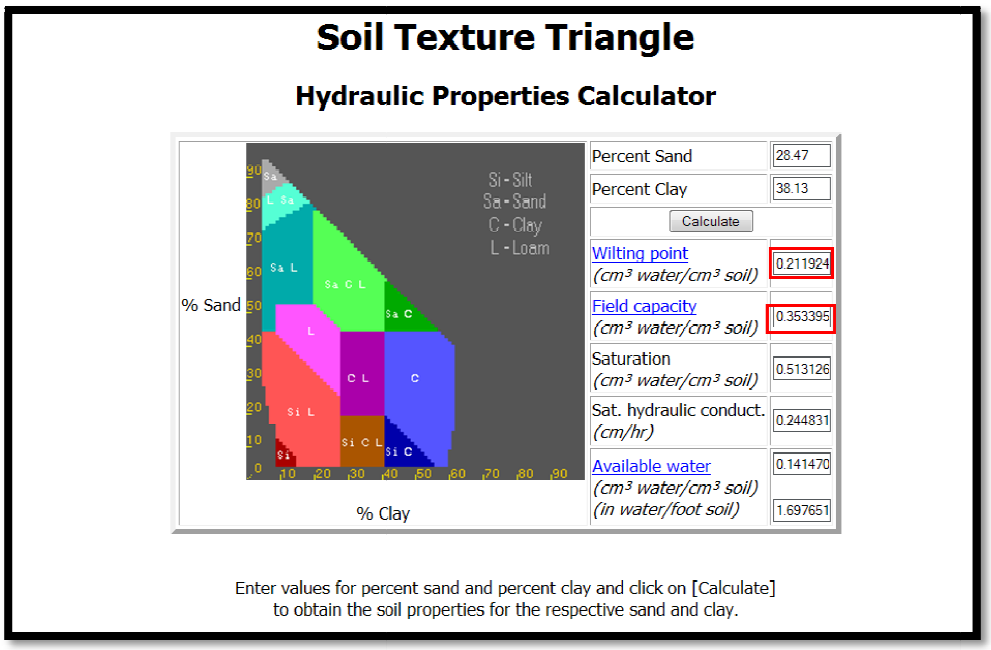

**ภาคผนวกที่ 13** การเลือกฟังก์ชันความชื้นชลประทานและจุดเหี่ยวเฉาถาวร(fractions in volume)

เป็นตัวอย่างการใส่ข้อมูล โดยค่า FC และ WP ได้มาจาก % Sand และ% Clay ของแต่ละชั้นดินโดยอ้างอิงมาจากหนังสือวิทยานิพนธ์ ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของชุดดินกำแพงแสนและชุดดินท่าแซะ ของ นายสันติ รัตนอานุภาพ ตามในภาพผนวกที่ 14

| Depth | Sand* | Sand fractions (%) | | | | | Silt* | Clay* | Textural | Textural | Density | | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | VC | C | M | F | VF | | | class | index | bulk | particle | porosity |
| m | (%) | | | | | | (%) | (%) | | % | Mg m$^{-3}$ | | m$^3$ m$^{-3}$ |
| **Kamphaeng Saen soil series** | | | | | | | | | | | | | |
| 0.1 | 34.3 | 0.1 | 0.6 | 2.9 | 11.0 | 19.7 | 40.6 | 25.1 | Loam | 40.7 | 1.29 | 2.62 | 0.51 |
| 0.2 | 28.7 | 0.2 | 0.2 | 2.6 | 11.9 | 13.8 | 45.4 | 25.9 | Loam | 42.4 | 1.57 | 2.77 | 0.43 |
| 0.3 | 36.1 | 0.2 | 0.8 | 4.1 | 18.3 | 12.7 | 39.9 | 24.0 | Loam | 39.6 | 1.60 | 2.54 | 0.37 |
| 0.4 | 50.0 | 0.2 | 0.9 | 6.4 | 25.3 | 17.2 | 29.3 | 20.7 | Loam | 34.5 | 1.70 | 2.69 | 0.37 |
| 0.5 | 46.2 | 0.3 | 0.9 | 5.0 | 24.9 | 15.1 | 29.1 | 24.7 | Loam | 38.1 | 1.76 | 2.56 | 0.31 |
| 0.6 | 40.8 | 0.1 | 0.6 | 7.4 | 23.5 | 9.2 | 28.4 | 30.8 | Clay loam | 43.4 | 1.69 | 2.59 | 0.35 |
| 0.7 | 35.3 | 0.2 | 0.3 | 3.2 | 19.1 | 12.5 | 30.7 | 34.0 | Clay loam | 46.7 | 1.69 | 2.64 | 0.36 |
| 0.8 | 33.4 | 0.0 | 0.4 | 3.7 | 18.3 | 11.0 | 29.0 | 37.6 | Clay loam | 49.6 | 1.67 | 2.60 | 0.36 |
| 0.9 | 28.7 | 0.2 | 0.4 | 2.8 | 16.1 | 9.2 | 33.8 | 37.5 | Clay loam | 50.5 | 1.68 | 2.62 | 0.36 |
| 1.0 | 23.3 | 0.2 | 0.5 | 2.1 | 11.7 | 8.8 | 37.4 | 39.3 | Clay loam | 52.9 | 1.66 | 2.61 | 0.36 |
| averag | | | | | | | | | | | | | |
| 0.1-1.0 | 35.7 | 0.2 | 0.6 | 4.0 | 18.0 | 14.6 | 34.4 | 30.0 | Clay loam | 43.8 | 1.63 | 2.62 | 0.38 |

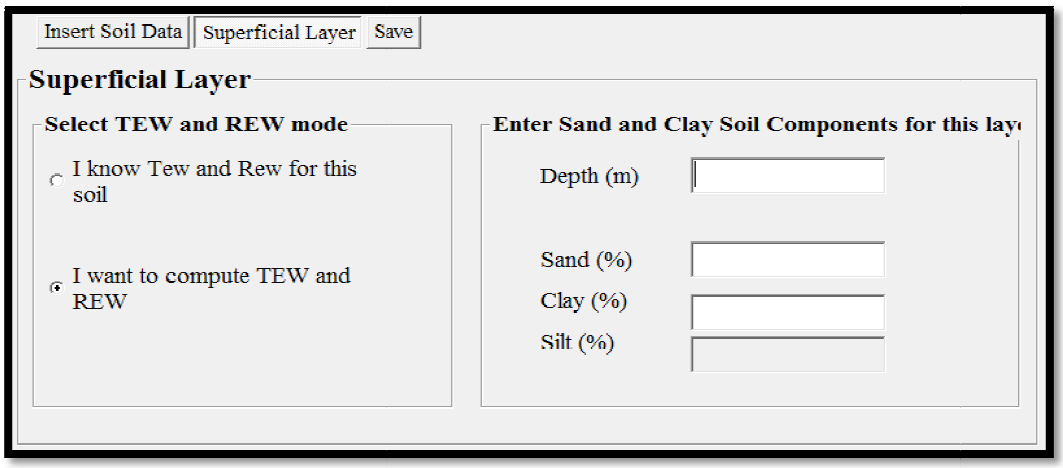
**ภาพผนวกที่ 14** แสดงตารางข้อมูลชุดดินกำแพงแสน

