โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(207499)

ที่ 6 / 2551

เรื่อง

การศึกษาแบบจำลองสมดุลน้ำในดิน WaSim ในแปลงข้าวโพดภายใต้สภาวะการขาดน้ำชลประทาน

A Study of Soil Water Balance using WaSim in Sweet Corn Production under Water Deficit Conditon

โดย

นายเกียรติคุณ ชินประสาทศักดิ์

นายอนุกูล กล่ำกล่อมจิตร

นายเอกรินทร์ ยอดคงดี

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา - ชลประทาน)

พุทธศักราช 2551

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมชลประทาน

เรื่อง : การศึกษาแบบจำลองน้ำในดิน WaSim ในแปลงข้าวโพดภายใต้สภาวะการขาดน้ำชลประทาน (A Study of Soil Water Balance using WaSim in Sweet Corn Production under Water Deficit Condition)

นามผู้ทำโครงงาน : นายเกียรติคุณ ชินประสาทศักดิ์

นายอนุกูล กล่ำกล่อมจิตร

นายเอกรินทร์ ยอดคงดี

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(อ. ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์)

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

หัวหน้าภาควิชา .....

(รศ. สันติ ทองพำนัก)

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

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

บทคัดย่อ

เรื่อง : การศึกษาแบบจำลองน้ำในดิน WaSim ในแปลงข้าวโพด
ภายใต้สภาวะการขาดน้ำชลประทาน
(The Study of Soil Water Balance using WaSim in Corn Production
under Water Deficit Condition)

โดย : นายเกียรติคุณ ชินประสาทศักดิ์
นายอนุกูล กล่ำกล่อมจิตร
นายเอกรินทร์ ยอดคงดี

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน : .....
(อ. ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์)
...../...../.....

โครงงานนี้ทำการศึกษา สมดุลของน้ำในดินภายใต้สภาวะการขาดน้ำชลประทาน และศึกษาผลกระทบที่พืชได้รับจากการขาดน้ำชลประทานในช่วงการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน โดยได้ทำการทดลองปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ Hybrix-3 โดยแบ่งแปลงเพาะปลูกออกเป็น 6 แปลงและให้น้ำแบบร่องคู แต่ละแปลงกำหนดให้มีการขาดน้ำชลประทานในช่วงการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

ในการทดลองได้ใช้แบบจำลอง WaSim ซึ่งสามารถจำลองสมดุลน้ำในดินและปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชได้ โดยแบบจำลองต้องการข้อมูลชนิดของดิน ปริมาณการใช้น้ำของพืช พารามิเตอร์พืช และกำหนดการให้น้ำพืช จึงได้นำดินในแปลงเพาะปลูกมาทดสอบเพื่อหาชนิดของดิน พบว่าดินในแปลงทดลองเป็นดินชนิด Silty clay และทดสอบอัตราการซึมผ่านผิวดินด้วยถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน เพื่อคำนวณกำหนดการให้น้ำพืช ส่วนปริมาณการใช้น้ำของพืชคำนวณจากข้อมูลภูมิอากาศโดยวิธี Penman –Monteith

ผลการทดลองพบว่า ผลของการการขาดน้ำชลประทานในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ทำให้ผลผลิตของข้าวโพดมีความแตกต่างกันออกไป โดยข้าวโพดที่ขาดน้ำชลประทานในช่วงออกดอก จะทำให้ผลผลิตมีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ แบบจำลอง WaSim ยังสามารถแสดงปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชได้ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงกำหนดการให้น้ำแก่พืชให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

Abstract

Title: A Study of Soil Water Balance using WaSim in Sweet Corn Production under Water Deficit Condition.

By: Mr. Kiattikun Chinpasansak
Mr. Anukool Klumklomchit
Mr. Eakarin Yodkongdee

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

This project aim to study the soil water balance in sweet corn production under water deficit condition and its effect on the yield. Sweet corns (Hybrix-3) were planted of 6 plots. Different irrigation schedule was applied to each plot using furrow irrigation system.

WaSim, soil water balance model, which uses soil texture data, evapotranspiration, crop parameter and irrigation schedule to estimate soil water balance and water deficit in root zone. Texture analysis of the soil samples taken from the cultivated area found that they are silty clay. Daily evapotranspiration was calculated from climate data using Penman-Monteith method. Infiltration rate was measured by Double Ring Infiltrometer to calculate irrigation schedule.

The result showed that water deficit in the different of growth stage effected corn yields significantly during sprouting period, the production was low. In addition, WaSim can calculate water deficit in the profile of root zone depth, which is useful in improving irrigation schedule.

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

สารบัญ

หน้า

บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตการศึกษา	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน	22
อุปกรณ์	22
วิธีการดำเนินงาน	24
ผลการทดลอง	26
สรุปผลการทดลอง วิจารณ์ และข้อเสนอแนะ	43
สรุปผลการทดลอง	43
วิจารณ์ผลการทดลอง	44
ข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ข้อมูลตารางแสดงอัตราการซึม	46
ภาคผนวก ข ข้อมูลรายละเอียดผลลัพธ์จากการคำนวณการใช้น้ำของพืช	49
ภาคผนวก ค ข้อมูลผลผลิต	54
ภาคผนวก ง การใช้โปรแกรมแบบจำลอง WaSim	57
ภาคผนวก จ รูปภาพแสดงการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในแปลงที่ 2	67
ประวัติผู้จัดทำ	70

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรของดินชนิดต่างๆ	6
2	ความสามารถในการเก็บน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินต่างๆ	7
3	การจำแนกกลุ่มวิธีการคำนวณการใช้น้ำของพืชจากข้อมูลภูมิอากาศ	11
4	ค่า Ky ของพืชแต่ละชนิดในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต	19
5	ระยะเวลาการให้น้ำและปริมาณน้ำ	30
6	ความยาวรากพืช (เฉลี่ย) ของช่วงการเจริญเติบโต	41
7	ความสูงต้น (เฉลี่ย) ของช่วงการเจริญเติบโต	41
8	น้ำหนักผลผลิต (เฉลี่ย)	42

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมแก่การปลูกพืชโดยปริมาตรและสถานะ	1
2	การแบ่งระดับชั้นของน้ำและความชื้นในดิน	5
3	ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช	15
4	การตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำของพืชในแต่ละกลุ่ม	18
5	การตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำของพืชในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต	18
6	ค่า Ky ในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวโพด	20
7	แบบจำลองสมดุลของดินและน้ำ WaSim	21
8	พื้นที่แปลงทดลอง ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน	23
9	ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบวงแหวนสองชั้น	23
10	แปลงทดลอง	25
11	อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินต่อช่วงเวลา	27
12	ความลึกต่อเวลา	27
13	ช่วงการให้น้ำทั้ง 6 แปลง	28
14	แสดงจำนวนวันในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวโพด	29
15	ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Kc) ของข้าวโพดตลอดอายุการเพาะปลูก	32
16	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) กับ ปริมาณการใช้น้ำ ของข้าวโพด(ETc)	32
17	ข้อมูลดินที่บันทึกในโปรแกรม WaSim	33
18	ข้อมูล Climate ที่บันทึกลงในโปรแกรม WaSim	34
19	ข้อมูลพารามิเตอร์พืชที่บันทึกลงในโปรแกรม WaSim	34
20	ข้อมูลกำหนดการให้น้ำพืชที่บันทึกลงในโปรแกรม WaSim	35
21	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 1	37
22	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 2	37
23	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 3	38

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 4	38
25	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 5	39
26	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 6	39

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

บทนำ

การให้น้ำชลประทานมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก พืชจะเจริญเติบโตได้ดีก็ต่อเมื่อมีน้ำชลประทานที่เพียงพอ ดินที่อุดมสมบูรณ์ และสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการเพาะปลูก จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการใช้น้ำของพืชในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต เพื่อที่จะทำให้การใช้น้ำชลประทานมีประสิทธิภาพสูงสุด และได้ผลผลิตตามความต้องการ

ในปัจจุบันมี Software แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาหลายรูปแบบ เพื่อใช้ศึกษาพฤติกรรม ของดิน-น้ำ-พืช-ภูมิอากาศ โดยแบบจำลองจะมีสมการและตัวแปรที่ซับซ้อน จึงจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลที่จำเป็นมาป้อนใส่แบบจำลอง ผลที่ได้มีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ ข้อมูลที่เก็บจากภาคสนาม

โครงการนี้ทำการศึกษา แบบจำลองสมดุลของน้ำในดินภายใต้สภาวะการขาดน้ำชลประทาน โดยแบ่งการให้น้ำในช่วงการเจริญเติบโตของพืชที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาผลกระทบที่พืชได้รับจากการขาดน้ำชลประทานในช่วงการเจริญเติบโตที่แตกต่าง ผลลัพธ์ที่ได้คาดว่าจะสามารถนำไปพัฒนาเรื่องรอบเวรการให้น้ำชลประทานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยคำนึงถึงช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืชเป็นหลัก

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากำหนดการให้น้ำชลประทานแก่พืช
2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำชลประทานที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช
3. เพื่อศึกษาแบบจำลองน้ำในดินภายใต้สภาวะการขาดน้ำชลประทานในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

ขอบเขตการศึกษา

1. ช่วงเวลาที่ทำการเพาะปลูกช่วงฤดูแล้ง ได้แก่ พฤศจิกายน 2551 ถึง มกราคม 2552
2. สถานที่ที่ทำการเพาะปลูก แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน วิทยาเขตกำแพงแสน
3. ชนิดของพืชที่ทำการเพาะปลูก คือข้าวโพดหวาน พันธุ์ไฮบริกซ์3 (HYBRIX-3)

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

การตรวจเอกสาร

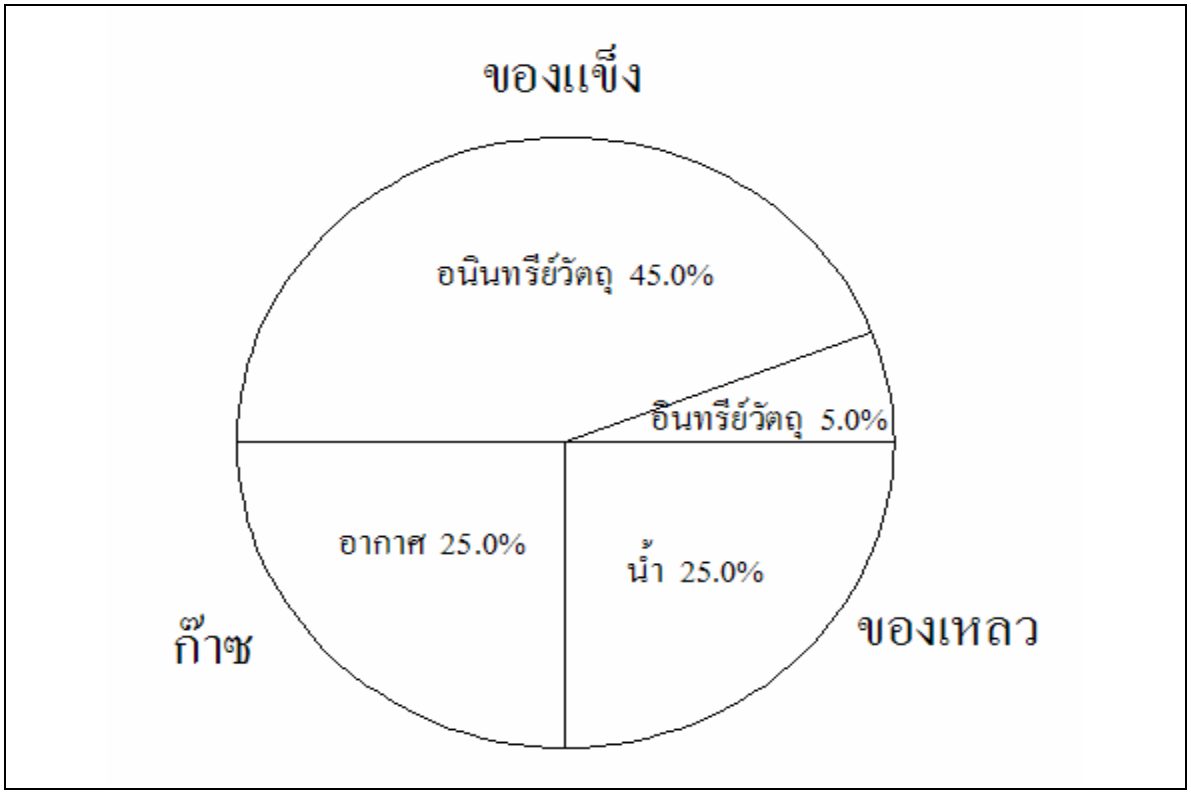
ดินและน้ำในดิน

1.คุณสมบัติของดิน

โอสถ (2543) กล่าวว่า คุณสมบัติที่สำคัญของดินที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืชที่สำคัญ ได้แก่

1.1 ส่วนประกอบและสถานะของดิน

ดินทางการเกษตรที่เหมาะแก่การปลูกพืชนั้นจะต้องหมายถึงดินที่มีส่วนประกอบ 4 อย่าง คือ อินทรียวัตถุ อนินทรีย์วัตถุ น้ำและอากาศ ที่อยู่ในรูป 3 สถานะ คือ อินทรียวัตถุและอนินทรียวัตถุ รวมกันเป็นส่วนของของแข็ง ที่เหลือจะเป็นช่องว่างและช่องว่างเหล่านี้จะเป็นที่อยู่ของของเหลว ซึ่งเป็นสถานะของน้ำหรือสารละลายที่อยู่ในดิน และก๊าซคือส่วนที่เป็นอากาศที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินที่ไม่ได้เป็นของเหลวดัง ภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมแก่การปลูกพืชโดยปริมาตรและสถานะ

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

สำหรับช่องว่างในดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 พวกคือ ช่องว่างขนาดใหญ่และช่องว่างขนาดเล็ก ช่องว่างขนาดเล็กจะเป็นที่อยู่ของน้ำที่พืชจะสามารถนำไปใช้ได้ ส่วนช่องว่างในดินขนาดใหญ่น้ำในดินสามารถไหลผ่านได้สะดวกจึงมักเป็นที่อยู่ของอากาศในดิน

1.2 เนื้อดิน

ลักษณะของเนื้อดินที่ระดับชั้นต่างๆ ในบริเวณเขตรากพืช เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องรู้เพราะลักษณะของเนื้อดินมีอิทธิพลอย่างมากต่อปริมาณน้ำที่ดินสามารถอุ้มเอาไว้ได้สำหรับให้พืชนำไปใช้และยังมีอิทธิพลต่อการไหลซึมของน้ำลงไปในดินอีกด้วย

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

สำหรับดินที่มีอนุภาคของทรายเป็นส่วนประกอบหลัก เรียกว่า ดินเนื้อหยาบ และดินที่มีอนุภาคของดินเหนียวเป็นส่วนประกอบหลัก เรียกว่า ดินเนื้อละเอียด ซึ่งจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีกว่าดินทรายซึ่งมีคุณสมบัติให้น้ำซึมผ่านได้ง่าย มีการระบายน้ำดีแต่อุ้มน้ำไว้ได้น้อย

1.3 โครงสร้างของดิน

โครงสร้างของดินเป็นคุณสมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับการเรียงตัวและการเกาะกันระหว่างเม็ดดินเป็นก้อนดิน ปกติแล้วโครงสร้างของดินกำหนดจากรูปร่าง ขนาด ความคงทนต่อการแตกแยกของเม็ดดิน เพราะโครงสร้างของดินจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศในดิน อัตราการซึมของน้ำลงในดิน ตลอดจนการแผ่กระจายของรากพืช ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงโครงสร้างของดินในเขตรากพืชอยู่เสมอ

1.4 อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น โครงสร้างของดิน เนื้อดิน ความลึกของน้ำบนผิวดิน สภาพของผิวดิน ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ เป็นต้น

ค่าของอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินจะมีค่ามากเมื่อเริ่มต้นให้น้ำเนื่องจากผิวดินยังแห้งอยู่จึงดูดซับน้ำเอาไว้ได้อย่างรวดเร็ว แต่ขณะที่มีการให้น้ำต่อไปดินจะเริ่มมีการอิ่มตัวด้วยน้ำและค่าอัตรานี้จะค่อยๆเริ่มลดลงจนถึงระดับหนึ่งที่ค่านี้จะมีค่าเกือบคงที่ตลอดไปจนกว่าจะหยุดการให้น้ำ

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ในการให้น้ำแก่พืชนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการให้น้ำแบบพ่นฝอย ฉีดฝอยหรือแบบไมโครสปริงเกลอร์นั้น ไม่ควรให้น้ำในอัตราที่มากกว่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน เพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียของน้ำและการชะล้างพังทลายของดินได้

วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า การวัดอัตราการซึมผ่านผิวดินจะใช้วิธีวัดจากถังวัดอัตราการซึม ซึ่งถังที่ใช้วัดส่วนมากเป็นถังกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30-40 เซนติเมตร หนาประมาณ 2 มิลลิเมตร และยาวไม่ต่ำกว่า 30 เซนติเมตร เปิดหัวและท้ายทั้งสองด้าน การติดตั้งก็ทำโดยกดถังให้จมลงไปในดินในแนวดิ่งลึกประมาณ 15-20 เซนติเมตร ตรงจุดที่คิดว่ามีลักษณะคล้ายคลึงกับสภาพทั่วๆ ไปของที่ดินทั้งผืน เทน้ำลงไปในถังโดยให้มีความลึกประมาณเท่ากับที่จะเกิดขึ้นจริงในขณะที่ให้น้ำ แล้วจดบันทึกความลึกของน้ำที่ลดลงที่ระยะเวลาต่างๆ หลังจากเทน้ำลงไปในถังเป็นระยะๆ

หลังจากที่น้ำซึมลงไปถึงปลายของถังที่กดลงไปในดินแล้ว มันจะพยายามไหลซึมออกทางด้านข้าง ซึ่งจะทำให้อัตราการซึมผ่านผิวดินที่วัดได้สูงกว่าที่ควร การไหลซึมออกทางด้านข้างนี้อาจจะป้องกันได้โดยการใช้ถังอีกใบหนึ่งที่มีขนาดใหญ่กว่ากดลงไปในดินโดยให้ถังใบเล็กอยู่ตรงกลาง เติมน้ำลงไปในช่องว่างระหว่างถังทั้งสองใบนั้นโดยให้ระดับน้ำทั้งสองมีขนาดเท่ากัน โดยวิธีนี้ความกดดันของน้ำระหว่างถังทั้งสองใบจะป้องกันมิให้น้ำในถังเล็กซึ่งใช้วัดอัตราการซึมผ่านผิวดิน ไหลซึมออกทางด้านข้าง ซึ่งจะเป็นผลให้ได้ค่าที่ถูกต้องดีขึ้น ในกรณีที่มีถังเพียงลูกเดียวก็อาจจะใช้ดินกั้นเป็นคันล้อมถังไว้แล้วเติมน้ำในคันดินแบบเดียวกันกับที่มีถังสองใบก็ได้

จากการทดลองเมื่อทำการจดบันทึกค่าความลึกของน้ำที่ลดลงที่ระยะเวลาต่างๆแล้ว ก็จะสามารถคำนวณหาอัตราการซึมของน้ำผ่านดินดังแสดงในสมการที่ (1)

$$I = \frac{D}{t} \qquad (1)$$

โดย I = อัตราการซึมของน้ำ (cm/min)

D = ความลึกสะสมของน้ำที่ซึมลงไปในดินที่ระยะเวลาต่างๆ (cm)

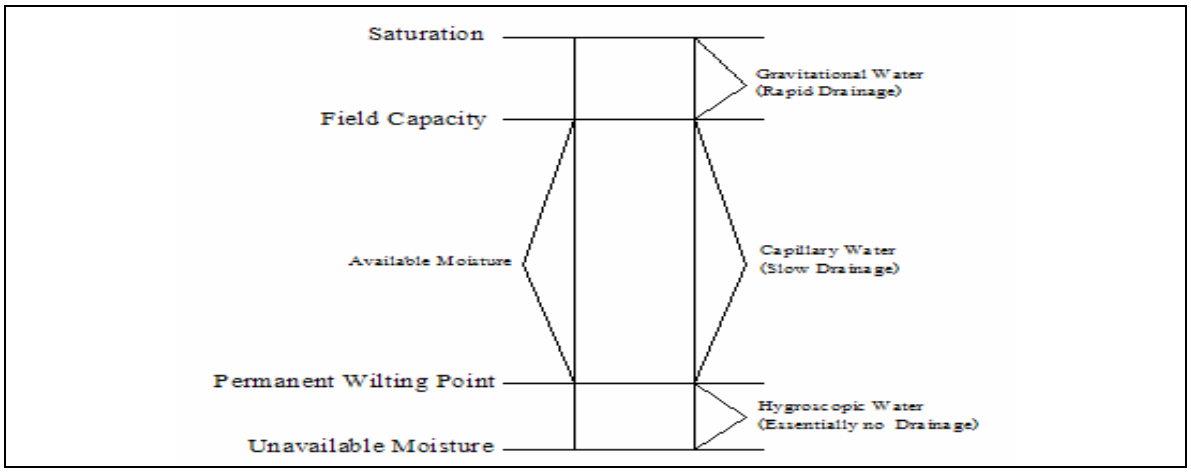
t = ระยะเวลาสะสม (min)

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

2. ชนิดของน้ำและความชื้นในดิน

2.1 น้ำในดิน

การเรียงตัวของเม็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปร่างต่างๆขึ้น เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำจะแทรกตัวเข้าไปอยู่ตามช่องว่างเหล่านี้และเกาะติดกับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินและน้ำ(Adhesive Force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน(Cohesive Force) ซึ่งรวมเรียกว่า แรงดูดซับ(Capillary Force) ถ้าหากน้ำเข้าไปแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่าง กล่าวได้ว่าดินนั้นอิ่มตัวด้วยน้ำ(Saturated) และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนั้นทั้งหมดจะเป็นปริมาณสูงสุดที่ดินจะเก็บกักเอาไว้ได้ถ้าไม่มีแรงจากภายนอกมากระทำ แต่เนื่องจากว่าสสารทุกชนิดที่อยู่บนพื้นผิวโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำอยู่ตลอดเวลารวมถึงน้ำที่ขังอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วยในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่แรงดึงดูดระหว่างน้ำกับช่องว่างระหว่างเม็ดดินจะน้อยกว่าช่องว่างขนาดเล็กดังนั้นเมื่อแรงดึงดูดดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าแรงดึงดูดของโลก น้ำในดินก็จะมีการไหลออกนอกช่องว่างและไหลลงไปยังที่ต่ำกว่าซึ่งเรียกว่า น้ำอิสระ(Gravitation Water หรือ Free Water) เมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดการให้น้ำแก่พืช น้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะถูกระบายออกโดยใช้เวลา 2-3 วัน ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดีน้ำอิสระจะถูกระบายออกไปหมดก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อพืชและจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ ส่วนน้ำที่มีในช่องว่างขนาดเล็กซึ่งไม่ถูกระบายออกดด้วยแรงดึงดูดของโลก อาจจะมีการระบายออกด้วยแรงดูดซับ (Capillary Water) ซึ่งจะมีการเคลื่อนที่ช้ามาก ซึ่งช้ากว่าน้ำอิสระและจะมีทิศทางไปทางใดก็ได้ โดยจะเคลื่อนที่ไปสู่จุดที่มีแรงดูดซับมากที่สุดเสมอและเป็นน้ำที่รากพืชสามารถดูดไปใช้ได้