นำค่าของ% Sand และ Clay ลงไปในโปรแกรมคำนวณ Soil Texture TriangleHydraulic Properties Calculatorจากหน้า website http://staffweb.wilkes.edu/brian.oram/soilwatr.htm ดังภาพผนวกที่ 15




**ภาพผนวกที่ 15** โปรแกรม Soil Texture Triangle Hydraulic Properties Calculator

เมื่อทำเสร็จหมดทุกค่าจะได้ตาม ภาพผนวกที่ 13



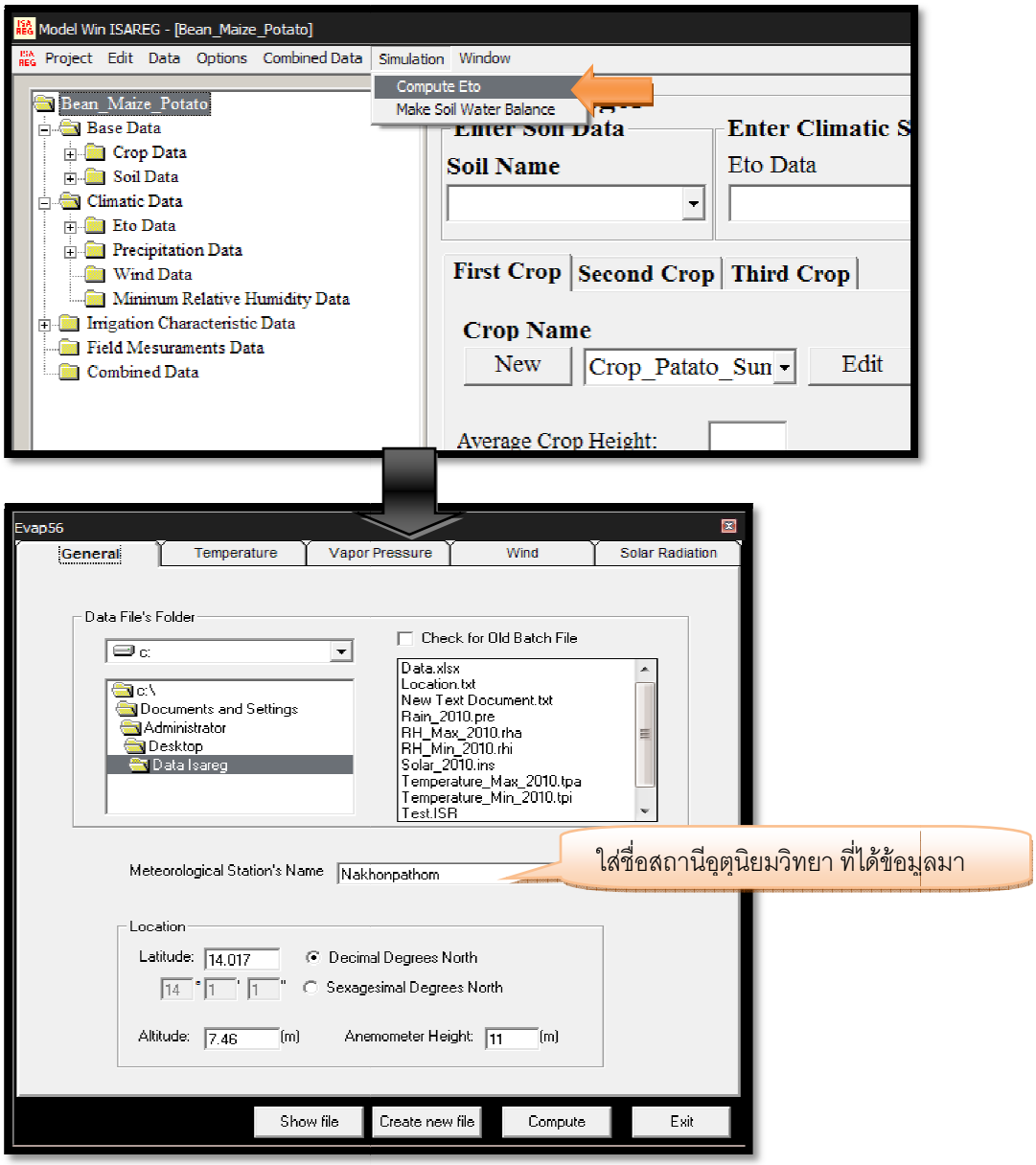

**ภาพผนวกที่ 16** Superficial Layer

เป็นการป้อนข้อมูลของชั้นดิน ที่เราสำรวจมาในชั้นตื้นๆ ไม่เกิน 0-0.1mโดยจะมีสองทางให้เลือกคือ

1.เรารู้ค่าความลึกของ Tew และ Rew

2.เราไม่ทราบค่าความลึกของ Tew และ Rew แต่ทราบค่า %Clay และ %Sand โดยไม่ลึกเกินกว่า 0-0.1 m