ภาพที่ 2 แสดงการแบ่งระดับชั้นของน้ำและความชื้นในดิน

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

การสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดินและจากที่พืชดูดเอาไปใช้จะทำให้ปริมาณความชื้นในผิวดินลดลงจนกระทั่งถึงจุดๆหนึ่งที่น้ำในดินไม่มีการเคลื่อนที่อีก ทั้งนี้เพราะว่าแรงที่น้ำหรือความชื้นจับยึดแน่น(Adhesive Force) เป็นแผ่นบางๆรอบเม็ดดินมีมากจนพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ พืชก็จะเหี่ยวเฉาและถ้าหากไม่มีการให้น้ำแก่พืชในตอนนี้แล้วพืชก็จะตายซึ่งน้ำยึดติดกับเม็ดดินและไม่สามารถที่จะทำให้เคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดึงดูดของโลกหรือแรงดูดซับซึ่งเรียกว่า น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water)

2.2 ความชื้นในดิน

ความชื้นในดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

2.2.1 ความชื้นชลประทาน (Field Capacity; Fc)

หลังจากที่ Free Water ได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้วความชื้นในดินจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จะคงเหลืออยู่แต่ Capillary Water หรือปริมาณน้ำที่ดินสามารถดูดซับไว้ได้เต็มที่ ซึ่งเรียกว่า ความชื้นชลประทาน (Field Capacity) หรือน้ำที่ดินสามารถดูดซับไว้ได้ที่ระดับแรงดัน 1/3 บรรยากาศ (บาร์) หรืออีกในหนึ่งในช่องว่างของดินที่ดูดซับน้ำไว้นี้จะมีแรงดึงดูดประมาณ 1/3 บาร์

ด้านการปฏิบัติในแปลงศึกษาทดลอง ค่าความชื้นชลประทานนี้ ไม่สามารถหาหรือคำนวณออกเป็นค่าที่แน่นอนได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่ายังมีการเคลื่อนที่ของ Capillary Water อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงถือว่าปริมาณความชื้นในดินที่มีการระบายน้ำได้ดีหลังจากที่มีฝนตกหนักหรือหยุดให้น้ำแล้ว 2-3 วันจะเป็นความชื้นที่ระดับความชื้นชลประทาน

ตารางที่ 1 แสดงค่าความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรของดินชนิดต่างๆ

เนื้อดิน	ความชื้นชลประทาน (Field Capacity;Fc) % โดยน้ำหนักของดินแห้ง	ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point;PWP) % โดยน้ำหนักของดินแห้ง
ดินทราย (Sandy)	6 – 12	2 - 6
ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam)	10 - 18	4 - 8
ดินร่วน (Loam)	18 - 26	8 - 12
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Loam)	23 - 31	11 -15
ดินร่วนปนตะกอนทราย (Silty Clay)	27 - 35	13 – 17
ดินเหนียว (Clay)	31 - 39	15 - 19

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

2.2.2 ความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (Permanent Wilting Point; PWP)

ความชื้นในดินที่พืชไม่สามารถดูดมาใช้ได้เพียงพอสำหรับการคายน้ำและหลังจากนั้นพืชจะเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรเรียกว่า ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) หรืออีกในหนึ่งคือปริมาณน้ำที่ดูดซับไว้ด้วยแรงดึงดูด 15 บรรยากาศ (บาร์)

2.2.3 ความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Available Moisture;AM)

น้ำในรูปของความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตคือ Capillary Water ที่อยู่ระหว่าง Field Capacity และ Permanent Wilting Point ดังนั้นผลต่างระหว่างค่าความชื้นในดินทั้งสองน้ำก็คือ ความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

ตารางที่ 2 แสดงความสามารถในการเก็บน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินต่างๆ

เนื้อดิน	ความสามารถเก็บน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้		
	ความลึกของน้ำเป็น มม./ความลึกของดิน 1 ซม.		
ดินทราย (Sandy)	0.50 - 1.00	เฉลี่ย	0.7
ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam)	1.00 - 1.50	เฉลี่ย	1.2
ดินร่วน (Loam)	1.20 - 1.90	เฉลี่ย	1.5
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Loam)	1.50 - 2.10	เฉลี่ย	1.8
ดินเหนียว (Clay)	1.30 - 2.50	เฉลี่ย	1.9

ความชื้นในดินช่วงจากความชื้นชลประทานถึงความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร เป็นช่วงความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ซึ่งหมายความว่า ถ้าดินในเขตรากยังมีความชื้นอยู่เหนือระดับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้ว พืชส่วนใหญ่จะยังไม่มีการเหี่ยวเฉาในขณะที่ความชื้นลดลง แต่พืชบางชนิดที่ต้องการน้ำมากหรือมีความไวต่อการขาดน้ำสูงก็จะเริ่มมีอาการดังกล่าวให้เห็น อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติแล้วจะไม่ยอมให้ค่าความชื้นในดินลดลงเข้าใกล้จุด PWP เป็นอันขาดทั้งนี้เพราะว่าเมื่อความชื้นในดินลดลงพืชจะใช้แรงดูดน้ำในดินเพิ่มมากขึ้น ถ้าหากอัตราที่รากพืชดูดน้ำได้น้อยเกินไป การเจริญเติบโตของพืชจะหยุดชะงัก ผลผลิตลดลง ซึ่งวิธีการที่ถูกต้องควรเริ่มให้น้ำแก่พืชเมื่อความชื้นในดินลดลง 25-50 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชเป็นสำคัญด้วย

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

2.3 การดูดน้ำของดินในชั้นต่างๆของพืช

เนื่องจากว่ารากพืชจะแผ่กระจายอยู่อย่างหนาแน่นในตอนบนของเขตรากและในบริเวณโคนต้น ดังนั้นพืชจะดูดน้ำจากดินในชั้นนี้ไปใช้อย่างรวดเร็ว นอกจากความชื้นที่พืชจะดูดไปใช้แล้ว ดินยังสูญเสียน้ำโดยการระเหยไปจากผิวดินอีก ขณะที่ความชื้นของดินในชั้นนี้ค่อยๆลดลงแรงดึงความชื้นของดินก็จะเพิ่มขึ้น ในที่สุดพืชก็จะไม่สามารถดูดน้ำจากดินในชั้นนี้ไปใช้ได้อย่างพอเพียง ความชื้นที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตจึงต้องมาจากดินในชั้นที่อยู่ต่ำลงมา

ในดินที่มีเนื้อสม่ำเสมอและมีความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ตลอดความลึกของเขตรากพืช จะใช้น้ำในตอนบนของเขตรากอย่างรวดเร็ว ส่วนในตอนล่างนั้นพืชจะดูดน้ำไปใช้ช้ากว่ามาก จากการทดลองพบว่าพืชเกือบทุกชนิดที่ปลูกในดินที่มีเนื้อดินสม่ำเสมอและมีความชื้นมากพอกับความต้องการของพืชตลอดความลึกของเขตรากออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆกันประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่พืชใช้ทั้งหมดมาจากดินในชั้นแรกนับจากผิวดินลงมา 30 เปอร์เซ็นต์มาจากดินในชั้นที่ สอง 20 เปอร์เซ็นต์มาจากดินในชั้นที่สามและ 10 เปอร์เซ็นต์มาจากดินในชั้นที่สี่ตามลำดับ

2.4 การหาความชื้นในดิน

การหาค่าความชื้นในดินนั้น ในทางปฏิบัติสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น วิธีการวัดความชื้นของดินโดยตรง (Gravimetric Sampling) การดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัสของดิน (Feel and Appearance) และการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Instruments) ได้แก่ การใช้เครื่องมือวัดแบบกระเปาะพรุน เช่น Tensiometer การวัดโดยอาศัยการนำไฟฟ้า เช่น วิธี Gypsum Block, Porous Media และการวัดโดยใช้การกระจายตัวของสารกัมมันตภาพรังสี เช่น วิธี Neutron Moisture Meter เป็นต้น ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะการวัดความชื้นจากดินโดยตรงโดยการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปอบหาความชื้นเท่านั้นเพราะเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานศึกษาและทดลองหาค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช เพราะเป็นวิธีที่ให้ผลการตรวจวัดที่ค่อนข้างใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

การหาความชื้นจากดินโดยตรงโดยการเก็บตัวอย่างดิน เป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้ทราบว่าความชื้นในดินขณะนั้นลดลงถึงจุดที่ต้องให้น้ำได้หรือยัง โดยการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างๆในเขตรากพืชและที่จุดต่างๆ ที่สามารถใช้เป็นตัวแทนทั้งหมดของแปลงเพาะปลูก ตัวอย่างดินที่เก็บได้ควรจะมีน้ำหนักอย่างน้อย 100 กรัมและควรบรรจุอยู่ในภาชนะที่สามารถทนความร้อนได้สูง มีน้ำหนักคงที่และต้องมีฝาปิดอย่างมิดชิดเพื่อป้องกันความชื้นรั่วไหล นำไปชั่งหาน้ำหนักดินเปียกแล้วนำไปอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิระหว่าง 105-110 องศาเซลเซียสติดต่อกันเป็นเวลา 24 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างดินไม่ลดลงอีก จากนั้นจึงนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักของดินแห้ง น้ำหนักของดินที่หายไปในการชั่งทั้งสองครั้งก็คือ จำนวนความชื้นในดินในขณะที่เก็บตัวอย่างนั่นเองโดยมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักของดินแห้ง

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่างด้วยกัน คือ สภาพภูมิอากาศรอบๆต้นพืช ชนิดและอายุของพืชเอง จำนวนความชื้นและคุณสมบัติของดิน และองค์ประกอบอื่นๆ การที่จะวัดการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดในทุกสภาพภูมิอากาศ ดิน ฯลฯ นั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและจะต้องทำการวัดมากมายไม่มีที่สิ้นสุด นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามหาวิธีที่ง่ายกว่าการวัดโดยตรง ทางออกที่เลือกใช้ก็คือ

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

พืช มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการในข้อแรกมากที่สุดคือ หญ้า ต่อมาก็ได้มีการเลือกใช้พืชอื่นอีกเช่น อัลฟัลฟา สำหรับองค์ประกอบอื่นๆที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช เช่น วิธีการให้น้ำและการไถพรวนดินก็มิใช่องค์ประกอบที่มีความสำคัญมากเหมือน 3 อย่างแรก ดังนั้นการใช้น้ำของพืชที่เลือกไว้เมื่อดินมีความชื้นสูงพอตลอดเวลาก็จะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว

การใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่เลือกไว้เมื่อปลูกในดินที่มีความชื้นสูงพอตลอดเวลา เพื่อให้อัตราการใช้น้ำขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียวนี้เรียกว่า การใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ Reference Evapotranspiration และนิยมใช้ตัวย่อว่า ETo

การที่การใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศรอบๆต้นพืชเพียงอย่างเดียวนี้ ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคิดสูตรสำหรับคำนวณ ETo โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศได้มากมาย และเมื่อต้องการทราบการใช้น้ำของพืชชนิดอื่นที่มิใช่พืชอ้างอิงก็คำนวณโดยใช้สมการที่ (2)

$$ETc = Kc \times ETo \qquad (2)$$

โดย ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration) หน่วย มิลลิเมตรต่อวัน

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Evapotranspiration) หน่วย มิลลิเมตรต่อวัน

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช Kc เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชเพียงอย่างเดียว ค่าดังกล่าวนี้ได้จากการทดลองวัดจริงในสนามโดยการปลูกหญ้าหรือพืชอ้างอิงอื่น และพืชที่ต้องการหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำในถังวัดการใช้น้ำของพืชซึ่งติดตั้งในบริเวณใกล้เคียงกัน จากนั้นค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในช่วงการเจริญเติบโตช่วงใดช่วงหนึ่ง หรือตลอดฤดูการเพาะปลูกก็จะคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (3)

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \qquad (3)$$

ในเมื่อ ETc และ ETo เป็นค่าการใช้น้ำที่ได้จากการวัดในช่วงเวลาเดียวกัน เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของดิน และองค์ประกอบอื่นๆคล้ายคลึงกันดังนั้นค่า Kc จึงขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชเพียงอย่างเดียว เพราะฉะนั้นค่าที่วัดได้นี้สามารถนำไปใช้ได้โดยทั่วไป ไม่ขึ้นอยู่กับสถานที่เพาะปลูกหรือสภาพภูมิอากาศโดยรอบ

1. การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

ชูพันธุ์ (2547) กล่าวว่า การคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงในประเทศไทยนิยมใช้วิธีของ Modified-Penman มากกว่าสูตรอื่น ทั้งนี้เนื่องจากได้เปรียบเทียบผลการคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากวิธีThornthwaite,Blaney-Criddle,Makkink,Jensen-Haise และ Penman แล้วสรุปว่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากสูตร Penman ให้ค่าที่เหมาะสมกับประเทศไทยมากกว่าสูตรอื่น เหตุผลสำคัญคือสูตรนี้ได้รวบรวมองค์ประกอบที่มีผลต่อการใช้น้ำมาอยู่ในสูตรทุกอย่าง กล่าวคือ มีรังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิความชื้นของอากาศ และความเร็วลม นอกจากนี้ วิธีการสร้างสูตรก็ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับกันมากกว่าสูตรอื่นๆ

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

$$ETo = \frac{0.408.\Delta.(R_n - G) + \gamma.\frac{900}{T+273}.u_2.(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma.(1 + 0.34.u_2)} \qquad (4)$$

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

โดยที่ ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (mm day^{-1})

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

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

T = อุณหภูมิอากาศ (^{o}C)

U_2 = ความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตรจากผิวดิน (m s^{-1})

e_s = ความดันไอน้ำอิ่มตัว (kPa)

e_a = ความดันไอน้ำในอากาศ (kPa)

$e_s - e_a$ = ค่าต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัวกับความดันไอน้ำในอากาศ (kPa)

Δ = ความชัน (slope) ของโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความดันไอน้ำ (kPa $^{o}C^{-1}$)

γ = ค่าคงที่ของ psychrometric (kPa $^{o}C^{-1}$)

Jensen และคณะ (1990) ได้ศึกษาสูตรสำหรับหาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงกว่า 20 สูตร โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (lysimeter) และได้จัดลำดับวิธีของ Penman-Monteith ไว้เป็นอันดับแรก ส่วนวิธีของ Modified Penman นั้นประเมินการใช้น้ำของพืชสูงกว่าค่าที่ได้จากการวัด นอกจากนี้ได้นำข้อมูลภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยา 29 สถานี ในประเทศไทยมาคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง จากการศึกษาพบว่าผลการคำนวณโดยวิธี Penman-Monteith มีค่าน้อยกว่าวิธี Modified Penman ถึง 19%

ตารางที่ 3 การจำแนกกลุ่มวิธีการคำนวณการใช้น้ำของพืชจากข้อมูลภูมิอากาศ

กลุ่มวิธี	ตัวอย่าง
วิธีผสม(Combination Methods)	Modified Penman, Penman-Monteith
วิธีหาโดยใช้รังสีแสงอาทิตย์(Radiation Methods)	Jensen-Haise, Priestley-Taylor
วิธีหาโดยใช้อุณหภูมิ(Temperature-Based Estimating Methods)	Blaney-Criddle, Thornthwaite
วิธีหาโดยถาดวัดการระเหย(Pan-Evaporation Methods)	FAO-24 Pan

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

2. การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง

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

ปริมาณการใช้น้ำของพืช(Crop Evapotranspiration, ETc) ซึ่งเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ปริมาณการใช้น้ำสูงสุด(Maximum Evapotranspiration) ที่คำนวณได้ตามสมการที่ (1) อยู่บนเงื่อนไขที่ว่าพืชได้รับน้ำอย่างเพียงพอและสม่ำเสมอ แต่ในกรณีที่พืชเกิดการขาดน้ำ การใช้น้ำของพืชที่แท้จริง(Actual Evapotranspiration, ETa) จะมีค่าน้อยกว่าปริมาณการใช้น้ำสูงสุดที่คำนวณได้ ดังนั้นการคำนวณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริงจึงต้องนำค่าความชื้นในดินมาพิจารณาด้วย วิธีที่จะหาปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริงได้คือการคูณค่าสัมประสิทธิ์การขาดน้ำ(Water Stress Coefficient, Ks) ซึ่งเป็นค่าปรับแก้ความชื้นในดินเข้าไป ดังแสดงในสมการที่ (5)

$$ETa = Ks \times Kc \times ETo = Ks \times ETc \qquad (5)$$

โดย ETa = ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง (mm day^{-1})

ETc = ปริมาณการใช้น้ำสูงสุด (mm day^{-1})

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (mm day^{-1})

Ks = สัมประสิทธิ์การขาดน้ำ

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

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

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

การให้น้ำแก่พืช

1. หลักการใช้น้ำของพืช

โอสถ (2543) กล่าวว่า การใช้น้ำของพืชนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและระยะการเจริญเติบโต โดยปกติแล้วพืชมีการใช้น้ำน้อยที่สุดเมื่อเริ่มเพาะปลูก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งมากที่สุดเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ ออกดอก ออกผล และจะค่อยๆลดลงเมื่อผลแก่และถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว เราอาจจะแบ่งการเจริญเติบโตของพืชออกได้เป็น 3 ช่วงด้วยกัน คือ ช่วงแตกใบ ช่วงออกดอกและช่วงออกผล สำหรับช่วงแตกใบยังแบ่งออกเป็น 2 ช่วงด้วยกันคือ เมื่อพืชยังอ่อนอยู่ และเมื่อพืชมีการแตกกิ่งก้านอย่างเต็มที่แล้ว ส่วนช่วงออกผลก็อาจแบ่งออกเป็น 2 ช่วงได้เช่นเดียวกัน คือ ช่วงที่ผลหรือเมล็ดยังสดอยู่ และช่วงที่เมล็ดหรือผลเริ่มแห้ง ซึ่งพืชจะต้องการน้ำน้อยมากหรืออาจจะถูกเก็บเกี่ยวที่ช่วงการเจริญเติบโตระยะใดระยะหนึ่งก็ได้ พวกผักต่างๆ เช่น ผักกาดขาว ผักคะน้า กะหล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง หญ้าเลี้ยงสัตว์ จะเก็บเกี่ยวในช่วงแตกใบ พวกดอกไม้ต่างๆและพวกผักที่ใช้ดอกเป็นอาหาร เช่น กะหล่ำดอกจะเก็บเกี่ยวในช่วงออกดอก ส่วนพวกที่ใช้ผลสดเป็นอาหาร เช่น มะเขือเทศ ข้าวโพด ส้ม กล้วย แตงโม ฯลฯ จะเก็บเกี่ยวในช่วงผลสด สำหรับพืชพวกที่ต้องรอให้แห้งเสียก่อนจึงเก็บเกี่ยวก็มี ข้าว ฝ้าย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วที่ใช้เมล็ดเป็นอาหาร เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง เป็นต้น

การใช้น้ำในขณะที่พืชยังเล็กอยู่นั้นค่อนข้างน้อย อัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่พืชใช้กับปริมาณน้ำที่ระเหยจากถาดวัดการระเหย(ET/E) จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-0.5 ปริมาณน้ำที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่จะมาจากการระเหยจากผิวดิน เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่ กล่าวคือ ในระยะหลังของช่วงแตกใบและในช่วงออกดอกของพืชจะมีการใช้น้ำเพิ่มขึ้น อัตราส่วนดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเป็น 0.75-1.0 หรือบางครั้งอาจจะมากกว่า 1.0 ได้บ้างเล็กน้อย ยกเว้นพืชบางชนิด เช่น สัปปะรด ซึ่งจะมีอัตราส่วนประมาณ 0.35 ทั้งนี้เพราะรูใบของสัปปะรดจะปิดในตอนกลางวัน ในช่วงออกผลการใช้น้ำของพืชจะลดลงเพราะพืชมีการเจริญเติบโตน้อยลง แต่จะลดไม่มากนักในระยะที่ผลยังสดอยู่ กล่าวคือจะลดลงจากระยะที่พืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช แต่การใช้น้ำจะลดลงมากในช่วงผลแห้ง

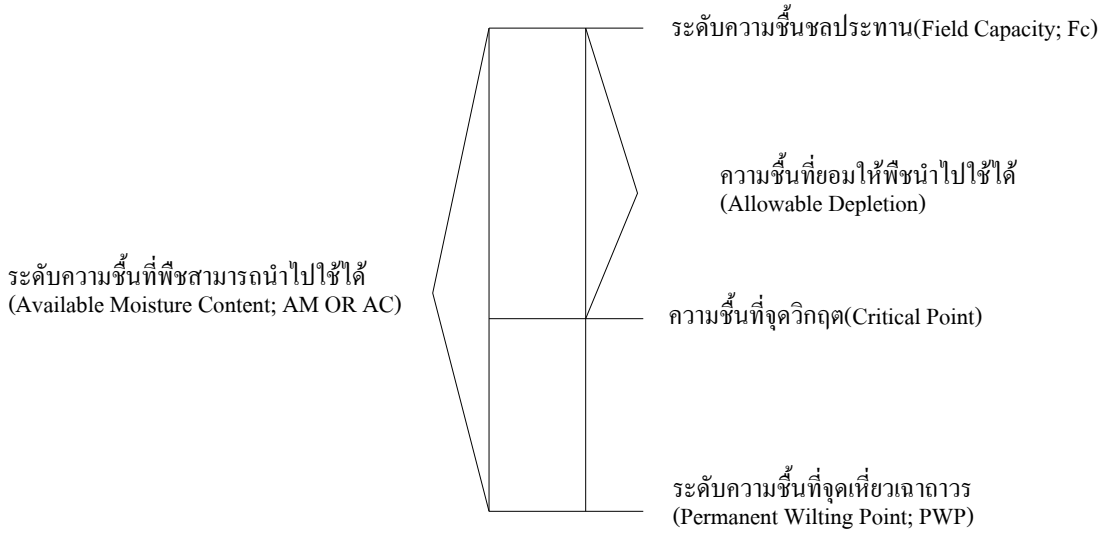
Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

2. การกำหนดการให้น้ำแก่พืช

การกำหนดการให้น้ำแก่พืชเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในการชลประทานระดับไร่นาซึ่งจะเกี่ยวพันและมีผลกระทบโดยตรงต่อการปลูกพืชให้เจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง ตลอดจนเพื่อให้ได้ประโยชน์จากน้ำชลประทานอย่างเต็มที่ การที่จะกำหนดการให้น้ำให้ถูกต้องเหมาะสมจำเป็นที่จะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง ดิน-น้ำ-พืช เป็นอย่างดี เรื่องดินจำเป็นที่จะต้องรู้คุณสมบัติของดินในแปลงเพาะปลูกเกี่ยวกับขีดความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้ของดิน ความชื้นในดินที่จะยอมให้พืชดูดเอาไปใช้ได้ ลักษณะการดูดซึมน้ำของดินและความสามารถในการระบายน้ำของดิน เรื่องน้ำจำเป็นจะต้องรู้ถึงปริมาณและคุณภาพน้ำชลประทานตลอดจนรอบเวรในการส่งน้ำชลประทาน และเรื่องพืชจำเป็นที่จะต้องรู้คุณสมบัติบางประการของพืช เช่น การใช้น้ำของพืช ความสามารถในการทนแล้ง และระยะวิกฤติของพืช ความสำเร็จหรือล้มเหลวของการให้น้ำแก่พืชหรือการชลประทานระดับไร่นา ขึ้นอยู่กับผู้ที่ทำหน้าที่ในการกำหนดการให้น้ำแก่พืช จะมีความรู้ความเข้าใจตลอดจนมีข้อมูลเกี่ยวกับ ดิน น้ำ และพืชมากน้อยแค่ไหน พึงจำไว้เสมอว่า การกำหนดการให้น้ำที่ไม่เหมาะสม นอกจากจะก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์แล้วยังก่อให้เกิดผลเสียหายแก่พืชและผลผลิตตลอดจนอาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการระบายน้ำตามมาอีกด้วย

เมื่อไหร่จึงควรทำการให้น้ำและต้องให้เป็นปริมาณเท่าใด ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการกำหนดการให้น้ำแก่พืชหรือการชลประทานระดับไร่นา การให้น้ำแก่พืช คือ การให้น้ำเพื่อควบคุมความชื้นในดินในเขตรากพืชให้อยู่ในช่วงระหว่างจุดเหี่ยวเฉาถาวร(PWP) กับความชื้นชลประทาน (Fc) หรือพูดง่ายๆว่าอยู่ในช่วงความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ การให้น้ำแก่พืชจะเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงใกล้จุดเหี่ยวเฉาถาวร ส่วนจะให้ลดลงใกล้มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความสามารถในการทนแล้งของพืช และสภาพภูมิอากาศ เช่น ความแห้งแล้ง หรือความชุ่มชื้น ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำของพืช โดยทั่วไปจะยอมให้ความชื้นในดินลดลง 50-75 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ ซึ่งความชื้นในดินที่ยอมให้ลดลงก่อนทำการให้น้ำครั้งต่อไป เรียกว่า ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ (Allowable Soil Moisture Deficiency) หรือเรียกสั้นๆว่า Allowable Depletion ส่วนความชื้นที่เหลือในดินหลังจากที่พืชดูดเอาความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ไปหมดแล้ว คือ ความชื้นที่จุดวิกฤต (Critical Moisture Level หรือ Critical Point)

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช

จากภาพที่ 3 พอจะสรุปได้ว่า การให้น้ำแก่พืชจะต้องเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤต และปริมาณที่ให้จะต้องมากพอที่จะเพิ่มความชื้นในดินให้ถึงความชื้นชลประทาน ซึ่งถ้าหากทำการให้น้ำไม่ทันจนทำให้ความชื้นในดินลดต่ำลงกว่าความชื้นที่จุดวิกฤต จะมีผลกระทบกระเทือนต่อผลผลิตของพืชทำให้เกิดการเหี่ยวเฉา ผลผลิตและคุณภาพลดลง

แต่การที่จะรู้ว่าความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤตหรือยัง จะต้องมีการตรวจวัดความชื้นในดินในเขตรากพืช ซึ่งมีทางทำได้ 3 วิธีคือ การวัดความชื้นของดินโดยการชั่งน้ำหนัก การวัดความชื้นโดยดูลักษณะและความรู้สึกสัมผัส และวิธีสุดท้ายคือ การวัดความชื้นในดินโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 วิธีดังกล่าว จะช่วยทำให้ทราบว่าควรจะให้น้ำแก่พืชได้หรือยัง และถ้าต้องให้จะต้องให้ด้วยปริมาณเท่าใด ความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้มีค่าอยู่ระหว่างความชื้นชลประทานถึงความชื้นที่จุดวิกฤต จะแปรเปลี่ยนไปตามชนิดและลักษณะของดิน

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

3. การคำนวณหาปริมาณน้ำ

การคำนวณหาปริมาณน้ำเพื่อส่งให้แก่พืชจะยึดหลักการคือ จะต้องส่งน้ำให้แก่พืชในปริมาณที่พอดีและตรงตามช่วงเวลาและความต้องการของพืชเป็นสำคัญ ซึ่งข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญและต้องทราบก่อนการคำนวณได้แก่

3.1 ข้อมูลพื้นฐาน

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

3.2 สูตรที่ใช้คำนวณ

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

เมื่อ d = ค่าความลึกของน้ำที่จะต้องส่งให้แก่พืช (มิลลิเมตร)

Pw = ค่าความชื้นที่จะต้องเพิ่มให้แก่ดินจนถึงระดับความชื้นชลประทาน(%)

As = ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

D = ค่าความลึกของเขตรากพืชหรือความลึกของดินที่ต้องการให้น้ำซึมลงไปถึงหลังการให้น้ำ (มิลลิเมตร)

4. รอบเวรการส่งน้ำ

มนตรี (ม.ป.ป.) กล่าวว่า รอบเวรการส่งน้ำแก่พืช คือความถี่ของการส่งน้ำ ซึ่งหมายถึงระยะเวลาช่วงห่างของการส่งน้ำแต่ละครั้งว่าพืชสามารถใช้น้ำจำนวนดังกล่าวนั้นได้เป็นเวลากี่วัน ดังเช่นส่งน้ำครั้งหนึ่ง พืชใช้ได้ 5 วัน หรือ 5 วันส่งน้ำครั้ง เป็นต้น ซึ่งคำนวณได้ดังสมการที่ (7)

$$\text{ความถี่ของการส่งน้ำ} = \frac{\text{จำนวนน้ำที่ต้องเพิ่มแก่ดิน}}{\text{อัตราการใช้น้ำของพืชต่อวัน}} \qquad (7)$$

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

แฟกเตอร์การตอบสนองของผลผลิต (Ky)

แฟกเตอร์การตอบสนองของผลผลิตของพืช (Ky) เป็นอัตราส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง ผลผลิตจริงกับ ผลผลิตสูงสุด (Ya/Ym) และ อัตราส่วนระหว่างการใช้น้ำจริงกับการใช้น้ำสูงสุด (ETa/ETm) ดังสมการที่ 8 โดยมีน้ำเป็นตัวแปรที่ทำให้ผลผลิตลดลง (1-Ya/Ym) และมีการขาดน้ำในอัตราส่วนที่เป็นจริงและเป็นค่าสูงที่สุด (ETm) หรือเกิดในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืช

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

เมื่อ Ya = ผลผลิตต่ำสุด

Ym = ผลผลิตสูงสุด

ETa = ปริมาณการใช้น้ำของพืชจริง

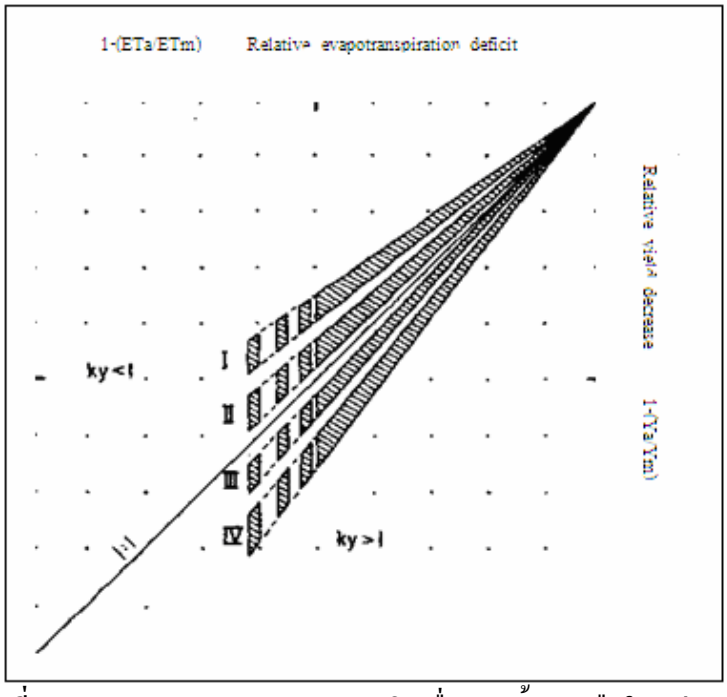
ETm = ปริมาณการใช้น้ำของพืชสูงสุด

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 4 สามารถเรียงลำดับกลุ่มของพืชที่มีการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำจากน้อยสุดไปมากสุดได้โดยพืชในกลุ่มที่ I < II < III < IV

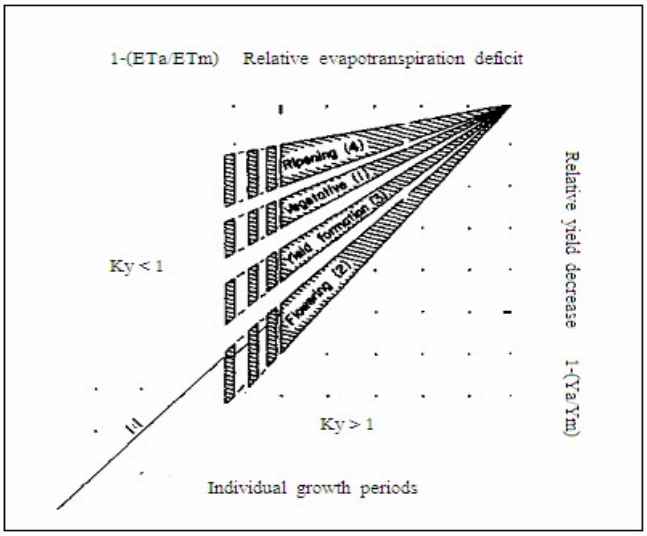
ส่วนภาพที่ 5 แสดงการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำของพืชในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต โดยช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ (Ripening) ช่วงเจริญเติบโต (Vegetative) และช่วงออกผลผลิต (Yield Formation) จะอยู่ในช่วงที่ Ky<1 คือ ในช่วงนี้ถ้าพืชขาดน้ำจะยังมีผลกระทบต่อผลผลิตไม่มากนัก ส่วนในช่วงออกดอก (Flowering) จะอยู่ในช่วงที่ Ky>1 คือ ถ้าพืชขาดน้ำในช่วงนี้จะมีผลกระทบต่อผลผลิตมาก ทำให้ผลผลิตลดลง จากภาพที่ 5 จะสามารถเรียงลำดับการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำของพืชในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตจากน้อยสุดไปมากสุดได้โดยช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ (Ripening) < ช่วงเจริญเติบโต (Vegetative) < ช่วงออกผลผลิต (Yield Formation) < ช่วงออกดอก (Flowering) และในตารางที่ 4 แสดงค่าการตอบสนองผลผลิตของพืชในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



ภาพที่ 4 แสดงการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำของพืชในแต่ละกลุ่ม

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



ภาพที่ 5 แสดงการตอบสนองของผลผลิตเมื่อขาดน้ำของพืชในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต

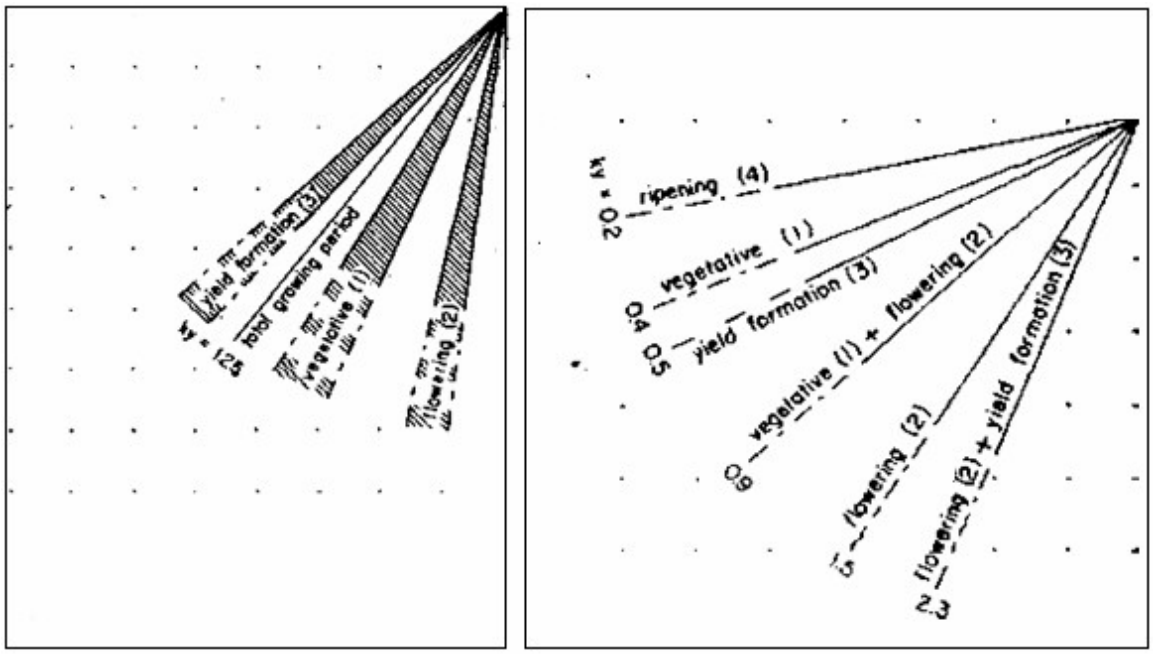
Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ตารางที่ 4 แสดงค่า Ky ของพืชแต่ละชนิดในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต

Yield Response Factor(Ky)							
Crop	**Vegetative period(1)**			**Flowering**	**Yield**	**Ripening(4)**	**Total growing**
	early	**late**	**total**	**period(2)**	**formation(3)**		**period**
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							
beet							0.6 - 1.0
sugar							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							
winter			0.2	0.6	0.5		1.0
spring			0.2	0.65	0.55		1.15

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

การตอบสนองของผลผลิตของข้าวโพดหวาน



ภาพที่ 6 แสดงค่า Ky ในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

จากภาพที่ 6 แสดงการตอบสนองของผลผลิตของข้าวโพดหวานเมื่อขาดน้ำในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน โดยจะแบ่งค่า Ky ออกเป็น 6 ช่วงของระยะเวลาการเจริญเติบโต ซึ่งค่า Ky ถ้ายิ่งมีค่าน้อยแสดงว่าอยู่ในช่วงที่สามารถทนทานต่อการขาดน้ำได้โดยมีผลกระทบต่อผลผลิตของข้าวโพดหวานมากนัก แต่ถ้าค่า Ky ยิ่งมีค่ามากแสดงว่าอยู่ในช่วงที่อ่อนไหวต่อการขาดน้ำเมื่อข้าวโพดหวานขาดน้ำแล้ว จะมีผลทำให้ผลผลิตของข้าวโพดหวานลดลงอย่างมาก ดังนั้นจากภาพที่ 6 สามารถสรุปได้ว่าช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ในช่วงที่ขาดน้ำแล้วมีผลทำให้ผลผลิตลดลงมากที่สุด คือ ช่วงออกดอก (Flowering) และช่วงออกผลผลิต (Yield Formation) โดยค่า Ky มีค่าเท่ากับ 2.3 ส่วนช่วงที่เมื่อขาดน้ำแล้วมีผลกระทบต่อผลผลิตน้อยที่สุด คือ ช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ (Ripening) โดยค่า Ky มีค่า เท่ากับ 0.2

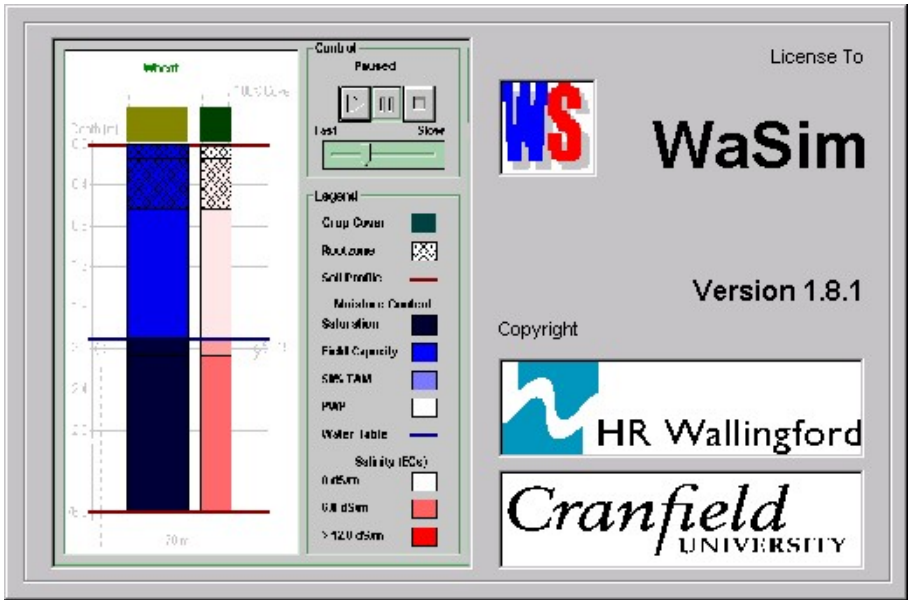
Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

แบบจำลองสมดุลของน้ำในดิน WaSim

แบบจำลอง WaSim เป็นแบบจำลองที่มีการพัฒนาโดย HR Wallingford และ มหาวิทยาลัย Cranfield ประเทศอังกฤษ(โดยได้รับการสนับสนุนจาก DFID) WaSim เป็นระบบแบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการสอนและการสาธิตปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการชลประทาน เช่น การระบายน้ำเค็มและการจัดการ ความสัมพันธ์ในการตอบสนองต่อ ดิน น้ำ ความเค็ม และการจัดการกลยุทธ์ที่แตกต่างกัน (เช่นการออกแบบการระบายน้ำและการบริหารจัดการน้ำ) และสถานการณ์สิ่งแวดล้อม

แบบจำลอง WaSim สามารถใช้ข้อมูลปริมาณฝนอ้างอิงในการทำงานซึ่งเป็นรายวัน โดยสามารถใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนในการคำนวณได้ถึง 30 ปี สามารถระบุระบบหมุนเวียนพืชได้ทั้งหมด 3 ชนิด ระบุลักษณะชนิดของดินเป็นแบบชั้นเดียว ระบุวันที่มีการให้น้ำชลประทาน สามารถออกแบบการระบายน้ำและเลือกความเค็มของดินที่ทำการเพาะปลูกพืชได้

ความสามารถของแบบจำลอง WaSim คือ จำลองสมดุลของน้ำในดิน คำนวณความต้องการน้ำชลประทาน ระบุปริมาณการขาดน้ำชลประทานเมื่อพืชมีการขาดน้ำ จำลองความยาวรากพืชที่มีการให้น้ำชลประทานที่สมบรูณ์ คำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช บอกระดับของน้ำใต้ดิน



ภาพที่ 7 แบบจำลองสมดุลของน้ำในดิน WaSim

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

1. สถานที่ทำการทดลอง

แปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. อุปกรณ์

- รถไถ
- จอบ
- Auger
- ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบวงแหวนสองชั้น
- กระป๋องสำหรับใส่น้ำ
- เทปวัด
- เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 (Hybrix-3)
- ปุ๋ยและสารเคมี
- เครื่องสูบน้ำ
- สายไฟ
- สายยาง

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ภาพที่ 8 พื้นที่แปลงทดลอง ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

ภาพที่ 9 ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบวงแหวนสองชั้น

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

3. วิธีดำเนินงาน

1. การเตรียมแปลงทดลอง

1.1พื้นที่แปลงทดลองมีขนาด 720 ตารางเมตร แบ่งเป็น 6 แปลง แต่ละแปลงมีขนาด 120 ตารางเมตร (ดังแสดงในภาพที่ 10)

1.2 ใช้รถไถทำการเตรียมพื้นที่ ไถดะ ไถแปร เตรียมแปลงยกร่อง และทำทางระบายน้ำ

1.3 ใช้จอบปรับแต่งพื้นที่ และทางระบายน้ำ

2. การดำเนินการทดลอง และเก็บข้อมูล

2.1 เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกเพื่อนำไปวิเคราะห์ชนิดและคุณสมบัติของดิน

2.2 เจาะรูลึกลงไปในดินระยะประมาณ 1 เมตร เพื่อดูปริมาณน้ำใต้ดินที่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

2.3 ทดลองหาค่าอัตราการซึมของน้ำในดินด้วย ถังวัดอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินแบบวงแหวนสองชั้น

2.4 ปลูกข้าวโพดหวาน พันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3(Hybrix-3)

2.5 ข้อมูลที่บันทึก ประกอบด้วย

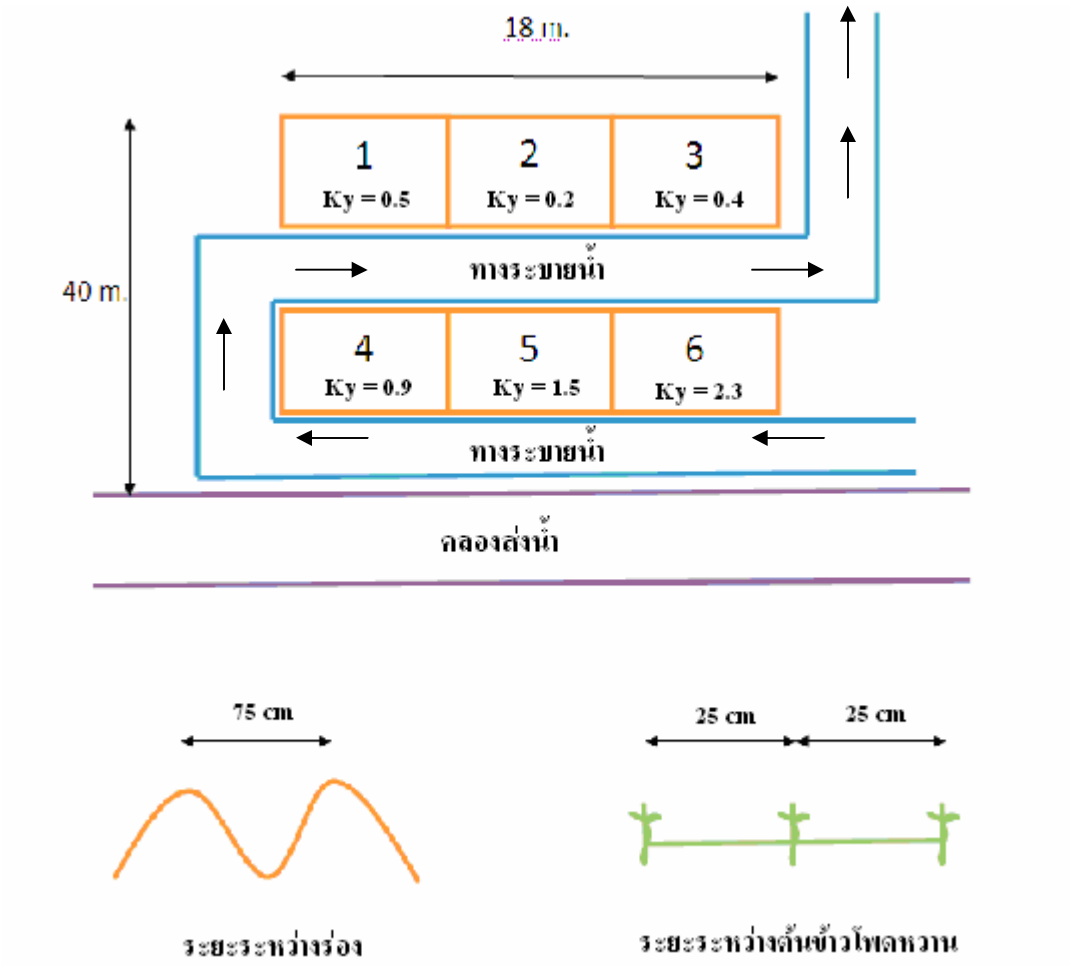
2.5.1 ข้อมูลภูมิอากาศ เพื่อนำมาคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ได้แก่ (1) อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด (2) ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดและต่ำสุด (3) ความยาวนานแสงแดด (4) ความเร็วลม (5) ปริมาณน้ำฝน และ (6) ปริมาณการระเหย

2.5.2 ข้อมูลปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่พืชด้วยเครื่องสูบน้ำ โดยแต่ละแปลงมีปริมาณน้ำและกำหนดการให้น้ำชลประทานที่แตกต่างกัน

2.6 ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน โดยวัดความยาวราก ความสูงของต้น

2.7 เมื่อถึงช่วงเก็บเกี่ยว ทำการสุ่มเก็บข้าวโพดหวานจากทั้ง 6 แปลงมาจำนวนเท่ากัน เพื่อนำมาวัดน้ำหนักต้นและน้ำหนักฝักทั้งแบบเปียกและแบบแห้ง

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



ภาพที่ 10 แปลงทดลอง

จากภาพที่ 10 แสดงการขาดน้ำในแต่ละแปลงในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโต

แปลงที่ 1 หยุดให้น้ำช่วง Yield Formation (Ky = 0.5)

แปลงที่ 2 หยุดให้น้ำช่วง Ripening (Ky = 0.2)

แปลงที่ 3 หยุดให้น้ำช่วง Vegetative (Ky = 0.4)

แปลงที่ 4 หยุดให้น้ำช่วง Vegetative + Flowering (Ky = 0.9)

แปลงที่ 5 หยุดให้น้ำช่วง Flowering (Ky = 1.5)

แปลงที่ 6 หยุดให้น้ำช่วง Flowering + Yield Formation (Ky = 0.5)

ที่มา : FAO-33 (1986)

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ผลการทดลอง

ผลการทดลองแบ่งออกเป็น ผลการตรวจวัดหาคุณสมบัติของดิน และอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน กำหนดการให้น้ำแก่พืช การหาการใช้น้ำของพืชอ้างอิง การหาการใช้น้ำของพืชที่แท้จริง การคำนวณการใช้น้ำของพืช การขาดน้ำในเขตรากพืช ดังรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลชนิดดิน และอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

ข้อมูลดินได้มาจากการเก็บตัวอย่างของดินในแปลงทดลอง แล้วนำไปทำการทดลองหาชนิดของดินในห้องปฏิบัติการ โดยมีวิธีการทำ ดังนี้

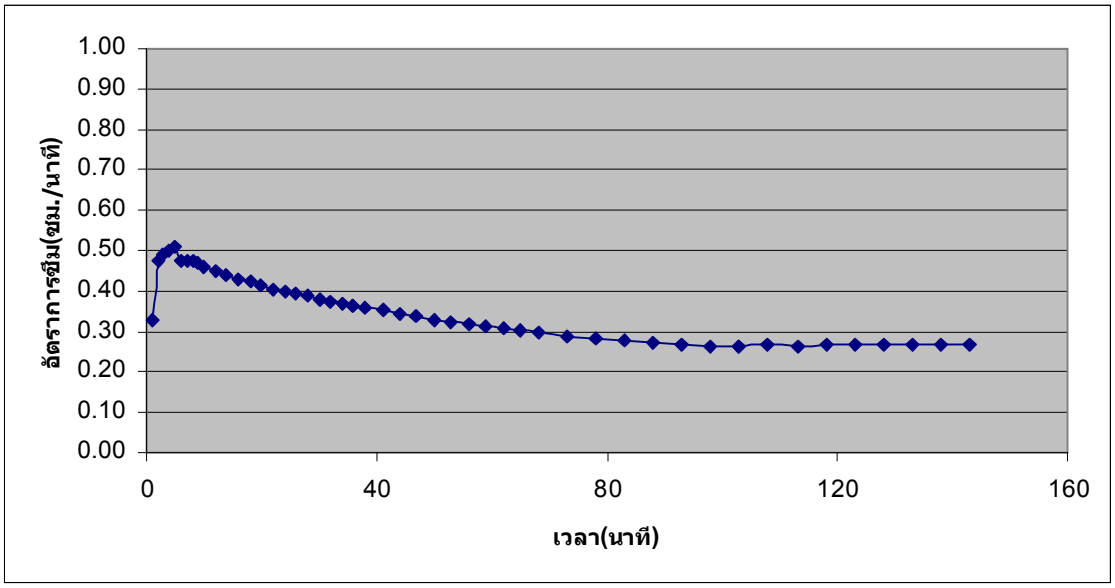
1. ทำการขุดเจาะดินด้วย Auger เก็บดินที่ความลึกทั้งหมด 100 ซม. โดยทำการเก็บตัวอย่างดินทุก 20 ซม.(0-20,20-40,40-60,60-80,80-100 ซม.) จะได้ตัวอย่างดินมา 5 ตัวอย่าง
2. นำตัวอย่างดินที่เก็บได้ไปทดลองในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธีการร่อนเปียก โดยการนำตัวอย่างดินมารวมกันเป็นน้ำหนัก 500 กรัม(100 กรัมต่อตัวอย่าง) แล้วนำดินมาร่อนบนตะแกรงเบอร์ 200 พร้อมทั้งกับเทน้ำผสมลงไปในตะแกรงด้วยเพื่อให้เม็ดดินแตกตัวไม่เกาะกันเป็นก้อน
3. จากการทดลองได้ผลคือ มีดินค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 200 เท่ากับ 171.32 กรัม(น้อยกว่า 50% ที่ค้างอยู่บนตะแกรงเบอร์ 200)
4. นำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตารางการจำแนกดินโดยวิธี USCS จะได้ว่าดินในพื้นที่แปลงทดลองนั้นเป็นดินชนิด Silty Clay
5. ทำการทดลอง Double Ring เพื่อหาอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน ในพื้นที่แปลงทดลอง

เมื่อทราบอัตราการซึมของน้ำลงในดิน โดยทำการทดลองในพื้นที่แปลง ได้ผลการทดลองดังแสดงในภาคผนวก และได้กราฟดังแสดงในภาพที่ 11 และภาพที่ 12

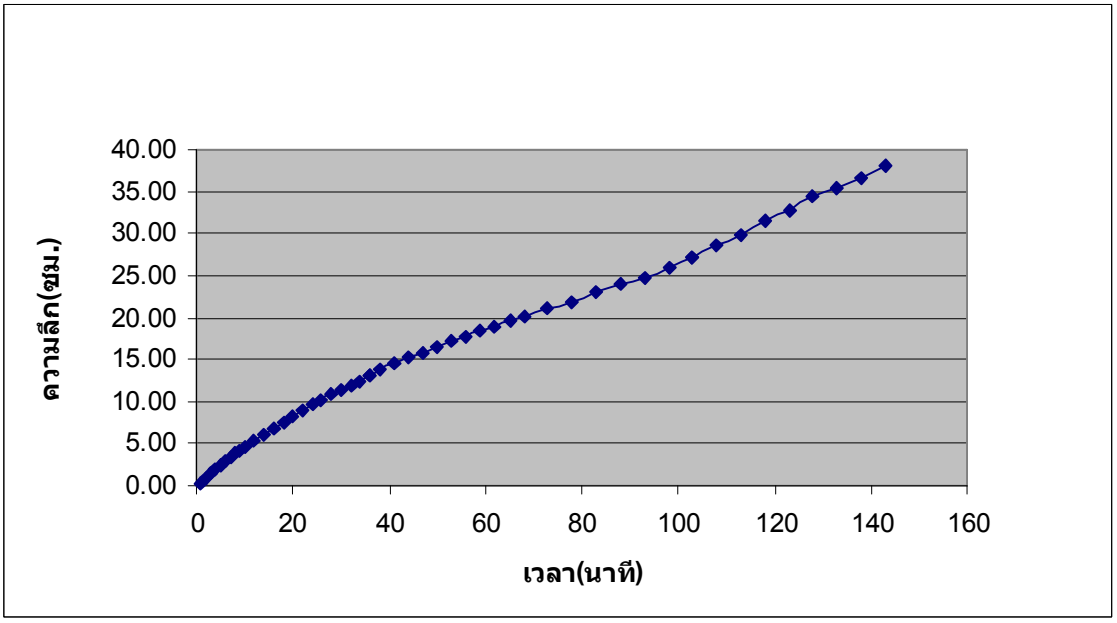
จากภาพที่11 ค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินจะมีค่าเริ่มต้นที่ 0.32 มิลลิเมตร ที่เวลา 0 วินาที ค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ 0.51 มิลลิเมตร ที่เวลา 5 นาที และจะลดลงจนคงที่ที่ 0.26 มิลลิเมตร ที่เวลา 100 นาที

จากภาพที่ 12 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินเริ่มต้นที่ 0 มิลลิเมตร ที่เวลา 0 นาที เมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้นความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินก็มีค่ามากขึ้นด้วย

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



ภาพที่ 11 อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินต่อช่วงเวลา



ภาพที่ 12 ความลึกต่อเวลา

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

2. กำหนดการให้น้ำพืช

น้ำที่ส่งให้ในแปลงทดลองจะใช้วิธีการให้น้ำแบบ Furrow โดยให้ทีละร่องของทั้ง 6 แปลงและแต่ละแปลงจะทำการให้น้ำในแต่ละช่วงของการเจริญเติบของพืชต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของ FAO33 ดังแสดงในภาพที่ 13

การเจริญเติบโตของพืช	แปลงเพาะปลูก					
	1	2	3	4	5	6
Establishment(0)						
Vegetative(1)						
Flowering(2)						
Yield Formation(3)						
Ripening(4)						

หมายเหตุ : = ให้น้ำ

= ไม่ให้น้ำ

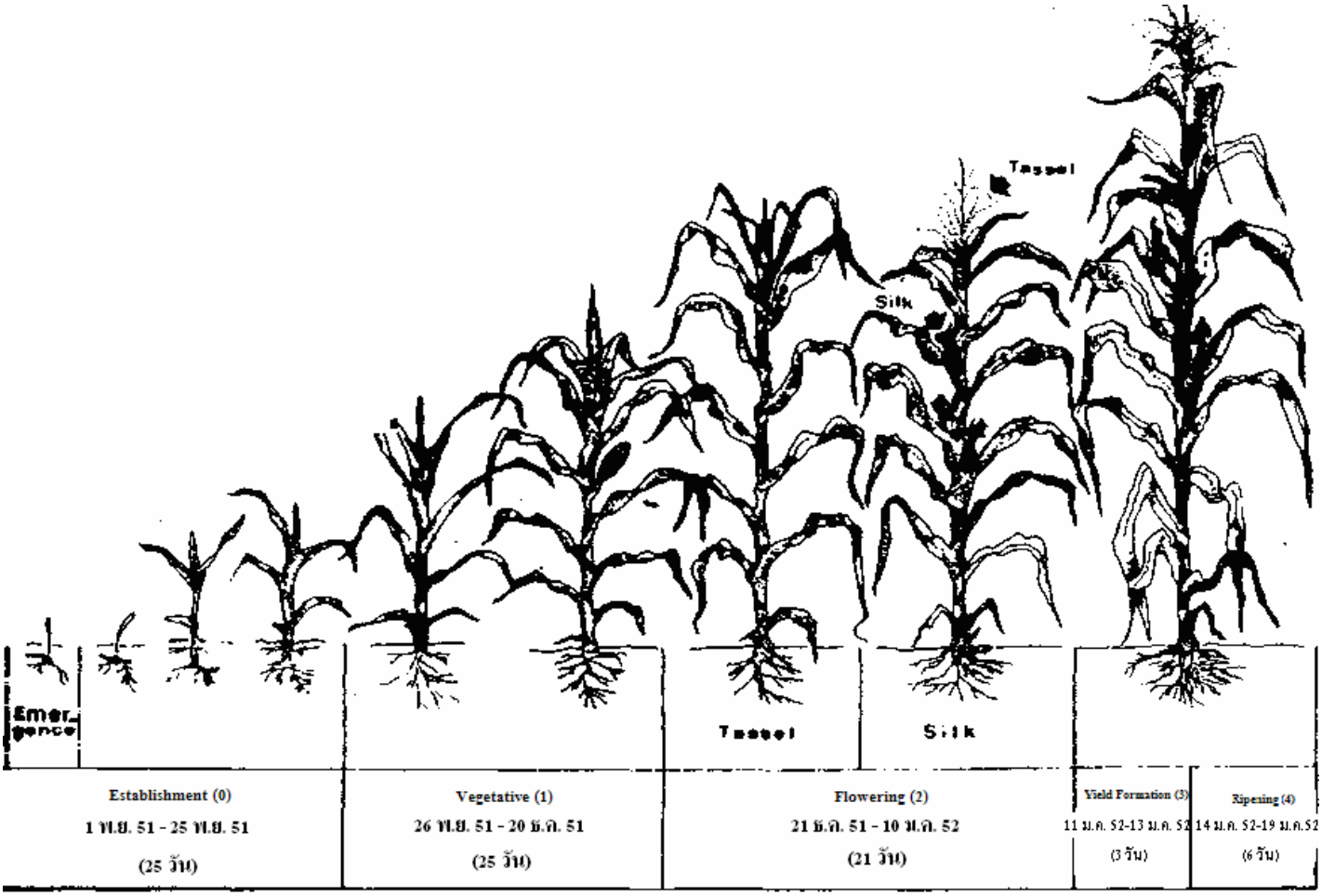
ภาพที่ 13 ช่วงการให้น้ำทั้ง 6 แปลง

จากภาพที่ 13 เป็นตารางแสดงการแบ่งช่วงกำหนดการให้น้ำในแต่ละแปลงการเพาะปลูกโดยมีรายละเอียดดังนี้

- แปลงที่ 1 มีการให้น้ำในช่วงเริ่มปลูก(Establishment) ช่วงเจริญเติบโต(Vegetative) ช่วงออกดอก(Flowering) ช่วงเจริญเติบโตเต็มที่(Ripening) และหยุดการให้น้ำช่วงออกผลผลิต(Yield Formation)
- แปลงที่ 2 มีการให้น้ำชลประทานในช่วงเริ่มปลูก(Establishment) ช่วงเจริญเติบโต(Vegetative) ช่วงออกดอก(Flowering) ช่วงออกผลผลิต(Yield Formation) แต่หยุดการให้น้ำในช่วงเจริญเติบโตเต็มที่(Ripening)
- แปลงที่ 3 มีการให้น้ำช่วงเริ่มปลูก(Establishment) ช่วงออกดอก(Flowering) ช่วงออกผลผลิต(Yield Formation) ในช่วงเจริญเติบโตเต็มที่(Ripening) และหยุดการให้น้ำช่วงช่วงเจริญเติบโต(Vegetative)

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

- แปลงที่ 4 มีการให้น้ำช่วง เริ่มปลูก(Establishment) ช่วงออกผลผลิต(Yield Formation) ในช่วงเจริญเติบโตเต็มที่(Ripening) และหยุดการให้น้ำช่วงเจริญเติบโต(Vegetative) ช่วงออกดอก(Flowering)
- แปลงที่ 5 มีการให้น้ำช่วงเริ่มปลูก(Establishment) ช่วงเจริญเติบโต(Vegetative) ช่วงออกผลผลิต(Yield Formation) ในช่วงเจริญเติบโตเต็มที่(Ripening) และหยุดการให้น้ำช่วงออกดอก(Flowering)
- แปลงที่ 6 มีการให้น้ำช่วงเริ่มปลูก(Establishment) ช่วงเจริญเติบโต(Vegetative) ช่วงเจริญเติบโตเต็มที่(Ripening) และหยุดการให้น้ำช่วงออกดอก(Flowering) และช่วงออกผลผลิต(Yield Formation)
-



ภาพที่ 14 แสดงจำนวนวันในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของข้าวโพด

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ตารางที่ 5 ระยะเวลาการให้น้ำและปริมาณน้ำ

ช่วงการเจริญเติบโตของพืช	วันที่	ระยะเวลาการให้น้ำและปริมาณน้ำ(นาที มิลลิเมตร)/แปลง					
		1	2	3	4	5	6
Establishment(0)	12-พ.ย.-51	2(5.24)	2(5.24)	2(5.24)	2(5.24)	2(5.24)	2(5.24)
	15-พ.ย.-51	3(9.82)	3(9.82)	3(9.82)	3(9.82)	3(9.82)	3(9.82)
	25-พ.ย.-51	4(19.65)	4(19.65)	4(19.65)	4(19.65)	4(19.65)	4(19.65)
Vegetative(1)	2-ธ.ค.-51	6(26.2)	6(26.2)	-	-	6(26.2)	6(26.2)
	11-ธ.ค.-51	7(32.75)	7(32.75)	-	-	7(32.75)	7(32.75)
	20-ธ.ค.-51	9(39.3)	9(39.3)	-	-	9(39.3)	9(39.3)
Flowering(2)	10-ม.ค.-52	10(45.8)	10(45.8)	10(45.8)	-	-	-
Yield Formation(3)	13-ม.ค.-52	-	12(49.12)	12(49.12)	12(49.12)	12(49.12)	-
Ripening(4)	17-ม.ค.-52	12(52.4)	-	12(52.4)	12(52.4)	12(52.4)	12(52.4)

ข้อมูลปริมาณน้ำประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและข้อมูลปริมาณน้ำชลประทาน โดยปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลรายวันที่ตรวจวัดระหว่างวันที่ 1 พฤศจิกายน 2551 ถึง 19 มกราคม 2552 ส่วนปริมาณน้ำชลประทานได้มาจากการคำนวณปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชใน 6 แปลง

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในช่วงระยะเวลา 80 วัน โดยมีวันที่ฝนตกเป็นจำนวน 3 วัน โดยวันที่ 1 พ.ย 2551 เท่ากับ 5 มิลลิเมตร วันที่ 5 พ.ย. 2551 เท่ากับ 4.3 มิลลิเมตร และวันที่ 7 พ.ย. 2551 เท่ากับ 5.4 มิลลิเมตร รวมมีปริมาณน้ำฝนทั้งสามวันเท่ากับ 14.7 มิลลิเมตร ส่วนปริมาณน้ำชลประทานได้ส่งน้ำตลอดช่วงที่เพาะปลูกรวมทั้ง 6 แปลงเท่ากับ

แปลงที่ 1 = 234 มิลลิเมตร

แปลงที่ 2 = 231 มิลลิเมตร

แปลงที่ 3 = 185 มิลลิเมตร

แปลงที่ 4 = 139 มิลลิเมตร

แปลงที่ 5 = 238 มิลลิเมตร

แปลงที่ 6 = 188 มิลลิเมตร

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

3. การคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน รวบรวมจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ระหว่างวันที่ 1 พฤศจิกายน 2551 ถึง 19 มกราคม 2552 รวม 80 วัน เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายวันข้อมูลประกอบด้วย

(1) อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด

(2) ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดและต่ำสุด

(3) ความยาวนานแสงแดด

(4) ความเร็วลม

(5) ปริมาณน้ำฝน

(6) ปริมาณการระเหย

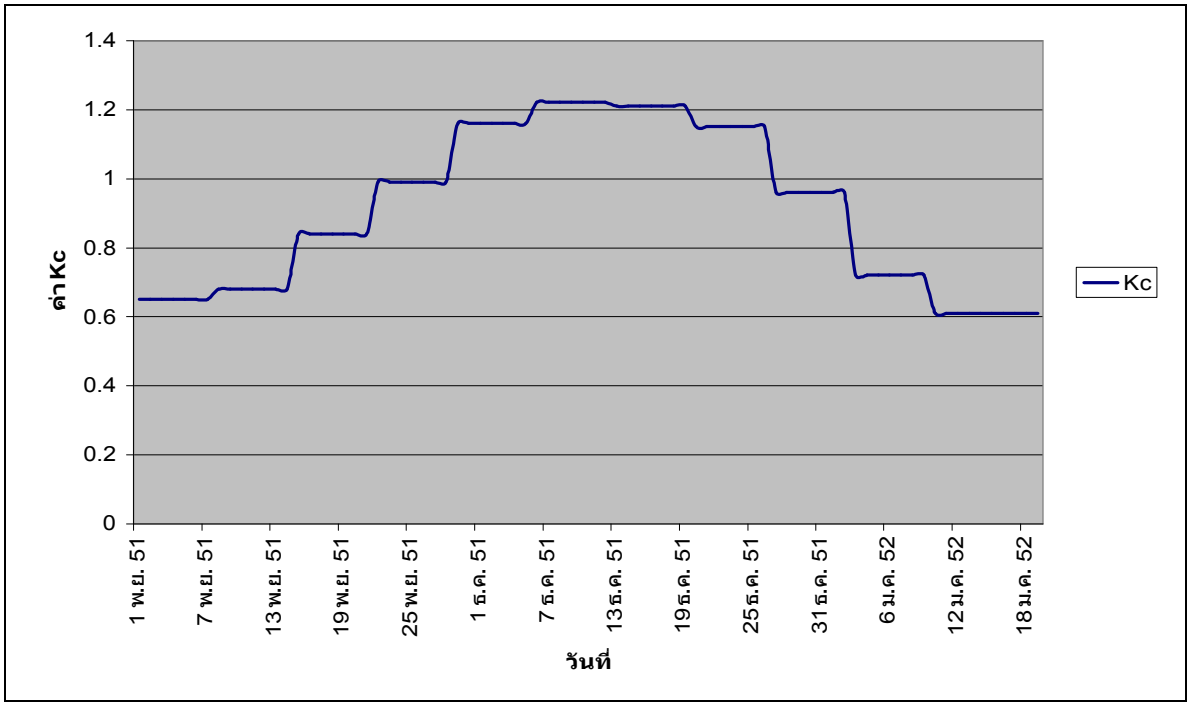
ข้อมูลดังกล่าวจะทำการจดบันทึกทุกวัน และในส่วนของการคำนวณเพื่อหาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) จะใช้ข้อมูล (1) ถึง (4) ตามที่กล่าวมาข้างต้น โดยวิธีของ Penman-Monteith และได้จัดเตรียมเป็นแฟ้มข้อมูลในรูปแบบสำหรับแบบจำลอง WaSim ดังแสดงในภาคผนวก ข.