## Enter Eto data using Evap56 program

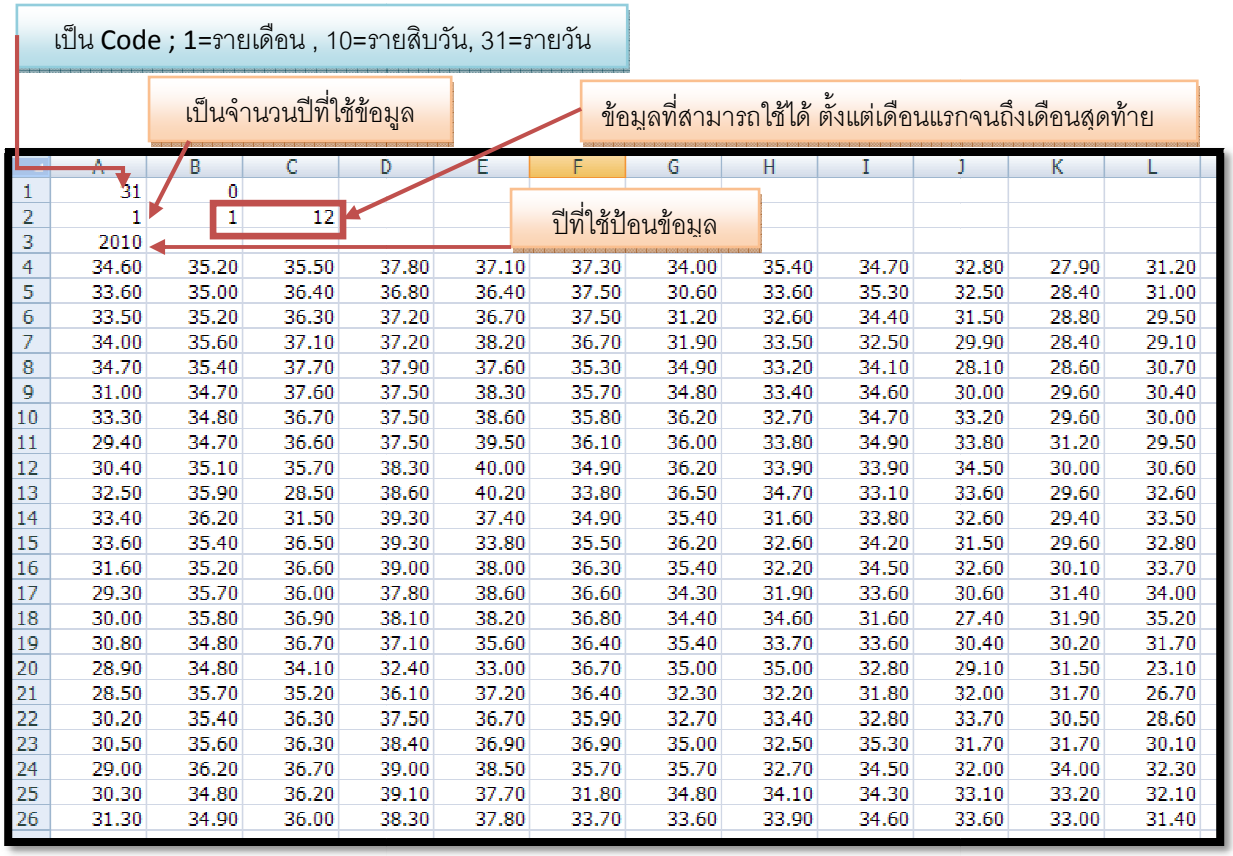



**ภาคผนวกที่ 17** การสร้างข้อมูล ETo

จากภาพผนวกที่ 17 เป็นการสร้างข้อมูลการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้โปรแกรม Evap56 ช่วยในการคำนวณแต่โปรแกรมนี้จะต้องใช้ข้อมูลดังนี้

1. Temperature Max and Min
2. Relative humidity Max and Min
3. Wind Average daily
4. Solar Radiation (n/N)

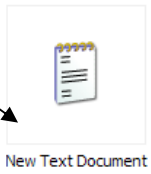
ต่อไปจะเป็นการสร้างข้อมูลที่โปรแกรม Evap56 ต้องการจะเป็นการยกตัวอย่างการสร้างข้อมูลด้านอุณหภูมิ

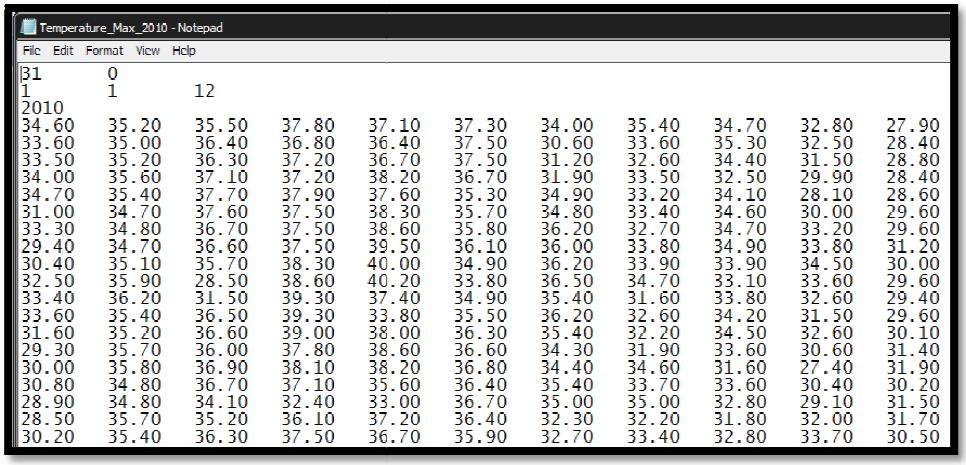



| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 31 | 0 | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 1 | 12 | | | | | | | | | |
| 3 | 2010 | | | | | | | | | | | |
| 4 | 34.60 | 35.20 | 35.50 | 37.80 | 37.10 | 37.30 | 34.00 | 35.40 | 34.70 | 32.80 | 27.90 | 31.20 |
| 5 | 33.60 | 35.00 | 36.40 | 36.80 | 36.40 | 37.50 | 30.60 | 33.60 | 35.30 | 32.50 | 28.40 | 31.00 |
| 6 | 33.50 | 35.20 | 36.30 | 37.20 | 36.70 | 37.50 | 31.20 | 32.60 | 34.40 | 31.50 | 28.80 | 29.50 |
| 7 | 34.00 | 35.60 | 37.10 | 37.20 | 38.20 | 36.70 | 31.90 | 33.50 | 32.50 | 29.90 | 28.40 | 29.10 |
| 8 | 34.70 | 35.40 | 37.70 | 37.90 | 37.60 | 35.30 | 34.90 | 33.20 | 34.10 | 28.10 | 28.60 | 30.70 |
| 9 | 31.00 | 34.70 | 37.60 | 37.50 | 38.30 | 35.70 | 34.80 | 33.40 | 34.60 | 30.00 | 29.60 | 30.40 |
| 10 | 33.30 | 34.80 | 36.70 | 37.50 | 38.60 | 35.80 | 36.20 | 32.70 | 34.70 | 33.20 | 29.60 | 30.00 |
| 11 | 29.40 | 34.70 | 36.60 | 37.50 | 39.50 | 36.10 | 36.00 | 33.80 | 34.90 | 33.80 | 31.20 | 29.50 |
| 12 | 30.40 | 35.10 | 35.70 | 38.30 | 40.00 | 34.90 | 36.20 | 33.90 | 33.90 | 34.50 | 30.00 | 30.60 |
| 13 | 32.50 | 35.90 | 28.50 | 38.60 | 40.20 | 33.80 | 36.50 | 34.70 | 33.10 | 33.60 | 29.60 | 32.60 |
| 14 | 33.40 | 36.20 | 31.50 | 39.30 | 37.40 | 34.90 | 35.40 | 31.60 | 33.80 | 32.60 | 29.40 | 33.50 |
| 15 | 33.60 | 35.40 | 36.50 | 39.30 | 33.80 | 35.50 | 36.20 | 32.60 | 34.20 | 31.50 | 29.60 | 32.80 |
| 16 | 31.60 | 35.20 | 36.60 | 39.00 | 38.00 | 36.30 | 35.40 | 32.20 | 34.50 | 32.60 | 30.10 | 33.70 |
| 17 | 29.30 | 35.70 | 36.00 | 37.80 | 38.60 | 36.60 | 34.30 | 31.90 | 33.60 | 30.60 | 31.40 | 34.00 |
| 18 | 30.00 | 35.80 | 36.90 | 38.10 | 38.20 | 36.80 | 34.40 | 34.60 | 31.60 | 27.40 | 31.90 | 35.20 |
| 19 | 30.80 | 34.80 | 36.70 | 37.10 | 35.60 | 36.40 | 35.40 | 33.70 | 33.60 | 30.40 | 30.20 | 31.70 |
| 20 | 28.90 | 34.80 | 34.10 | 32.40 | 33.00 | 36.70 | 35.00 | 35.00 | 32.80 | 29.10 | 31.50 | 23.10 |
| 21 | 28.50 | 35.70 | 35.20 | 36.10 | 37.20 | 36.40 | 32.30 | 32.20 | 31.80 | 32.00 | 31.70 | 26.70 |
| 22 | 30.20 | 35.40 | 36.30 | 37.50 | 36.70 | 35.90 | 32.70 | 33.40 | 32.80 | 33.70 | 30.50 | 28.60 |
| 23 | 30.50 | 35.60 | 36.30 | 38.40 | 36.90 | 36.90 | 35.00 | 32.50 | 35.30 | 31.70 | 31.70 | 30.10 |
| 24 | 29.00 | 36.20 | 36.70 | 39.00 | 38.50 | 35.70 | 35.70 | 32.70 | 34.50 | 32.00 | 34.00 | 32.30 |
| 25 | 30.30 | 34.80 | 36.20 | 39.10 | 37.70 | 31.80 | 34.80 | 34.10 | 34.30 | 33.10 | 33.20 | 32.10 |
| 26 | 31.30 | 34.90 | 36.00 | 38.30 | 37.80 | 33.70 | 33.60 | 33.90 | 34.60 | 33.60 | 33.00 | 31.40 |