จากภาพที่ 16 ในช่วงแรก (1 พ.ย.2551 ถึง 28 พ.ย. 2551) ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) มีค่าสูงกว่าปริมาณการใช้น้ำของข้าวโพด (ETc) เนื่องจาก ข้าวโพดที่ปลูกอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตที่ยังไม่ต้องการการใช้น้ำมากในการเลี้ยงส่วนต่างๆ ของพืช

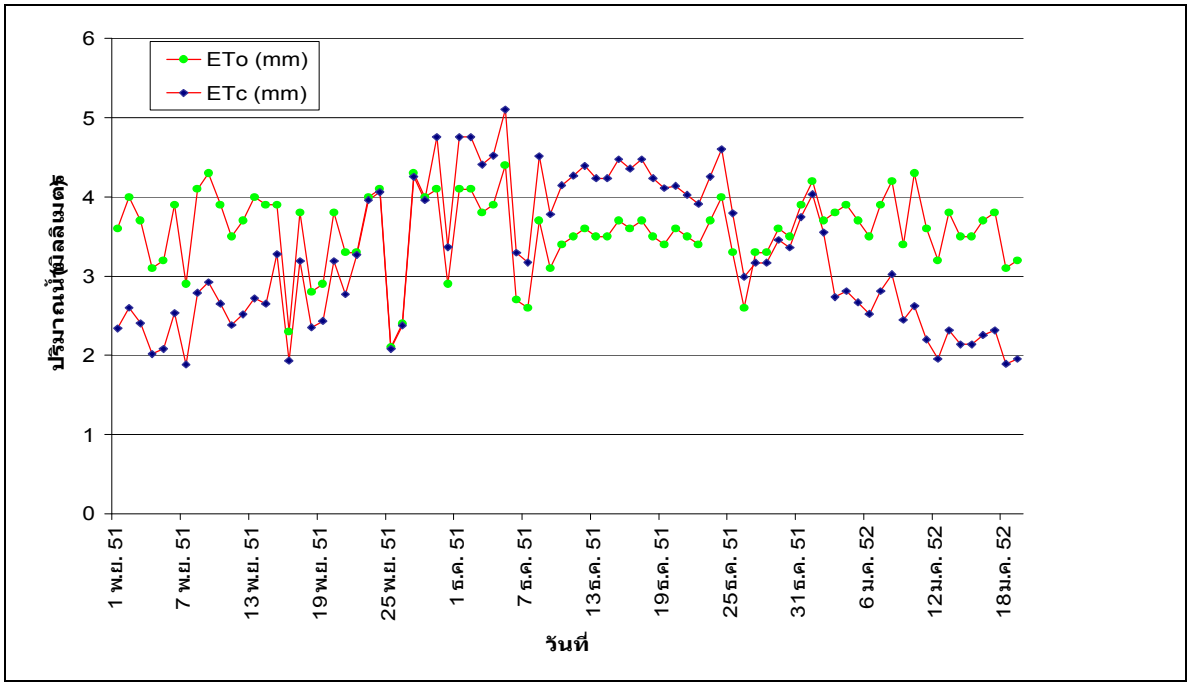
ส่วนในช่วงที่สอง (1ธ.ค.2551 ถึง 25ธ.ค.2551) ปริมาณการใช้น้ำของข้าวโพด (ETc) มีค่าสูงกว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) เนื่องจากในช่วงนี้ข้าวโพดมีความจำเป็นในการใช้น้ำมากเพื่อนำไปเลี้ยงลำต้น ใบ ดอก และผลผลิต

สำหรับช่วงสุดท้าย (28 ธ.ค.2551 ถึง19 ม.ค. 2552) ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง(ETo) สูงกว่าปริมาณการใช้น้ำของข้าวโพด(ETc) เนื่องจาก ข้าวโพดอยู่ในช่วงที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วและเตรียมเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ จึงไม่จำเป็นต้องนำน้ำไปหล่อเลี้ยง ลำต้น ใบ ดอก และผลผลิตมากนัก

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



ภาพที่ 15 ค่าสัมประสิทธิการใช้น้ำ (Kc) ของข้าวโพดตลอดอายุการเพาะปลูก



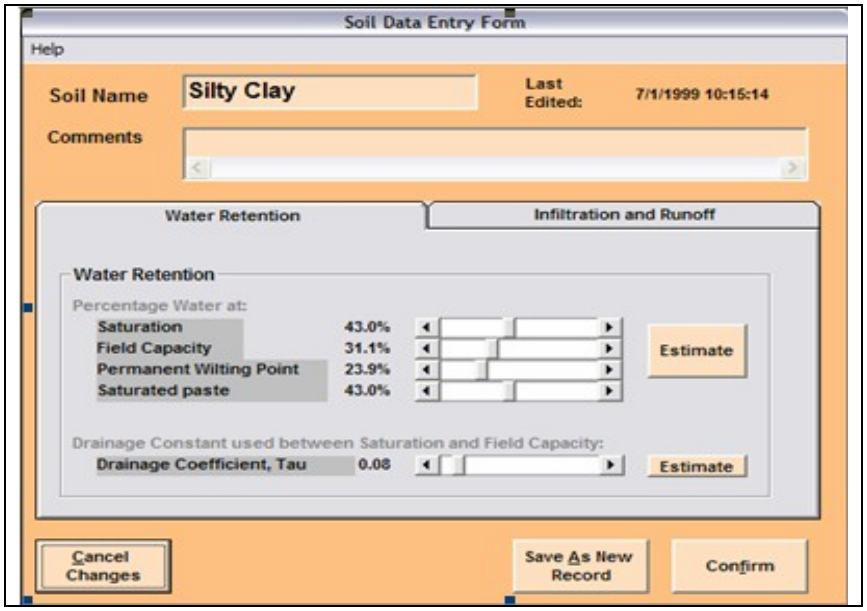
ภาพที่ 16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง(ETo)
กับ ปริมาณการใช้น้ำของข้าวโพด(ETc)

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

4. ผลการจำลองสมดุลน้ำในดินด้วยโปรแกรม WaSim

เลือกชนิดข้อมูลดิน โดยดูจากข้อมูลดินจากข้อ 1 ซึ่งเป็นดินชนิด (Silty Clay) โปรแกรมจะประมาณค่าคุณสมบัติเบื้องต้นของดิน ได้แก่

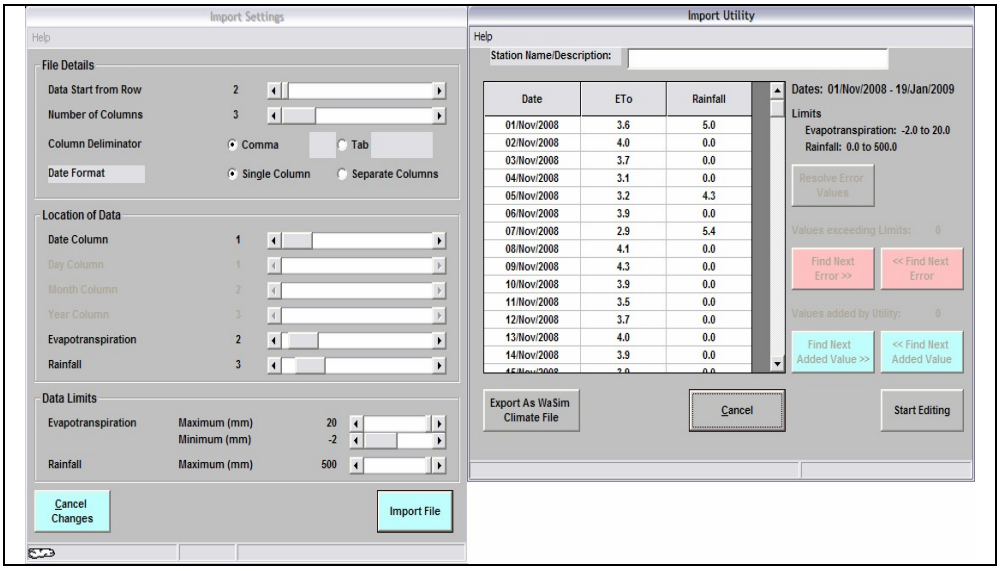
- ความชื้นในดิน (Saturation) มีค่า 43.0 เปอร์เซ็นต์
- ความชื้นชลประทาน (Field Capacity) มีค่า 31.1 เปอร์เซ็นต์
- จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) มีค่า 23.9 เปอร์เซ็นต์
- ความอิ่มตัว (Saturated paste) มีค่า 43.0 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 17 ข้อมูลดินที่บันทึกในโปรแกรม WaSim

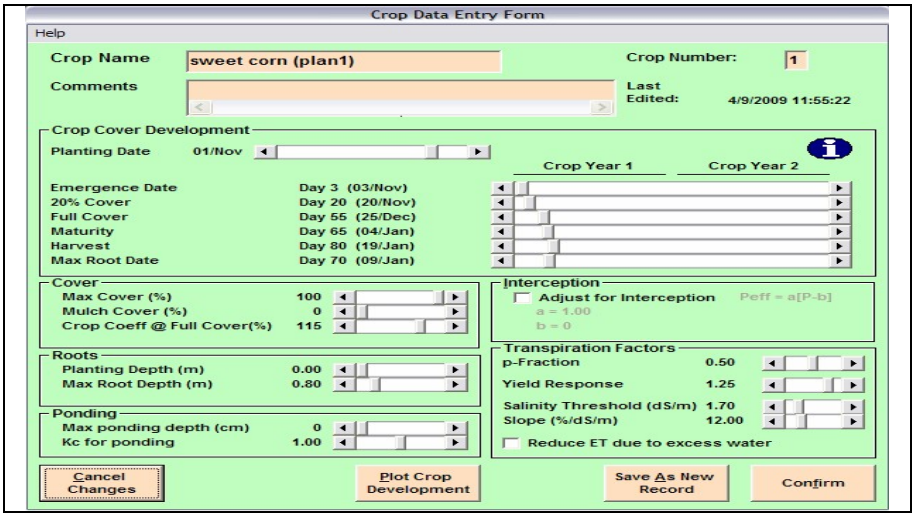
นำข้อมูล ผลการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) และปริมาณน้ำฝน บันทึกลงในโปรแกรม WaSim ดังแสดงในภาพที่ 18

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



ภาพที่ 18 ข้อมูล Climate ที่บันทึกลงในโปรแกรม WaSim

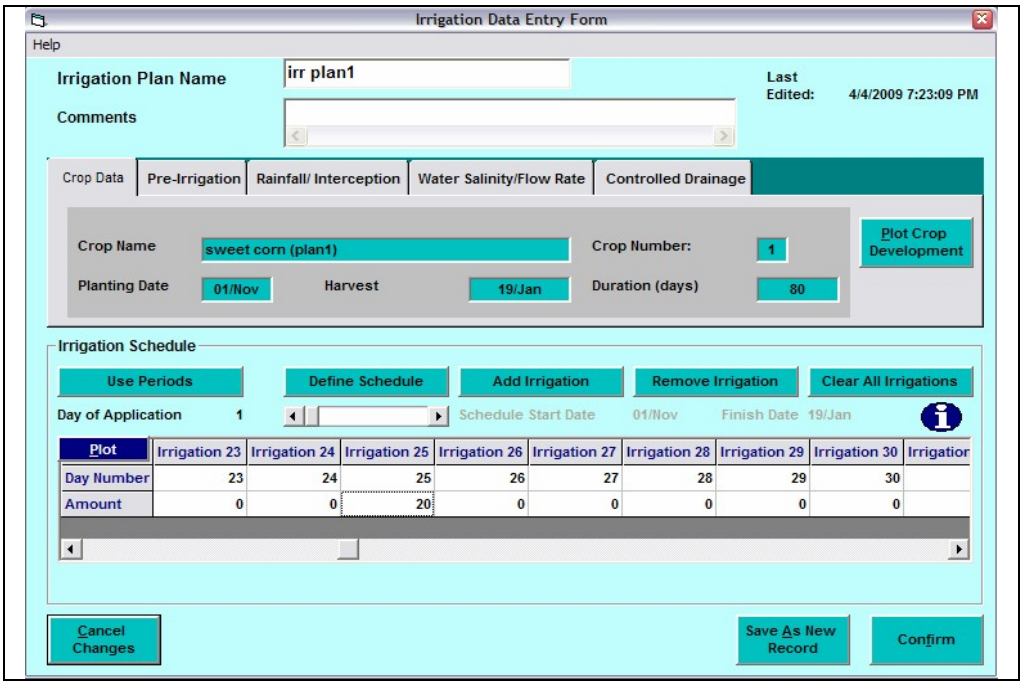
กำหนดข้อมูลพารามิเตอร์พืช (ข้าวโพด) มาปรับลงในในโปรแกรม โดยเริ่มปลูกวันที่ 1 พ.ย. 2551 มีการเจริญเติบโตเต็มที่ในวันที่ 25 ธันวาคม 2551 (วันที่ 55) วัน เก็บเกี่ยวในวันที่ 19 มกราคม 2551 (วันที่80) รากมีความยาวสูงสุดในวันที่ 9 มกราคม 2552 (วันที่70) ความยาวรากสูงสุด 0.8 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 19



ภาพที่ 19 ข้อมูลพารามิเตอร์พืชที่บันทึกลงในโปรแกรม WaSim

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

นำข้อมูลกำหนดการให้น้ำพืชจากการคำนวณในผลการทดลองข้อ 2 มาบันทึกลงในโปรแกรม WaSim ดังแสดงในภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ข้อมูลกำหนดการให้น้ำพืชที่บันทึกลงในโปรแกรม WaSim

จากภาพที่ 21 ถึง 26 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงเพาะปลูก ซึ่งได้จากแบบจำลอง WaSim โดยการให้น้ำในแปลงที่ 1 มีการให้น้ำตามช่วงการเจริญเติบโตดังแสดงใน ตารางที่ 5 ซึ่ง จากกราฟจะเห็นว่าความยาวรากจะมีความยาวเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการเพาะปลูกมากขึ้น โดยค่าความยาวรากจะเริ่มต้นที่ 0 แล้วเจริญเติบโตเต็มที่ที่ 0.8 เมตร ส่วนเส้นกราฟการขาดน้ำในเขตรากพืช (Rootzone Deficit) แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำชลประทานในแต่ละครั้งมีความพอเพียงกับเขตรากพืชหรือไม่ โดยค่าที่เป็นลบแสดงว่าการให้น้ำชลประทานที่ให้มากเกินความจำเป็น ค่าที่เป็นบวกแสดงว่ามีการขาดน้ำชลประทาน หรือการให้น้ำชลประทานไม่เพียงพอกับเขตรากพืช ส่วนค่าที่เป็นศูนย์แสดงว่าการให้น้ำชลประทานมีความพอดีกับเขตรากพืช

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

จากภาพที่ 21 ถึง 26 หมายเลขที่ใช้บอกช่วงของการเจริญเติบโตได้แก่

- Establishment ใช้หมายเลข (0)
- Vegetative ใช้หมายเลข (1)
- Flowering ใช้หมายเลข (2)
- Yield Formation ใช้หมายเลข (3)
- Ripening ใช้หมายเลข (4)

จากกราฟในภาพที่ 21 แสดงให้เห็นว่า กรณีแปลงที่ 1 หยุดการให้น้ำในช่วง ออกผลผลิต (Yield Formation) ทำให้เกิดการขาดน้ำ โดยค่า Rootzone deficit มีค่าสูงสุด +25.12 มิลลิเมตร หมายถึง เกิดการขาดน้ำในเขตราก ปริมาณ 25.12 มิลลิเมตร

จากกราฟในภาพที่ 22 แสดงให้เห็นว่า กรณีแปลงที่ 2 หยุดการให้น้ำในช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ (Ripening) แต่ยังไม่เกิดการขาดน้ำ โดยค่า Rootzone deficit มีค่าสูงสุด -14.49 มิลลิเมตร หมายถึง ยังไม่เกิดการขาดน้ำในเขตรากพืช

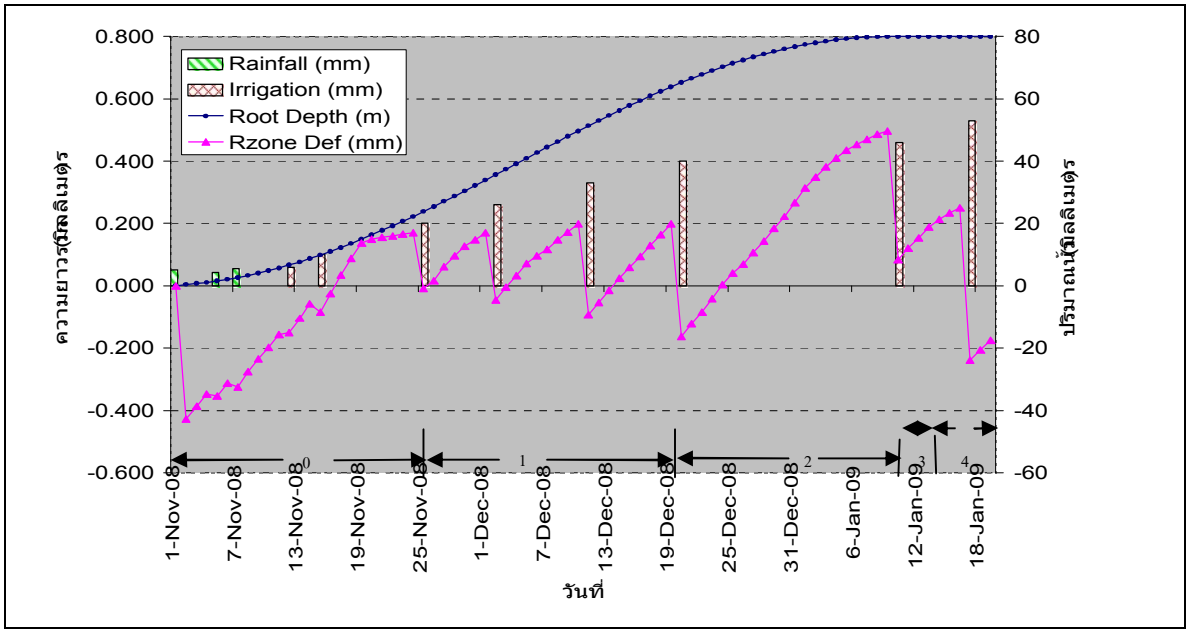
จากกราฟในภาพที่ 23 แสดงให้เห็นว่า กรณีแปลงที่ 3 หยุดการให้น้ำในช่วงช่วงช่วงจริญเติบโต (Vegetative) ทำให้เกิดการขาดน้ำ โดยค่า Rootzone deficit มีค่าสูงสุด +55.46 มิลลิเมตร หมายถึง เกิดการขาดน้ำในเขตราก ปริมาณ 55.46 มิลลิเมตร

จากกราฟในภาพที่ 24 แสดงให้เห็นว่า กรณีแปลงที่ 4 หยุดการให้น้ำช่วงเจริญเติบโต (Vegetative) และช่วงออกดอก (Flowering) ทำให้เกิดการขาดน้ำ โดยค่า Rootzone deficit มีค่าสูงสุด +55.97 มิลลิเมตร หมายถึง เกิดการขาดน้ำในเขตราก ปริมาณ 55.97 มิลลิเมตร

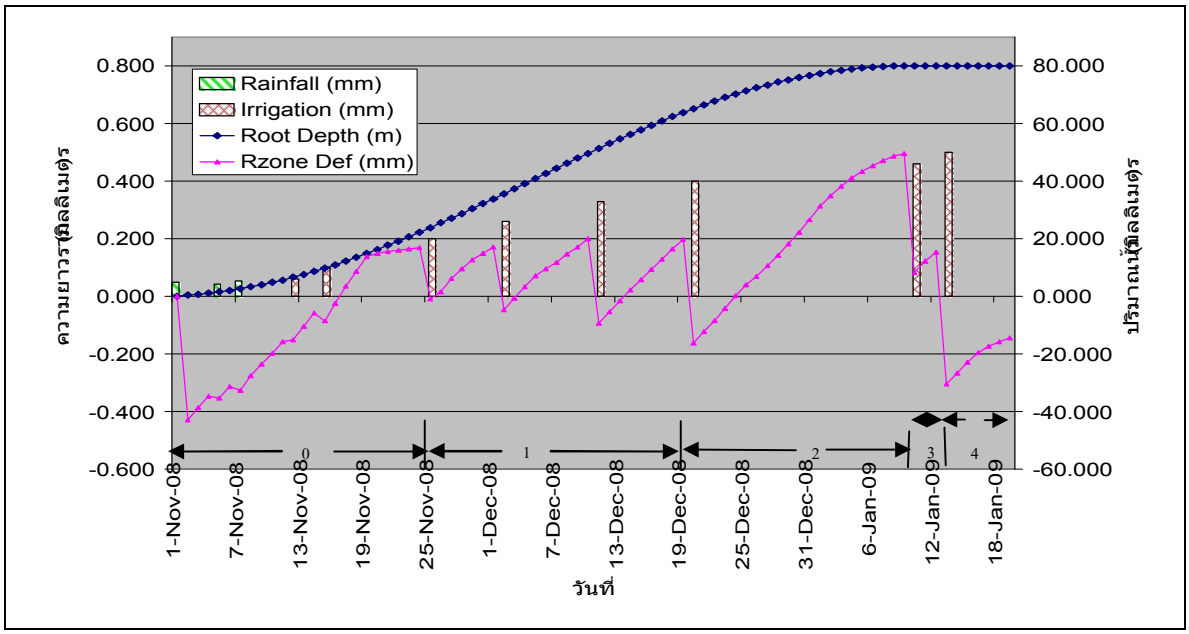
จากกราฟในภาพที่ 25 แสดงให้เห็นว่า กรณีแปลงที่ 5 หยุดการให้น้ำช่วงออกดอก (Flowering) ทำให้เกิดการขาดน้ำ โดยค่า Rootzone deficit มีค่าสูงสุด +52.25 มิลลิเมตร หมายถึง เกิดการขาดน้ำในเขตราก ปริมาณ 52.25 มิลลิเมตร

จากกราฟในภาพที่ 26 แสดงให้เห็นว่า กรณีแปลงที่ 6 หยุดการให้น้ำช่วงช่วงออกดอก (Flowering) และช่วงออกผลผลิต (Yield Formation) ทำให้เกิดการขาดน้ำ โดยค่า Rootzone deficit มีค่าสูงสุด +53.42 มิลลิเมตร หมายถึง เกิดการขาดน้ำในเขตราก ปริมาณ 53.42 มิลลิเมตร