**ภาพผนวกที่ 18** การสร้างข้อมูลใน Excel เพื่อนำเข้าตัวโปรแกรมแบบจำลอง WinIsareg

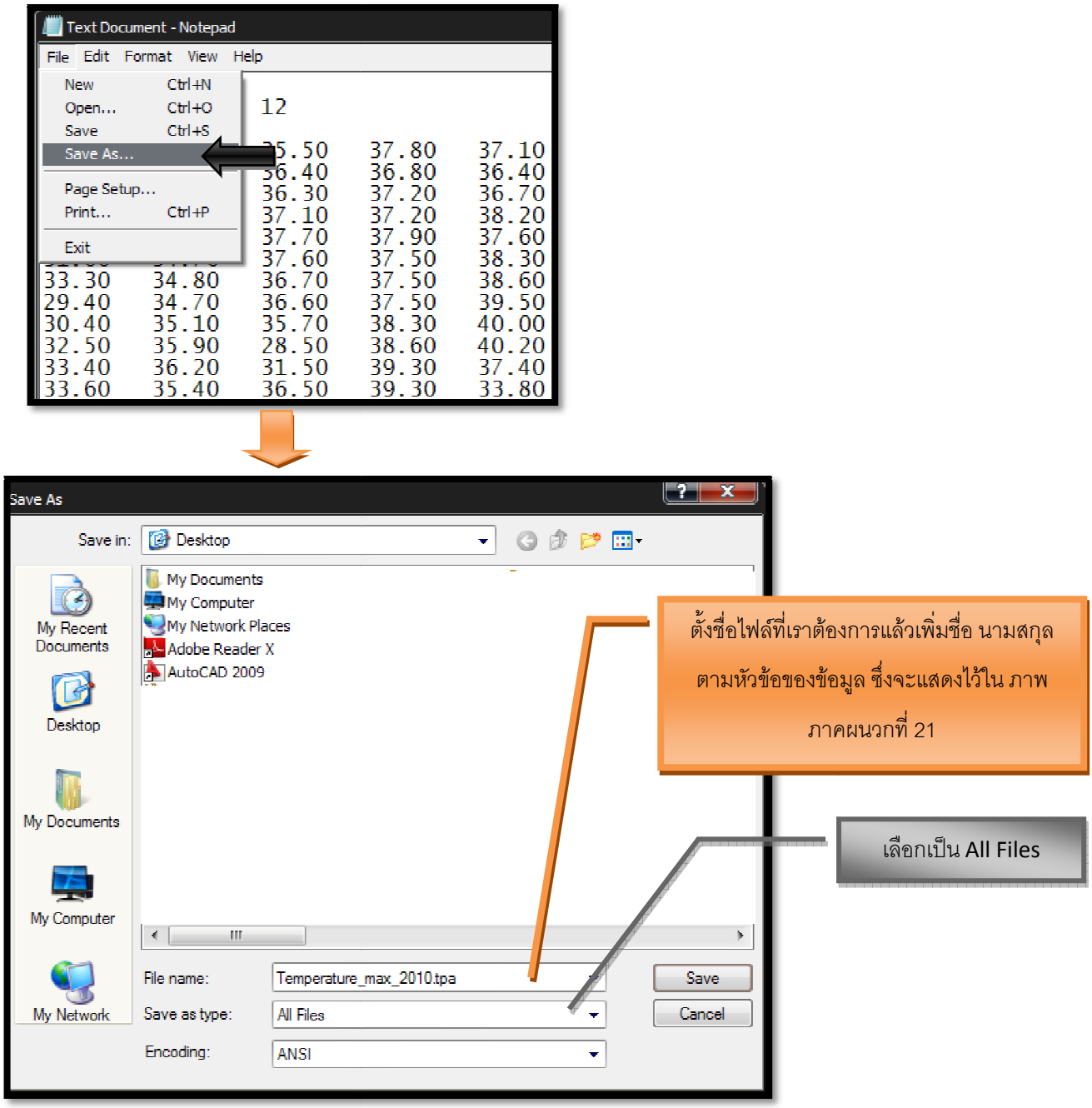
ข้อมูลที่อุณหภูมิสูงสุดรายวันในที่นี้ได้นำค่ามาจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม เมื่อทำการนำเข้าข้อมูลมาใส่ใน Excel แล้ว ให้นำค่าข้อมูลทั้งหมดไปไว้ใน ดังภาพผนวกที่ 19




**ภาพผนวกที่ 19** รูปแบบข้อมูลใน .text

เมื่อนำข้อมูลใส่ใน Text Document แล้ว ในภาพผนวกที่ 20 จะเป็นการเซฟไฟล์เป็นนามสกุลไฟล์เฉพาะ เพื่อให้โปรแกรม WinIsareg และ Evap56 นำเข้าไปใช้ได้

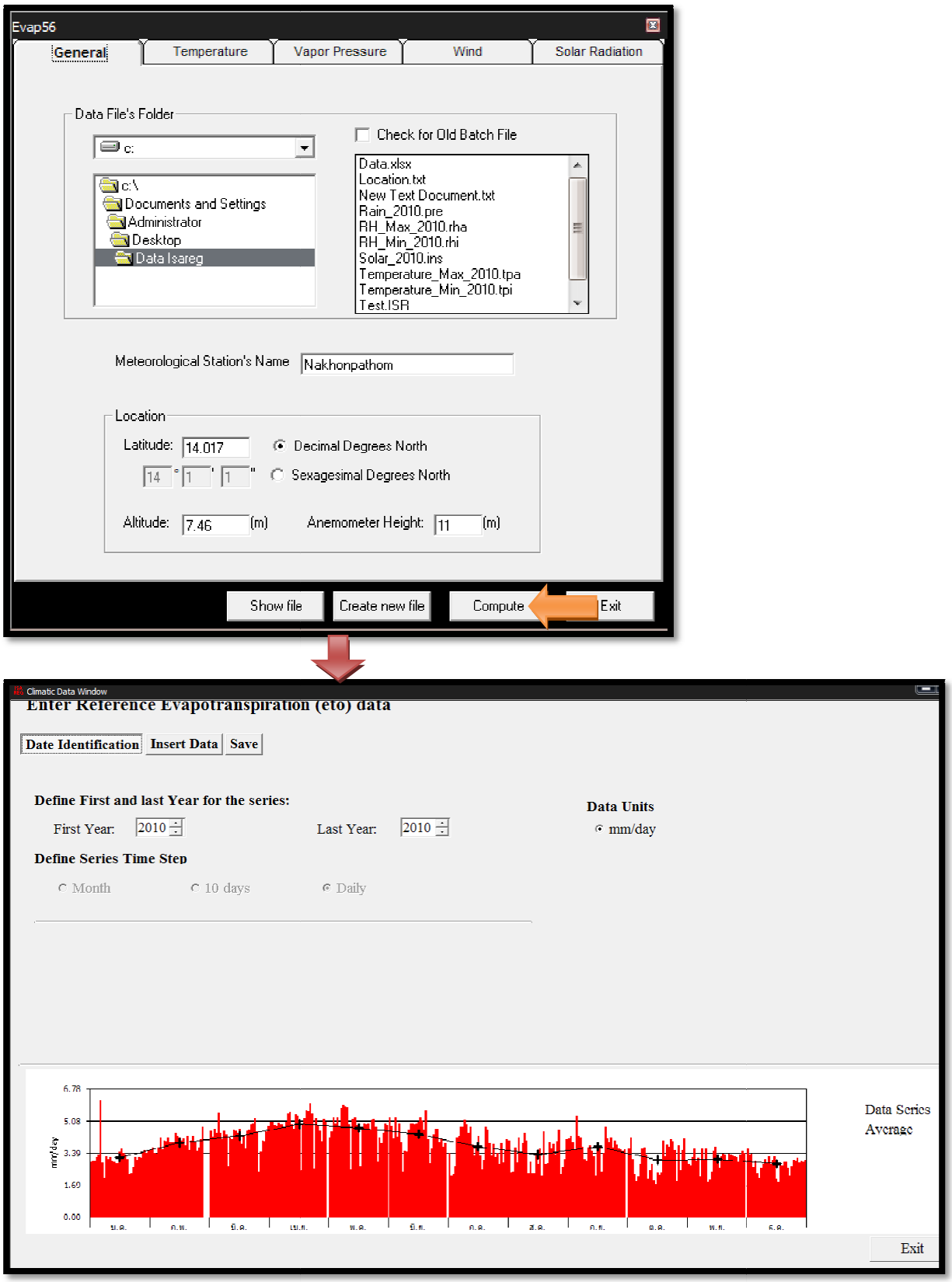



**ภาพผนวกที่ 20** แสดงการสร้างข้อมูลเพื่อนำเข้าโปรแกรม Evap56

| | | |
|---|---|---|
| Wind | 1- m/s<br>2- km/h | VEN |
| Sunshine | 1 -> sunshine daily average value (n)<br>2 -> sunshine hours / max sunshine hours (n/N)=Rins<br>3 -> sunshine hours per decade or month<br>4 -> Global radiation (Rs) in MJ/m2/day<br>5 -> Shortwave net radiation (Rns) in MJ/m2/day | INS |
| Max temperature | | TPA |
| Min temperature | | TPI |
| Dew point temperature | | DEW |
| Dry bulb temperature | | DRY |
| Wet bulb temperature | | WET |
| Max relative Humidity | | RHA |
| Min relative humidity | | RHI |
| Average relative humidity | | HUM |
| Evapotranspiration | | ET0 |
| Effective precipitation | | PRE |
| Number of wet events | | NDA |

**ภาพผนวกที่ 21** แสดงตาราง นามสกุลของไฟล์ต่างๆ

จากนั้นทำการป้อนข้อมูลให้ครบตามที่โปรแกรม Evap56 ต้องการ ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปใน ภาพผนวกที่ 22