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

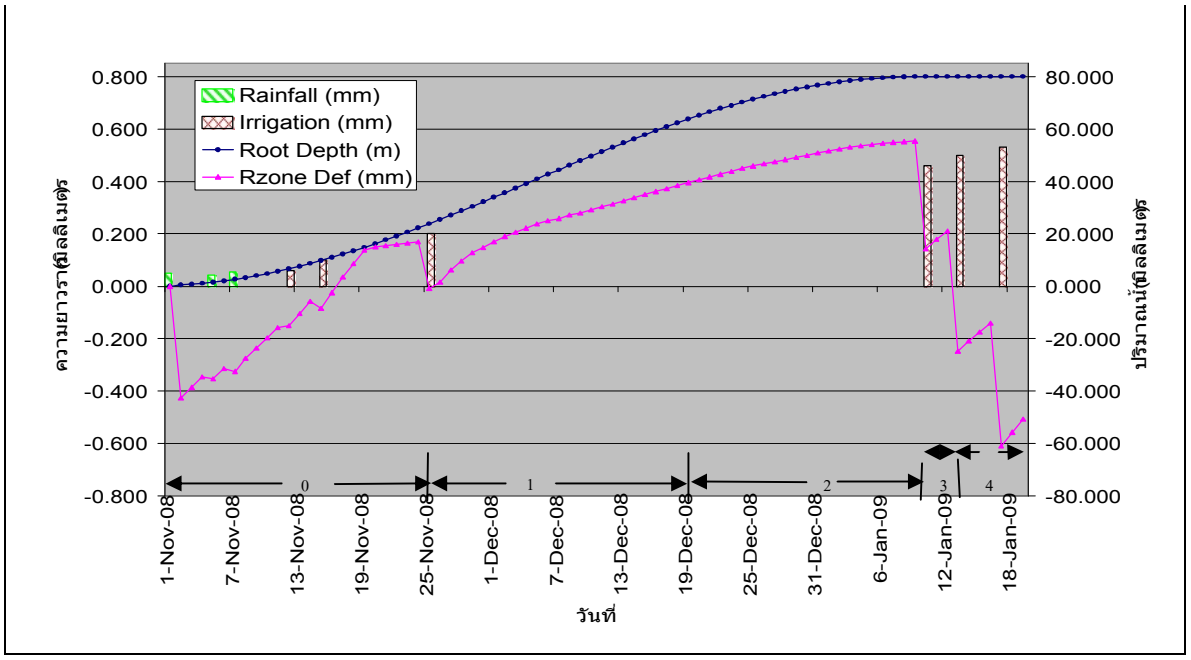


ภาพที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 1

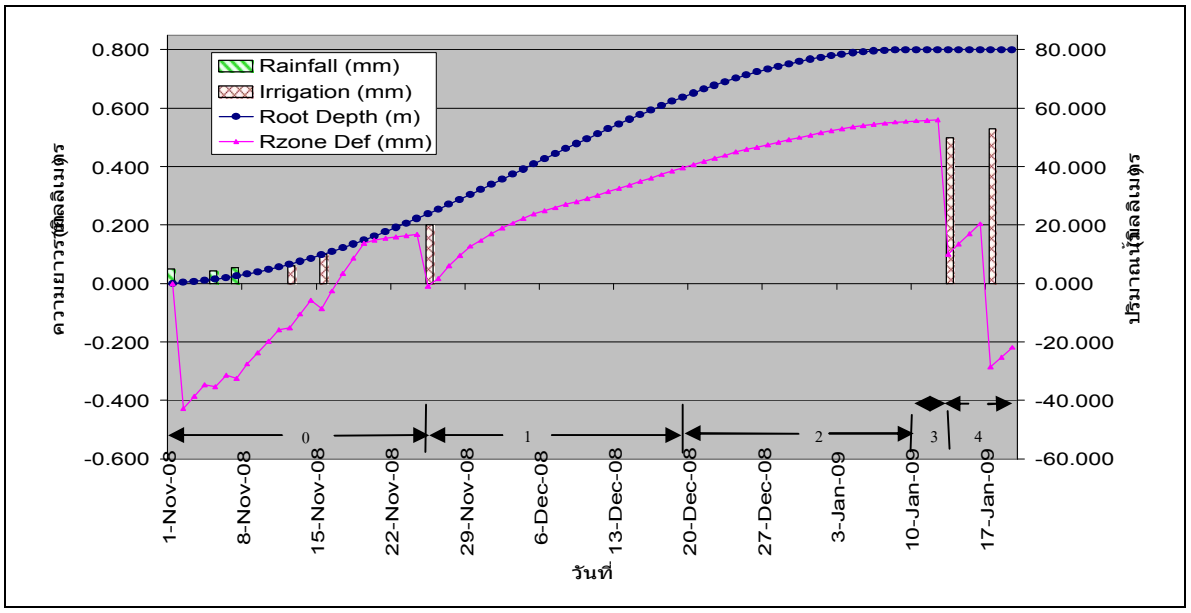


ภาพที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 2

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

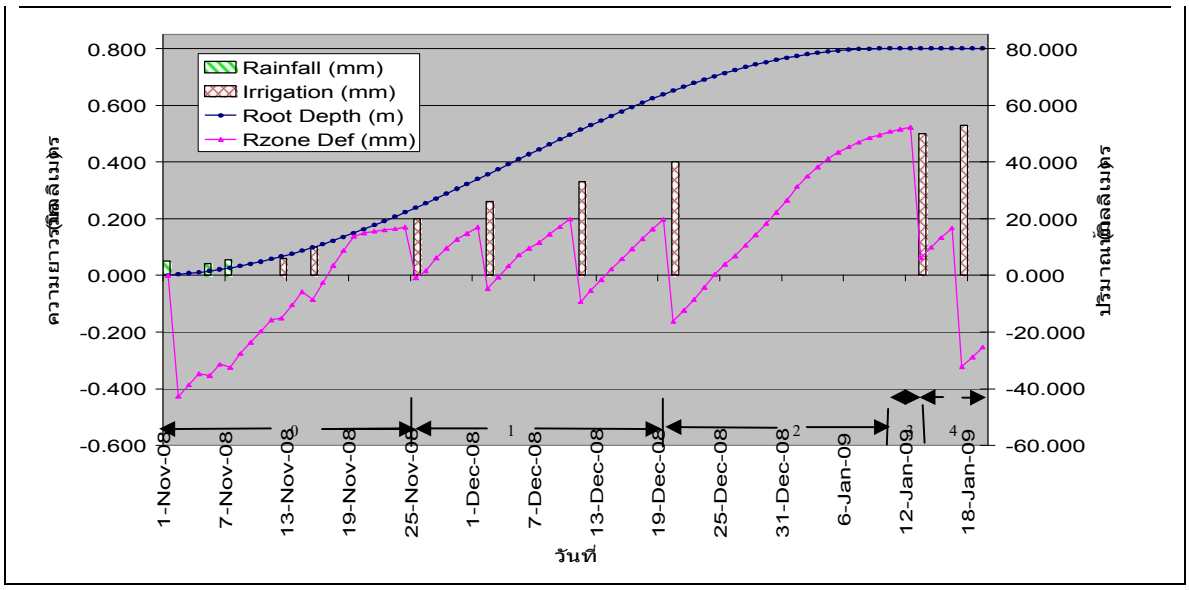


ภาพที่ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 3

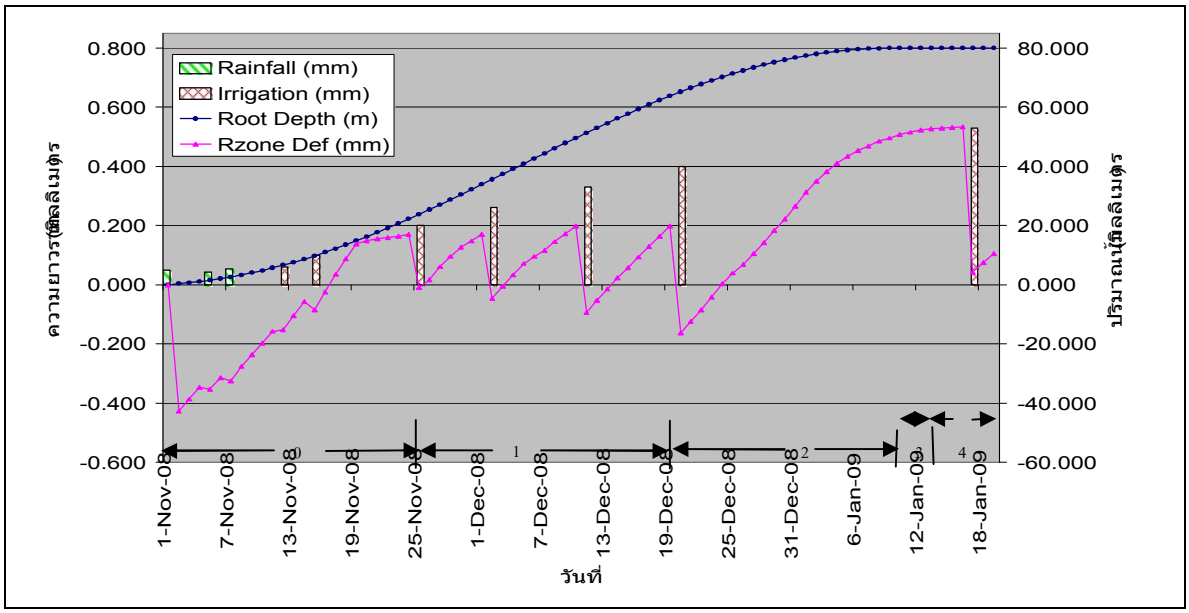


ภาพที่ 24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 4

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



ภาพที่ 25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 5



ภาพที่ 26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำชลประทาน กับปริมาณการขาดน้ำในเขตรากพืชของแปลงที่ 6

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

5. พัฒนาการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิต

การติดตามการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวโพด โดยเก็บข้อมูล 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงแรกทำการวัดความยาวรากและความสูงต้นของข้าวโพดทั้ง 6 แปลง โดยเก็บตัวอย่างต้นข้าวโพดในวันที่ทำการให้น้ำ ส่วนช่วงที่สองทำการสุ่มต้นข้าวโพดและฝักข้าวโพดจากแปลงข้าวโพดทั้ง 6 แปลงในช่วงเก็บเกี่ยว นำมาชั่งหาน้ำหนักต้นและฝักสด และนำไปอบเพื่อหาน้ำหนักแห้ง

จากการทดลองการให้น้ำในแปลงทดลองสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ได้แก่ แปลงที่ 1 2 และ 3 ซึ่งมีการให้น้ำชลประทานในช่วงออกดอก (Flowering) ส่วนกลุ่มที่ 2 ได้แก่ แปลงที่ 4 5 และ 6 ซึ่งมีการหยุดให้น้ำในช่วงออกดอก (Flowering) เพราะช่วงออกดอก (Flowering) เป็นช่วงที่มีความไวต่อการขาดน้ำมากกว่าช่วงอื่นจึงขอยึดช่วงออกดอก (Flowering) เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม

เมื่อเปรียบเทียบความยาวรากและความสูงต้นข้าวโพดในกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 ดังแสดงในตารางที่ 6 และ และตารางที่ 7 มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดโดยกลุ่มที่ 2 เมื่อมีการหยุดให้น้ำชลประทานจะมีการเจริญเติบโตของความยาวราก และความสูงต้นน้อยกว่าของกลุ่มที่ 1 ซึ่งมีการให้น้ำชลประทาน ส่วนช่วงการเจริญเติบโตช่วงอื่นมีรายละเอียดดังนี้

- ช่วงเริ่มปลูก (Establishment) มีการให้น้ำชลประทานทั้ง 6 แปลง จะเห็นว่า ความยาวรากพืช และความสูงต้น มีค่าที่ไม่แตกต่างกันมาก
- ช่วงการเจริญเติบโต (Vegetative) แปลงที่หยุดการให้น้ำชลประทานได้แก่ แปลงที่ 3 (กลุ่มที่ 1)และ 4 (กลุ่มที่ 2) จะเห็นว่า ค่าความยาวรากพืช และความสูงต้น ของแปลงที่ 3 และ 4 จะมีค่าที่น้อยกว่าแปลงที่มีการให้น้ำชลประทานของแต่ละกลุ่ม เมื่อเปรียบเทียบค่าของแต่ละกลุ่มจะมีค่าที่แตกต่างกันไม่มากนัก
- ช่วงออกผลผลิต (Yield Formation) แปลงที่หยุดการให้น้ำชลประทานได้แก่ แปลงที่ 1 (กลุ่มที่ 1) และ 6 (กลุ่มที่ 2) จะเห็นว่า ค่าความยาวรากพืช และความสูงต้นของแปลงที่ 1 และ 6 จะมีค่าที่น้อยกว่าแปลงที่มีการให้น้ำชลประทานของแต่ละกลุ่ม เมื่อเปรียบเทียบค่าของแต่ละกลุ่มจะมีค่าที่แตกต่างกันไม่มากนัก
- ช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ (Ripening) แปลงที่หยุดการให้น้ำ คือ แปลงที่ 2 (กลุ่มที่ 1) จะเห็นว่า ค่าความยาวรากพืช และความสูงต้น ของแปลงที่ 2 มีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มเดียวกัน เพราะ การขาดน้ำในช่วงที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่แล้วไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ตารางที่ 6 ความยาวรากพืช (เฉลี่ย) ของช่วงการเจริญเติบโต

ช่วงการเจริญเติบโตของพืช	ความยาวรากพืชเฉลี่ย(เซนติเมตร) แปลงที่					
	1	2	3	4	5	6
Establishment(0)	27	30	28	27	26	28
Vegetative(1)	58	60	56	44	47	48
Flowering(2)	68	70	67	48	49	50
Yield Formation(3)	73	75	73	50	52	51
Ripening(4)	75	80	76	53	54	52

ตารางที่ 7 ความสูงต้น (เฉลี่ย) ของช่วงการเจริญเติบโต

วันที่	ความสูงต้นพืชเฉลี่ย(เซนติเมตร) แปลงที่					
	1	2	3	4	5	6
Establishment(0)	11.6	12.2	11.8	10.6	10.5	10.7
Vegetative(1)	64.7	75.2	69.4	42.5	46.6	45.9
Flowering(2)	123.1	137.4	129	52.4	55.3	54.1
Yield Formation(3)	128.2	150.3	134.5	63.4	62.9	60.2
Ripening(4)	134.6	157.8	141.2	69.6	67.2	66.9

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

จากตารางที่8 จะเห็นว่า แปลงที่มีน้ำหนักต้น และน้ำหนักฝักมากที่สุดได้แก่แปลงที่ 2 ซึ่งมีการหยุดการให้น้ำชลประทานช่วงที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้วจึงไม่กระทบผลต่อผลผลิตที่ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ 6 ที่หยุดการให้น้ำช่วงออกดอก (Flowering) และช่วงออกผลผลิต (Yield Formation) ซึ่งเป็นช่วงที่มีความจำเป็นในการใช้น้ำมาก เมื่อหยุดการให้น้ำชลประทานในช่วงนี้ทำให้น้ำหนักต้น และน้ำหนักฝักมีค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ 8 น้ำหนักผลผลิต (เฉลี่ย)

แปลง	น.น.ต้น (กรัม)			น.น.ฝัก (กรัม)		
	น.น.เปียก	น.น.แห้ง	% ความชื้น	น.น.เปียก	น.น.แห้ง	% ความชื้น
1	149.24	92.28	38.17	224.84	111.79	50.28
2	358.92	211.9	40.96	281.71	109.43	61.16
3	188.63	126.93	32.71	261.37	103.93	60.24
4	72.86	42.09	42.23	157.87	65.26	58.66
5	70.76	42.88	39.40	156.33	66.08	57.73
6	50.52	29.51	41.59	112.01	32.75	70.76

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

สรุปผลการทดลอง

1. นำดินมาทดสอบเพื่อหาชนิดของดิน โดยวิธีร่อนผ่านตะแกรง พบว่าดินที่ได้เป็นดินชนิด Silty Clay แล้วนำมาทดสอบเพื่อหาค่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินด้วย วิธีวัดจากถังวัดอัตราการซึม (Double Ring) เพื่อนำไปคำนวณเวลาการให้น้ำ
2. ทำการหาค่า ETo โดยใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม แล้วทำการคำนวณหาค่า ETo หาค่า ETc โดยนำค่า ETo มาคูณ กับค่า Kc ของข้าวโพดโดยแบ่งตามช่วงการเจริญเติบโต จะได้ค่า ETc ของแต่ละช่วงการเจริญเติบโต
3. คำนวณปริมาณน้ำที่พืชต้องการ และกำหนดการให้น้ำแก่พืชโดยแบ่งแปลงทดลองออกเป็น 6 แปลง โดยมีการแบ่งช่วงการขาดน้ำดังนี้ แปลงที่ 1 ขาดน้ำช่วงผลผลิต แปลงที่ 2 ขาดน้ำช่วงเจริญเติบโตเต็มที่ แปลงที่3 ขาดน้ำช่วงเจริญเติบโต แปลงที่4 ขาดน้ำช่วงเจริญเติบโตและออกดอก แปลงที่5 ขาดน้ำช่วงออกดอก แปลงที่6 ขาดน้ำช่วงออกดอกและผลผลิต แล้วส่งน้ำแบบร่องคู (Furrow) ให้แก่ข้าวโพดหวานตามช่วงเวลาที่กำหนด
4. ป้อนข้อมูล ดิน พารามิเตอร์พืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงETo กำหนดการให้น้ำแก่พืช และปริมาณน้ำที่ให้ลงในแบบจำลอง WaSim พบว่า แบบจำลอง WaSim สามารถจำลองการขาดน้ำในเขตรากพืชได้ โดยค่าจากกราฟสามารถบอกได้ว่า ปริมาณน้ำในเขตรากพืชมีมากหรือน้อยเกินไปโดย ถ้าติดลบ แสดงว่า มีการขาดน้ำในเขตรากพืช แต่ถ้าเป็นบวก แสดงว่า เขตรากพืชมีการขาดน้ำ
5. เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และผลผลิตภายใต้การขาดน้ำในช่วงการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันการให้น้ำชลประทานที่พอเพียงตามช่วงการเจริญเติบโตของพืชที่ต่างกัน เป็นผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้มีความแตกต่างกันออกไป โดยจากการทดลองพบว่า การขาดน้ำช่วงออกดอกมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงอย่างมาก

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. แบบจำลองWaSim สามารถนำไปปรับปรุงกำหนดการให้น้ำแก่พืชได้ โดยสามารถแสดงค่าการขาดน้ำในเขตรากพืชได้
2. แบบจำลองWaSim ไม่สามารถจำลองความยาวรากเมื่อมีการแบ่งกรณีการให้น้ำที่ต่างกันได้ เพราะ แบบจำลองให้กำหนดค่าแต่ละช่วงว่าเมื่อเวลาผ่านไปความยาวรากจะเป็นเท่าไหร่ แต่สามารถจำลองความยาวรากเมื่อมีการให้น้ำชลประทานทุกช่วงการเจริญเติบโต
3. เมื่อข้าวโพดมีการเจริญเติบโตค่า Kc จะเปลี่ยนไปตามช่วงอายุของข้าวโพด แต่แบบจำลองไม่สามารถใส่ค่า Kc ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตได้ ทำให้ปริมาณน้ำชลประทานที่ให้แก่พืชอาจไม่ตรงกับความเป็นจริง
4. แบบจำลองWaSim สามารถจำลองสมดุลของน้ำได้แต่ไม่สามารถจำลองการเจริญเติบโตของพืชได้
5. การเจริญเติบโตของพืชที่ทำการจำลองในโปรแกรม เป็นการกำหนดค่ามากกว่าที่จะเป็นไปตามความเป็นจริง

ข้อเสนอแนะ

1. แบบจำลอง WaSim มี Module ที่สามารถศึกษาระดับของน้ำใต้ดิน (Groundwater) ได้ต่อไปอีก
2. แบบจำลอง WaSim มี Module ที่สามารถออกแบบระบบการระบายน้ำได้และเปรียบเทียบผลการระบายน้ำรูปแบบต่างๆต่อความชื้นในดิน
3. แบบจำลอง WaSim มี Module ที่สามารถจำลองความเค็มของดินได้
4. ศึกษาความชื้นที่เหมาะกับการเพาะปลูกข้าวโพดพันธุ์ Hybrix-3
5. ศึกษาค่า Kc ของข้าวโพดเฉพาะพันธุ์ Hybrix-3ในช่วงการเจริญเติบโตที่ต่างกัน

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

เอกสารอ้างอิง

สุขสันต์ หอพิบูลสุขและคณะ. 2526 **ปฐพีกลศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล.

โอสถ ชาญเวชช์. 2543. **ปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและค่าสัมประสิทธิ์พืช.** ส่วนเกษตรชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน. 109 หน้า

ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์. **วิธีการสำรวจระยะไกลสำหรับประเมินการใช้น้ำในนาข้าว กรณีศึกษาโครงการชลประทานเจ้าพระยาฝั่งตะวันตก**. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2547. 135 หน้า

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

มนตรี ค้ำชู. **เอกสารประกอบคำบรรยายหลักการชลประทาน**. 73 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**. FAO Irrigation and Drainage** Paper 33. Yield response to water, Food and Agriculture Organization of the United Nation. 193 p.

Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith.1998. **FAO Irrigation and Drainage** Paper 56. Crop evaportranspiration Guidelines for computing crop water requirements, Food and Agriculture Organization of the United Nation. 300 p.

Jensen, M.E., Burman, R.D. and R.G.Allen. 1990**. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirement**. American Society of Civil Engineering, New York.

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ภาคผนวก ก

ข้อมูลตารางแสดงอัตราการซึม

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ตารางภาคผนวก ก

เวลา-นาที			การซึมน้ำผ่านผิวดิน – ซม.			
เวลา-นาที	ห่างกัน	สะสม (นาที)	ความลึก (ซม.)	ความลึกต่าง (ซม.)	ความลึกสะสม (ซม.)	อัตราการซึม (ซม./วินาที)
12.10			7.40			
12.11	1	1	7.73	0.33	0.33	0.33
12.12	1	2	8.35	0.62	0.95	0.48
12.13	1	3	8.87	0.52	1.47	0.49
12.14	1	4	9.41	0.54	2.01	0.50
12.15	1	5	9.94	0.53	2.54	0.51
12.16	1	6	10.24	0.30	2.84	0.47
12.17	1	7	10.73	0.49	3.33	0.48
12.18	1	8	11.20	0.47	3.80	0.48
12.19	1	9	11.62	0.42	4.22	0.47
12.20	1	10	12.00	0.38	4.60	0.46
12.22	2	12	12.82	0.82	5.42	0.45
12.24	2	14	13.54	0.72	6.14	0.44
12.26	2	16	14.29	0.75	6.89	0.43
12.28	2	18	15.02	0.73	7.62	0.42
12.30	2	20	15.68	0.66	8.28	0.41
12.32	2	22	16.34	0.66	8.94	0.41
12.34	2	24	17.00	0.66	9.60	0.40
12.36	2	26	17.63	0.63	10.23	0.39
12.38	2	28	18.26	0.63	10.86	0.39
12.40	2	30	18.80	0.54	11.40	0.38
12.42	2	32	19.37	0.57	11.97	0.37
12.44	2	34	19.87	0.50	12.47	0.37
12.46	2	36	20.44	0.57	13.04	0.36
12.48		36	7.14		13.04	0.36
12.50	2	38	7.80	0.66	13.70	0.36
12.53	3	41	8.60	0.80	14.50	0.35

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ตารางภาคผนวก ก (ต่อ)

เวลา-นาที			การซึมน้ำผ่านผิวดิน - ซม			
เวลา-นาที	ห่างกัน	สะสม (ซม.)	ความลึก (ซม.)	ความลึกต่าง (ซม.)	ความลึกสะสม (ซม.)	อัตราการซึม (ซม./วินาที)
12.56	3	44	9.26	0.66	15.16	0.34
12.59	3	47	9.96	0.70	15.86	0.34
13.02	3	50	10.63	0.67	16.53	0.33
13.05	3	53	11.24	0.61	17.14	0.32
13.08	3	56	11.90	0.66	17.80	0.32
13.11	3	59	12.52	0.62	18.42	0.31
13.14	3	62	13.06	0.54	18.96	0.31
13.17	3	65	13.67	0.61	19.57	0.30
13.20	3	68	14.20	0.53	20.10	0.30
13.25	5	73	15.10	0.90	21.00	0.29
13.30	5	78	16.02	0.92	21.92	0.28
13.35	5	83	17.12	1.10	23.02	0.28
13.40	5	88	18.04	0.92	23.94	0.27
13.45	5	93	18.87	0.83	24.77	0.27
13.50	5	98	19.96	1.09	25.86	0.26
13.55	5	103	21.20	1.24	27.10	0.26
13.58		103	7.90		27.10	0.26
14.03	5	108	9.49	1.59	28.69	0.27
14.08	5	113	10.73	1.24	29.93	0.26
14.13	5	118	12.39	1.66	31.59	0.27
14.18	5	123	13.60	1.21	32.80	0.27
14.23	5	128	15.22	1.62	34.42	0.27
14.28	5	133	16.23	1.01	35.43	0.27
14.33	5	138	17.46	1.23	36.66	0.27
14.38	5	143	18.85	1.39	38.05	0.27

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ภาคผนวก ข

ข้อมูลรายละเอียดผลลัพธ์จากการคำนวณการใช้น้ำของพืช

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ตารางภาคผนวก ข ผลการปริมาณคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงด้วยวิธี FAO Penman-Monteith โดยใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด(°C)	อุณหภูมิต่ำสุด(°C)	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด(%)	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด(%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง(ETo) (mm.)
1-พ.ย.-51	33.3	24.0	95	53	0.185	3.6
2-พ.ย.-51	32.5	22.6	95	46	0.370	4.0
3-พ.ย.-51	32.2	22.7	95	54	0.370	3.7
4-พ.ย.-51	32.5	23.4	96	62	0.472	3.1
5-พ.ย.-51	30.6	23.8	96	63	0.554	3.2
6-พ.ย.-51	31.7	23.6	96	58	0.924	3.9
7-พ.ย.-51	30.8	23.9	96	67	0.657	2.9
8-พ.ย.-51	32.5	22.7	96	60	0.924	4.1
9-พ.ย.-51	31.1	22.7	95	53	1.663	4.3
10-พ.ย.-51	28.5	22.2	96	50	1.848	3.9
11-พ.ย.-51	28.2	20.1	94	47	1.951	3.5
12-พ.ย.-51	27.7	18.5	95	52	1.027	3.7
13-พ.ย.-51	28.0	18.8	96	49	1.478	4.0
14-พ.ย.-51	27.7	18.0	96	50	1.766	3.9
15-พ.ย.-51	29.7	18.4	96	52	1.581	3.9
16-พ.ย.-51	29.7	21.6	96	63	0.739	2.3
17-พ.ย.-51	31.2	23.8	96	54	0.842	3.8
18-พ.ย.-51	30.1	23.2	94	56	1.109	2.8
19-พ.ย.-51	29.7	23.5	93	58	0.924	2.9
20-พ.ย.-51	29.5	22.4	94	52	2.957	3.8
21-พ.ย.-51	29.4	20.2	97	54	1.211	3.3
22-พ.ย.-51	29.7	20.7	95	56	1.417	3.3
23-พ.ย.-51	31.2	21.6	95	54	1.294	4.0

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ตารางภาคผนวก ข (ต่อ) ผลการปริมาณคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงด้วยวิธี FAO Penman-Monteith โดยใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด(oC)	อุณหภูมิต่ำสุด(oC)	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด(%)	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด(%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง(ETo) (mm.)
24-พ.ย.-51	31.3	23.0	94	54	1.766	4.1
25-พ.ย.-51	28.2	24.5	94	63	0.924	2.1
26-พ.ย.-51	28.3	22.6	94	58	1.211	2.4
27-พ.ย.-51	29.9	21.7	94	45	1.766	4.3
28-พ.ย.-51	27.6	19.5	92	46	1.766	4.0
29-พ.ย.-51	27.4	17.6	95	46	2.135	4.1
30-พ.ย.-51	25.5	18.0	95	44	2.320	2.9
1-ธ.ค.-51	27.0	17.9	93	46	1.478	4.1
2-ธ.ค.-51	27.2	17.2	97	45	1.581	4.1
3-ธ.ค.-51	28.7	15.8	99	44	1.027	3.8
4-ธ.ค.-51	30.0	17.4	97	46	0.739	3.9
5-ธ.ค.-51	29.7	19.6	95	48	1.848	4.4
6-ธ.ค.-51	27.6	18.5	96	52	1.581	2.7
7-ธ.ค.-51	27.5	19.0	97	54	1.109	2.6
8-ธ.ค.-51	28.5	18.6	97	50	1.211	3.7
9-ธ.ค.-51	26.7	15.3	98	48	0.739	3.1
10-ธ.ค.-51	28.3	14.8	97	40	0.842	3.4
11-ธ.ค.-51	28.1	15.1	96	45	0.842	3.5
12-ธ.ค.-51	28.7	15.3	97	43	1.027	3.6
13-ธ.ค.-51	29.6	15.6	96	44	0.657	3.5
14-ธ.ค.-51	29.2	16.9	96	49	0.657	3.5
15-ธ.ค.-51	28.7	18.5	96	48	1.109	3.7
16-ธ.ค.-51	28.6	18.1	96	48	1.027	3.6

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ตารางภาคผนวก ข (ต่อ) ผลการปริมาณคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงด้วยวิธี FAO Penman-Monteith โดยใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด(oC)	อุณหภูมิต่ำสุด(oC)	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด(%)	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด(%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง(ETo) (mm.)
17-ธ.ค.-51	28.8	19.0	96	46	1.109	3.7
18-ธ.ค.-51	28.1	17.9	98	45	0.924	3.5
19-ธ.ค.-51	27.9	17.1	97	44	0.739	3.4
20-ธ.ค.-51	28.4	15.6	98	43	1.211	3.6
21-ธ.ค.-51	29.2	14.7	97	44	0.924	3.5
22-ธ.ค.-51	30.1	16.7	97	47	0.554	3.4
23-ธ.ค.-51	29.6	19.5	96	49	0.924	3.7
24-ธ.ค.-51	29.7	19.8	97	46	1.396	4.0
25-ธ.ค.-51	29.9	20.0	96	47	1.211	3.3
26-ธ.ค.-51	27.8	22.7	91	57	1.396	2.6
27-ธ.ค.-51	27.4	22.0	92	66	2.772	3.3
28-ธ.ค.-51	29.6	20.0	98	54	0.739	3.3
29-ธ.ค.-51	29.7	20.3	95	59	1.766	3.6
30-ธ.ค.-51	30.7	19.9	96	54	1.027	3.5
31-ธ.ค.-51	30.7	21.1	97	49	1.396	3.9
1-ม.ค.-52	28.5	22.7	79	51	2.135	4.2
2-ม.ค.-52	27.2	20.8	95	52	2.074	3.7
3-ม.ค.-52	27.9	18.7	95	49	1.560	3.8
4-ม.ค.-52	28.5	17.6	98	50	1.335	3.9
5-ม.ค.-52	30.3	16.7	97	41	0.657	3.7
6-ม.ค.-52	30.4	16.8	96	36	0.370	3.5
7-ม.ค.-52	30.7	16.5	96	39	0.965	3.9
8-ม.ค.-52	30.0	17.5	96	39	1.396	4.2

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ตารางภาคผนวก ข (ต่อ) ผลการปริมาณคำนวณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงด้วยวิธี FAO Penman-Monteith โดยใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม

วันที่	อุณหภูมิสูงสุด(oC)	อุณหภูมิต่ำสุด(oC)	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด(%)	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด(%)	ความเร็วลม (m/s)	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง(ETo) (mm.)
9-ม.ค.-52	26.7	18.5	96	48	1.396	3.4
10-ม.ค.-52	24.4	16.7	79	42	2.300	4.3
11-ม.ค.-52	24.1	13.5	99	37	1.335	3.6
12-ม.ค.-52	25.5	10.3	99	38	0.739	3.2
13-ม.ค.-52	26.1	15.7	84	43	1.335	3.8
14-ม.ค.-52	25.6	15.0	97	44	1.027	3.5
15-ม.ค.-52	24.7	13.6	95	45	1.335	3.5
16-ม.ค.-52	26.2	13.9	94	43	1.478	3.7
17-ม.ค.-52	28.0	14.7	97	40	1.335	3.8
18-ม.ค.-52	29.1	14.1	100	38	0.287	3.1
19-ม.ค.-52	29.8	14.0	98	38	0.287	3.2

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ภาคผนวก ค
ข้อมูลผลผลิต

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ตารางภาคผนวก ค ข้อมูลผลผลิตทั้ง 6 แปลง

	น.น.เปียก			น.น.แห้ง		
แปลง	น้ำหนักต้น(g)	น.น.ฝัก(g)	ความสูง(cm)	น้ำหนักต้น(g)	น.น.ฝัก(g)	ความสูง(cm)
	130.35	255.72	150		122.67	
	192.37	265.05	125		122.17	
1	173.92	169.66	185		93.57	
	135.62	241.57	135		116.67	
	113.92	192.18	90		103.88	
เฉลี่ย	**149.24**	**224.84**	**137**	**92.28**	**111.79**	
	289.52	240.57	160		92.12	
	376.27	323.14	191		131.91	
2	301.12	314.79	100		121.96	
	462.35	219.35	190		79.68	
	365.32	310.68	160		121.46	
เฉลี่ย	**358.92**	**281.71**	**160.2**	**211.9**	**109.43**	
	188.36	250.85	165		95.42	
	232.42	261.82	120		103.47	
3	175.48	256.5	180		96.6	
	214.38	264.93	105		110.65	
	132.51	272.75	150		113.52	
เฉลี่ย	**188.63**	**261.37**	**144**	**126.93**	**103.93**	

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ตารางภาคผนวก ค (ต่อ) ข้อมูลผลผลิตทั้ง 6 แปลง

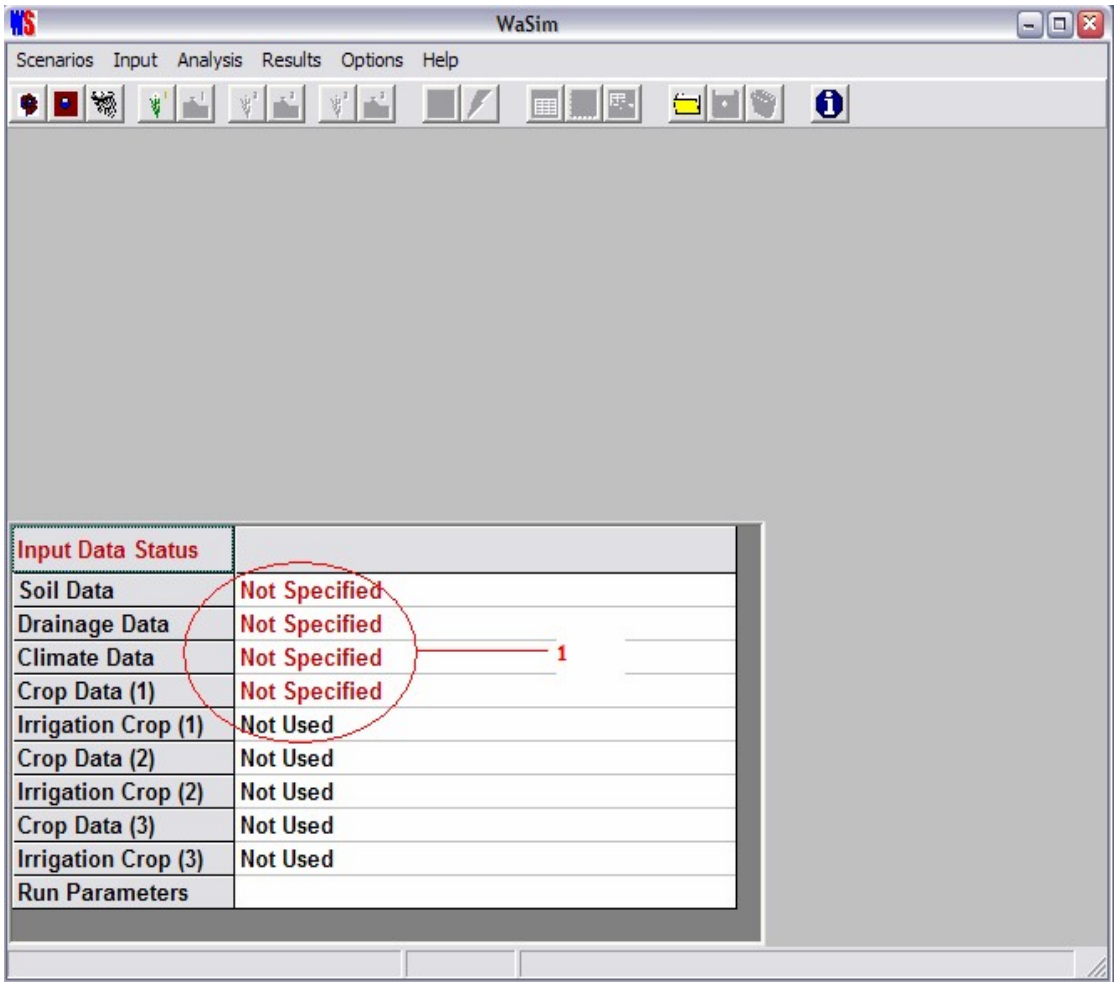
	น.น.เปียก			น.น.แห้ง		
แปลง	น้ำหนักต้น(g)	น.น.ฝัก(g)	ความสูง(cm)	น้ำหนักต้น(g)	น.น.ฝัก(g)	ความสูง(cm)
	74.38	114.93	65		59.96	
	107.7	172.57	100		61.82	
4	52.14	221.3	60		73.58	
	76.28	169.08	50		61.71	
	53.82	111.49	85		69.23	
เฉลี่ย	**72.86**	**157.87**	**72**	**42.09**	**65.26**	
	107.45	151.9	60		68.18	
	49.78	183.45	63		77.43	
5	91.82	149.67	65		54.22	
	48.02	158.43	95		74.26	
	56.75	138.22	67		56.31	
เฉลี่ย	**70.76**	**156.33**	**70**	**42.88**	**66.08**	
	55.57	126.84	60		39.05	
	47.43	114.01	50		36.02	
6	68.67	114.92	70		33.34	
	41.28	109	72		33.28	
	40.01	95.3	80		22.04	
เฉลี่ย	**50.52**	**112.01**	**66.4**	**29.51**	**32.75**	

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ภาคผนวก ง

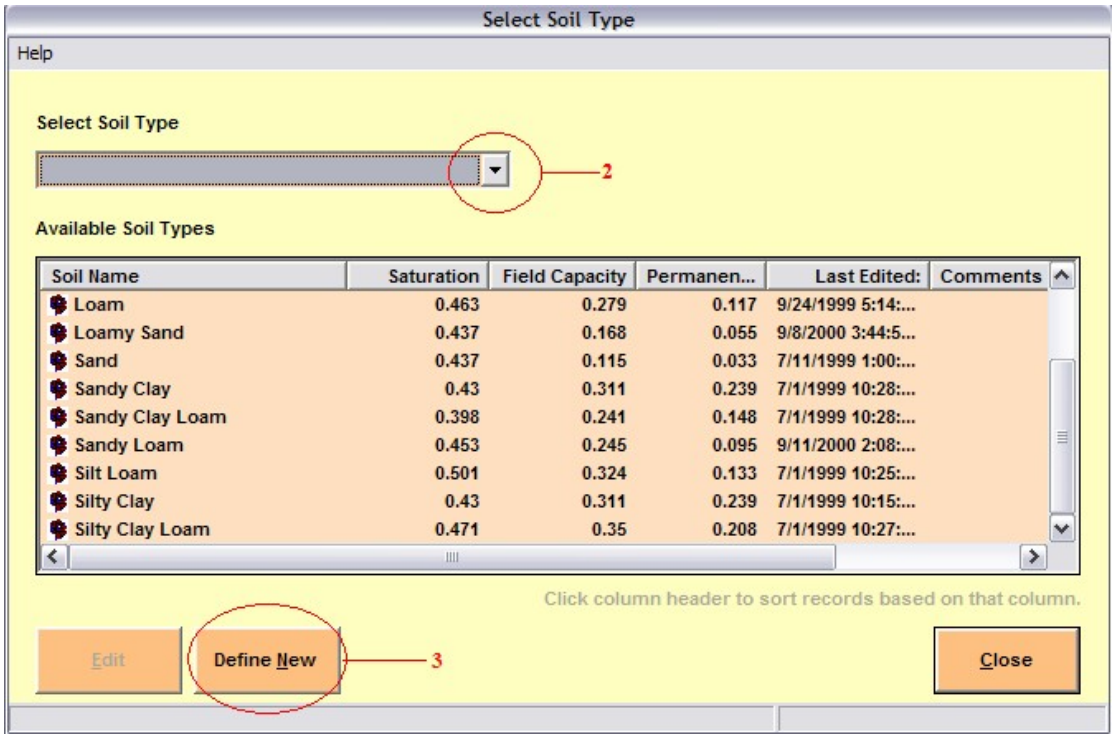
การใช้โปรแกรมแบบจำลอง WaSim

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



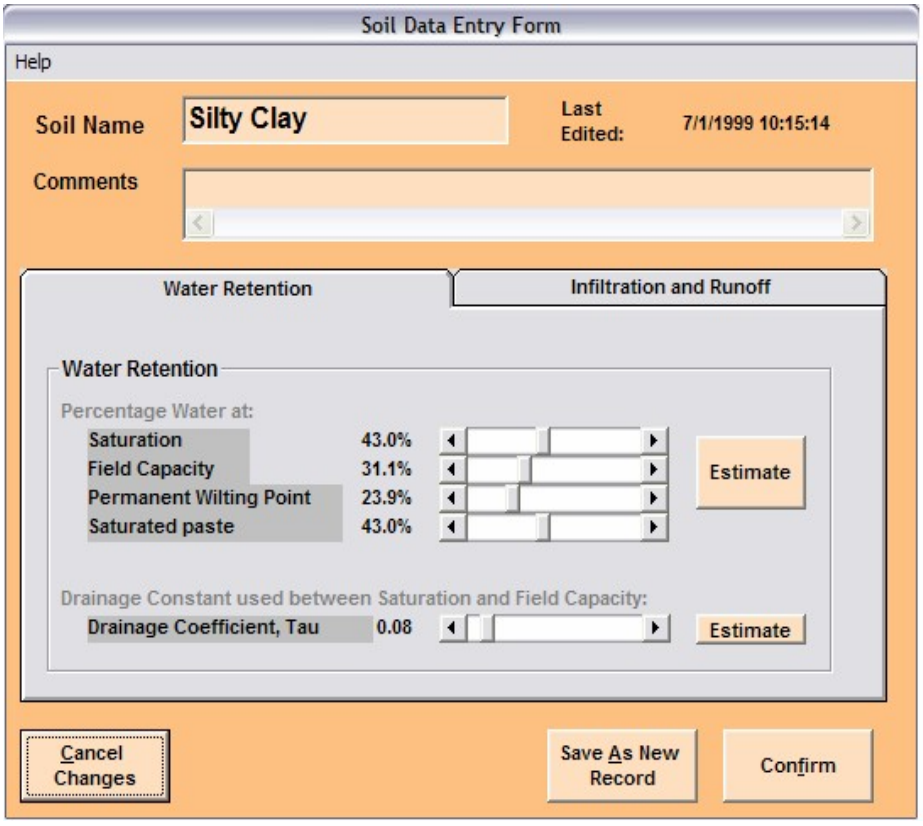
1. จากรูป ต้องป้อนค่าข้อมูลของ ดิน การระบายน้ำ ภูมิอากาศ และการให้น้ำชลประทาน

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

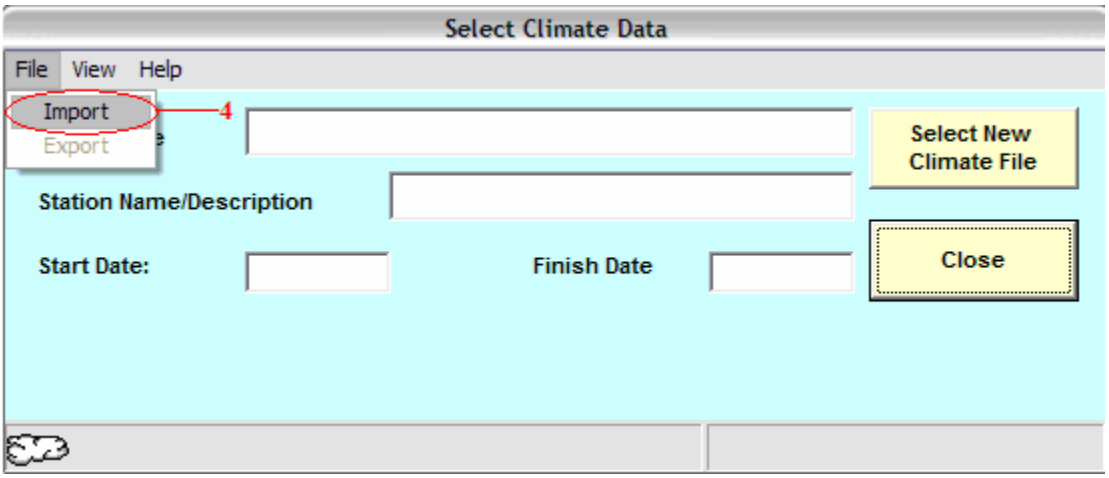


2. เลือกชนิดของดินที่ได้จากการสำรวจ

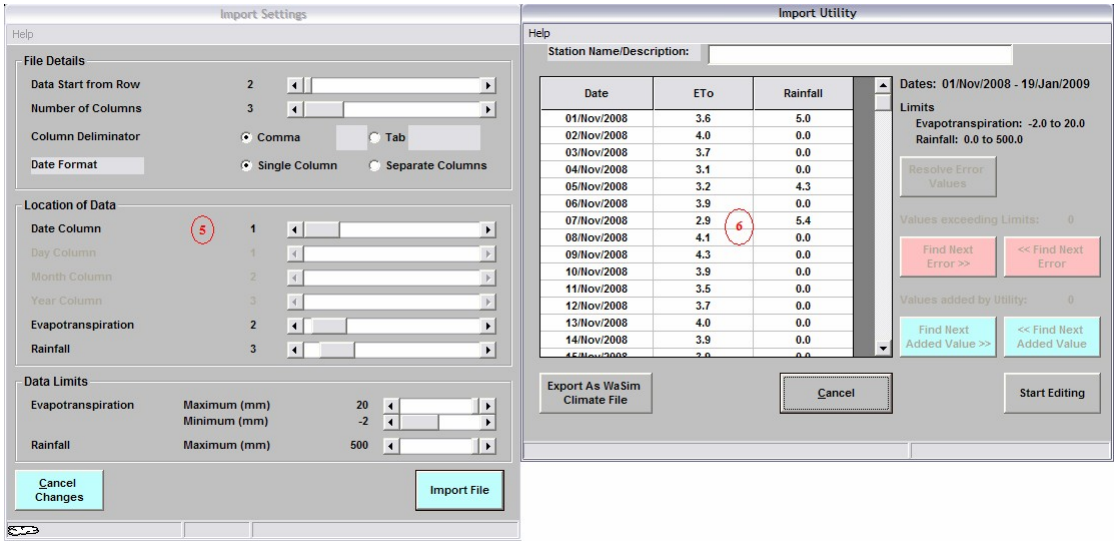
3. กรณีที่ต้องการสร้างข้อมูลดินใหม่ สามารถปรับค่าตัวแปรต่างๆดังรูปด้านล่าง



Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



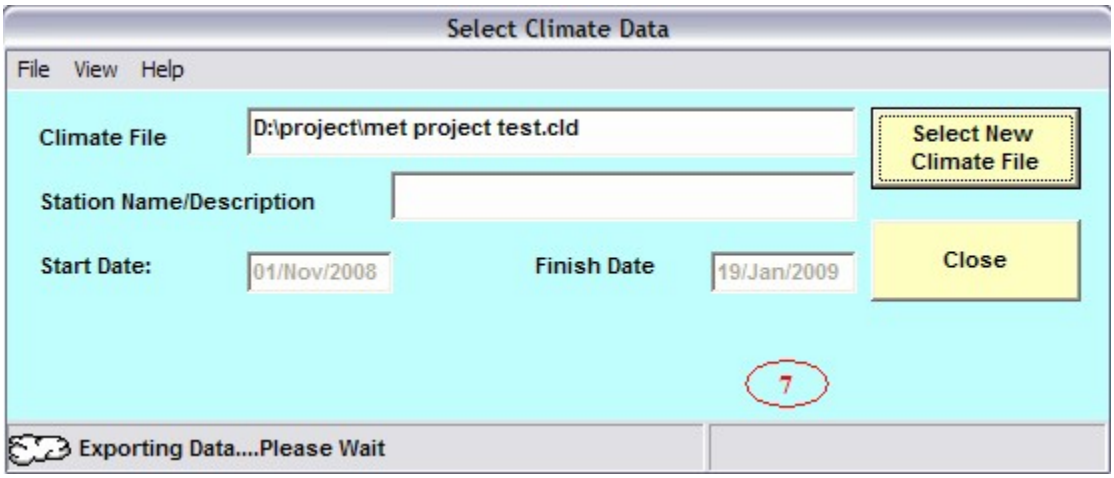
4. ป้อนข้อมูลภูมิอากาศ โดยข้อมูลภูมิอากาศสามารถสร้างได้โดยใช้ Microsoft Excel โดยเลือกบันทึกข้อมูลเป็นชนิด .CSV



5. จะสามารถปรับชุดข้อมูลภูมิอากาศ โดยต้องปรับ columns ให้ตรงกับข้อมูลที่สร้างไว้

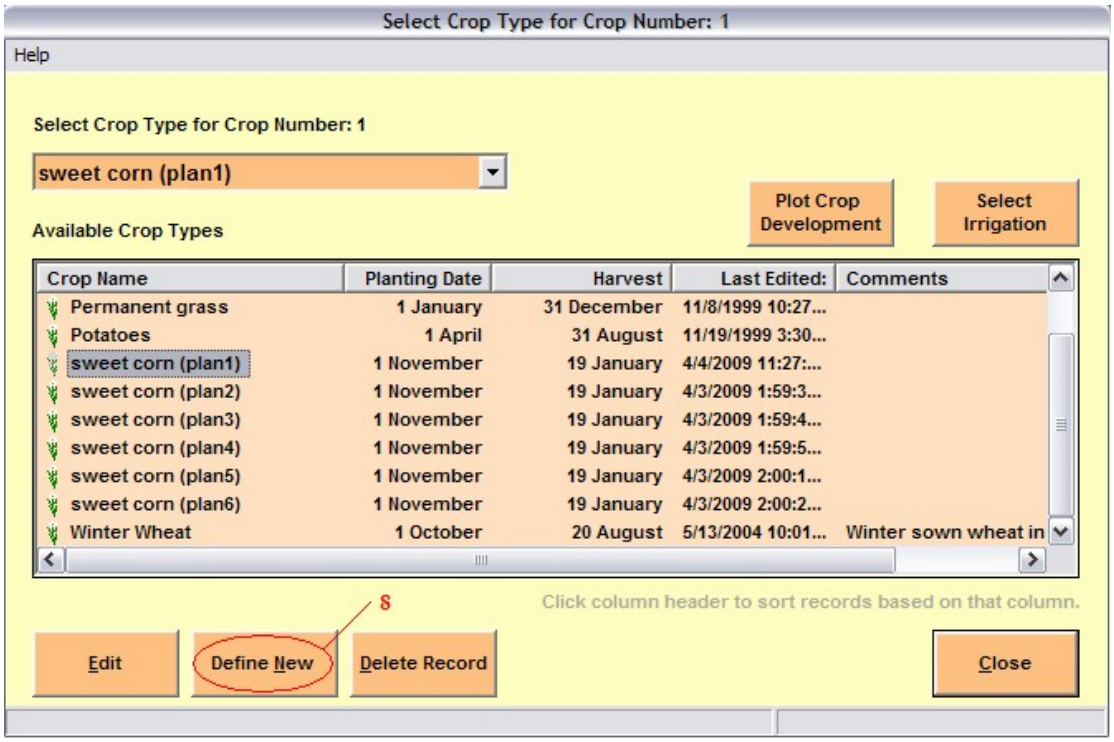
6. เมื่อทำการ Import File แล้ว โปรแกรมจะแสดงข้อมูลที่ได้ทำการป้อนเข้าไป

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

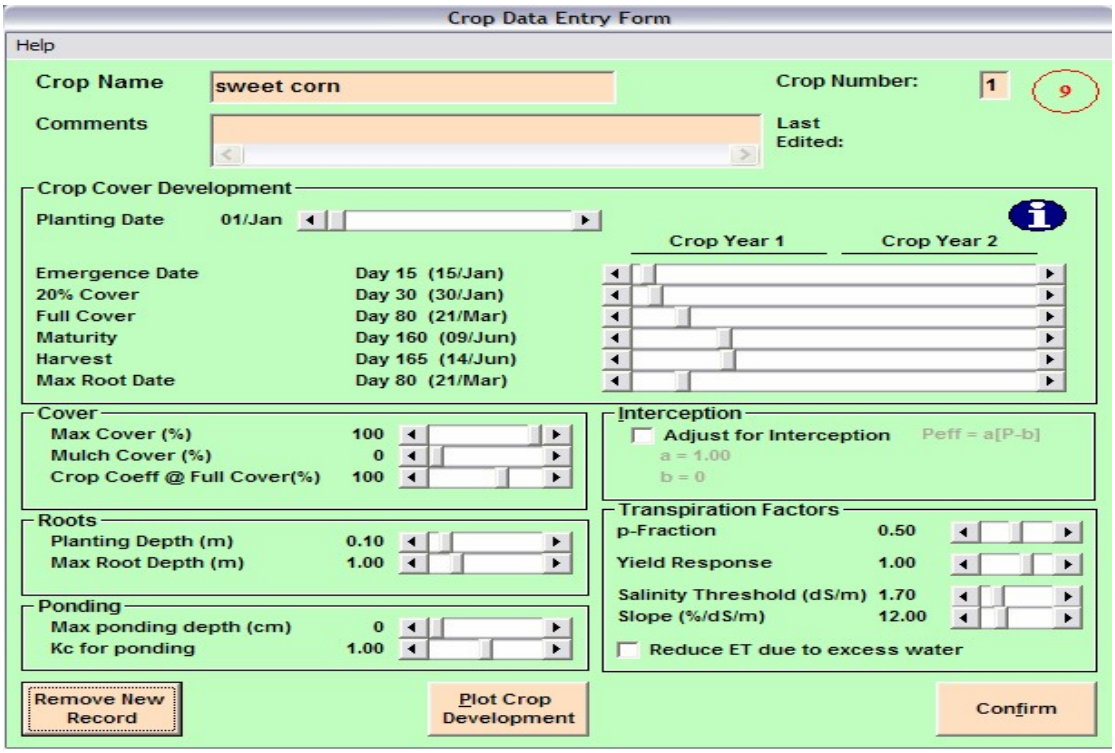


7.เมื่อทำการป้อนข้อมูลเรียบร้อยแล้วโปรแกรมจะแสดง ชื่อไฟล์ วันที่เริ่มปลูก และวันที่เก็บเกี่ยว

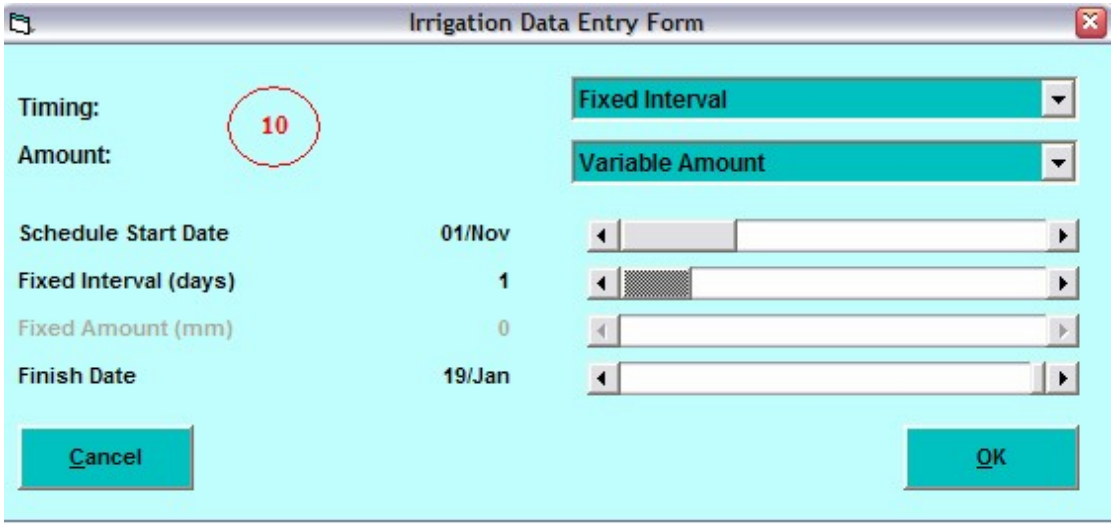
8. สร้างชุดข้อมูลของพืชที่ปลูกโดย คลิกที่ Define new



Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



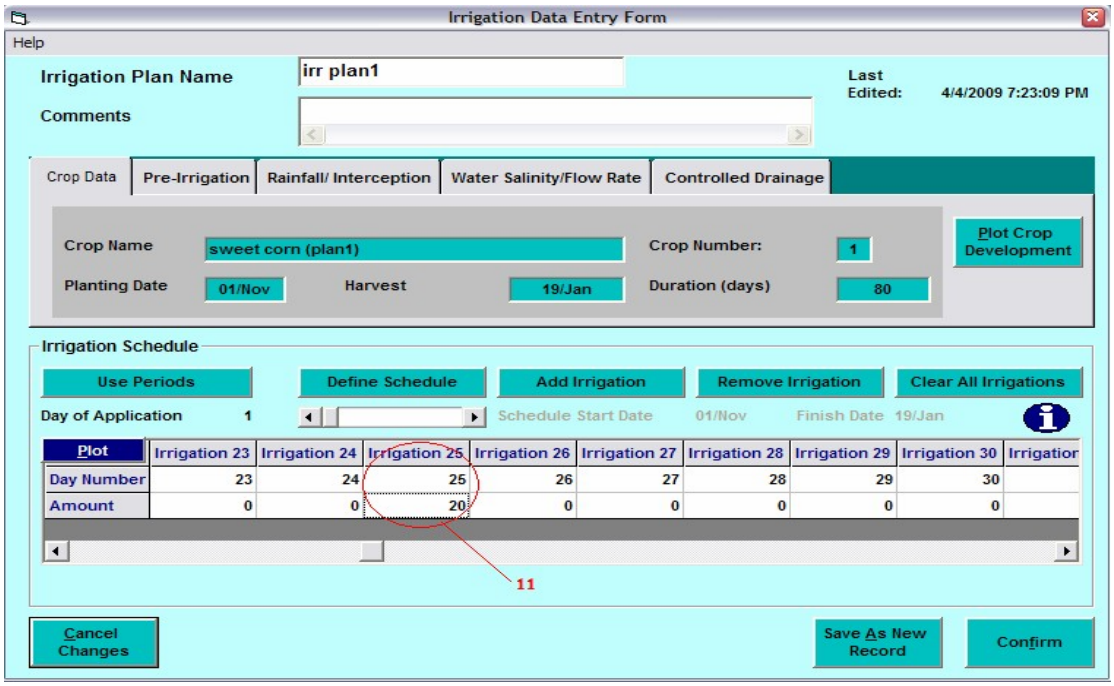
9. ปรับค่าตัวแปรต่างๆของพืชที่ได้จากการปลูก



สร้างตารางเวลาการให้น้ำตามรูปที่10

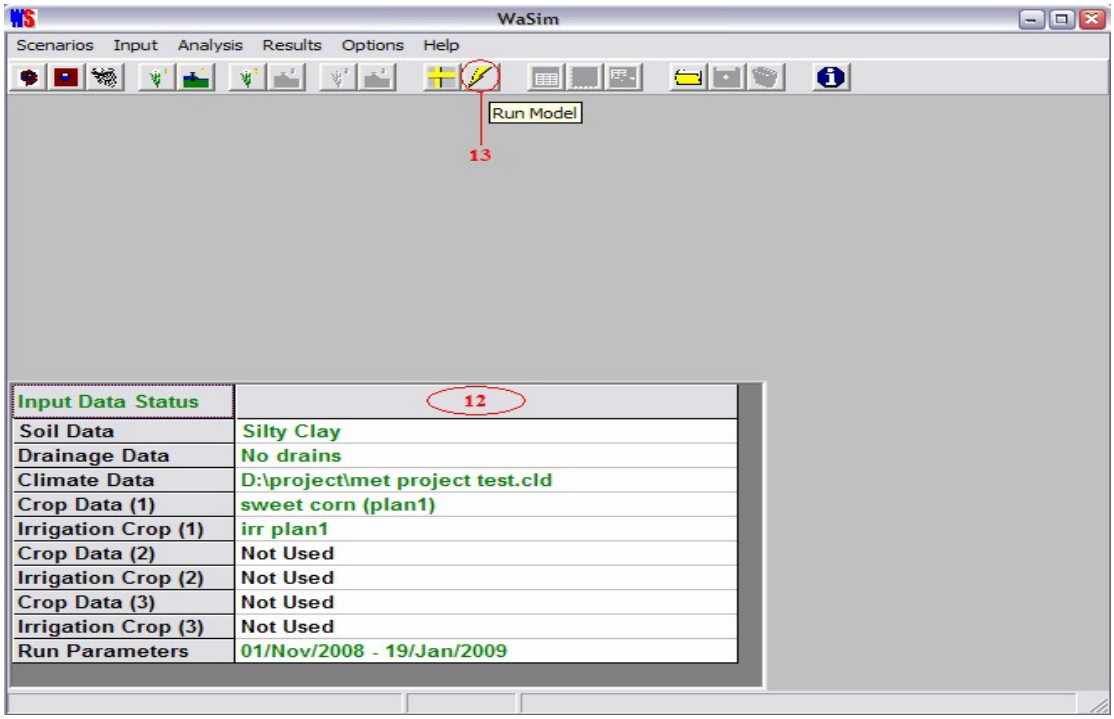
Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

11. ใส่ปริมาณน้ำลงในวันที่มีการให้น้ำ หน่วยเป็น มิลลิเมตร ตามรูปที่ 11 คือ พืชที่อายุ 25 วัน มีการให้น้ำชลประทาน 20 มิลลิเมตร

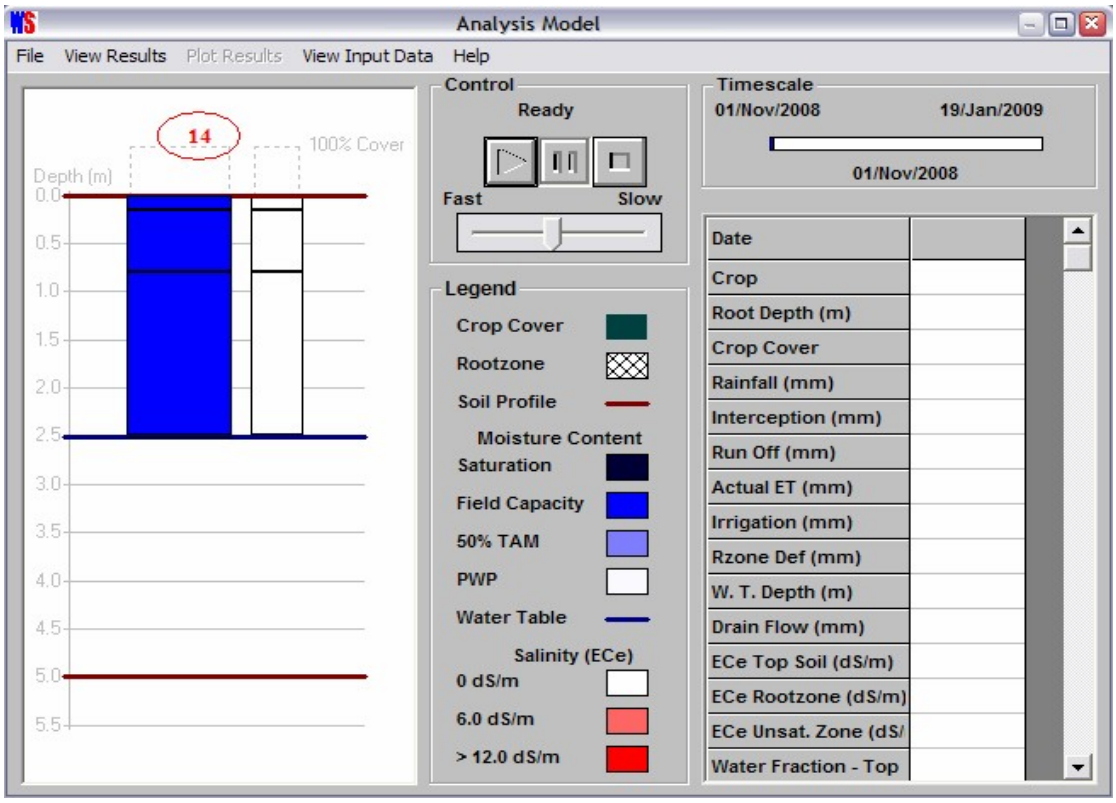


12. โปรแกรมแสดงข้อมูลที่ทำการป้อนค่าต่างๆ

13. ทำการ Run Model

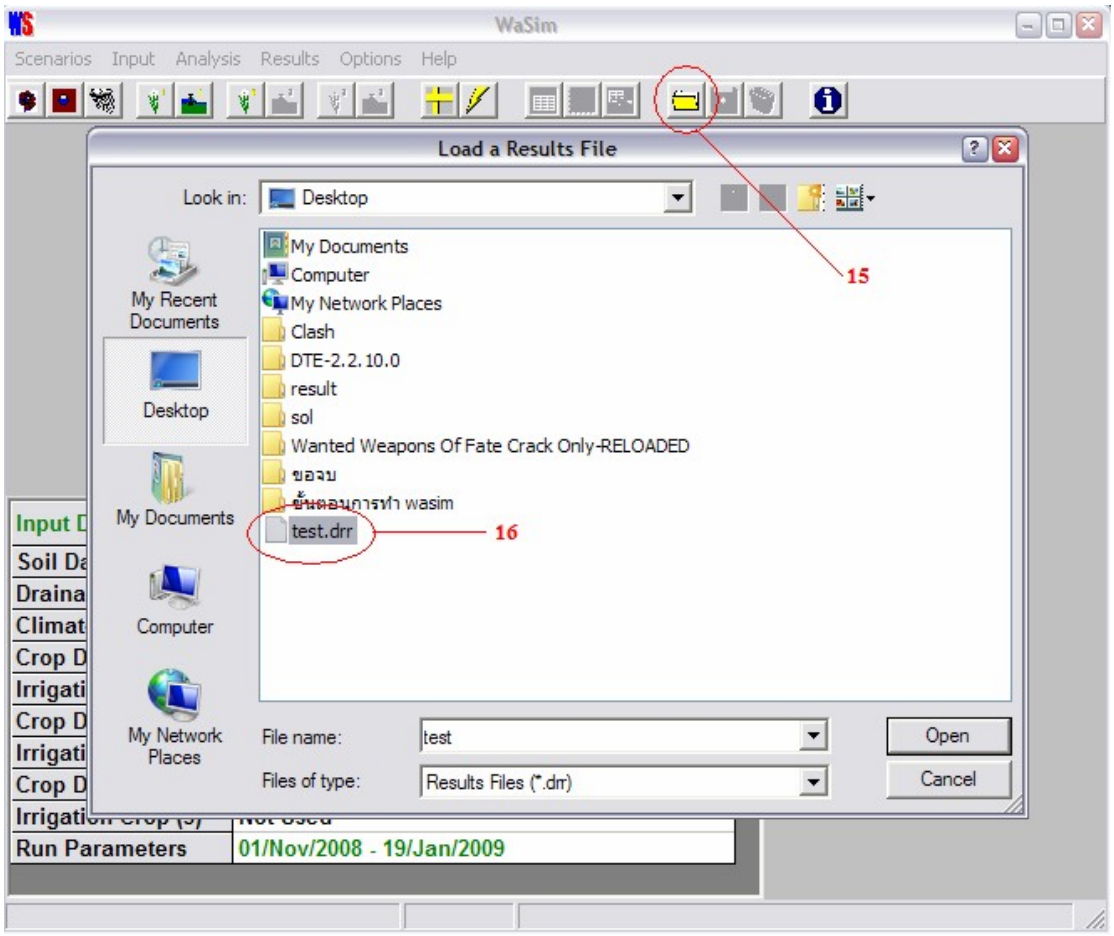


Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



14.เป็นการ Run Program ซึ่งผลที่แสดงออกมาในหน้านี้จะบอกถึง ค่าต่างๆ ของน้ำ และ พืช เมื่อแบบจำลองทำการจำลองการเพาะปลูกเรียบร้อย ข้อมูลที่โปรแกรมคำนวณออกมาสามารถแสดงได้ในรูปแบบกราฟ และตาราง

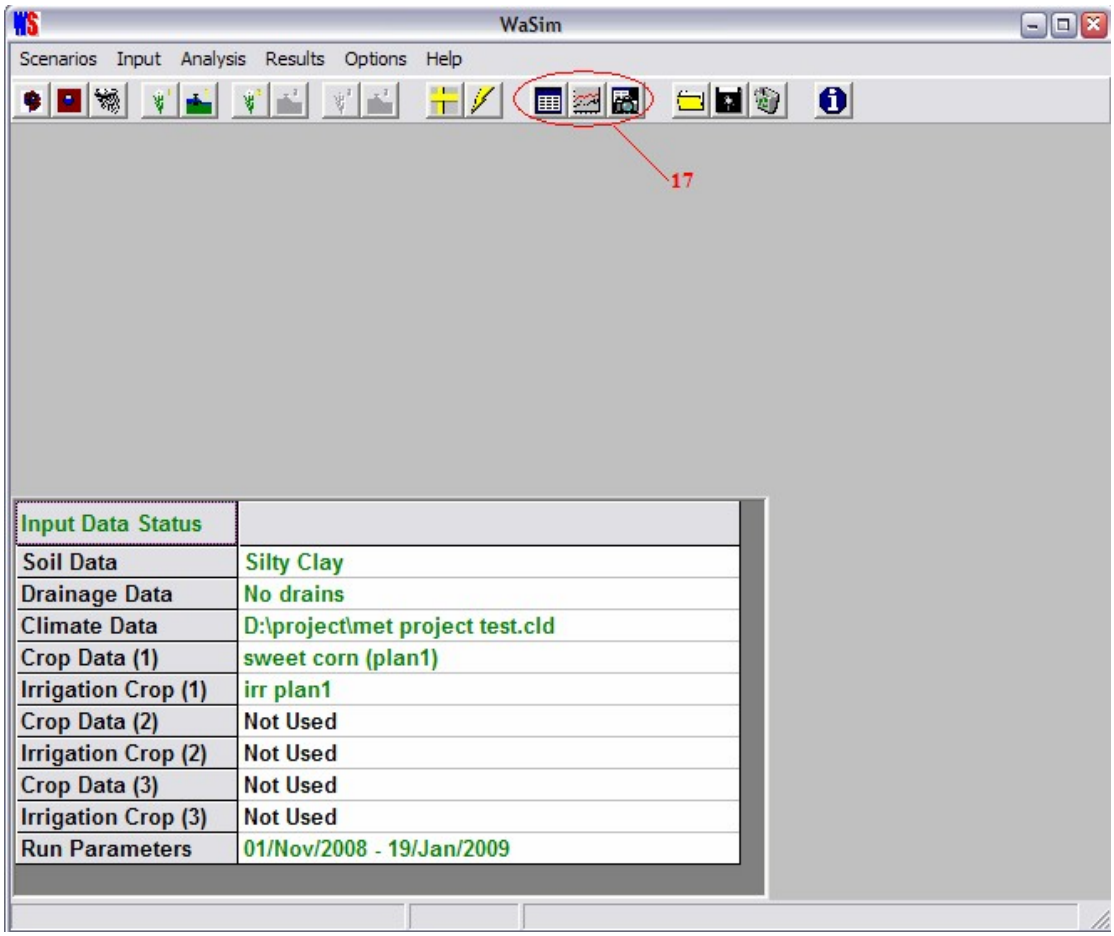
Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



15. ต้องเปิดไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้เพื่อให้โปรแกรมแสดงผลที่คำนวณได้

16. เลือกไฟล์ที่จะเปิดเพื่อแสดงผล

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/



17. เป็นการเลือกรูปแบบการแสดงผลลัพธ์ ซึ่งสามารถแสดงได้ในรูปแบบกราฟ และแบบตาราง

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ภาคผนวก จ

รูปภาพแสดงการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานในแปลงที่ 2

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ข้าวโพดหวานอายุ 7 วัน

ข้าวโพดหวานอายุ 28 วัน

ข้าวโพดหวานอายุ 15 วัน

ข้าวโพดหวานอายุ 36 วัน

ข้าวโพดหวานอายุ 25 วัน

ข้าวโพดหวานอายุ 41 วัน

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ข้าวโพดหวานอายุ 50 วัน

ข้าวโพดหวานอายุ 59 วัน

วันเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ประวัติผู้จัดทำ

นายเกียรติคุณ ชินประสาทศักดิ์ รหัส 48242051
ที่อยู่ปัจจุบัน 82/17 หมู่ 8 ต.ท่าศาลา อ.เมือง จ.ลพบุรี
จบชั้นประถมศึกษา จากโรงเรียนกำจรวิทย์ อ.เมือง จ.ลพบุรี
จบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนพระนาราย
อ.เมือง จ.ลพบุรี
จบชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนพิบูล อ.เมือง จ.ลพบุรี
เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี
พ.ศ.2548

นายอนุกูล กล่ำกล่อมจิตร รหัส 48242499
ที่อยู่ปัจจุบัน 47/4 ต.หนองแก อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์
จบชั้นประถมศึกษา จากโรงเรียนสมถวิล
อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์
จบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนหัวหินวิทยาลัย
อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์
จบชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนหัวหิน
อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์
เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี
พ.ศ.2548

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/

ประวัติผู้จัดทำ(ต่อ)

นายเอกรินทร์ ยอดคงดี รหัส 48242549

ที่อยู่ปัจจุบัน 15/8 หมู่ 6 ต.หนองค้างพลู อ.หนองแขม จ.กรุงเทพมหานคร

จบชั้นประถมศึกษา จากโรงเรียนภาษานุสรณ์บางแค อ.บางแค จ.กรุงเทพมหานคร

จบชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนภาษานุสรณ์บางแค อ.บางแค จ.กรุงเทพมหานคร

จบชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมวัดหนองแขม อ.หนองแขม จ.กรุงเทพมหานคร

เข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ.2548

Created with Print2PDF. To remove this line, buy a license at: http://www.software602.com/