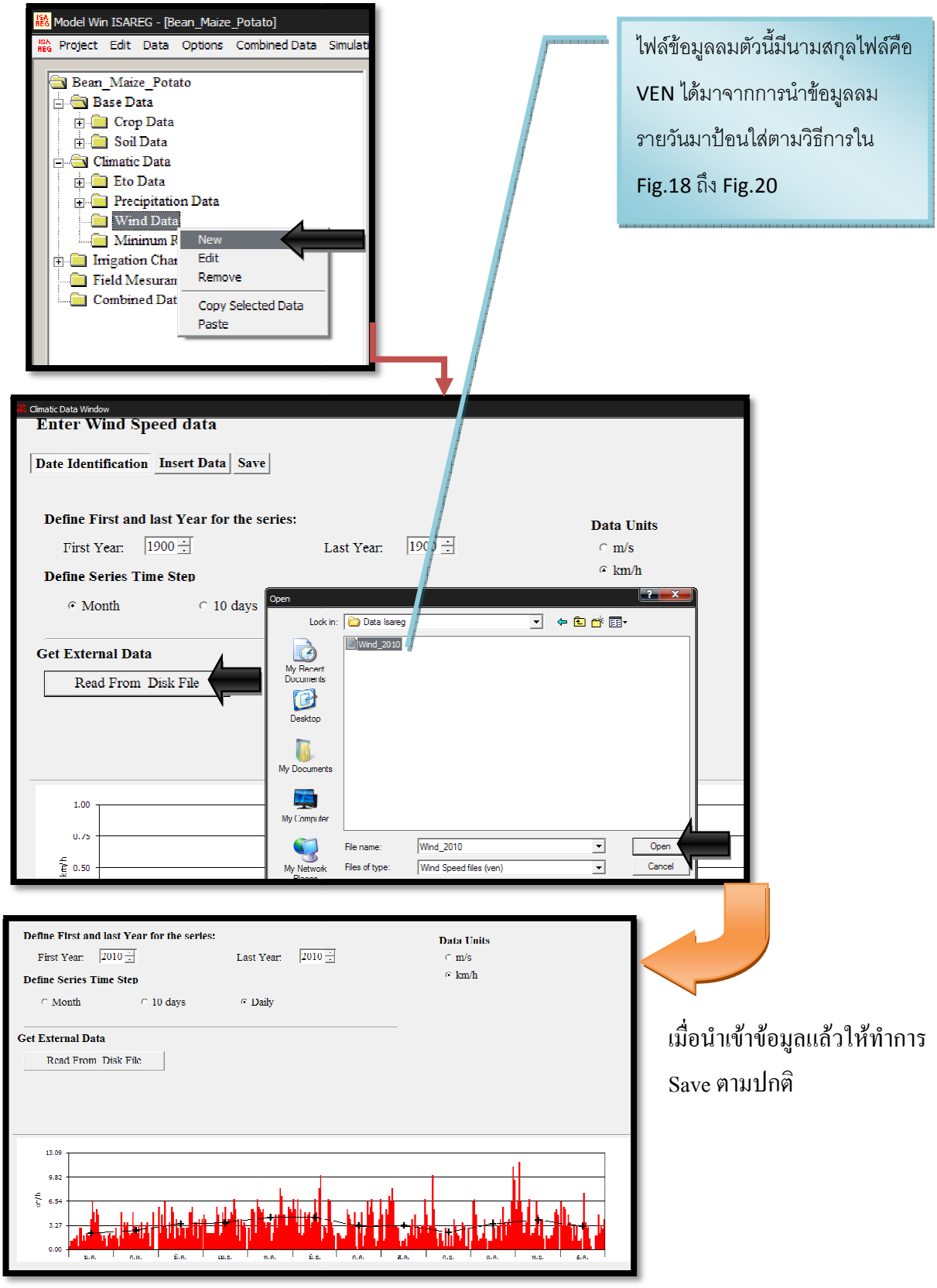



**ภาพผนวกที่ 22** ผลข้อมูล ETo

เมื่อได้ผลของข้อมูล ETo มาแล้วจึงให้ทำการ Save ในขั้นต่อไป

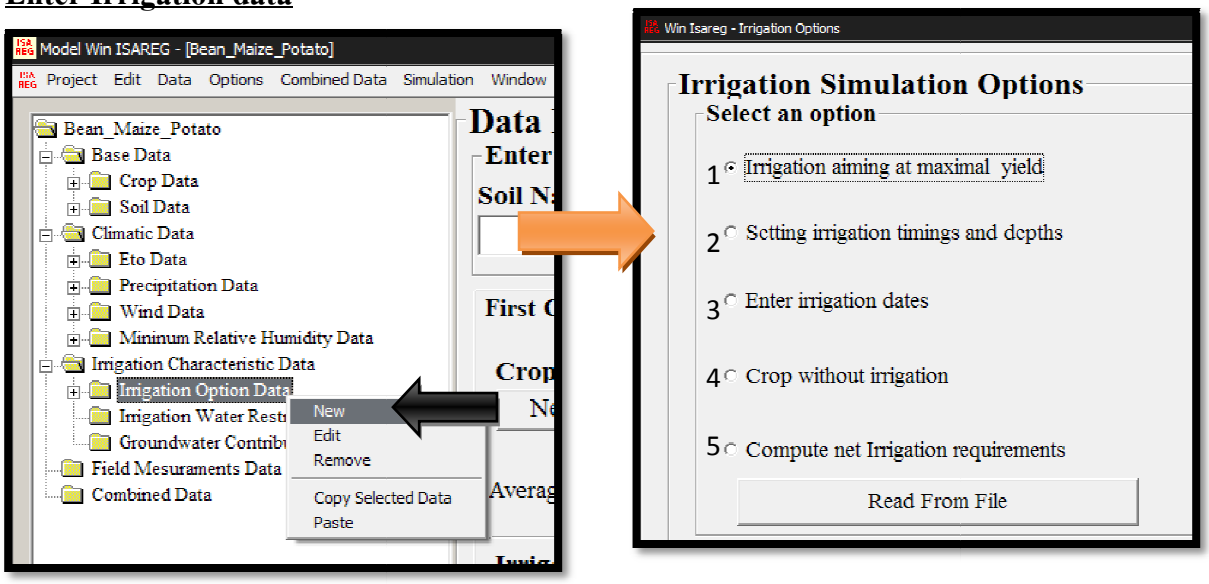
## Enter Climatic Data

ยกตัวอย่างการใส่ค่าข้อมูลของลม



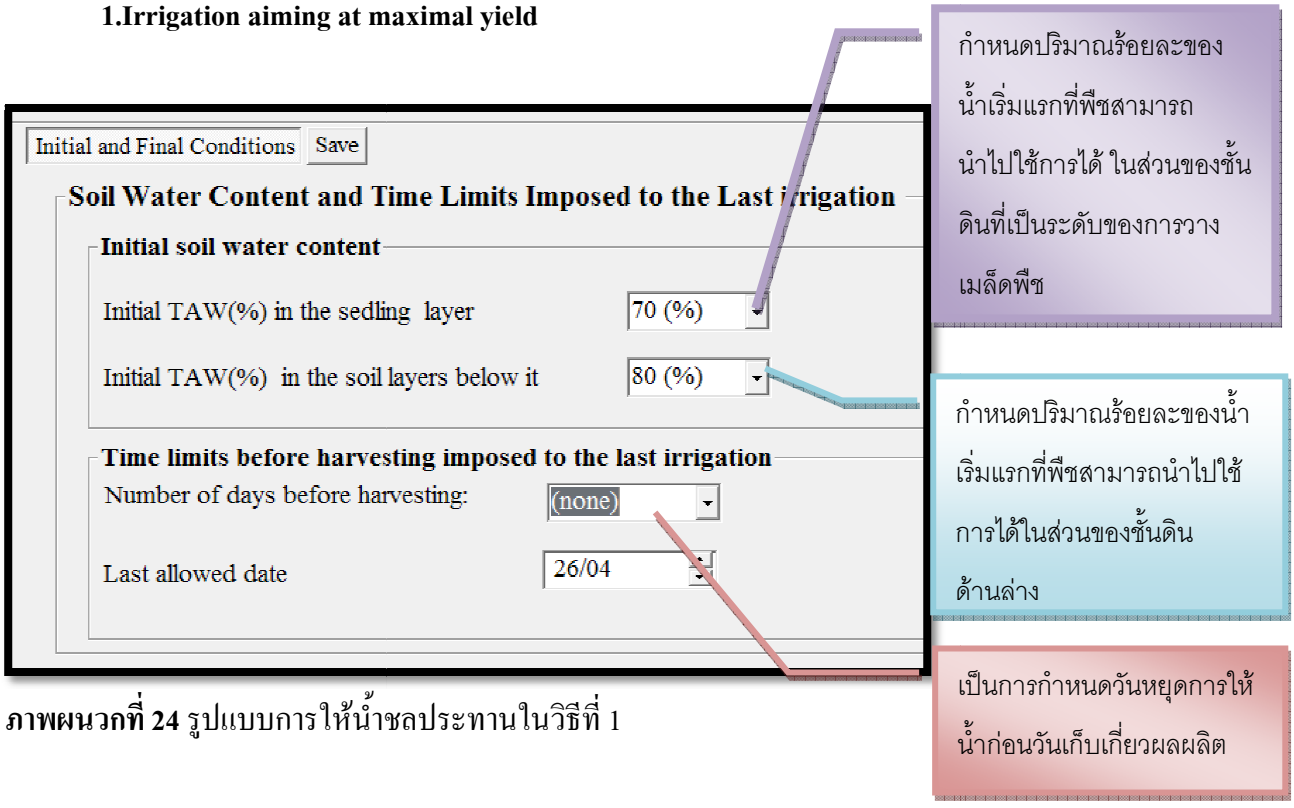

**ภาพผนวกที่ 23** แสดงการสร้างข้อมูลทางสภาพภูมิอากาศ

## Enter Irrigation data




**ภาพผนวกที่ 23** แสดงฟังก์ชันข้อมูลรูปแบบการให้น้ำชลประทาน

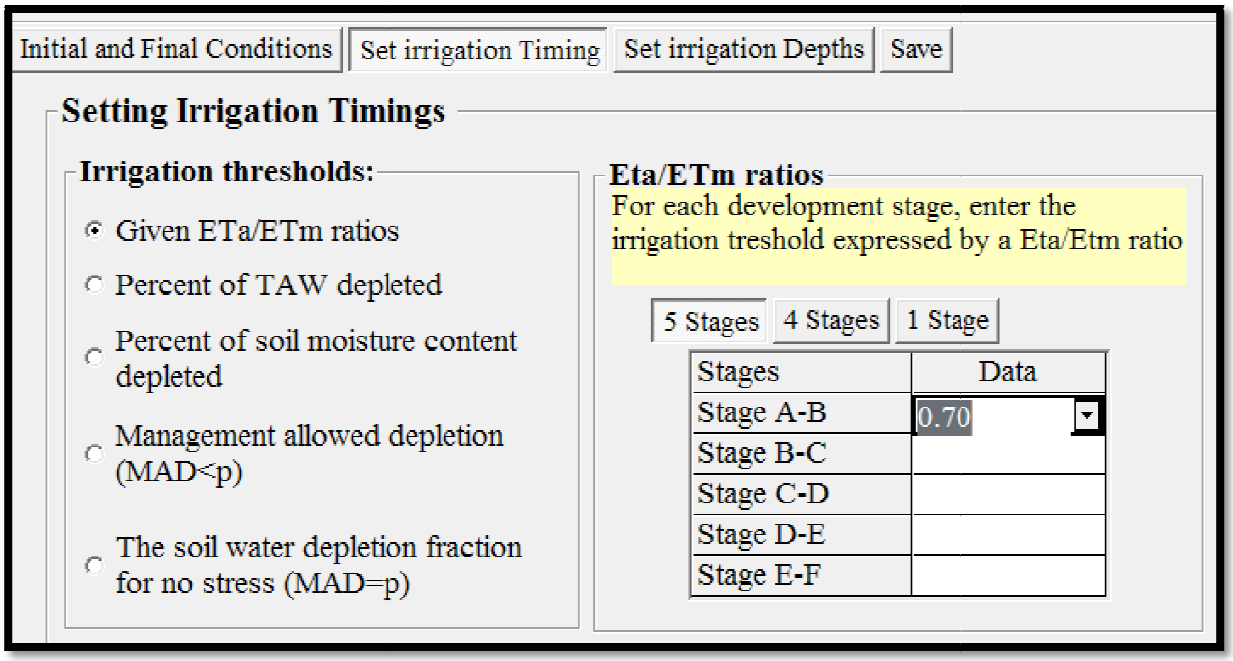
**1.Irrigation aiming at maximal yield**




**ภาพผนวกที่ 24** รูปแบบการให้น้ำชลประทานในวิธีที่ 1

Irrigation aiming at maximal yield – เป็นการให้น้ำแบบเต็มตามความต้องการน้ำของพืชโดยไม่ขาด

**2.Setting Irrigation timings and depths**




**ภาพผนวกที่ 25** (a) รูปแบบการให้น้ำวิธีที่ 2

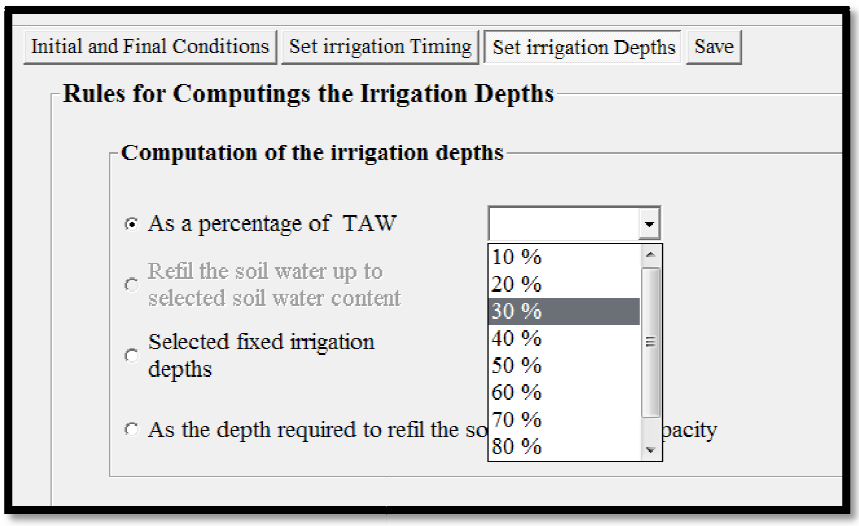
1. Given ETa/ETm ratio. – เป็นการกำหนดการให้น้ำเมื่ออัตราส่วนระหว่าง น้ำที่พืชได้ใช้จริงกับน้ำที่พืชต้องการใช้เต็มที่ เป็นไปตามที่กำหนดไว้ จึงจะทำการให้น้ำ

2. Percent of TAW depleted. – เป็นการกำหนดให้น้ำเมื่อ น้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ลดลงเหลือร้อยละตามที่กำหนด

3. Percent of soil moisture content depleted. – เป็นการกำหนดให้น้ำเมื่อร้อยละของความชื้นในดินลดลงตามที่กำหนด

4. Management allowed depletion(MAD<p) โดย *MAD คือ Management-allowed depletion*
-เป็นการกำหนดการให้น้ำ เมื่อ MAD< soil water depletion fraction for no stress โดยเราสามารถกำหนด MAD เป็นเปอร์เซ็นต์ได้

5. The soil water depletion fraction for no stress (MAD = p) ให้น้ำเมื่อ MAD = soil water depletion fraction for no stress



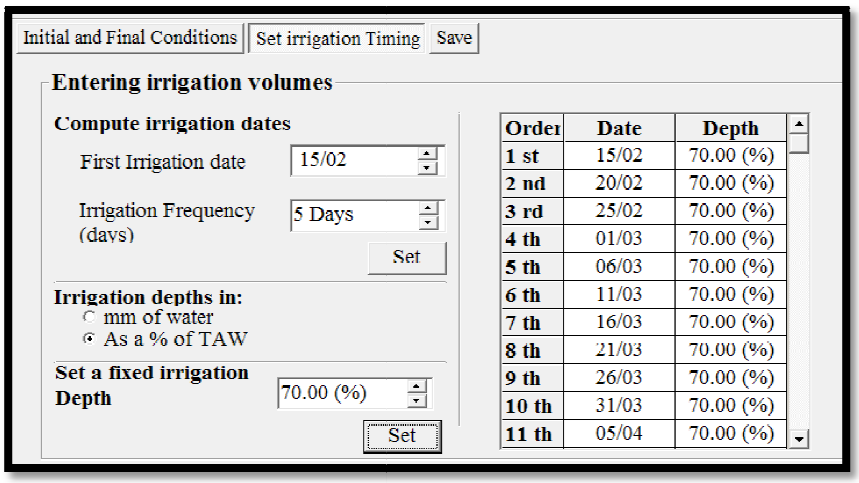

**ภาพผนวกที่ 25** (b) รูปแบบการให้น้ำวิธีที่ 2 การตั้งค่ากำหนดความชื้นในดิน

1. As a Percentage of TAW – เป็นการกำหนดเปอร์เซ็นต์ความลึกของน้ำในดินที่สามารถนำมาใช้ได้เมื่อถึงจุดที่กำหนดจะให้น้ำทันที

2. Selected fixed irrigation depths – เป็นกำหนดการให้น้ำเมื่อน้ำลดไปถึงระดับความลึกที่เรากำหนดไว้

3. As the depth required to refill the soil water to field capacity – เป็นกำหนดการให้น้ำเมื่อระดับน้ำในดินลดลงไปเกินกว่าจุด Field Capacity

**3. Enter Irrigation dates.**




**ภาพผนวกที่ 26** รูปแบบการให้น้ำวิธีที่ 3 การตั้งค่ารอบเวรและปริมาณน้ำ

เป็นการกำหนดความถี่ในวันและปริมาณให้น้ำแบบคงที่ในแบบกำหนดวันกับความลึก และสามารถปรับเปลี่ยนเป็นแบบกำหนดวันให้น้ำคงที่แต่ปริมาณการให้น้ำขึ้นอยู่กับร้อยละของปริมาณของน้ำในดินที่พืชนำไปใช้ได้(%TAW)

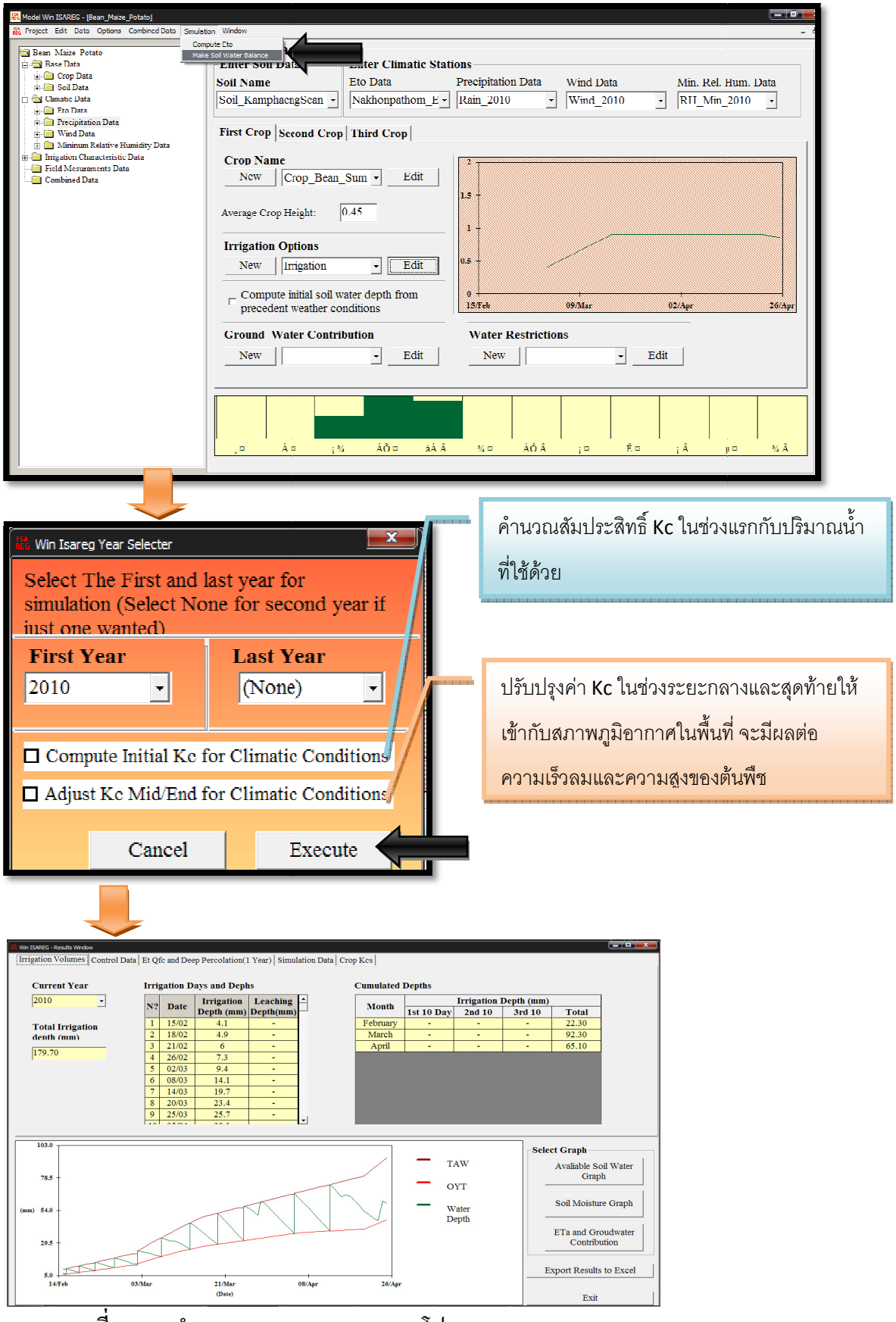
4. Crop without irrigation

เป็นการปลูกพืชแบบใช้น้ำฝนเพียงอย่างเดียวไม่ให้น้ำพืชด้วยวิธีอื่นใด

5. Compute net irrigation requirement

เป็นการคำนวณความต้องการในการใช้น้ำสุทธิของพืช โดยผลลัพธ์จะแสดงแต่ปริมาณน้ำสุทธิไม่แสดงผลวันให้น้ำ

## Show Resulted




**ภาพผนวกที่ 27** การคำนวณและการแสดงผลของโปรแกรม WinIsareg

# ประวัติผู้จัดทำ

นายรัฐนัย หนูกุล รหัสนิสิต 50242361

วัน เดือน ปีเกิด 24 กรกฎาคม 2531 อายุ 22 ปี

ที่อยู่ 19/104 ต.มะขามเตี้ย อ.เมืองฯ จ.สุราษฎร์ธานี 84000

การศึกษา

ประถมศึกษา มานิตานุเคราะห์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนจังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม