



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

ปริญญา

วิศวกรรมชลประทาน

วิศวกรรมชลประทาน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การวางแผนจัดการระบบชลประทานในพื้นที่อุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวชิราลงกรณ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

Planning of Irrigation System Management in 50th Year Anniversary of HRH Crown
Prince Mahavashiralongkorn Agricultural Park, Kasetsart University Chulalongkornrajavidyalaya
Sakon Nakhon Province Campus

นามผู้วิจัย นายธีระศักดิ์ ทองศิริ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์เจษฎา แก้วกัลยา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์มนตรี คำชู, วศ.ม.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์สันติ ทองพำนัก, M.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวางแผนจัดการระบบชลประทานในพื้นที่อุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวชิราลงกรณ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

Planning of Irrigation System Management in 50th Year Anniversary of HRH Crown Prince
Mahavashiralongkorn Agricultural Park, Kasetsart University Chalermphrakiat
Sakon Nakhon Province Campus

โดย

นายธีระศักดิ์ ทองศิริ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

พ.ศ. 2554

อิสระศักดิ์ ทองศิริ 2554: การวางแผนจัดการระบบชลประทานในพื้นที่อุทยานเกษตร
50 พรรษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ
จังหวัดสกลนคร ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน) สาขาวิชา
วิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์เจษฎา แก้วกัลยา, Ph.D. 115 หน้า

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อต้องการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้
ในการคำนวณวางแผนการให้น้ำประจำปี และวางแผนการให้น้ำโดยกำหนดแผนในการเปิด ปิด
วาล์วและการเดินเครื่องสูบน้ำในแต่ละช่วงสัปดาห์ สำหรับระบบชลประทาน ต่างๆ ในโครงการ
อุทยานเกษตร 50 พรรษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ
จังหวัดสกลนคร ซึ่งระบบชลประทานในพื้นที่ดังกล่าว เป็นระบบส่งน้ำและให้น้ำภายใต้แรงดัน
มีปัจจัยและองค์ประกอบที่จะนำมาตัดสินใจในการเดินเครื่องสูบน้ำค่อนข้างหลากหลายและ
สลับซับซ้อน อันได้แก่ ปริมาณและแหล่งน้ำต้นทุน สภาพภูมิอากาศ ชนิดพืชที่ปลูก ชนิดดิน
รวมถึงระบบให้น้ำที่ทันสมัย ซึ่งมีทุกประเภทในพื้นที่ทั้งแบบฉีดฝอย แบบจุดภาคและแบบผิวดิน
ในการศึกษานั้น ได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมด้วย VBA ใน MS.Excel ขึ้นเพื่อใช้ในการจัดทำ
แผนการให้น้ำ โดยแบ่งโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ “Yearly plan program” และ “Weekly
plan program” จากนั้นจึงทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรม พบว่าสามารถทำงานได้ตาม
วัตถุประสงค์กล่าวคือ สามารถตรวจสอบและใช้ในการปรับแผนการปลูกพืชให้เหมาะสมกับน้ำ
ต้นทุนและช่วงเวลาการหยุดส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอันได้เป็นอย่างดี และใน
ส่วนของการจัดทำแผนรายสัปดาห์พบว่า ระบบสามารถจัดทำแผนการให้น้ำได้โดยการใช้ Genetic
Algorithms (GAs) ตรวจสอบเงื่อนไขการให้น้ำช่วงต่างๆ พร้อมทั้งปรับแผนการให้น้ำจนได้แผน
การส่งน้ำที่ดีที่สุด ทั้งนี้ระบบยังถูกออกแบบให้รองรับการปรับแผนการให้น้ำระหว่างสัปดาห์
หากมีฝนตกในช่วงสัปดาห์ที่มีการให้น้ำ

คำสำคัญ: การจัดการระบบชลประทาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ระบบการให้น้ำภายใต้แรงดัน

Tirasak Thongsiri 2011: Planning of Irrigation System Management in 50th Year Anniversary of HRH Crown Prince Mahavashiralongkorn Agricultural Park, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus. Master of Engineering (Irrigation Engineering), Major Field: Irrigation Engineering, Department of Irrigation Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Jesda Kaewkulaya, Ph.D. 115 pages.

The main purpose of this study was to develop a computer program , in order to calculate both annual water allocation plan and also weekly water operation plan of the irrigation systems in study area which was in the 50th year Anniversary of HRH Crown Prince Mahavashiralongkorn Agricultural Park, Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus . The irrigation schemes in the area were pressurized. There were many complicated factors and components in decision making for system operation ; such as quantity and sources of the water , weather , crop , soil types and modern water application systems which were sprinkler , micro-irrigation as well as gated pipe for surface irrigation . The computer program was developed by using VBA in MS. Excel to establish water allocation plan. The program composed of 2 portions i.e. “Yearly plan program” and “Weekly plan program.” The outputs of the programs were very well performed. They could be having adjusted and flexible to cope with cropping patterns and the maintenance period not water supply from the Lum Nam Oon Irrigation Project. The weekly water operation schedules were also adjustable. Genetic Algorithm (GAs) could be used to inspect all conditions including rainfall occurrence

Key Words: Irrigation System Management, Computer Program, Pressurized Irrigation System

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.เจษฎา แก้วกัลยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.มนตรี คำชู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทานทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบคุณ รศ.ดร. กัมปนาท ภัคคิกุล และคุณเกษม ปิ่นทอง ที่ได้ให้ความรู้ในการใช้ GAs ผอ.สถาบันพัฒนาการชลประทาน (คุณวัชระ เสือดี) รวมทั้งน้องๆ และเจ้าหน้าที่วิทยาลัยการชลประทานทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแต่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

ธีระศักดิ์ ทองศิริ
พฤษภาคม 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	51
อุปกรณ์	51
วิธีการ	51
ผลและวิจารณ์	53
สรุปและข้อเสนอแนะ	95
สรุป	95
ข้อเสนอแนะ	96
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	98
ภาคผนวก	101
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	115

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา	5
2	สรุบบระบบการให้น้ำและชนิดพืชที่ปลูกปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา	9
3	ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินชนิดต่างๆ	43
4	ค่าอัตราการดูดซึมน้ำพื้นฐานของน้ำผ่านผิวดินโดยประมาณ	44
5	ความลึกของรากพืชชนิดต่างๆ (ชม.)	45
6	แสดงผลการวิเคราะห์ดินในเขตพื้นที่ศึกษา	55
7	แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขต เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร	57
8	รายละเอียดตารางคำนวณในส่วนที่เกี่ยวกับการแสดงผลการคำนวณ	74
9	แสดงรายละเอียดขนาดพื้นที่ให้น้ำแต่ละโซนในโครงการ	75
10	ปฏิทินการปลูกพืช	76
11	แผนการปลูกพืชของแต่ละพื้นที่ในโครงการ	77
12	แผนการปลูกพืชที่ปรับปรุงใหม่	79
13	แสดงข้อมูลฝนรายวัน สถานี CHALERMPRAKIAT CAMPUS	81
14	ปฏิทินการปลูกพืชที่ใช้ทดสอบ	82
15	แผนการปลูกพืช	83
16	ผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืชรายสัปดาห์ระหว่างวันที่ 3 ถึง 9 มิถุนายน 2552	86
ตารางผนวกที่		
1	แสดงองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler	102
2	แสดงองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Boom Spray	103
3	แสดงองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Big Gun	104
4	แสดงองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Linear	105
5	แสดงองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Center Pivot	106
6	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)	107

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการอุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราลงกรณ	4
2	แผนที่แสดงรายละเอียดการใช้พื้นที่โครงการอุทยานเกษตรฯ	6
3	แสดงแหล่งกักเก็บน้ำและพื้นที่ต่างๆ ของโครงการอุทยานเกษตร 50 พรรษา ฯ	8
4	แสดงการทำงานของ Impact Sprinkler	11
5	ผังแสดงระบบการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler	13
6	แสดง Boom Spray ขณะกางแขนออกเพื่อใช้ในการให้น้ำ	14
7	ผังแสดงระบบการให้น้ำแบบ Boom Spray	15
8	แสดง Reels Machine โดยใช้ Big Gun Sprinkler	16
9	ผังแสดงระบบการให้น้ำแบบ Big Gun	17
10	แสดงการทำงานของ Linear	18
11	ผังแสดงระบบการให้น้ำแบบ Linear	19
12	แสดงการทำงานของ Center Pivot	20
13	ผังแสดงระบบการให้น้ำแบบ Center Pivot	21
14	แสดงการทำงานของ Gated Pipe	22
15	แสดงพื้นที่ที่ติดตั้งระบบการให้น้ำแบบผิวดินในโครงการอุทยานเกษตรฯ	23
16	ผังแสดงระบบการให้น้ำแบบ Gated Pipe	24
17	หัวไมโครสปริงเกลอร์แบบใบพัดหมุน (Spinning)	25
18	หัวน้ำหยดชนิด On-line และการวางท่อแขนงในพื้นที่โครงการ	26
19	แสดงพื้นที่ที่ติดตั้งระบบการให้น้ำแบบจุดภาคในโครงการอุทยานเกษตรฯ	28
20	ผังและอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำในพื้นที่ D2	30
21	ผังและอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำในพื้นที่ E2	32
22	ผังและอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำในพื้นที่ E3	34
23	ผังและอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำในพื้นที่ F1	36
24	ผังและอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำในพื้นที่ F2	37
25	ประเภทต่างๆ ของโครงสร้างของดิน	42
26	ลักษณะการดูดซึมน้ำของดิน	44
27	ค่าเฉลี่ยของความชื้นที่พืชดูดไปจากดินในชั้นต่างๆ	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	โครโมโซมหนึ่งตัวประกอบด้วยยีน 4 ตัว	47
29	แผนผังขั้นตอนการทำงานของ GAs	48
30	ผังการดำเนินงานศึกษาและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์	52
31	แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจดินในพื้นที่โครงการ	54
32	กราฟแสดงการกระจายตัวของฝนที่ตกในพื้นที่โครงการ	58
33	แสดงรายละเอียดข้อมูลสัมประสิทธิ์การให้น้ำของพืช	59
34	แสดงรายละเอียดข้อมูลการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และฝนใช้การเฉลี่ย	60
35	การกำหนดปฏิทินการปลูกพืช	61
36	การกำหนดแผนการปลูกพืช	62
37	การกำหนดปริมาณฝนที่ตก เพื่อการปรับแผนการส่งน้ำ	63
38	แผนผังการคำนวณเพื่อจัดทำแผนการให้น้ำประจำสัปดาห์	65
39	เลือกช่วงสัปดาห์ที่ต้องการวางแผนเพาะปลูก	66
40	ผลการคำนวณความต้องการน้ำ	67
41	ตัวอย่าง Bit String ที่มีชั่วโมงที่ให้น้ำเท่ากับ 8 ชั่วโมง	67
42	ตัวอย่างปัญหาของการใช้การตัดต่อ Bit String	68
43	แสดงการผสมพันธุ์ของยีน (Gene) ในการสร้างแผนการให้น้ำ	69
44	Sheet สำหรับจัดทำแผนการให้น้ำของโซน Big Gun	70
45	ระบบแจ้งการวางแผนเสร็จสิ้น	71
46	การวางแผนให้น้ำของโซน Impact Sprinkler	71
47	การให้น้ำ Bit String และการ Evaluation	72
48	การสร้างกราฟสมมูลความชื้นในดิน	72
49	กราฟสมมูลความชื้นโซน Big Gun	73
50	กราฟสมมูลความชื้นโซน Boom Spray	73
51	กราฟสมมูลความชื้นโซน Impact Sprinkler	74
52	ความต้องการรายสัปดาห์ของแผนการเพาะปลูกที่อ้างอิงกับแผนของโครงการ ส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอุน	78
53	กราฟแสดงสมมูลน้ำในระบบเก็บกักของโครงการ	78

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
54	ความต้องการรายสัปดาห์ของแผนการปลูกพืช ที่อ้างอิงกับแผนของ โครงการ ส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอูน	80
55	กราฟแสดงสมดุลน้ำในระบบเก็บกักของโครงการ	80
56	แผนการให้น้ำของโซน B1-1	90
57	แผนการให้น้ำของโซน B1-2	91
58	แผนการให้น้ำของโซน B1-3	92
59	แผนปฏิบัติงานของวาล์ว V1 ประจำสัปดาห์ ระหว่างวันที่ 3-9 มิถุนายน 2552	93
60	ผลการปรับแผนการให้น้ำในวันที่ 5 มิถุนายน 2550 หลังฝนตก 12 ม.ม.	94
ภาพผนวกที่		
1	แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler	109
2	แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Boom Spray	110
3	แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Big Gun	111
4	แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Linear	112
5	แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Center Pivot	113
6	แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Gated Pipe	114

การวางแผนจัดการระบบชลประทานในพื้นที่อุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

Planning of Irrigation System Management in 50th Year Anniversary of HRH
Crown Prince Mahavashiralongkorn Agricultural Park, Kasetsart University
Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus

คำนำ

อุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร ได้ทำการติดตั้งระบบส่งและระบบให้น้ำให้กับพื้นที่เพาะปลูกพืชรวม 1,035 ไร่ โดยมีระบบให้น้ำทั้งสิ้นรวม 3 รูปแบบ ระบบให้น้ำได้ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพในการกระจายน้ำ ได้อย่างดีและได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่ระบบดังกล่าวยังขาดข้อมูลที่จะกำหนดว่า พื้นที่ใดต้องได้รับน้ำเท่าใดและเมื่อใด โดยกระบวนการดังกล่าวเรียกว่า แผนการจัดการระบบชลประทาน ซึ่งแผนนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช วันเวลา อายุพืช สภาพทางอุทกนิยมนิเวศวิทยาและสภาพดินในพื้นที่ และข้อจำกัดด้านระบบส่งและให้น้ำเป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตาม ความต้องการน้ำของพืชและข้อจำกัดของระบบให้น้ำมิได้เป็นเงื่อนไขเดียวที่จะทำให้การบริหารจัดการระบบชลประทานประสบความสำเร็จ ทั้งนี้เพราะแหล่งกักเก็บน้ำของพื้นที่อุทยานเกษตรฯ คืออ่างกาฬสินธุ์ได้และอ่างกาฬสินธุ์เหนือมีความจุที่จะเก็บกักน้ำจำกัดประมาณ 225,000 ลบ.ม. ในขณะที่ความต้องการใช้น้ำเฉลี่ยตลอดปีประมาณสองล้านลูกบาศก์เมตร จึงจำเป็นต้องรับน้ำจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอุโมงค์เดิมตลอด แต่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอุโมงค์เองก็ไม่สามารถส่งน้ำได้ทั้งปีเนื่องจากว่าจะมีช่วงหยุดซ่อมบำรุงรักษาประจำปีประมาณ 2 เดือน

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะใช้เป็นเครื่องมือสำหรับช่วยในการวางแผนจัดการระบบชลประทานให้กับพื้นที่อุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏ โดยมิแน่วคิดที่จะจัดการใน 2 ส่วนหลักคือ

1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการวางแผนระยะยาว เพื่อใช้ในการวางแผนการใช้น้ำตลอดปีให้สอดคล้องกับน้ำต้นทุนที่มี และช่วงเวลาการส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอุโมงค์

2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการวางแผนให้น้ำให้กับแต่ละพื้นที่ที่มีระบบให้น้ำแบบต่างๆ โดยผลที่ได้ในส่วนนี้จะเป็นการเปิดวาล์ว การเดินเครื่องสูบน้ำ และการปรับแผนให้เหมาะสมกับปริมาณฝนที่ตกระหว่างสัปดาห์การให้น้ำ



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบและโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวกับชนิดดิน ระบบการปลูกพืช สภาพภูมิอากาศ แหล่งน้ำ และระบบการให้น้ำแบบต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา
2. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนการใช้น้ำประจำปี วางแผนการเดินเครื่องสูบน้ำ และสั่งการเปิด-ปิด ระบบชลประทานด้วยวาล์วจ่ายน้ำต่างๆ เป็นรายสัปดาห์ที่ติดตั้งในบริเวณพื้นที่ที่ศึกษา

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ จะศึกษาเฉพาะพื้นที่ B1, B2, C1, D1, D2, E2, E3, F1 และ F2 ในโครงการอุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร รวมพื้นที่ 739 ไร่

การตรวจเอกสาร

1. พื้นที่ศึกษา

1.1 ที่ตั้ง และการใช้ที่ดิน

อุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร ต.เชิงเครือ อ.เมือง จ.สกลนคร บนทางหลวงหมายเลข 22 (สกลนคร-นครพนม) อยู่ห่างจากตัวจังหวัดสกลนครประมาณ 19 กิโลเมตร ระหว่างเส้นรุ้งที่ 17 องศา 16 ลิปดา 37 พิลิปดา ถึง 17 องศา 18 ลิปดา 23 พิลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 104 องศา 05 ลิปดา 39 พิลิปดา ถึง 104 องศา 07 ลิปดา 32 พิลิปดาตะวันออก มีเนื้อที่ประมาณ 2,000 ไร่ ดังแสดงในภาพที่ 1

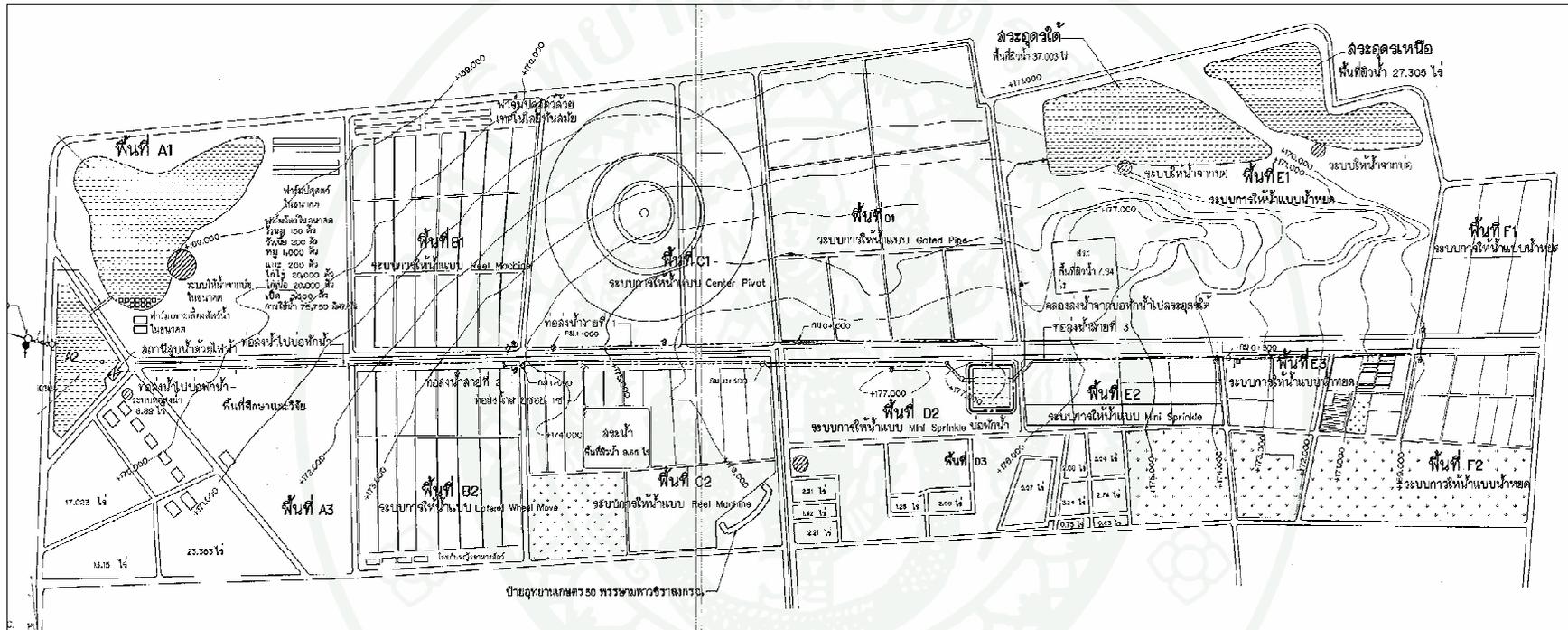


ภาพที่ 1 แผนที่แสดงที่ตั้ง โครงการอุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

อุทยานเกษตรแห่งนี้จัดตั้งขึ้นเนื่องในวโรกาสที่สมเด็จพระบรมโอรสาธิราชฯ สยามมกุฎราชกุมาร ทรงมีพระชนมายุ 50 พรรษา ในปี พ.ศ.2545 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งรวบรวมความหลากหลายของพืชต่างๆ ได้แก่ พืชอาหารสัตว์ พืชไร่ พืชผัก และพืชพลังงานเป็นต้น ระบบการให้น้ำแบบต่างๆ เช่น การให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation) การให้น้ำแบบผิวดิน (Surface Irrigation) และการให้น้ำแบบจุลภาค (Micro Irrigation) รวมทั้งเป็นแหล่งศึกษา วิจัย และเผยแพร่เทคโนโลยีการเกษตรชลประทานแก่ประชาชนโดยทั่วไปอีกด้วย โดยในพื้นที่นี้ได้จำแนกประเภทการใช้ที่ดินในลักษณะต่างๆ ตามตารางที่ 1 และภาพที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่	ประเภทการใช้พื้นที่	จำนวนพื้นที่ (ไร่)
A1	โครงการสาธิตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	110
A2	จุดสระเก็บน้ำ(อ่างกาฬสินธุ์ใต้)	18
A3	สัตว์เคี้ยวเอื้อง	77
B1	ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่	107
B2	งานหญ้าอาหารสัตว์	84
C1	พื้นที่ผลิตพืชไร่เพื่อธุรกิจ	146
C2	งานหญ้าอาหารสัตว์และแปลงสาธิต	129
D1	พื้นที่ผลิตพืชไร่เพื่อธุรกิจ	162
D2	พืชสวน-พืชไร่	44
E1	โครงการรวบรวมพันธุ์ไม้ผล	186
E2	พืชสวน-พืชไร่	34
E3	สมุนไพร	48
F1	โครงการสบู่ดำ	42
F2	องุ่น ไม้ผล และผัก	72
	รวมพื้นที่	1,259



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงรายละเอียดการใช้พื้นที่โครงการอุทยานเกษตรฯ

1.2 ระบบการให้น้ำแก่พืชและแหล่งน้ำต้นทุนในพื้นที่อุทยานเกษตร 50 พรรษามหาชิราลงกรณ

ระบบการให้น้ำแก่พืช

พื้นที่อุทยานเกษตร 50 พรรษามหาชิราลงกรณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร ได้ถูกติดตั้งระบบการให้น้ำแก่พืชแบบต่างๆ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ด้วยกันคือ

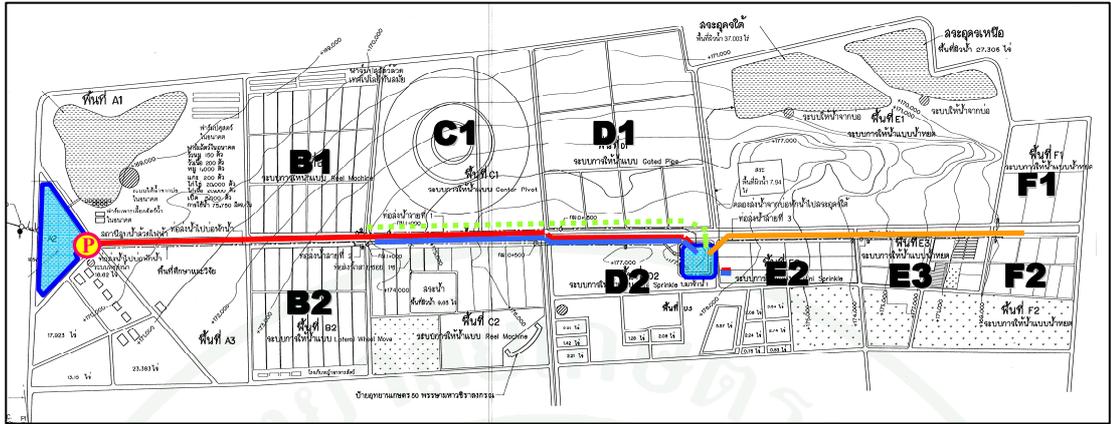
- ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinker Irrigation)
- ระบบการให้น้ำแบบผิวดิน (Surface Irrigation)
- ระบบการให้น้ำแบบจุลภาค (Micro Irrigation)

แหล่งน้ำต้นทุน

สำหรับน้ำต้นทุนที่จะใช้ภายในพื้นที่โครงการอุทยานเกษตร 50 พรรษามหาชิราลงกรณ จะอาศัยการขุดแหล่งกักเก็บน้ำต่างๆ ด้านข้างของพื้นที่ทั้ง 2 ด้าน ได้แก่ อ่างกาพสินธุ์เหนือ-ใต้ มีความจุรวมกันประมาณ 225,000 ลบ.ม. และอ่างอุดรเหนือ-ใต้ มีความจุรวมกันประมาณ 300,000 ลบ.ม. รับน้ำจากพื้นที่ลุ่มน้ำของโครงการอุทยานเกษตรฯ และการผันน้ำจากโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอุ้นผ่านคลอง R-16L-2R และคลอง R-16L-2R-1L (หรืออาจจะเรียกว่าคลอง 1L-2R-16L-RMC) เพื่อให้ น้ำไหลลงสู่อ่างกาพสินธุ์ได้ และหลังจากนั้นจะสูบน้ำจากอ่างกาพสินธุ์ได้ขึ้นสู่บ่อกักน้ำที่ก่อสร้างไว้ในตำแหน่งที่สูงสุดของโครงการอุทยานเกษตรฯ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ D2 และก่อสร้างท่อส่งน้ำเพื่อส่งน้ำจากบ่อกักน้ำเข้าสู่พื้นที่ต่างๆ โดยแบ่งท่อส่งน้ำออกเป็น 3 สายดังนี้

- ท่อส่งน้ำสายที่ 1 ส่งน้ำให้แก่พื้นที่ B1, C1 และ D1
- ท่อส่งน้ำสายที่ 2 ส่งน้ำให้แก่พื้นที่ B2, และ D2
- ท่อส่งน้ำสายที่ 3 ส่งน้ำให้แก่พื้นที่ E2, E3, F1 และ F2

โดยแต่ละพื้นที่จะติดตั้ง Booster Pump เพื่อควบคุมอัตราการจ่ายน้ำและแรงดันที่เหมาะสมกับระบบการให้น้ำที่ใช้ในพื้นที่นั้นๆ ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 2



ภาพที่ 3 แสดงแหล่งกักเก็บน้ำและพื้นที่ต่าง ๆ ของโครงการอุทยานเกษตร 50 ไร่



ตารางที่ 2 สรุประบบการให้น้ำและชนิดพืชที่ปลูกปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่	ขนาดของพื้นที่ (ไร่)	รายละเอียดท่อส่งน้ำ		รายละเอียด BOOSTER PUMP					ระบบการให้น้ำ	ชนิดของพืชที่ปลูกในปัจจุบัน	ระยะปลูก ถxต (ม.)	Valve ต่างๆ ที่ใช้ในพื้นที่
		รับน้ำจากท่อส่งน้ำ	กม. ขนาดของท่อ (มม.)	จำนวน (เครื่อง)	No.	Q (ลบ.ม./ชม.)	H (ม.)					
B1	107	สายที่ 1	1+040	300	3	P1	60	70	Impact Sprinkler	หญ้าอาหารสัตว์	-	v13 ถึง v20
						P2	60	70	Reel Machine with Big Gun	หญ้าอาหารสัตว์	-	v1 ถึง v4
						P3	60	55	Reel Machine with Boom Spray	หญ้าอาหารสัตว์	-	v5 ถึง v12
C1	146	สายที่ 1	0+735	350	1	P	50	35	Center Pivot	อ้อย	1.5x1.0	-
D1	162	สายที่ 1	0+095	400	-	-	226.8		Gated Pipe	พืชไร่ เช่น อ้อย	0.75x0.50	φ 6" จำนวน 4 ตัว
										ข้าวโพด	0.75x0.25	φ 8" จำนวน 4 ตัว
B2	84	สายที่ 2	0+980	200	1	P	60	55	Linear	หญ้าอาหารสัตว์	-	-
D2	44	สายที่ 2	0+175	400	2	P1	20	35	ไมโครสปริงเกลอร์	ผัก	-	v4,v5,v6, v7,v8
						P2	16	35	น้ำหยด(บนสายแบบปรับแรงดัน)	ผัก	-	v1,v2,v3
E2	34	สายที่ 3	0+450	300	2	P1	30	40	ไมโครสปริงเกลอร์	ผัก	-	v1 ถึง v6
						P2	16	35	น้ำหยด(บนสายแบบปรับแรงดัน)	ปาล์ม	7.8x9.0	v7
E3	48	สายที่ 3	0+565	300	4	P1	16	35	น้ำหยด(บนสายแบบปรับแรงดัน)	สมุนไพร	1.0x1.0	v9,v10,v11
									ไมโครสปริงเกลอร์	สมุนไพร	3.0x3.0	v8
						P2	16	35	สปริงเกลอร์	ผัก	6.0x6.0	v6,v7
						P2	16	35	ไมโครสปริงเกลอร์	เชอร์รี่	3.0x3.0	v2
							สปริงเกลอร์	ผัก	6.0x6.0	v3		

ตารางที่ 2 (ต่อ)

พื้นที่	ขนาดของพื้นที่ (ไร่)	รายละเอียดท่อส่งน้ำ		รายละเอียด BOOSTER PUMP			ระบบการให้น้ำ	ชนิดของพืชที่ปลูกในปัจจุบัน	ระยะปลูก ถxต (ม.)	Valve ต่างๆ ที่ใช้ในพื้นที่		
		รับน้ำจากท่อส่งน้ำ	ขนาดของท่อ (มม.)	จำนวน (เครื่อง)	No.	Q (ลบ.ม./ชม.)					H (ม.)	
							พัลเซเตอร์	หวาย	1.5x1.5	v4		
						P2	สปริงเกลอร์	ผัก	6.0x6.0	v1		
							พัลเซเตอร์	แก้วมังกร	5.0x5.0	v5		
F1	42	สายที่ 3	0+860	200	1	P	50	35	น้ำหยด(บนสายแบบปรับแรงดัน)	สบู่ดำ	1.0x1.0	v1 ถึง v8
F2	72	สายที่ 3	0+850	200	2	P1	30	40	น้ำหยด(บนสายแบบปรับแรงดัน)	องุ่น	2.5x1.5	v1,v2
							ไมโครสปริงเกลอร์	ไม้ผล	6.0x6.0	v3 ถึง v9		
						P2	30	40	สปริงเกลอร์	ผัก	10.0x10.0	v10,v11
รวม	739											

กรมชลประทานได้ดำเนินการติดตั้งระบบการให้น้ำแบบต่างๆ ในพื้นที่อุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร โดยมีรายละเอียดของระบบที่ทำการติดตั้ง ดังนี้

1.2.1 ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation)

ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอยที่นำมาติดตั้งให้กับพื้นที่อุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร มีทั้งสิ้น 5 รูปแบบ

ก. ระบบการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler

ระบบการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler เป็นระบบการให้น้ำที่ใช้ Sprinkler ชนิด Impact เป็นหัวจ่ายน้ำติดตั้งเข้ากับท่อลูมิเนียมและสามารถถอดประกอบได้ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการติดตั้งและเคลื่อนย้ายในกรณีปลูกพืชนอกฤดูกลางแจ้งเพาะปลูกหรือเพิ่มพื้นที่ในการผลิต ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงการทำงานของ Impact Sprinkler

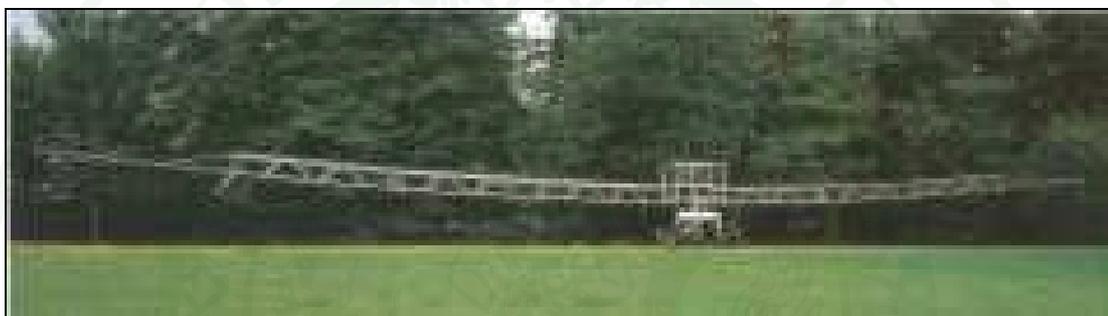
ระบบการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler ติดตั้งในพื้นที่ B1 ของอุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยมีองค์ประกอบของระบบ ประกอบด้วย หัวจ่ายน้ำติดตั้งอยู่บนท่อ Riser ที่เป็นท่อเหล็ก(GSP) ขนาด 1 นิ้ว ยาว 2.00 ม. จำนวน 14 หัวต่อวาล์วควบคุมการจ่ายน้ำ 1 ตัว และในพื้นที่นี้มีวาล์วควบคุมการจ่ายน้ำทั้งสิ้น 8 ตัว วาล์วควบคุมน้ำแต่ละตัวจะควบคุมพื้นที่ประมาณ 7,133 ตารางเมตร ตามภาพที่ 5 ซึ่งเป็นผังแสดงระบบการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler ที่ใช้ในพื้นที่โครงการฯ

การให้น้ำจะอาศัย Booster Pump ดูคน้ำจากท่อส่งน้ำสายที่ 1 ที่ กม. 1+040 เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำตามต้องการคือ 60 ลบ.ม./ชม.พร้อมกับเพิ่มแรงดันของน้ำให้สอดคล้องกับความต้องการของอุปกรณ์คือ 70 เมตร สำหรับอุปกรณ์และองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler แสดงดังภาพผนวกที่ 1 และตารางผนวกที่ 1



ข. ระบบการให้น้ำแบบ Boom Spray

ระบบการให้น้ำแบบ Boom Spray เป็นระบบการให้น้ำที่ใช้ Boom Spray เป็นหัวจ่ายน้ำซึ่งชุดจ่ายน้ำเป็น Boom ติดตั้งอยู่บนล้อเลื่อน มีหัวจ่ายน้ำชนิด Spray เป็นหัวฉีดชนิดคว่ำลง อัตราการจ่ายน้ำน้อยกว่าแบบ Impact Sprinkler รัศมีการฉีดน้ำแคบและใช้แรงดันต่ำ วางหัวห่างกันเป็นระยะตามความเหมาะสมเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูง มีท่อจ่ายน้ำเป็นท่อชนิด PE สามารถม้วนลากทอกลับได้โดยอัตโนมัติโดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Reel Machine และมีล้อสำหรับเคลื่อนย้ายชุดจ่ายน้ำ ตามภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดง Boom Spray ขณะกางแขนออกเพื่อใช้ในการให้น้ำ

ระบบการให้น้ำแบบ Boom Spray ติดตั้งในพื้นที่ B1 ของของโครงการอุทยานเกษตรฯ ดังแสดงในภาพที่ 7 โดยมีองค์ประกอบของระบบประกอบด้วย แขน Boom ยาว 40 ม. จำนวน 2 ชุด จ่ายน้ำผ่านท่อเหล็กที่เคลือบด้วยสาร Polyurethane เพื่อป้องกันการกัดกร่อน หัวสปริงเกอร์มีอัตราการจ่ายน้ำรวมทั้งแขน Boom เท่ากับ 33.2 ลบ.ม./ชม. มีวาล์วควบคุมการจ่ายน้ำ 8 ตัว โดยวาล์วควบคุมน้ำแต่ละตัวจะควบคุมพื้นที่ประมาณ 7,133 ตารางเมตร ตามภาพที่ 7 ซึ่งเป็นผังแสดงระบบการให้น้ำแบบ Boom Spray

การให้น้ำจะอาศัย Booter Pump ดูดน้ำจากท่อส่งน้ำสายที่ 1 ที่ กม. 1+040 เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำตามต้องการคือ 60 ลบ.ม./ชม.พร้อมกับเพิ่มแรงดันของน้ำเป็น 55 เมตรเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของอุปกรณ์การให้น้ำนี้ สำหรับอุปกรณ์และองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Boom Spray แสดงดังภาพผนวกที่ 2 และตารางผนวกที่ 2

ค. ระบบการให้น้ำแบบ Big Gun

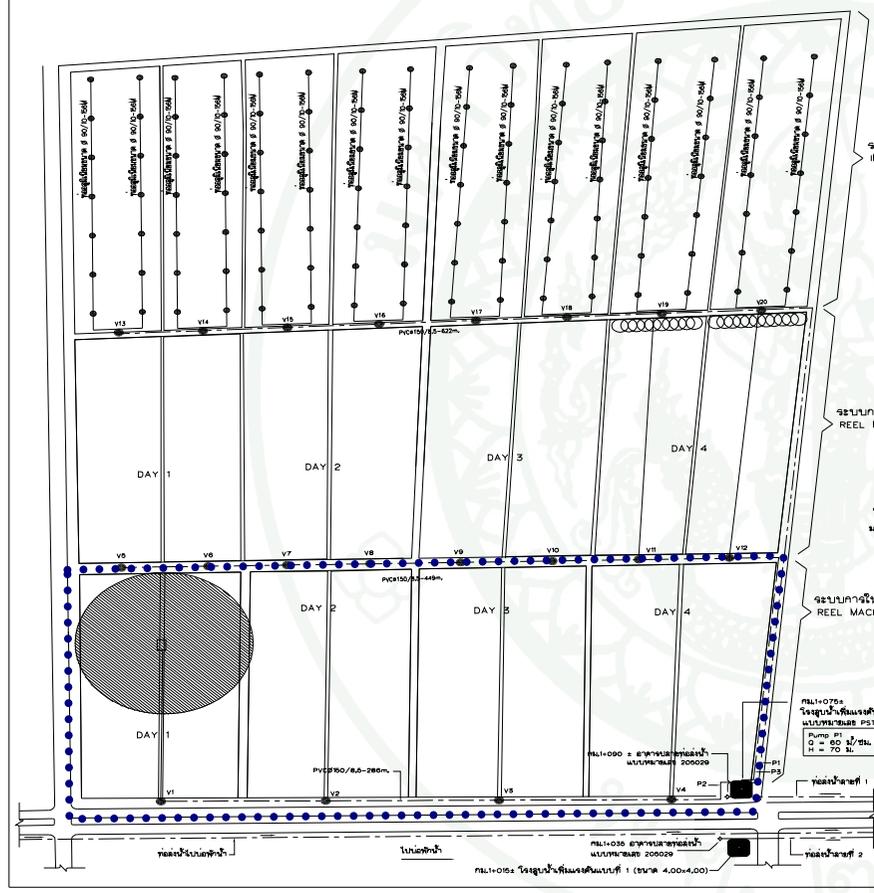
ระบบการให้น้ำที่ใช้ Reels Machine แบบใช้ Big Gun Sprinkler เป็นหัวจ่ายน้ำ ซึ่งชุดจ่ายน้ำที่มีหัว Sprinkler ขนาดใหญ่ อัตราการจ่ายน้ำสูง รัศมีการฉีดน้ำกว้าง และใช้แรงดันสูง มีท่อจ่ายน้ำเป็น PE สามารถม้วนลากท่อกลับได้อัตโนมัติด้วยแรงดันของน้ำ และสามารถปรับอัตราการลากท่อกลับได้ตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดง Reels Machine โดยใช้ Big Gun Sprinkler

ระบบการให้น้ำแบบ Big Gun เป็นระบบการให้น้ำที่ติดตั้งในพื้นที่ B1 (ด้านหน้าของพื้นที่ B1) ของโครงการอุทยานเกษตรฯ โดยใช้หัวสปริงเกอร์ชนิด Reels Machine พร้อมหัวสปริงเกอร์แบบ Big Gun ที่มีอัตราการจ่ายน้ำ 60 ลบ.ม /ชม รัศมีการฉีดไม่น้อยกว่า 40.02 ม.ที่แรงดัน 5.0 บาร์ ประกอบเข้ากับชุดลากท่อ PE ขนาด 90 มม. ยาว 150 ม. โดยเคลื่อนที่ได้อย่างอัตโนมัติด้วยความเร็ว 20 – 60 ม/ชม และมีระบบป้องกันความปลอดภัยในการหยุดการทำงานเมื่อหมุนท่อเสร็จจากการทำงานหรือในกรณีที่มีการหมุนของท่อไม่สม่ำเสมอ สำหรับผังที่แสดงระบบการให้น้ำแบบ Big Gun แสดงดังภาพที่ 9 ส่วนอุปกรณ์และองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Big Gun แสดงดังภาพผนวกที่ 3 และตารางผนวกที่ 3

211175



ข้อมูลการให้น้ำ

ข้อมูลการให้น้ำ	หน่วย	P1	P2	P3
ระยะระหว่างสายน้ำ	เมตร	พ่นน้ำเดี่ยว	พ่นน้ำเดี่ยว	พ่นน้ำเดี่ยว
ระบบการให้น้ำ	เมตร	-	-	-
ชนิดของสายน้ำ	เมตร	REEL MACHINE	REEL MACHINE	SPRINKLER
อัตราการไหลของสายน้ำ	ลบ.ม./ชม.	30.0	30.0	4.0
ระยะห่างระหว่างสายน้ำ	เมตร	-	-	-
ความเร็วของสายน้ำ	ลบ.ม./ชม.	30.0	30.0	4.0
ความยาวของสายน้ำ	เมตร	8.0	8.0	8.0
ชนิดของสายน้ำ	ชนิด	5/8	5/8	1/2
จำนวนสายน้ำ	สาย	1	1	1
จำนวนสายน้ำที่ใช้ทั้งหมด	สาย	1	1	8
เวลาในการให้น้ำ	ชั่วโมง	7.5	7.5	9.8

- หมายเหตุ
- สายน้ำเป็นโพลีเอทิลีน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (D) เป็นมิลลิเมตร และความเร็วที่เดินสายน้ำ นอกจากแสดงไว้เป็นค่าอื่น
 - แบบและขนาดของสายน้ำ สายน้ำเป็นโพลีเอทิลีนตามสเปกการของสายน้ำและปั๊มสายน้ำ
 - พื้นที่สำหรับควบคุมโครงการ ทำจากพลาสติกที่ทนทานกับสารเคมีและปุ๋ยเคมีที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ
 - แบบและชนิดของสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ และสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ
 - แบบและชนิดของสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ และสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ
 - แบบและชนิดของสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ และสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ
 - แบบและชนิดของสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ และสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ
 - แบบและชนิดของสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ และสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ

- แบบประกอบ
- แบบแผนที่โครงการ และระบบน้ำ 204943
 - แบบท่อส่งน้ำสาย 1 206016
 - แบบและชนิดของสายน้ำ และชนิดของสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ 211855
 - แบบและชนิดของสายน้ำที่ใช้ในแบบการรดน้ำแบบพ่นน้ำ 211855



แบบแผนที่โครงการ และระบบน้ำ 205018

กรมชลประทาน

โครงการระบบกระจายน้ำในพื้นที่อุทยานเกษตร

50 พรรษาสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

ผ. เชียงคาน อ. เมือง จ. สกลนคร

พื้นที่ B1

แสดงระบบการให้น้ำแบบพ่นน้ำแบบ Big Gun และ REEL MACHINE

ออกแบบ	เสนอ	ตรวจสอบ
สถาปนิก	วิศวกร	ช่างเขียน
สถาปนิก	วิศวกร	ช่างเขียน
สถาปนิก	วิศวกร	ช่างเขียน

วันที่ 211175

ภาพที่ 9 ผังแสดงระบบการให้น้ำแบบ Big Gun

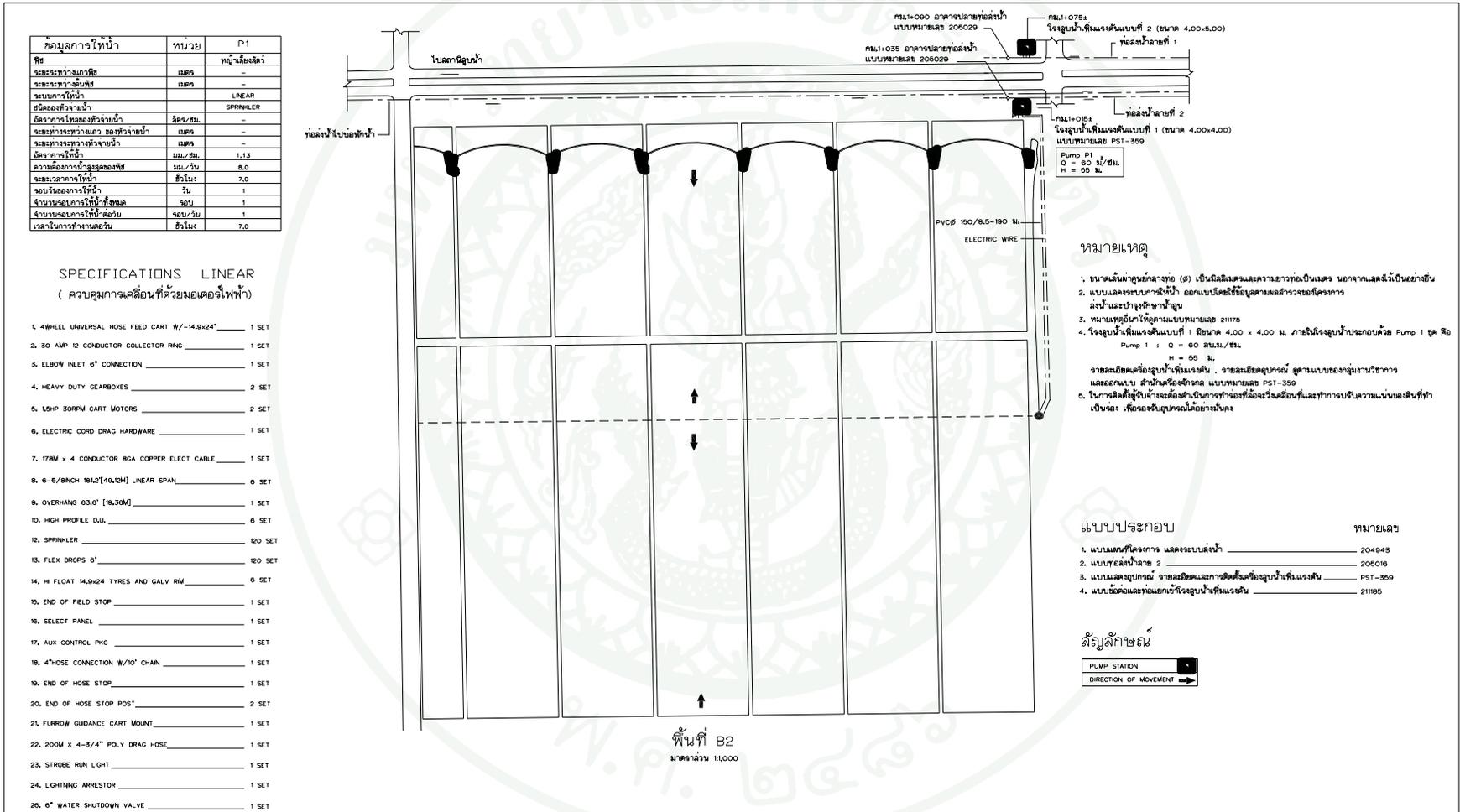
ง. ระบบการให้น้ำแบบ Linear

ระบบการให้น้ำแบบ Linear เป็นระบบการให้น้ำที่ใช้ท่อแขนงเคลื่อนที่บนโครงสร้างเหล็กชุบสังกะสีที่มีล้อเคลื่อนที่แบบหน้ากระดาน เป็นช่วงๆ โดยหัวจ่ายน้ำจะติดตั้งห่างกันเป็นระยะตามความเหมาะสมตามภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงการทำงานของ Linear

ระบบการให้น้ำแบบ Linear เป็นระบบการให้น้ำที่ติดตั้งในพื้นที่ B2 ของโครงการอุทยานเกษตรฯ โดยใช้หัวสปริงเกอร์ ชนิดติดตั้งบนโครงสร้างเหล็กเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ขนานกับแปลง (Two – Wheel Linear) มีล้อช่วงละ 54.86 ม. จำนวน 6 ช่วง พร้อม Over Hang อีก 19.3 ม. รวมความยาวโดยประมาณ 350 ม. ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 380 VAC หัวสปริงเกอร์ มีอัตราการจ่ายน้ำ 45.04 ลบ.ม / ชม ที่แรงดัน 35 ม. มีชุดควบคุมป้องกันฟ้าผ่าและมีโคมดวงไฟฟ้าแสดงขณะเครื่องกำลังทำงาน สำหรับฝั่งที่แสดงระบบการให้น้ำแบบ Linear แสดงดังภาพที่ 11 ส่วนอุปกรณ์และองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Linear แสดงดังภาพผนวกที่ 4 และตารางผนวกที่ 4



ภาพที่ 11 ฝั่งแสดงระบบการให้น้ำแบบ Linear

จ. ระบบการให้น้ำแบบ Center Pivot

ระบบให้น้ำแบบ Center Pivot ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แสดงการทำงานของ Center Pivot

เป็นการให้น้ำที่ติดตั้งในพื้นที่ C 1 ของโครงการอุทยานเกษตรฯ โดยให้หัวสปริงเกอร์ชนิดติดตั้งบนโครงเหล็กหมุนรอบศูนย์กลาง Center Pivot มีล้อช่วงละ 49.12 ม. จำนวน 4 ช่วง รวม 196. 48 ม. ที่ปลายชุดติดตั้งหัวสปริงเกอร์ Big Gun เพื่อขยายพื้นที่ การให้น้ำควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 380 VAC หัวสปริงเกอร์มีอัตราการจ่ายน้ำรวมทั้งชุด 50.4 ลบ.ม. / ชม. ที่แรงดัน 35 ม. มีชุดควบคุมป้องกันฟ้าผ่าและมีคอมพิวเตอร์แสดงขณะเครื่องกำลังทำงาน สำหรับผังที่แสดงระบบการให้น้ำแบบ Center Pivot แสดงดังภาพที่ 13 ส่วนอุปกรณ์และองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Center Pivot แสดงดังภาพผนวกที่ 5 และตารางผนวกที่ 5

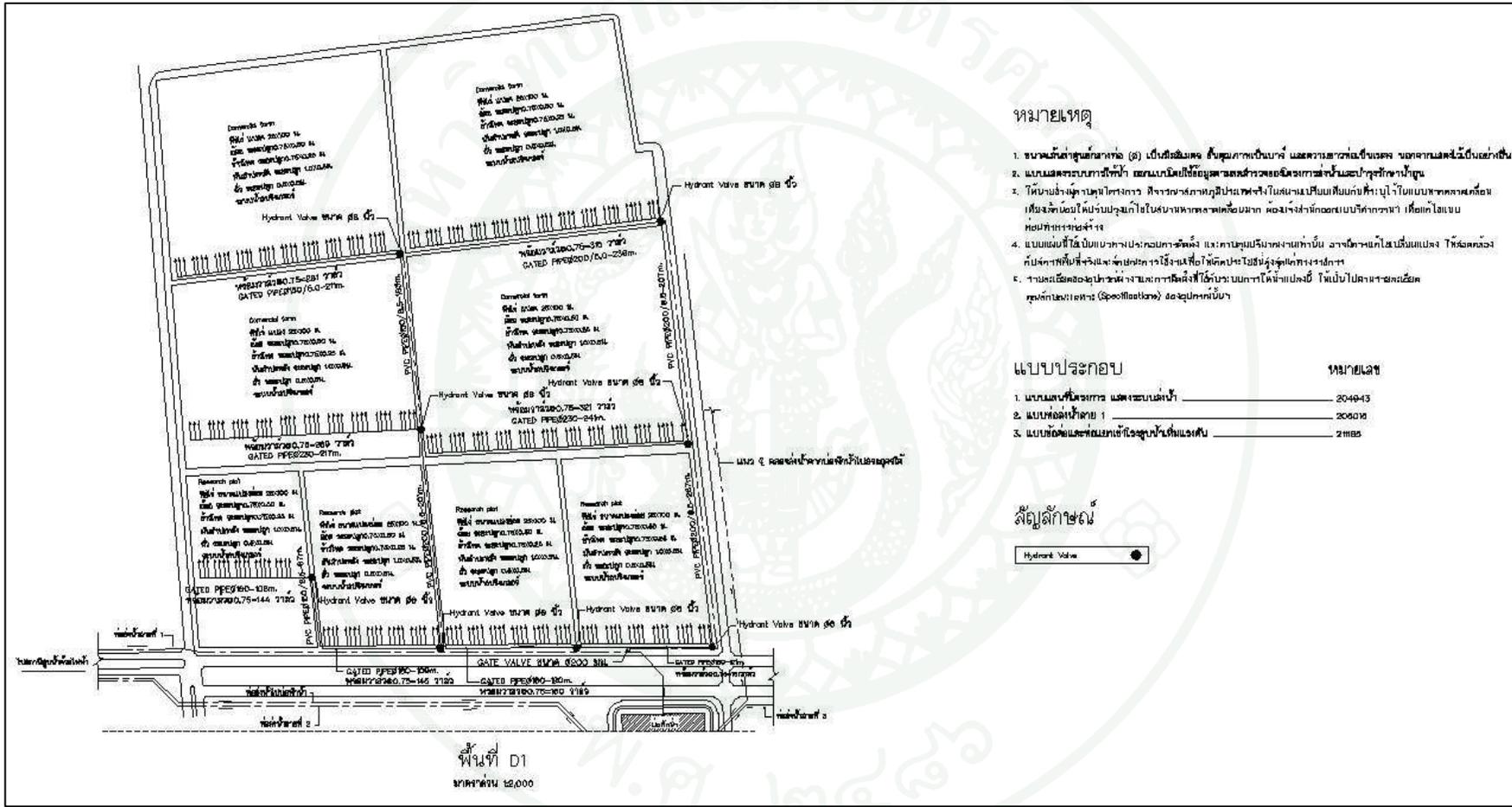
1.2.2 ระบบการให้น้ำแบบผิวดิน (Surface Irrigation)

ระบบการให้น้ำแบบผิวดินของพื้นที่อุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา มีเพียงระบบเดียวคือการให้น้ำแบบ Gated Pipe ซึ่งส่งน้ำให้กับพื้นที่ D1 โดยระบบการให้น้ำที่ใช้ Gated Pipe เป็นท่อจ่ายน้ำชนิดอ่อน (Lay Flat Hose) ตัวท่อทำจากวัสดุโพลีเอทิลีนสังเคราะห์สานช่วยเสริมแรง (Woven Polyethylene Fabric) ผงชั้นนอกเคลือบสารป้องกันรังสีจากแสงแดด (UV Stabilizer) ผงชั้นในผลิตจากวัสดุ Food grade resins ทนกรดด่าง ใช้งาน สะดวก น้ำหนักเบา พับม้วนเก็บได้ สวมเข้ากับท่ออื่น หรือ เครื่องสูบน้ำใช้เข็มขัดรัดใช้งานได้ทันที ขนาดท่อไม่เล็กกว่า 7 นิ้ว และ 9 นิ้ว ทนแรงดันได้สูงสุด 5 ม.ติดตั้งที่หัวแปลง ตามภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงการทำงานของ Gated Pipe

ในการส่งน้ำจะอาศัย outlet ขนาด 2 นิ้วที่สามารถปรับอัตราการจ่ายน้ำตั้งแต่ 0–5 ลิตร/วินาที ติดตั้งที่ข้างท่อจ่ายน้ำตามระยะร่องคูในที่นี้จะใช้ระยะ 0.75 ม.สำหรับพื้นที่ที่ติดตั้งระบบการให้น้ำแบบผิวดินในโครงการอุทยานเกษตรฯ และผังของระบบการให้น้ำแบบ Gated Pipe แสดงตามภาพที่ 15 และ 16 ส่วนอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Gated Pipe แสดงตามภาพผนวกที่ 6



ภาพที่ 16 แสดงระบบการให้น้ำแบบ Gated Pipe

1.2.3 ระบบการให้น้ำแบบจุลภาค (Micro Irrigation)

ระบบการให้น้ำแบบจุลภาค (Micro Irrigation) ของพื้นที่อุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สามารถจำแนกตามประเภทของหัวจ่ายน้ำได้ 3 ประเภทได้แก่หัวไมโครสปริงเกอร์ (Micro Sprinkler) หัวน้ำหยด (Dripper) และหัวฉีดน้ำเป็นจังหวะ (Pulsator) โดยมีรายละเอียดของระบบที่ทำการติดตั้งดังนี้

ก. หัวไมโครสปริงเกอร์

หัวไมโครสปริงเกอร์เป็นแบบใบพัดหมุน (Spinning) ดังแสดงในภาพที่ 17 ประกอบเข้ากับท่อ PE ขนาด 4/6.5 มม. ยาว 90 ซม. พร้อมชุดข้อต่อต่างๆ ขาปักเป็นชนิดขาปักพลาสติก ยาว 30 ซม. หัวไมโครสปริงเกอร์มีอัตราการจ่ายน้ำ 40, 50 และ 70 ลิตร/ชม. เส้นผ่าศูนย์กลางการฉีด 6.0, 6.5, 7.0 ม. ที่แรงดัน 1.7 - 4.5 บาร์ หัวไมโครสปริงเกอร์เป็นชนิดปรับแรงดัน (Pressure Compensate) โดยแผ่นไดอะแฟรม Silicon



ภาพที่ 17 หัวไมโครสปริงเกอร์แบบใบพัดหมุน (Spinning)

ข. หัวน้ำหยด

หัวน้ำหยดชนิด In-line เป็นหัวน้ำหยดที่ฝังอยู่ภายในท่อที่ทำมาจากวัสดุ PE (Polyethylene) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกไม่น้อยกว่า 16 มม. และมีความหนาของผนังท่อน้อยกว่า 1.0 มม. มีช่องทางการไหลของน้ำเป็นแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) หัวน้ำหยดมีอัตราการจ่ายน้ำ (Flow Rate) 1.6 ลิตร/ชม. ที่แรงดันใช้งาน (Working Pressure Range) อยู่ในช่วง 0.5-4.0 บาร์ ระยะของหัวน้ำหยด 30 ซม. หัวน้ำหยดเป็นชนิดปรับแรงดัน (Pressure Compensated) องค์ประกอบของหัวน้ำหยดต้องมีพื้นที่การกรอง (Filtration Area) ไม่น้อยกว่า 120 ตร. มม. ช่องทางการไหลของน้ำออกแบบมาให้สามารถล้างสิ่งสกปรกภายในด้วยตัวเองได้ (Self-Cleaning) เพื่อป้องกันการอุดตัน มีโครงสร้างป้องกันการอุดตันเนื่องจากการขนไชของรากพืชไปในรูหัวน้ำหยด

หัวน้ำหยดชนิดเม็ดกระดุม (On-line) ทำจากวัสดุพลาสติกที่ทนต่อ UV (Ultra Violet) และทุกสภาวะอากาศ หัวน้ำหยดชนิดนี้มีช่องทางการไหลของน้ำเป็นแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) มีอัตราการจ่ายน้ำ 2, 4, 8 และ 12 ลิตร/ชม. ที่แรงดันใช้งาน (Working Pressure Range) อยู่ในช่วง 0.7-4.0 บาร์ เป็นชนิดปรับแรงดัน (Pressure Compensated) โดยแผ่นไดอะแฟรม Silicon องค์ประกอบของหัวน้ำหยดมีระบบหยุดจ่ายน้ำทันที (Shut-Off Pressure) เมื่อแรงดันต่ำกว่า 0.12 บาร์ เพื่อรักษาปริมาณน้ำและแรงดันไว้ภายในท่อ เมื่อมีการให้น้ำรอบแวนใหม่หัวน้ำหยดจะจ่ายน้ำพร้อมกันทุกหัว ดังแสดงในภาพที่ 18

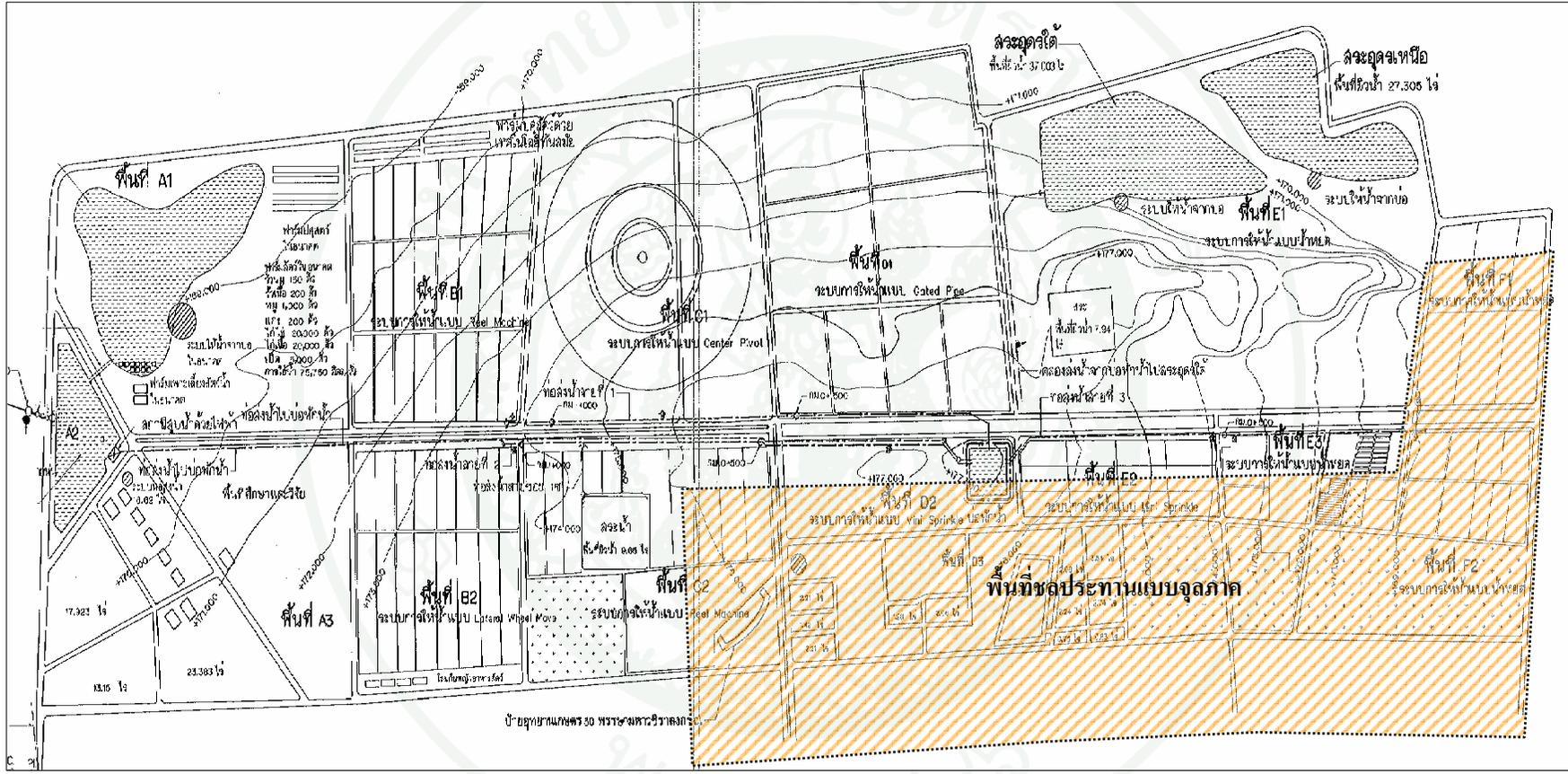


ภาพที่ 18 หัวน้ำหยดชนิด On-line และการวางท่อแขนงในพื้นที่โครงการ

ค. หัวฉีดน้ำเป็นจังหวะ (Pulsator)

หัวฉีดน้ำเป็นจังหวะ (Pulsator) เป็นหัวจ่ายน้ำที่รวมเอาหัวน้ำหยดมาติดตั้งทำงานร่วมกับหัวไมโครสเปรย์ โดยหัวน้ำหยดมีอัตราการจ่ายน้ำ 4 และ 8 ลิตร/ชม.ที่แรงดันใช้งาน (Working Pressure Range) อยู่ในช่วง 1.0 - 4.0 บาร์ หัวน้ำหยดเป็นชนิดปรับแรงดัน (Pressure Compensated) โดยแผ่นไดอะแฟรม Silicon ส่วนหัวไมโครสเปรย์มีรัศมีการจ่ายน้ำ 1.5 - 2.5 เมตร จึงทำให้สามารถฉีดน้ำเป็นจังหวะๆ นอกจากนี้ยังมีระบบหยุดจ่ายน้ำทันที (Shut-Off Pressure) เมื่อแรงดันต่ำกว่า 0.5 บาร์ เพื่อรักษาปริมาณน้ำและแรงดันไว้ภายในท่อ เมื่อมีการให้น้ำรอบเวรใหม่หัว Pulsator จึงจะจ่ายน้ำพร้อมกันทุกหัว

ระบบการให้น้ำแบบจุลภาค (Micro Irrigation) ติดตั้งอยู่ในพื้นที่ D2 , E2 E3 , F1 และ F2 ของโครงการอุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ตามภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แสดงพื้นที่ที่ติดตั้งระบบการให้น้ำแบบจุดภาคในโครงการอุทยานเกษตรฯ

รายละเอียดของระบบการให้น้ำแต่ละพื้นที่มีดังนี้

พื้นที่ D2 จะเป็นการให้น้ำแบบจุดภาคด้วยหัวน้ำหยดชนิด In-line และสปริงเกลอร์ ดังแสดงตามภาพที่ 20 โดยมีคุณลักษณะดังนี้

1) หัวน้ำหยดชนิด In-line

(1) หัวน้ำหยดฝังอยู่ภายในท่อและมีช่องทางการไหลของน้ำเป็นแบบปั่นป่วน หัวน้ำหยด มีอัตราการจ่ายน้ำ 1.6 ลิตร/ชม.ที่แรงดันใช้งาน (Working Pressure) อยู่ในช่วง 0.5 - 4.0 บาร์ ระยะของหัวน้ำหยด 30 ซม.

(2) หัวน้ำหยดเป็นชนิดปรับแรงดัน (Pressure Compensated)

(3) องค์ประกอบของหัวน้ำหยดต้องมีพื้นที่การกรอง (Filtration Area)

130 ตร.มม.

2) แบบสปริงเกลอร์

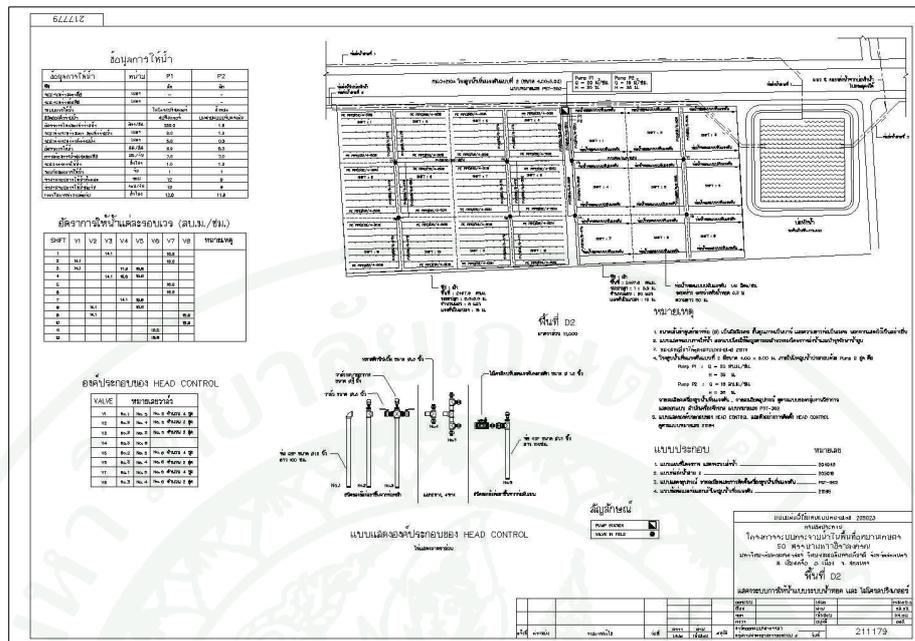
(1) เป็นหัวสปริงเกลอร์แบบใบพัดหมุน (Spinning)

(2) ประกอบเข้ากับท่อ PE ขนาด 6/8 มม.ยาว 150 ซม.พร้อมชุดข้อต่อ

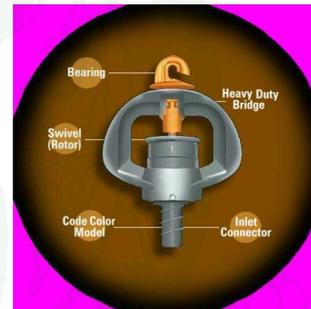
ต่าง ๆ

(3) ขาปักเป็นชนิดขาปักเหล็กขนาด 6 มม.ยาว 150 ซม.

(4) หัวสปริงเกลอร์มีอัตราการจ่ายน้ำ 285 ลิตร/ชม. เส้นผ่าศูนย์กลางการฉีด 11.0 ม.ที่แรงดัน 2.0 บาร์



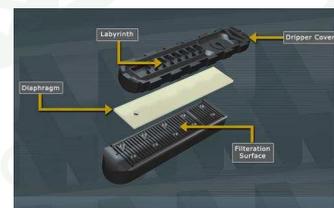
ภาพแสดงระบบให้น้ำแบบสปริงเกลอร์



ภาพแสดงสปริงเกลอร์แบบใบพัด(Spinning)



ภาพแสดงระบบให้น้ำแบบน้ำหยด(In-line)



ภาพแสดงหัวน้ำหยดชนิดปรับแรงดัน

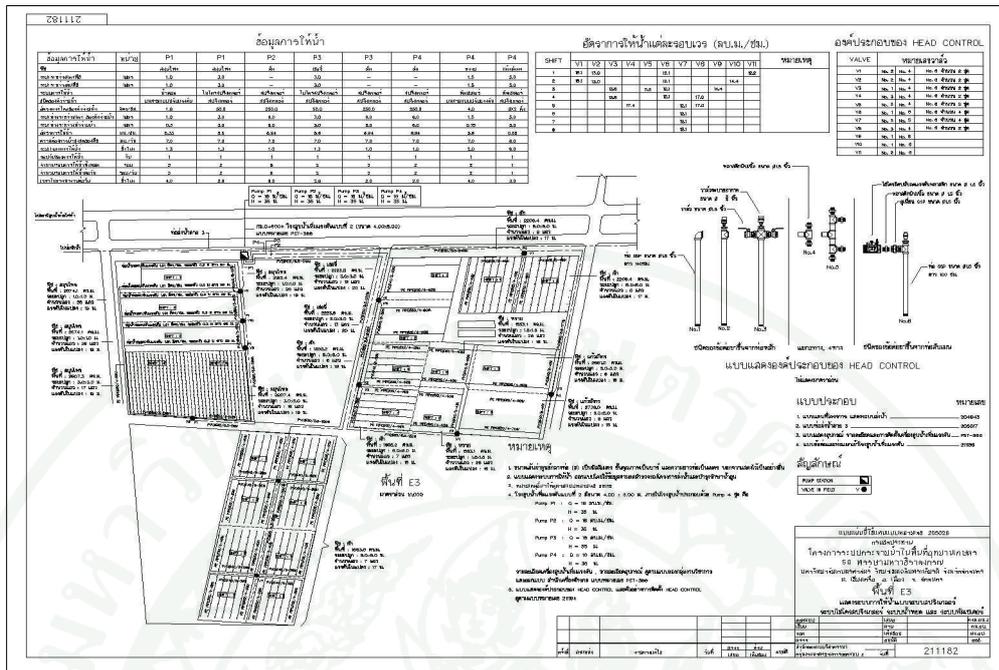
ภาพที่ 20 ผังและอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำในพื้นที่ D2

พื้นที่ E2 จะเป็นการให้น้ำแบบจุลภาคด้วยหัวน้ำหยดชนิด On-line ดังแสดงตามภาพที่ 21 โดยมีคุณลักษณะดังนี้

- 1) หัวน้ำหยดมีอัตราการจ่ายน้ำ 2,4,8 และ 12 ลิตร/ชม. ที่แรงดันใช้งาน (Working Pressure Range)อยู่ในช่วง 0.7 - 4.0 บาร์
- 2) หัวน้ำหยดเป็นชนิดปรับแรงดัน (Pressure Compensated) โดยแผ่นไดอะแฟรม Silicon
- 3) องค์ประกอบของหัวน้ำหยดมีระบบหยุดจ่ายน้ำทันที (Shut-Off Pressure) เมื่อแรงดันต่ำกว่า 0.12 บาร์ เพื่อรักษาปริมาณน้ำและแรงดันไว้ภายในท่อ เมื่อมีการให้น้ำรอบเวรใหม่ หัวน้ำหยดหยุดจ่ายน้ำพร้อมกันทุกหัว

พื้นที่ E3 จะเป็นการให้น้ำแบบจุดภาคด้วยหัวฉีดน้ำเป็นจังหวะ (Pulsator) ซึ่งเป็นอุปกรณ์การให้น้ำที่เกิดจากการประกอบหัวน้ำหยดขนาด 4 และ 8 ลิตร/ชม. ต่อร่วมกับหัวไมโครสเปรย์ ดังแสดงตามภาพที่ 22 โดยมีคุณลักษณะดังนี้

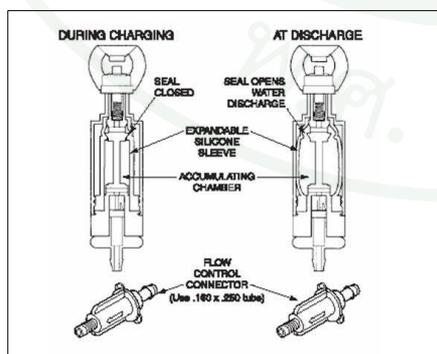
- 1) เป็นหัวน้ำหยดชนิดมีเดือยสำหรับเสียบต่อกระเปาะพลาสติกที่มีหลอดไดอะแฟรม Silicon อยู่ภายในกระเปาะด้านบนติดหัวจ่ายน้ำ ไมโครสเปรย์
- 2) หัวไมโครสเปรย์ แบบฉีดน้ำเป็นฝอยละเอียดเป็นจังหวะตามการขยายตัวหลอดไดอะแฟรม Silicon
- 3) ขาปักเป็นชนิดขาปักพลาสติกยาว 30 ซม.
- 4) หัวน้ำหยดมีอัตราการจ่ายน้ำ 4 และ 8 ลิตร/ชม. ที่แรงดันใช้งาน (Working Pressure Range) อยู่ในช่วง 1.0-4.0 บาร์ เป็นชนิดปรับแรงดัน (Pressure Compensated) โดยแผ่นไดอะแฟรม Silicon
- 5) หัวไมโครสเปรย์มีรัศมีการจ่ายน้ำ 1.5-2.5 ม.
- 6) องค์ประกอบของหัวฉีดน้ำเป็นจังหวะ (Pulsator) มีระบบหยุดจ่ายน้ำทันที (Shut – Off Pressure) เมื่อแรงดันต่ำกว่า 0.5 บาร์ เพื่อรักษาปริมาณน้ำและแรงดันไว้ภายในท่อ เมื่อมีการให้น้ำรอบเวรใหม่หัวฉีดน้ำเป็นจังหวะ (Pulsator) จะจ่ายน้ำพร้อมกันทุกหัว



ภาพแสดง Pump และอุปกรณ์ประกอบต่างๆ



ภาพแสดง Hydraulic Valve



ภาพแสดงหัวจ่ายน้ำแบบ Pulsator



ภาพแสดงการติดตั้งหัวจ่ายน้ำแบบ Pulsator

ภาพที่ 22 ฟังและอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำในพื้นที่ E3

พื้นที่ F1 จะเป็นการให้น้ำแบบจุดภาคด้วยหัวน้ำหยดชนิด On-line โดยมีคุณลักษณะเหมือนกันในพื้นที่ E2 แต่จะเป็นการให้น้ำกับต้นสบู่ดำ ผังและอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำในพื้นที่ F1 แสดงตามภาพที่ 23

พื้นที่ F2 จะเป็นการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ การให้น้ำแบบจุดภาคด้วยหัวไมโครสปริงเกลอร์และหัวน้ำหยด โดยหัวสปริงเกลอร์มีคุณลักษณะดังนี้

- 1) หัวสปริงเกลอร์มีอัตราการจ่ายน้ำ 341 ลิตร/ชม. เส้นผ่าศูนย์กลางการฉีด (Wetted Diameter) เท่ากับ 18.0 ม. ที่แรงดัน 2.5-4.0 บาร์
- 2) หัวสปริงเกลอร์ประกอบเข้ากับท่อ PE ขนาด 9/12 มม. ยาว 120 ซม. พร้อมชุดข้อต่อต่างๆ และมีขาปักเป็นชนิดขาปักเหล็กขนาด 8 มม. ยาว 120 ซม.
- 3) หัวสปริงเกลอร์เป็นชนิดปรับแรงดัน (Pressure Compensate)
- 4) ระยะการวางหัว 10.0 x 10.0 ม. มีค่าความสม่ำเสมอในการกระจายน้ำ (Distribution Uniformity) ไม่น้อยกว่า 90 %

ผังและอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำในพื้นที่ F2 แสดงตามภาพที่ 24

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การคำนวณหาความต้องการน้ำชลประทาน

2.1.1 การวางแผนการปลูกพืช

การวางแผนการปลูกพืชให้เหมาะสมหรือสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่ส่งนั้น จำเป็นต้องทราบความต้องการน้ำชลประทานของพืชแต่ละชนิด และต้องทราบปริมาณการใช้น้ำของพืชต่างๆ ระยะความต้องการ เจริญเติบโตตลอดฤดูกาลเพาะปลูก ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน สภาพอากาศ เช่น ฝน อุณหภูมิ แสงแดด ความชื้นในอากาศ และสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติอื่นๆ เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาประกอบการวางแผนการปลูกพืชด้วย

2.1.2 ความต้องการน้ำชลประทาน

ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องใช้สำหรับส่งให้แก่พื้นที่เพาะปลูกในโครงการชลประทานเพื่อให้พืชสามารถมีน้ำใช้อย่างเพียงพอกับความต้องการประกอบการใช้น้ำของพืช ปริมาณการสูญเสียต่าง ๆ ทั้งหมดในระบบส่งน้ำหักออกด้วยปริมาณฝนใช้การ เป็นความต้องการน้ำชลประทาน ซึ่งดิเรก (2526) อธิบายในรูปสมการดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ความต้องการน้ำชลประทาน} &= \text{ความต้องการใช้น้ำของพืช} + \text{การสูญเสียในระบบส่งน้ำ} \\ &\quad - \text{ปริมาณฝนใช้การ} \end{aligned} \quad (1)$$

นอกจากน้ำที่จะต้องใช้เพื่อการเพาะปลูกแล้วยังมีน้ำบางส่วนจะต้องส่งไปใช้เพื่อประโยชน์อย่างอื่น เช่น เพื่อการอุปโภค และบริโภคเป็นต้น

2.1.3 ปริมาณการใช้น้ำของพืช

แบบจำลองความต้องการใช้น้ำ (Water Requirement Model) ในการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณความต้องการน้ำ ต้องสามารถใช้ได้ทั้งการคำนวณในระยะยาวเพื่อการวางแผน หรือการคำนวณความต้องการน้ำใช้สัปดาห์ถัดไปเพื่อใช้ในการบริหารงานส่งน้ำ โดยใช้พื้นฐานการคำนวณความต้องการน้ำชลประทานจากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาทางด้านเกษตร

เช่น ระบบการปลูกพืช แผนการปลูกพืชและข้อมูลอุณหภูมิตามวิทยาของสถานีอ้างอิงในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ สถานีอุณหภูมิตามวิทยา จ.สกลนคร และภายในพื้นที่อุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา วิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร สามารถคำนวณได้จากการใช้น้ำของพืช (ET)

$$ET = Kc \times ETo$$

โดยที่ Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)

ETo = จำนวน โดยวิธี Penman – Monteith

$$= \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (2)$$

ETo = Reference Crop Evapotranspiration (mm.d⁻¹)

R_n = Net Radiation at Crop Surface (MJ.m⁻².d⁻¹)

G = Soil Heat Flux (MJ.m⁻².d⁻¹)

T = Average Temperature (°C)

U₂ = Windspeed Measured at 2 m. height (m.s⁻¹)

(e_a - e_d) = Vapor Pressure Deficit (kPa)

Δ = Slope Vapor Pressure Curve (kPa.°C⁻¹)

γ = Psychrometric Constant (kPa.C⁻¹)

900 = conversion factor

ค่า Kc ของพืชต่างๆ ดังแสดงใน ตารางผนวกที่ 6

2.1.4 ปริมาณฝนใช้การ

ปริมาณฝนใช้การ เป็นปริมาณฝนที่สามารถทดแทนปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องให้แก่พืช ดังนั้นปริมาณความต้องการใช้น้ำชลประทานของพืชจึงผันแปรตามปริมาณฝนที่ตกในช่วงที่ทำการเพาะปลูก

2.2 วิธีการให้น้ำแก่พืช

เจษฎา (2533) กล่าวว่า ระบบการให้น้ำแก่พืช (Irrigation System) คือ ระบบการให้น้ำในแปลงเพาะปลูกพืช มีอยู่ 4 ระบบหลัก ได้แก่ ระบบการให้น้ำแก่พืชทางผิวดิน ระบบการให้น้ำแก่พืชแบบใต้ดิน ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย ระบบการให้น้ำแบบจุลภาค ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 การให้น้ำแบบผิวดิน (Surface Irrigation) คือ การให้น้ำพืชโดยให้น้ำข้างหรือไหลไปบนผิวดินและซึมลงไปในดินตรงบริเวณที่น้ำข้างหรือไหลผ่าน เพื่อเก็บความชื้นไว้ให้แก่พืช ในปัจจุบันนิยมใช้กันโดยทั่วไปคือ การให้น้ำแบบท่วมเป็นอ่าง การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน และการให้น้ำแบบร่องคู

2.2.2 การให้น้ำทางใต้ผิวดิน (Subsurface Irrigation) การให้น้ำแก่พืชโดยการยกระดับน้ำใต้ดินให้สูงขึ้นมาสู่ระดับเขตรากได้ ความลึกของระดับน้ำใต้ดินในขณะให้น้ำนั้นอยู่ระหว่าง 30 ถึง 60 ซม. ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของดินและความลึกของเขตรากพืชที่ปลูก น้ำจะไหลไปสู่จุดต่างๆ ในเขตรากโดยการดูดซับ การให้น้ำทางใต้ดินทำได้ 2 วิธี คือ

- แบบคูน้ำเปิด (Open Ditch) เป็นการให้น้ำในคูไหลลงไปในดินจนระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) สูงขึ้นมาถึงบริเวณที่พืชสามารถดูดเอาขึ้นมาใช้ได้ เราเรียกวิธีนี้ว่า “การยกระดับน้ำใต้ดิน”

- แบบระบบท่อส่งน้ำที่ฝังไว้ใต้ดิน โดยมากใช้กับพื้นที่เพาะปลูกเล็กๆ ซึ่งมีลักษณะดินดี และใช้ปลูกพืชที่ได้ราคาสูง

2.2.3 การให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation) คือ การให้น้ำโดยสูบน้ำจากแหล่งน้ำผ่านท่อไปยังหัวฉีดแล้วพ่นเป็นฝอยในอากาศ น้ำจะตกลงสู่พื้นอย่างสม่ำเสมอเป็นรูปเดียวกัน โดยอัตราที่น้ำตกลงบนพื้นดินน้อยกว่าอัตราการไหลซึมของน้ำผ่านผิวดิน และซึมลงไปในดิน (มนตรี, 2542)

การให้น้ำด้วยระบบฉีดฝอยเหมาะกับดินทุกชนิดที่มีอัตราการดูดซึมน้ำสูงกว่า อัตราให้น้ำ ซึ่งสามารถใช้น้ำในพื้นที่เพาะปลูกทุกลักษณะและเหมาะสมมากกับที่ลาดชันหรือที่ที่ไม่ราบเรียบสม่ำเสมอที่ไม่มีการเตรียมดินมาก ทั้งยังเหมาะกับดินที่ทำการปรับพื้นที่ไม่ได้

การให้น้ำแบบฉีดฝอยนั้นกระแสน้ำที่พัดจะทำให้ฝอยน้ำที่พ่นออกมาไม่สม่ำเสมอและทำให้การให้น้ำไม่ทั่วถึง อีกทั้งการให้น้ำด้วยวิธีนี้จะต้องใช้ต้นทุนเริ่มต้นสูงกว่าการให้น้ำแบบอื่นๆ และใช้พลังงานสูง

2.2.4 การให้น้ำแบบจุลภาค (Micro Irrigation) คือ การให้น้ำแก่พืชในปริมาณน้อยอย่างช้าๆ แต่ให้น้ำบ่อย ครั้งแก่พืชที่จุดใดจุดหนึ่งหรือหลายๆ จุดบนผิวดินหรือในเขตรากพืช ตามความต้องการของพืช และให้น้ำเฉพาะบริเวณเขตรากพืชเท่านั้น เพื่อเป็นการรักษาความชื้นของดิน บริเวณเขตรากพืชให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถดูดความชื้นไปใช้ได้ สร้างความเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ เพียงพอกับความที่ต้องการตลอดเวลา ระบบนี้จึงต้องมีการควบคุมเวลาและอัตราการให้น้ำแต่ละจุด เพื่อไม่ทำให้ดินอมน้ำหรือแห้งเกินไป (มนตรี, 2542)

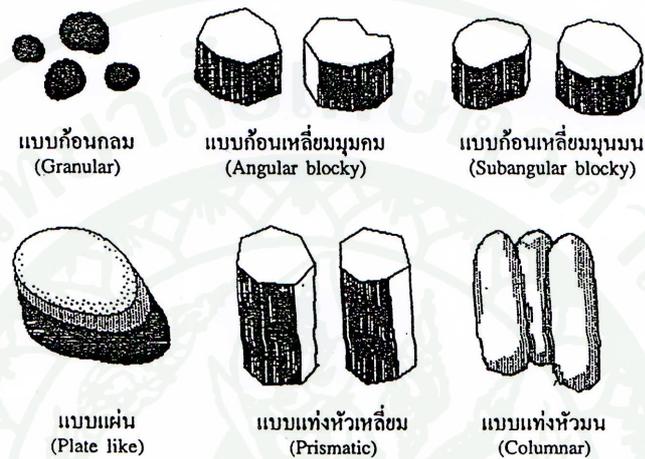
2.3 การเลือกวิธีการให้น้ำ

วรารุช (2545) กล่าวว่า การเลือกวิธีการให้น้ำแก่พืชให้เหมาะสมแก่ดิน พืชที่ปลูก และสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง การเลือกวิธีการให้น้ำที่ไม่เหมาะสมนอกจากจะทำให้ค่าลงทุนสูงและได้ประโยชน์ไม่คุ้มค่าแล้วยังอาจทำให้พื้นที่เพาะปลูกเสียหายได้ เช่น ทำให้เกิดการชะล้างผิวดินและนำพาปุ๋ยหรือแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไป ทำให้มีการสูญเสียน้ำมากขึ้น ทำให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นจนพื้นที่นั้นไม่เหมาะสมแก่การเพาะปลูกอีกทั้งทำให้เกิดดินเค็ม

2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของดินกับวิธีการชลประทาน

คุณสมบัติทางกายภาพของดินมีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศในดิน จะมีผลต่อการเลือกระบบการให้น้ำแก่พืช ปริมาณน้ำที่จะให้สูงสุดที่ดินจะสามารถอุ้มไว้ได้ ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานด้านชลประทาน โดยตรง คุณสมบัติทางกายภาพที่จะต้องพิจารณาได้แก่ เนื้อดิน หมายถึง ขนาดชิ้นส่วนของสารที่ประกอบขึ้นเป็นเม็ดดินที่บ่งบอกว่าหยาบหรือละเอียดในการแบ่งแยกหรือจำแนกเม็ดดิน และ โครงสร้างของดิน (Soil Structure) หมายถึง การเรียงตัวและเกาะตัวของเม็ดดินจนดินกลายเป็นก้อน ซึ่งอาจเป็นรูปก้อนกลม

ก้อนเหลี่ยม แบบแผ่น หรือแบบแท่ง ซึ่งแสดงได้ตามภาพที่ 25 โครงสร้างของดินจะเกี่ยวข้องกับงานชลประทานในส่วนของการซึมของน้ำในดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำ การระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศ ซึ่งในขั้นต้นสุดท้าย ตามหลักวิศวกรรมชลประทาน จะนำไปสู่การเลือกวิธีการให้น้ำชลประทาน และการกำหนดการให้น้ำแก่พืช



ภาพที่ 25 ประเภทต่างๆ ของโครงสร้างของดิน

2.4.1 ความถ่วงจำเพาะของดิน หมายถึง อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักดินต่อน้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่าเม็ดดิน จำแนกได้ตาม ความถ่วงจำเพาะแท้จริงกับความถ่วงจำเพาะปรากฏ โดย

$$R_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w} \quad (3)$$

$$A_s = \frac{W_s}{V \gamma_w} \quad (4)$$

เมื่อ R_s = Real Specific Gravity = ความถ่วงจำเพาะแท้จริง

A_s = Apparent Specific Gravity = ความถ่วงจำเพาะปรากฏ

W_s = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ

V_s = ปริมาตรของเม็ดดินเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็ง

V = ปริมาตรของดินทั้งก้อน

γ_w = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

จากสมการที่ (3) และ (4) จะเห็นได้ว่า ค่าความถ่วงจำเพาะแท้จริงและความถ่วงจำเพาะปรากฏจะแตกต่างกันตรงวิธีคิดปริมาตรเท่านั้น ประโยชน์ของความถ่วงจำเพาะในงานด้านชลประทาน จะใช้สำหรับการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะให้กับพืช โดยเปลี่ยนน้ำหนักเป็นปริมาตร เพื่อจะได้กำหนดระยะเวลาในการให้น้ำได้ถูกต้อง และเพื่อความสะดวกในการคำนวณ ส่วนใหญ่จะใช้ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏประกอบกับการคำนวณ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยทั่วไปตามตารางที่ 3

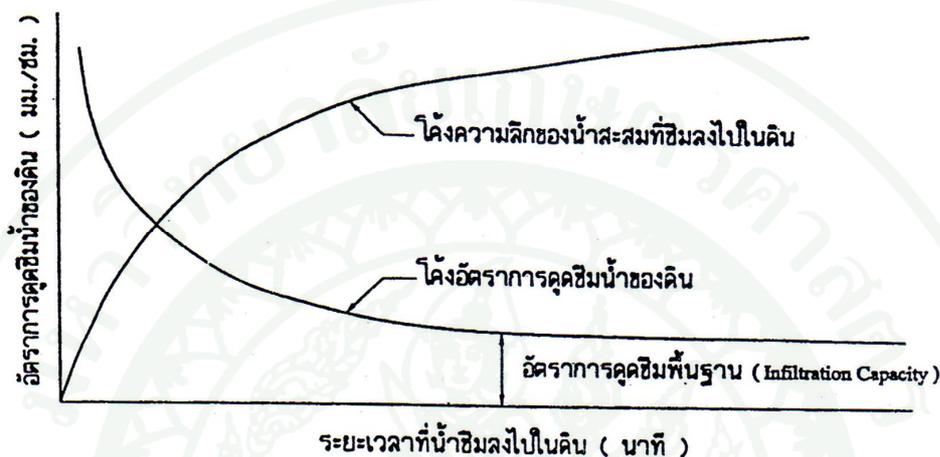
ตารางที่ 3 ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินชนิดต่างๆ

เนื้อดิน	ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (As)	
	ช่วงค่าปกติ	ค่าเฉลี่ย
ดินทราย (Sand)	1.55-1.80	1.65
ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam)	1.40-1.60	1.50
ดินร่วน (Loam)	1.35-1.50	1.40
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Loam)	1.30-1.40	1.35
ดินเหนียวปนตะกอนทราย (Silty Clay)	1.25-1.35	1.30
ดินเหนียว (Clay)	1.20-1.30	1.25

2.4.2 ช่องว่างระหว่างเม็ดดิน จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และพลังงานก่อกับก้อนดิน โดยอาศัยหลักความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานก่อกับก้อนดินของน้ำกับขนาดรัศมีของช่องว่างที่มีน้ำอยู่ จะสามารถประเมินความสามารถในการอุ้มน้ำของดินได้

2.4.3 อัตราการดูดซึม (Infiltration Rate) หมายถึงอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำจากผิวดินเข้าไปในช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วยแรงดึงดูดของโลก เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของดินที่จะนำเอาไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาระยะเวลาการให้น้ำแก่พืช ว่าการให้น้ำแต่ละครั้งจะให้นานเท่าใด โดยเฉพาะการให้น้ำแบบผิวดินประเภทร่องคู และแบบฝั้น รวมทั้งการให้น้ำแบบฉีดฝอยด้วยประโยชน์อีกอย่างหนึ่งก็เพื่อให้เลือกออกแบบระบบการให้น้ำแก่พืช เช่น กรณีดินมีอัตราการซึมมากกว่า 75 มิลลิเมตร/ชั่วโมง ควรเลือกการให้น้ำแบบหยดหรือฉีดฝอยแทนการให้น้ำแบบผิวดิน เป็นต้น ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการดูดซึมของน้ำในดิน ได้แก่ โครงสร้างของดิน ลักษณะเนื้อดิน ความชื้นของดินก่อนการให้น้ำ ความลึกของน้ำที่ขังอยู่เหนือผิวดิน โดยดินที่มีโครงสร้างประเภทความพรุนสูง อัตราการซึมของน้ำจะสูงตามไปด้วย ลักษณะเนื้อดินหยาบจะซึมได้เร็วกว่าเนื้อดิน

ละเอียด ดินที่สภาพผิวดิน ได้พรวนเป็นประจำจะดูดซึมน้ำได้ดีกว่าดินที่อยู่ตามปกติ เป็นต้น ภาพที่ 26 แสดงค่าอัตราการดูดซึมน้ำของดิน ค่าที่นิยมนำมาใช้งานด้านชลประทาน คือ ค่าอัตราการดูดซึมน้ำพื้นฐาน (Infiltration Capacity) ซึ่งเป็นค่าที่พิจารณาแล้วว่าเกือบคงที่ โดยเปรียบเทียบกับค่าอัตราการซึมที่เริ่มแรก ซึ่งมีค่าโดยประมาณตามตารางที่ 4



ภาพที่ 26 ลักษณะการดูดซึมน้ำของดิน

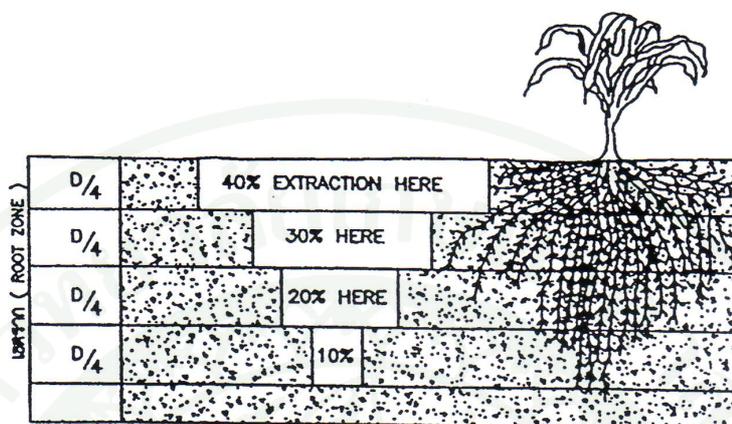
ตารางที่ 4 ค่าอัตราการดูดซึมน้ำพื้นฐานของน้ำผ่านผิวดิน โดยประมาณ

ชนิดของดิน	อัตราการดูดซึมน้ำโดยประมาณ (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)
ดินร่วนปนทราย	เฉลี่ย 25
ดินร่วน	เฉลี่ย 15
ดินร่วนเหนียว	เฉลี่ย 10
ดินเหนียว	เฉลี่ย 5

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างรากพืชกับประสิทธิภาพในการดูดน้ำ

ความลึกของรากพืช จะมีผลต่อการคำนวณหาปริมาณน้ำทั้งหมดที่ดินจะสามารถเก็บไว้ได้ และจะบ่งบอกถึงความสามารถในการดูดน้ำไปใช้ในชั้นดินที่มีความลึกต่างๆ ภาพที่ 27 แสดงความสามารถในการดูดน้ำของรากพืช โดยที่ความลึก 50 เปอร์เซ็นต์ของรากพืชจะมี

ความสามารถในการดูดน้ำได้ถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ตารางที่ 5 แสดงความลึกของรากพืชที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ดินจะอุ้มไว้ได้ทั้งหมด



ภาพที่ 27 ค่าเฉลี่ยของความชื้นที่พืชดูดไปจากดินในชั้นต่างๆ

ตารางที่ 5 ความลึกของรากพืชชนิดต่างๆ (ซม.)

พืช	ความลึกของรากใช้การ (ซม.)	พืช	ความลึกของรากใช้การ (ซม.)
	พืชไร่		พืชผัก
ข้าวโพด	74-160	มะเขือเทศ	40-100
ข้าวต่างๆ	74-180	พริก	40-100
อ้อย	60-124	แตงกวา	78-124
ถั่วเหลือง	40-124	หัวหอม	30-74
ถั่วต่างๆ	74-170	พืชสวน	
ฝ้าย	100-170	ส้มต่างๆ	100-200
ยาสูบ	60-80		

2.6 การหาค่าเหมาะสมด้วยวิธี Genetic Algorithms (GAs)

Genetic Algorithms (GAs) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบสโตแคสติก ชนิดหนึ่ง โดย Holland (1992) เป็นผู้บุกเบิกของ GAs

Goldberg (1989) ได้กล่าวถึงความแตกต่างของ (GAs) กับกระบวนการค้นหาแบบฉบับทั่วไปโดยหลักการทำงานของ (GAs) นั้นแตกต่างจากเทคนิคการหาค่าสูงสุดต่ำสุดแบบเดิมๆ ตรงที่ว่า (GAs) จะใช้รหัส (code) ของค่าพารามิเตอร์ในการปฏิบัติการแทนการใช้ค่าพารามิเตอร์โดยตรงในการหาค่าตอบของ (GAs) จะค้นหา (Search) โดยใช้ค่าเริ่มต้นหลายๆ ค่า (population search) ไม่ได้เริ่มต้นจากจุดหนึ่งไปหาจุดต่อไปที่ optimum เป็นหลักไม่ต้องใช้ส่วนประกอบต่างๆ เหมือนโมเดลแบบอื่น และสุดท้ายก็คือ (GAs) ใช้หลักความน่าจะเป็น (Probabilistic rules) ในการสืบค้นหาค่าอูตมภาพ

Michalewicz (1992) กล่าวว่า GAs จะค้นหาค่าสูงสุดและต่ำสุดของฟังก์ชันโดยใช้กลุ่มของค่าเริ่มต้นกลุ่มหนึ่งที่สุ่มมาได้ (a rich database of points) แล้วไปค้นหา Optimum ใน Search Space ไปพร้อมกันทั้งกลุ่ม GAs จึงมีความเป็นไปได้ที่จะได้เปรียบวิธีที่ Search จากจุดหนึ่งไปจุดที่สองและจุดต่อไปเรื่อยๆ ทีละจุดตามวิธีแบบเดิมๆ GAs จึงเป็นเทคนิคที่จะให้ค่า Local Optimum ได้น้อยกว่าวิธีอื่นๆ แม้ว่าไม่เสมอไปที่ GAs จะให้ค่าที่ดีที่สุดก็ตาม

กัมปนาท (2547) กล่าวว่า GAs สามารถประยุกต์กับงานได้หลายประเภท หลายวงการด้วยกัน ได้แก่ งานวิจัยด้านชีววิทยา คอมพิวเตอร์ศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ งานวิจัยขั้นดำเนินการ (Operational Research) งานวิจัยเพื่อการพัฒนาตัว GAs เอง งานวิจัยที่เกี่ยวกับ Hybrid Techniques งานวิจัยด้าน Image Processing และ Pattern Recognition งานวิจัย Parallell GA Implementations งานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ งานด้านสังคมศาสตร์ งานวิจัยเชิงพฤติกรรมศาสตร์ งานด้านการบริหารจัดการ การบริหารธุรกิจ และแม้แต่การดนตรี ซึ่งการประยุกต์ใช้ GAs เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด การวิจัยที่ประยุกต์โดย GAs ที่ตีพิมพ์ในช่วงปลายสหัสวรรษที่แล้ว โดยใช้ BIDS (Bath Information and Data Services, Science Citation Index) พบว่าจาก 1 เรื่องในปี 1986 สูงขึ้นเป็น 689 เรื่องในปี 1998

วิธีการของ GAs สามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ ปัญหาที่สนใจจะถูกแทนค่าโดยแถวของตัวเลข หรือเรียกอีกอย่างว่าโครโมโซมในทางชีววิทยา โครโมโซมจะประกอบไปด้วยหน่วยถ่ายทอดพันธุกรรมหรือที่เรียกว่ายีน ซึ่งแต่ละยีนจะเป็นค่าตัวแปรในฟังก์ชันที่จะทำให้ค่าฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด เช่นตัวอย่างในภาพที่ 28

0	7	9	1	2	1	4	5	5	5	6	3	1	8	1	8
Gear1				Gear2				Gear3				Gear4			

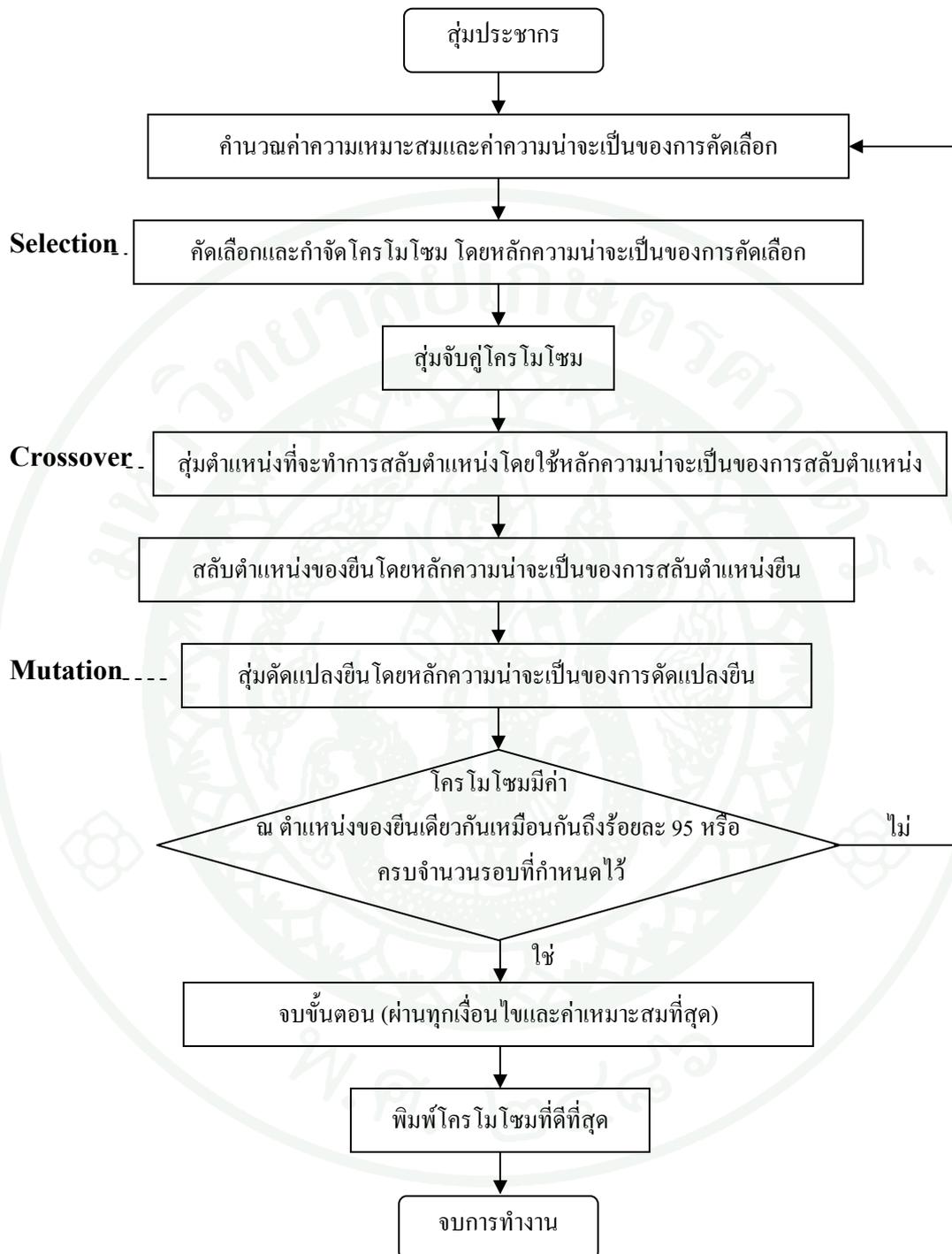
ภาพที่ 28 โครโมโซมหนึ่งตัวประกอบด้วยยีน 4 ตัว

เมื่อแทนค่ายีนไปในสมการเป้าหมาย (Objective Function) โครโมโซม แต่ละตัวจะแสดงถึงผลลัพธ์ที่ได้ (fitness) ทั้งนี้ทั้งนั้นอาจเป็นเพียงค่าที่เป็นไปได้ (Possible Solution) แต่อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดก็ได้จากนั้นขั้นตอนต่อไปจะเป็นขั้นตอนตามกระบวนการของ GAs ซึ่งเลียนแบบการคัดเลือกทางธรรมชาติ (natural selection) ของ Charles Darwin เพื่อหาค่าที่ดีที่สุด (optimum solution) โดยกลุ่มของโครโมโซมดังกล่าว (population of chromosome) จะถูกสุ่ม (random) จับคู่ผ่านกระบวนการการคัดเลือกทางพันธุกรรม

ขั้นตอนกระบวนการก่อนเข้าสู่การคัดเลือกของ Genetic Algorithms

กัมปนาท (2547) กล่าวว่า ขั้นตอนการทำงานของ GAs สามารถแสดงได้ดังแผนผัง

ในภาพที่ 29



ภาพที่ 29 แผนผังขั้นตอนการทำงานของ Gas

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Goldberg and Kuo (1987) เป็นคณะแรกที่ประยุกต์ใช้ GAs มาใช้ในการแก้ปัญหาแหล่งน้ำ ซึ่งนำไปสู่การแก้ปัญหาาระบบท่อส่งต่างๆ ซึ่งวิธีนี้จะแก้ปัญหาด้านการวางแบบแปลนท่อและเลือกท่อขนาดที่ดีที่สุด เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการวางระบบท่อ ซึ่งจะไม่คิดเรื่องส่วนประกอบอื่นๆ เช่น วาล์ว และหลักจากนั้นได้มีรายงานการใช้ GAs แก้ปัญหาาระบบกระจายน้ำตามมาอีก

Murphy and Dandy (1993) ได้พัฒนากระบวนการหาค่าที่ดีที่สุด ของระบบกระจายน้ำ โดยการใช้ Simple Genetic Algorithms วัตถุประสงค์เพื่อการหาขนาดท่อต่างๆ ในระบบกระจายน้ำ เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายค่าท่อ

Simpson *et al.* (1994) ได้แสดงวิธีการประยุกต์เทคนิค GAs ในการแก้ปัญหการออกแบบระบบท่อ โดยใช้ GAs ให้คำนวณขนาดท่อโดยใช้ขนาดท่อเป็นรหัสไบนารี เขาใช้ขั้นตอนพื้นฐานของ GAs ทั้ง 3 ขั้นตอน ซึ่งเทคนิคของ GAs ได้ให้ค่าลงทุนราคาท่อได้ต่ำกว่าวิธีเก่า เพราะได้ใช้ GAs เปรียบเทียบกับค่าลงทุนกับระบบท่อจ่ายน้ำที่ได้สร้างเสร็จแล้ว ซึ่งเป็นการใช้วิธี Non-Linear Programming (NLP) ประยุกต์ใช้กับระบบขนาดเล็กและเป็นกรณีศึกษาต่อไปมา

Davidson and Goutter (1995) ใช้ GAs แก้ปัญหาการวางแบบแปลนระบบท่อแบบ branch ซึ่งนำไปใช้กับระบบส่งก๊าซและระบบท่อจ่ายน้ำ

Dandy *et al.* (1996) ได้พัฒนา GAs เพื่อประยุกต์ในการแก้ปัญหาระบบท่อจ่ายน้ำของเมือง New York เป็นรายงานที่แสดงถึงการแก้ปัญหการออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำอย่างประหยัดค่าลงทุนอย่างละเอียด

Savic and Walters (1997) ได้ทำ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ของ GAs มีชื่อว่า GANET ในการศึกษาการออกแบบค่าใช้จ่ายต่ำสุดของระบบท่อประปา พวกเขาได้ใช้ตัวอย่างของ Alperovits and Shamir (1977) และระบบประปาของ Hanoi (Fujiwara and Khang, 1990) ซึ่งผลที่ได้จากการใช้โปรแกรม GANET ใกล้เคียงกับการศึกษาในอดีต แต่ในการใช้โปรแกรมเขาระบุว่ายังไม่มีใครรับรองว่าค่าใช้จ่ายต่ำสุดที่ได้เป็นค่าใช้จ่ายต่ำสุด (Global Minimum) หรือ ค่าใช้จ่ายต่ำสุดเฉพาะ (Local Minimum)

Reis (1997) ประยุกต์ Simple GAs กับปัญหาการควบคุมปริมาณน้ำของระบบกระจายน้ำให้ผลิตลดน้อยลง

Walters *et al.* (1998) นำ GAs ทำแบบจำลองระบบท่อจ่ายน้ำ ผลการวิจัยได้คำนึงถึงเรื่องปริมาณแรงดันน้ำและตำแหน่งของวาล์ว

Meier and Barkdoll (2000) ประยุกต์ GAs ในการวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับเมืองขนาดเล็กในรัฐ Ohio

Neelakantan and Suribabu (2005) ได้นำเสนอ Modified Genetic Algorithm (MGA) โดยได้นำ Simple Genetic Algorithm (SGA) มาใช้ในจุดเริ่มต้นในการให้กำเนิดในแต่ละรุ่นและหลังจากนั้นนำ MGA มาใช้ วิธีการรูปแบบใหม่นี้ จะใช้ในส่วนที่สองของ SGA คือ Neighborhood search algorithm มาเชื่อมโยง Algorithm ใน SGA แล้ว Algorithm นี้จะกลายเป็น Algorithm ใหม่ ซึ่งก็คือ Modified genetic algorithm แทนที่ Hybrid algorithm. ในส่วนของ Algorithm ส่วนแรกนั้นจะใช้ SGA โดยตรงเพื่อให้ค่าที่ถูกพบดีที่สุดก่อน และจากนั้นคำตอบที่ได้จากช่วงแรกจะถูกปรับปรุงเพื่อให้ดีขึ้น ซึ่งในขั้นตอนที่สองนี้ คำตอบที่ดีที่สุดในแต่ละรุ่นจะถูกกันเก็บเอาไว้ ซึ่งคำตอบที่ได้กันเก็บไว้นี้จะถูกเปรียบเทียบกับคำตอบที่ดีที่สุดจากรุ่นก่อนๆ

ปกรณ (2544) ได้ใช้เทคนิคซิมูแลทแอนนิลลิ่ง วิเคราะห์หาความเหมาะสมและการแพร่กระจายน้ำโดยพัฒนาเป็นโปรแกรม Optimization of Pipe Size for Loop Water Distribution by Simulated Annealing Method (OPSA) ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้วิธี Simulated Annealing (SA) ซึ่งเป็นวิธีหาค่าเหมาะสมแบบสโตคาสติก ที่มีพื้นฐานแนวคิดจากกระบวนการหลอมโลหะ จากการทดสอบแต่ละครั้งให้ค่าลงทุนและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อในระบบท่อจ่ายน้ำต่างกัน ดังนั้นในการหาขนาดท่อที่เหมาะสมด้วยวิธีนี้ จึงต้องทดสอบโปรแกรมหลายๆ ครั้ง เพื่อเลือกคำตอบที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามค่าลงทุนดังกล่าวไม่จัดว่าเป็นค่าเหมาะสมที่แท้จริง (not exact) แต่จะใช้ค่าใกล้เคียงกับค่าเหมาะสมมากที่สุด (near optimum) เมื่อลองทดสอบผลลัพธ์ครั้งที่ดีที่สุดพบว่าค่าลงทุน 38,125,305 บาท เปรียบเทียบกับของจำเริญ (2533) ในการศึกษาระบบท่อจ่ายน้ำของเทศบาลเมือง จังหวัดนครสวรรค์ สามารถลดค่าลงทุนได้ 196,000 บาท (เฉพาะค่าท่อน้ำ) โดยที่สามารถอยู่ในข้อกำหนดทางด้านวิศวกรรมได้

อุปกรณ์และวิธีการ

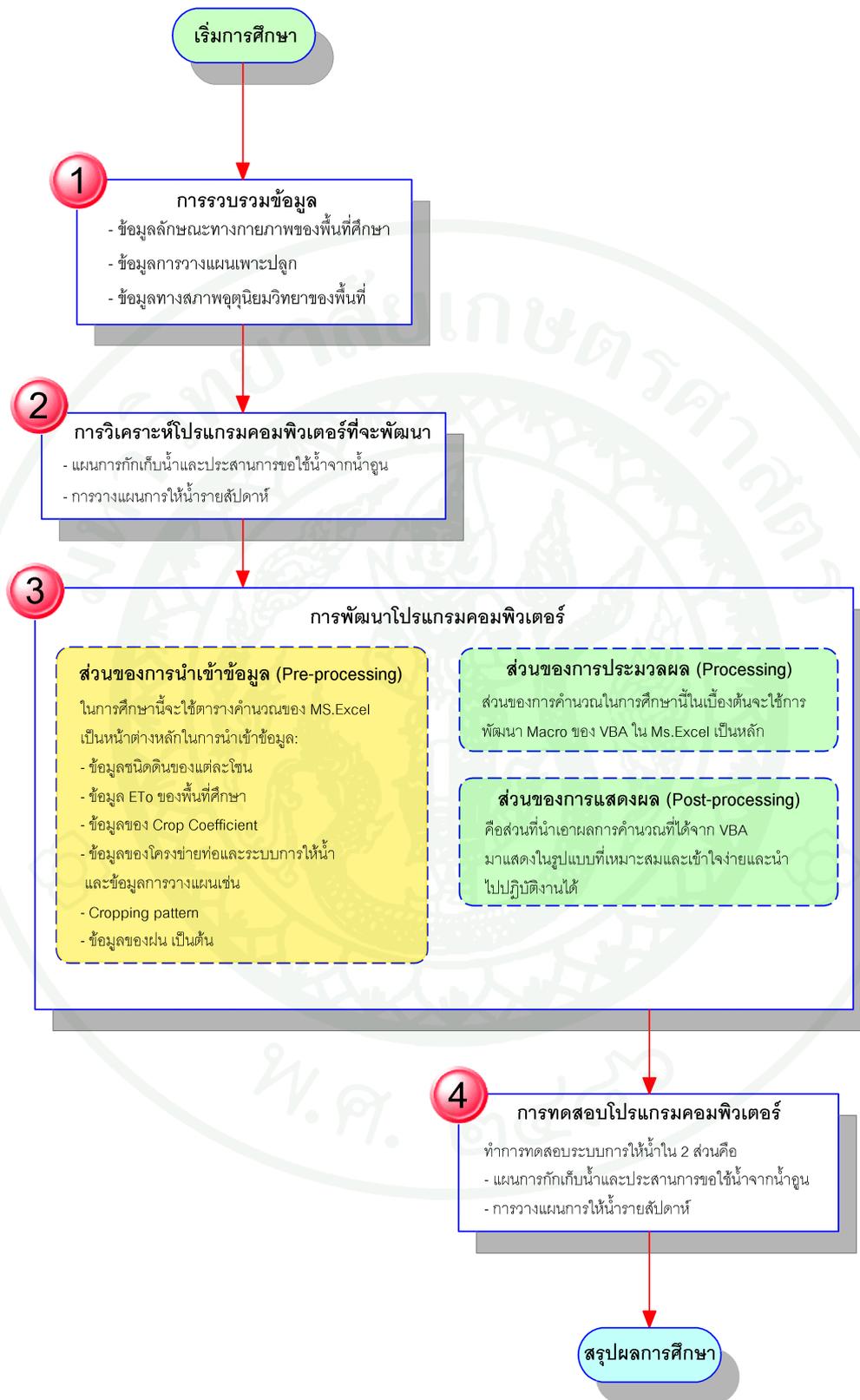
อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์
2. โปรแกรมชุด Microsoft Office
3. โปรแกรม AutoCAD และ GAs
4. อุปกรณ์สื่อสารต่างๆ

วิธีการ

1. รวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษา ได้แก่ ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา ข้อมูลการวางแผนเพาะปลูก ข้อมูลทางสภาพอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่ และข้อมูล ข้อกำหนดทางวิศวกรรมของระบบ (Specification)
2. วิเคราะห์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากเป้าหมายของการศึกษาที่จะจัดทำแผนใน 2 ระดับ คือ การวางแผนการใช้น้ำระยะยาวให้สอดคล้องกับการจัดสรรน้ำของ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอูน และการวางแผนการส่งน้ำในแต่ละสัปดาห์ของพื้นที่ศึกษา
3. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยส่วนการดำเนินการมี 3 ส่วนคือ ส่วนของการนำเข้าข้อมูล (Pre-processing) ส่วนของการประมวลผล (Processing) และส่วนของการแสดงผล (Post processing)
4. การทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยประเมิน ความถูกต้อง ความสะดวกต่อการใช้ และความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบในแต่ละระดับ

รายละเอียดขั้นตอนหลักของการศึกษามีรายละเอียดดังแสดงผังการศึกษาในภาพที่ 30



ภาพที่ 30 ฟังการดำเนินงานศึกษาและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลและวิจารณ์

1. ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา

ได้ดำเนินการเจาะสำรวจเพื่อหาคุณสมบัติของดินโดยเจ้าหน้าที่ของสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) จ.นครราชสีมา ได้แก่

1.1 Bulk Density เป็นค่าที่จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องให้ ในหน่วยความลึก มีจำนวน 7 หลุม ได้แก่ Bu1 ถึง Bu7 ตำแหน่งหลุมเจาะแสดงตามภาพที่ 31 และ ค่า Bulk Density ที่ได้รับมีตามลำดับ ดังนี้ 1.6553 , 1.7193 , 1.4245 , 1.3756 , 1.4701 , 1.6945 และ 1.5139 กรัม/ซม.³

1.2 Field Capacity (F.C.) และ Permanent Wilting Point (P.W.P) เป็นค่าที่จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหาความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ซึ่งเป็นความสามารถที่ดินจะเก็บกักน้ำหรืออุ้มน้ำไว้ให้แก่พืชดูดไปใช้หรือความชื้นที่อยู่ระหว่างระดับความชื้นในดินที่ความชื้นชลประทานกับจุดเหี่ยวเฉาถาวรซึ่งเป็นความชื้นในสภาพที่ดินถูกยึดไว้ด้วยแรงดึงความชื้นตั้งแต่ 1/3 บรรยากาศถึง 15 บรรยากาศ ในการดำเนินการเก็บข้อมูลนี้ได้ดำเนินการเจาะสำรวจดินในพื้นที่ต่างๆ ดังนี้

พื้นที่ B1 จำนวน 4 หลุม ได้แก่ B1-1 ถึง B1-4

พื้นที่ B2 จำนวน 3 หลุม ได้แก่ B2-1 ถึง B2-3

พื้นที่ C1 จำนวน 2 หลุม ได้แก่ C1-1 ถึง C1-2

พื้นที่ D1 จำนวน 3 หลุม ได้แก่ D1-1 ถึง D1-3

พื้นที่ D2 จำนวน 1 หลุม ได้แก่ D2-1

พื้นที่ E1 จำนวน 1 หลุม ได้แก่ E1-1

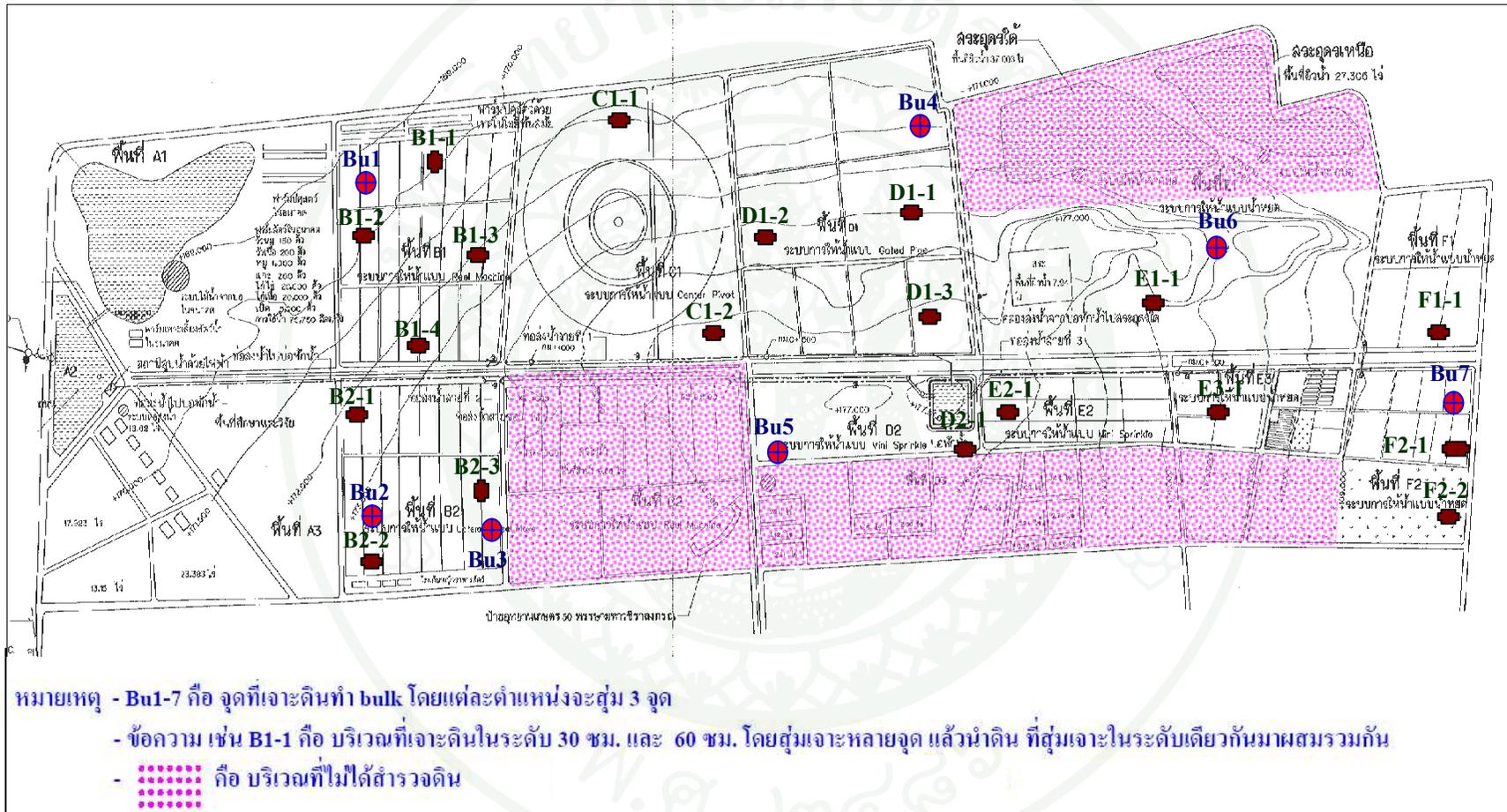
พื้นที่ E2 จำนวน 1 หลุม ได้แก่ E2-1

พื้นที่ E3 จำนวน 1 หลุม ได้แก่ E3-1

พื้นที่ F1 จำนวน 1 หลุม ได้แก่ F1-1

พื้นที่ F2 จำนวน 2 หลุม ได้แก่ F2-1 ถึง F2-2

รวม 19 หลุม และในแต่ละหลุมจะเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 2 ระดับ ได้แก่ 0-30 ซม. และ 30-60 ซม. ตำแหน่งหลุมเจาะแสดงตามภาพที่ 31 และ ผลการวิเคราะห์ดินแสดงไว้ในตารางที่ 6



ภาพที่ 31 แสดงตำแหน่งหลุมเจาะสำรวจดินในพื้นที่โครงการ

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ดินในเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่	หลุมเจาะ	ความลึก (ซม.)	Moisture Retention (%)		Available Moisture % to 15 bars
			1/3 บาร์	15 บาร์	
B1	B1-1	0-30	20.5	10.1	10.4
	B1-1	30-60	18.2	10.3	7.6
	B1-2	0-30	18.0	9.0	9.0
	B1-2	30-60	20.2	11.6	8.6
	B1-3	0-30	19.7	8.2	11.5
	B1-3	30-60	23.3	14.0	9.3
	B1-4	0-30	21.2	8.9	12.3
	B1-4	30-60	25.0	15.1	9.9
B2	B2-1	0-30	19.7	10.1	9.6
	B2-1	30-60	23.4	12.8	10.6
	B2-2	0-30	21.8	10.0	11.8
	B2-2	30-60	25.0	14.1	10.9
	B2-3	0-30	25.2	10.2	15.0
	B2-3	30-60	27.1	16.9	10.2
C1	C1-1	0-30	21.2	10.0	11.2
	C1-1	30-60	21.3	12.1	9.2
	C1-2	0-30	19.3	8.6	10.7
	C1-2	30-60	22.2	12.6	9.6
D1	D1-1	0-30	21.5	10.4	11.1
	D1-1	30-60	22.5	12.2	10.3
	D1-2	0-30	20.1	9.8	10.3
	D1-2	30-60	20.8	12.2	8.6
	D1-3	0-30	24.7	12.3	12.4
	D1-3	30-60	26.5	15.5	11.0
D2	D2-1	0-30	20.0	9.4	10.6
	D2-1	30-60	23.0	12.9	10.1

ตารางที่ 6 (ต่อ)

พื้นที่	หลุมเจาะ	ความลึก (ซม.)	Moisture Retention (%)		Available Moisture % to 15 bars
			1/3 บาร์	15 บาร์	
E1	E1-1	0-30	21.4	10.3	11.1
	E1-1	30-60	22.8	12.2	10.4
E2	E2-1	0-30	19.9	8.9	11.0
	E2-1	30-60	22.5	13.0	9.5
E3	E3-1	0-30	21.9	10.8	11.1
	E3-1	30-60	22.3	11.4	10.9
F1	F1-1	0-30	21.5	9.6	11.9
	F1-1	30-60	22.7	12.3	10.4
F2	F2-1	0-30	22.3	8.1	14.2
	F2-1	30-60	23.2	11.6	11.6
	F2-2	0-30	23.4	9.5	13.9
	F2-2	30-60	24.0	10.3	13.7

2. การวางแผนการปลูกพืช

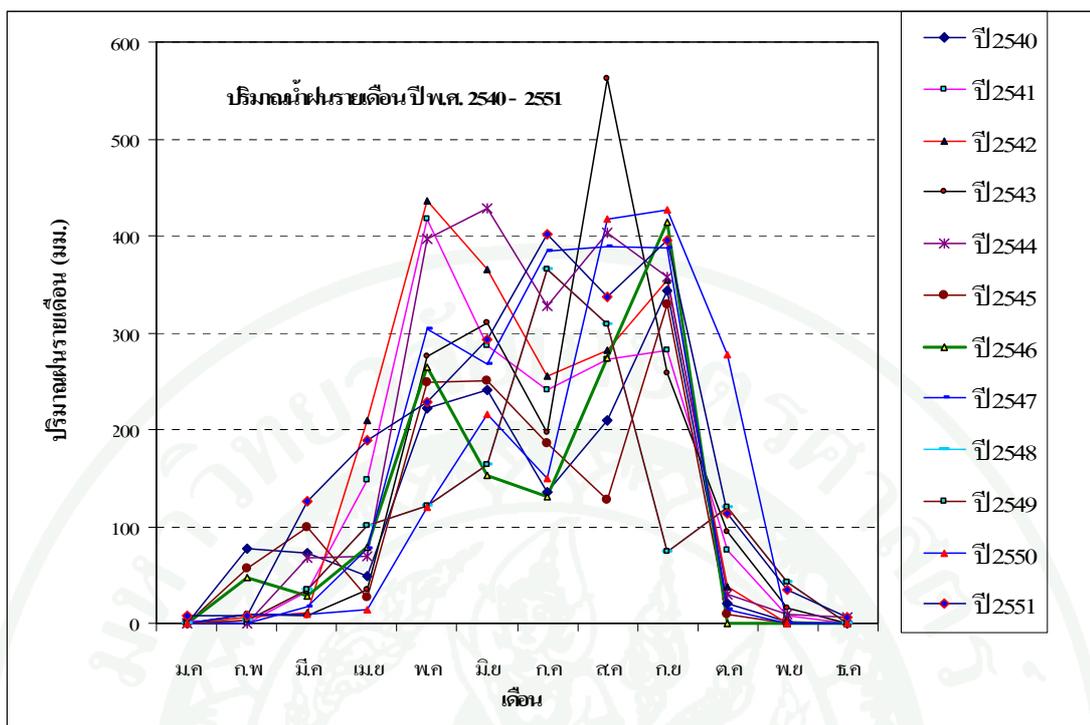
เนื่องจากระบบการให้น้ำในพื้นที่โครงการอุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาลงกรณ์ ก่อสร้างและติดตั้งแล้วเสร็จในปี พ.ศ.2552 เป็นระบบที่ยังใหม่ ประกอบกับอาคารอำนวยการที่จะใช้เป็นที่ทำการเพื่อการควบคุมและวางแผนการให้น้ำทุกระบบขณะนี้ยังอยู่ในระหว่างการก่อสร้างซึ่งตามสัญญาจะแล้วเสร็จประมาณปลายเดือนมกราคม 2553 จึงมีผลทำให้ขณะนี้ยังมิได้มีการวางแผนการปลูกพืช(Cropping Pattern) ของโครงการอุทยานเกษตร 50 พรรษาอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี ดังนั้นเพื่อเป็นการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะต้องส่งจึงใช้วิธีการเทียบเคียงกับแผนการปลูกพืชของพื้นที่ชลประทานในบริเวณใกล้เคียงในที่นี้จึงใช้ข้อมูลการวางแผนปลูกพืชของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอุโมงค์มาเป็นต้นแบบของการจัดแผนการปลูกพืช โดยการสมมุติชนิดของพืช ช่วงเวลาที่เริ่มปลูก และสิ้นสุดการปลูกพืชโดยยึดหลักความเหมาะสมของชนิดดิน ชนิดของอุปกรณ์การให้น้ำ เป็นหลักในการวางแผนการปลูกพืช(Cropping Pattern)

3. สภาพอุทุนิยมวิทยาของพื้นที่

จากการศึกษาข้อมูลสภาพอุทุนิยมวิทยาของพื้นที่ศึกษา พบว่าทาง มหาวิทยาลัยฯ ได้ทำการติดตั้งสถานีตรวจวัดน้ำฝน ที่บริเวณพื้นที่ E3 ของโครงการอุทยานเกษตรฯ โดยเริ่มทำการตรวจวัดตั้งแต่ปี 2540 จนถึงปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ดังตารางที่ 7 และภาพที่ 32

ตารางที่ 7 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

ปี	ปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือน (มิลลิเมตร)												รวม
	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	
2540	0	0	0	0	151	612	503	570	152	63.5	0	0	2,024.00
2541	0.5	77	72	49	222	241	135	209	344	21	2	0	1,371.50
2542	3	0	33.5	148	418	287	241	272	282	75	8	0	1,766.50
2543	0	6.5	11.5	209	437	365	255	282	355	38	0	0	1,958.50
2544	0	9	8	34	276	310	198	562	258	94	16	0	1,764.50
2545	0	0	67	69	397	428	327	403	358	30	9	6	2,094.00
2546	0	56	99	26	249	250	186	127	329	9	0	0	1,331.00
2547	0	47	28	79	265	152	131	274	414	0	0	0	1,390.00
2548	0	0	18	77	304	268	385	389	387	14	0	0	1,841.00
2549	0	3	34.5	101	122	164	365	308	73.5	119	42	0	1,331.00
2550	0	9	9	14.5	119	216	149	417	427	278	0	0	1,637.50
2551	7.3	7.7	127	189	228	294	401	337	396	114	35.3	6.8	2142.00



ภาพที่ 32 กราฟแสดงการกระจายตัวของฝนที่ตกในพื้นที่โครงการ

4. การวิเคราะห์และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ตามที่ได้กล่าวแล้วว่า การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแบ่งส่วนของการดำเนินการ ออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ 1) ฐานข้อมูลและส่วนติดต่อผู้ใช้ 2) ส่วนของการคำนวณ และ 3) ส่วนของการนำผลคำนวณที่ได้มาแสดงผล ผลของการวิเคราะห์และพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ส่วนของการนำเข้าข้อมูล (Pre-processing)

ส่วนของการนำเข้าข้อมูลต่างๆ ของการศึกษานี้จะใช้ตารางคำนวณของ Microsoft Excel เป็นหน้าต่างหลักในการนำเข้าข้อมูลต่างๆ โดยแบ่งตารางคำนวณ (Work Sheet) ออกเป็นกลุ่มตามลักษณะการใช้งาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ใช้ได้จากชุดข้อมูล ตามทฤษฎีการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืช ของสมการ Penman-Monteith โดยมีพืชที่กำหนดไว้เบื้องต้น 11 ชนิด ประกอบด้วย กะหล่ำดอก คენัว ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วเหลือง ทานตะวัน มะเขือเทศ ข้าวฟ่าง หนัญรูซี่ อ้อย และฝ้าย

ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชได้ โปรแกรมจะใช้ข้อมูลจำนวนชนิดพืชในช่อง C1 มาทำการค้นหาจำนวนพืชที่มีในฐานข้อมูล ข้อมูลดังกล่าวจะถูกเรียกใช้ใน Sheet อื่นๆ ต่อ รายละเอียดของ Sheet “Weekly KC” ดังแสดงในภาพที่ 33

ID	ชนิดพืช	อายุ	สัมประสิทธิ์	สัมประสิทธิ์																															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
1	กะหล่ำดอก	7		1.01	1.36	1.43	1.47	1.49	1.19	1.17																									
2	คินัว	8		0.54	0.6	0.68	0.72	0.78	0.83	0.73	0.67																								
3	ข้าวโพดหวาน	11		0.65	0.68	0.84	0.99	1.16	1.22	1.21	1.15	0.96	0.72	0.61																					
4	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	14		0.63	0.72	0.86	1.13	1.35	1.52	1.61	1.63	1.58	1.5	1.38	1.15	0.9	0.67																		
5	ถั่วเหลือง	14		0.64	0.69	0.81	1.01	1.23	1.32	1.35	1.34	1.27	1.09	0.85	0.74	0.72																			
6	ทานตะวัน	15		0.68	0.73	0.75	0.78	0.81	0.85	0.9	0.95	0.97	1.06	1.1	1.03	0.92	0.8	0.72																	
7	มะเขือเทศ	15		0.73	0.82	0.91	1.01	1.12	1.21	1.3	1.36	1.41	1.41	1.37	1.31	1.22	1.08	0.92																	
8	ข้าวฟ่าง	16		0.54	0.57	0.68	0.84	1.05	1.21	1.23	1.26	1.25	1.2	1.12	0.94	0.78	0.69	0.65	0.62																
9	หนัญรูซี่	40		0.98	0.98	0.98	0.96	1.07	1.17	1.23	1.23	1.18	1.11	1.05	1.01	1.01	1.01	1	0.97	0.9	0.82	0.77	0.76	0.83	0.95	1.05	1.1	1.04	0.9	0.74	0.61	0.59			
10	อ้อย	40		0.65	0.69	0.73	0.78	0.93	0.9	0.97	1.04	1.1	1.16	1.21	1.25	1.3	1.36	1.43	1.49	1.54	1.56	1.53	1.47	1.4	1.32	1.27	1.24	1.23	1.22	1.2	1.15	1.1	1		
11	ฝ้าย	23		0.88	0.95	1.03	1.1	1.16	1.22	1.28	1.32	1.34	1.34	1.31	1.28	1.21	1.14	1.07	1	0.93	0.86	0.8	0.74	0.69	0.65	0.6									

ภาพที่ 33 แสดงรายละเอียดข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

4.1.2 การใช้น้ำของพืชอ้างอิง ET_o และค่าฝนใช้การเฉลี่ยของพื้นที่

การใช้น้ำของพืชอ้างอิง และฝนใช้การเฉลี่ย เป็นข้อมูลพื้นฐานของการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืชซึ่งคำนวณโดยวิธี Penman-Monteith ในสมการ (2) โปรแกรมที่พัฒนาใช้ Sheet “Weekly ET_o” เพื่อเป็นที่สำหรับเก็บข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และฝนใช้การเฉลี่ยในการศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนใช้การเฉลี่ยไว้ทั้งสิ้น 5 จังหวัด ได้แก่ สกลนคร นครพนม อุดรธานี หนองคาย และมุกดาหาร ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มข้อมูลได้เช่นเดียวกับค่าสัมประสิทธิ์การให้น้ำของพืช ดังแสดงในภาพที่ 34

id	Weekly ETo - Penman Monteith	หน่วย มม./วัน
1	วันอาทิตย์	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
1	สกลนคร	3.52 3.59 3.67 3.77 3.89 4.02 4.16 4.30 4.44 4.59 4.71 4.83 4.95 5.04 5.09 5.10 5.05 4.96 4.83 4.67 4.50 4.32 4.16 4.05 3.99 4.00 4.05 4.09 4.10 4.05 3.96 3.84 3.74 3.68 3.67 3.70 3.75
2	หนองคาย	3.39 3.43 3.48 3.54 3.61 3.68 3.77 3.87 3.99 4.10 4.22 4.33 4.43 4.51 4.57 4.60 4.60 4.56 4.48 4.36 4.20 4.02 3.83 3.68 3.58 3.55 3.56 3.59 3.60 3.58 3.52 3.46 3.41 3.40 3.43 3.48 3.55
3	อุดรธานี	3.02 3.03 3.08 3.18 3.34 3.53 3.74 3.95 4.15 4.36 4.56 4.76 4.95 5.12 5.25 5.30 5.27 5.17 5.03 4.87 4.71 4.56 4.44 4.35 4.29 4.26 4.25 4.24 4.21 4.14 4.06 3.97 3.91 3.90 3.93 3.99 4.06
4	หนองบัวลำภู	2.98 3.00 3.07 3.19 3.35 3.55 3.74 3.93 4.12 4.29 4.47 4.65 4.84 5.01 5.14 5.20 5.18 5.09 4.95 4.78 4.60 4.43 4.29 4.16 4.08 4.05 4.04 4.03 4.01 3.94 3.85 3.77 3.71 3.71 3.76 3.85 3.94
5	มหาสารคาม	3.75 3.75 3.78 3.85 3.96 4.09 4.25 4.43 4.62 4.80 4.98 5.14 5.27 5.37 5.41 5.40 5.32 5.20 5.04 4.87 4.71 4.56 4.44 4.34 4.29 4.27 4.26 4.25 4.21 4.13 4.03 3.92 3.83 3.79 3.80 3.85 3.93

id	Average of Effective Rainfall	หน่วย มม./สัปดาห์
1	วันอาทิตย์	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37
1	สกลนคร	0 0 0 0 0 0 0 0.2 3.8 0 0 0.1 0.3 1.2 1.5 0 28 2.8 25.1 3.4 33.3 19.5 14.1 3.1 9.7 27.3 8.7 10.8 0.1 15.2 30 5.84 21.7 4.3 23.1 1.2 22.3 15.7

ภาพที่ 34 แสดงรายละเอียดข้อมูลการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และฝนใช้การเฉลี่ย

4.1.3 ปฏิทินการปลูกพืช (Crop Calendar)

ปฏิทินการปลูกพืช (Crop Calendar) ของโปรแกรมที่พัฒนานี้หมายถึงรูปแบบที่แตกต่างกันของพืชและสัปดาห์ที่เริ่มการปลูกพืช ผู้ใช้ต้องกำหนดปฏิทินการปลูกพืชให้ครบตามความต้องการเสียก่อน จากนั้นจึงนำปฏิทินการปลูกพืชไปกำหนดให้กับพื้นที่ต่างๆ ที่ต้องการ การกำหนดปฏิทินการปลูกพืช สามารถทำได้โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดชื่อรูปแบบการปลูกพืชที่ต้องการ เช่น Pattern 01 ในช่อง Column B ของ Sheet “Crop Calendar”

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดชนิดของพืชที่ต้องการจะปลูกในพื้นที่โดยการ Click ที่ช่อง Column C ของ Sheet “Crop Calendar” และเลือกข้อมูลพืชที่ต้องการ ข้อมูลพืชที่โปรแกรม List ออกมาจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนพืชที่มีใน Sheet “Weekly KC”

ทั้งนี้ โปรแกรมจะทำการคำนวณ อายุพืช ที่เลือกและแสดง ที่ช่อง Column D โดยอัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดสัปดาห์เริ่มต้นการปลูกพืชที่ต้องการ โดยพิมพ์ที่ช่อง Column E ของ Sheet “Crop Calendar”

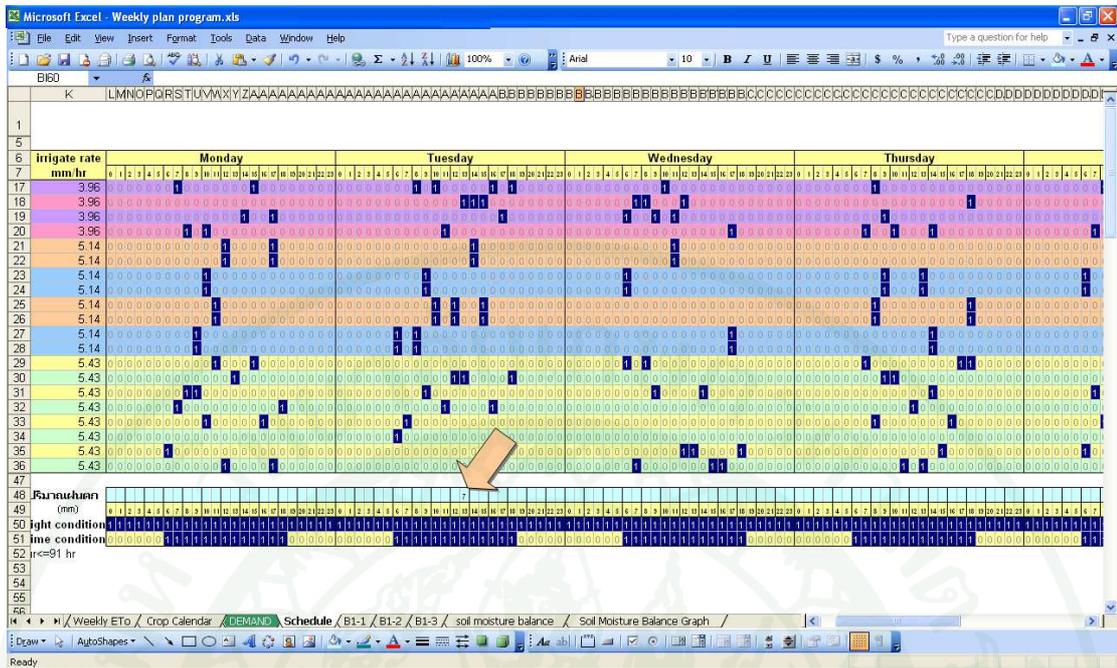
ขั้นตอนที่ 3 ใส่ข้อมูลอื่นๆ ของพื้นที่จนครบทั้ง Row ที่มีดังแสดงในภาพที่ 36 โดยในส่วนของกรคำนวณจะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืช

Week	Nodal	zone	Crop Data	Weekly mm	KC	Demand (m)	Irrigated Rate (mm/hr)	Irrigated time (hr/Week)
12			Pattern 10 หานะวัน	14,267	57	1.03	814	5.14
			Pattern 11 มะเขือเทศ	14,267	-	-	-	5.14
			Pattern 12 ข่าพ่าง	14,267	-	-	-	5.14
			Pattern 10 หานะวัน	14,267	57	1.03	814	5.14
			Pattern 11 มะเขือเทศ	14,267	-	-	-	5.14
			Pattern 12 ข่าพ่าง	14,267	-	-	-	5.14
			Pattern 13 หานะวัน	14,267	57	1.03	814	5.14
			Pattern 14 มะเขือเทศ	14,267	-	-	-	5.14
			Pattern 15 ข่าพ่าง	14,267	-	-	-	5.14
			Pattern 16 หานะวัน	7,133	57	1.03	407	5.43
			Pattern 17 หัวหึ่ง	7,133	-	-	-	5.43
			Pattern 18 มะเขือเทศ	7,133	-	-	-	5.43
			Pattern 09 หานะวัน	7,133	57	1.03	407	5.43
			Pattern 08 หัวหึ่ง	7,133	-	-	-	5.43
			Pattern 09 มะเขือเทศ	7,133	-	-	-	5.43
			Pattern 07 หานะวัน	7,133	57	1.03	407	5.43
			Pattern 08 หัวหึ่ง	7,133	-	-	-	5.43
			Pattern 09 มะเขือเทศ	7,133	-	-	-	5.43
			Pattern 07 หานะวัน	7,133	57	1.03	407	5.43
			Pattern 08 หัวหึ่ง	7,133	-	-	-	5.43
			Pattern 09 มะเขือเทศ	7,133	-	-	-	5.43
			Pattern 07 หานะวัน	7,133	57	1.03	407	5.43
			Pattern 08 หัวหึ่ง	7,133	-	-	-	5.43

ภาพที่ 36 การกำหนดแผนการปลูกพืช

4.1.5 การตรวจวัดฝนในพื้นที่

ในกรณีที่มีฝนตกระหว่างสัปดาห์ที่มีการให้น้ำ ผู้ใช้จะต้องจัดแผนให้น้ำใหม่ โดยระบุ วัน เวลา ที่ฝนตก เช่น มีฝนตกในช่วงเวลา 11: 00 น.ของวันอังคารซึ่งผู้ใช้สามารถเพิ่มข้อมูลดังกล่าวได้ดังภาพที่ 37 จากนั้นจึงสั่งให้ระบบจัดแผนการให้น้ำใหม่ ระบบจะทำการคำนวณและวางแผนล่วงหน้าต่อไปจนครบวันที่เหลือของสัปดาห์และทั้งนี้เมื่อถึงวัน เวลาที่กำหนดว่า จะต้องจัดทำแผนการให้น้ำประจำสัปดาห์ผู้ใช้จะต้องจัดทำแผนให้น้ำใหม่ กล่าวคือหากมีการกำหนดให้ทุกเช้าวันจันทร์จะมีการวางแผนให้น้ำประจำสัปดาห์แต่มีการปรับแผนการให้น้ำในวันศุกร์เนื่องจากมีฝนตก ระบบจะทำการวางแผนของวันเสาร์ถึงวันอาทิตย์ ดังนั้นในทางปฏิบัติเมื่อถึงกำหนดคือเช้าวันจันทร์ผู้ใช้จะต้องวางแผนใหม่และใช้แผนที่วางใหม่ สำหรับสัปดาห์ที่จะมาถึงต่อไปตามปกติ



ภาพที่ 37 การกำหนดปริมาณฝนที่ตก เพื่อการปรับแผนการให้น้ำ

4.2 ส่วนของการประมวลผล (Processing)

ส่วนของการคำนวณในการศึกษานี้ในเบื้องต้นจะใช้การพัฒนา Macro ของ VBA ใน Ms.Excel เป็นหลัก ซึ่ง VBA ดังกล่าวสามารถที่จะติดต่อกับ Sheet ต่างๆ ได้โดยสะดวก และยังสามารถ Export Result เพื่อนำไปแสดงในรูปแบบต่างๆ ได้อย่างสะดวกโดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

- นำข้อมูลแผนการปลูกพืชที่กำหนดโดยผู้ใช้ระบบมาคำนวณความต้องการน้ำประจำสัปดาห์ของแต่ละวาล์ว ที่มีการใช้งานในระบบ

- ใช้ Genetic Algorithms (GAs) สร้างแผนการเปิดปิดวาล์ว ตามความต้องการน้ำของแต่ละพื้นที่

- ตรวจสอบความสอดคล้องของแผนจาก GAs กับเงื่อนไขการให้น้ำ

- หากผลการตรวจสอบไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขการให้น้ำ กลับไปดำเนินการตามขั้นตอนในข้อ 2 ใหม่โดยใช้ GAs สร้างแผนการเปิดปีควาล์ว และทำการตรวจสอบจนกระทั่งผลการตรวจสอบสอดคล้องกับเงื่อนไขการให้น้ำ

- หากผลการตรวจสอบสอดคล้องกับเงื่อนไขการให้น้ำ นำผลที่ได้เสนอเป็นแผนการเปิดปีควาล์วประจำสัปดาห์

หลังจากที่ได้ทำการวางแผนการปลูกพืชเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการจัดทำแผนการให้น้ำประจำสัปดาห์

จากการศึกษาระบบให้น้ำภายในพื้นที่อุทยานเกษตรฯ พบว่าทุกโซนจะมีระบบเครื่องสูบน้ำของตัวเอง ซึ่งส่วนใหญ่จะสามารถให้น้ำพร้อมกันทั้งพื้นที่ แต่จะมีพิเศษพื้นที่เดียว คือพื้นที่ B1 ที่ประกอบด้วย ระบบให้น้ำ 3 รูปแบบ คือ

- ระบบให้น้ำแบบ Impact Sprinkler อยู่ด้านในสุดของพื้นที่ B1 มีพื้นที่ให้น้ำทั้งหมด 8 โชนระบบสามารถให้น้ำได้ครั้งละ 1 โชน

- ระบบให้น้ำแบบ Boom Spray อยู่ตรงกลางของพื้นที่ B1 มีพื้นที่ให้น้ำ 8 โชน ระบบสามารถให้น้ำได้ครั้งละ 2 โชนพร้อมกัน

- ระบบให้น้ำแบบ Big Gun อยู่ด้านหน้าของพื้นที่ B1 มีพื้นที่ให้น้ำ 4 โชน ระบบสามารถให้น้ำได้ครั้งละ 1 โชน

ดังนั้นในการจัดทำแผนการให้น้ำของการศึกษานี้ จึงเน้นที่จะจัดทำแผนให้น้ำเฉพาะในส่วนของโซนต่างๆ ของพื้นที่ B1 โดยจะมีรายละเอียดของการประมวลผลและใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

สำหรับการวางแผนให้น้ำในพื้นที่ B1 มีความยุ่งยากและซับซ้อนเนื่องจาก แผนการให้น้ำจะต้องเป็นไปได้ กล่าวคือ ระบบ 1 ชุดจะสามารถให้น้ำได้เพียงโซนเดียว ในเวลาเดียวกัน หากแผนการให้น้ำปรากฏว่า มีการให้น้ำชั่วโมงเดียวกันเกิน 1 โชน จะถือว่าแผนดังกล่าวไม่สามารถเป็นไปได้ หรือระยะเวลาในการให้น้ำแต่ละครั้งจะต้องไม่มากจนเกินความสามารถของดินที่จะอุ้มน้ำ

น้ำไว้ได้ซึ่งจะทำให้น้ำที่เกินนั้นสูญเสียดูดโดยเปล่าประโยชน์ และระยะห่างในการให้น้ำครั้งถัดไปจะต้องไม่นานจนความชื้นในดินลดลงจนถึงระดับ Maximum Soil Water Deficit (MSWD) เป็นต้น

กระบวนการในการจัดทำแผนดังกล่าวการศึกษานี้ใช้ Genetic Algorithms (GAs) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการจัดทำแผนการให้น้ำประจำสัปดาห์ โดยมีขั้นตอนการจัดทำแผนการให้น้ำดังแสดงในภาพที่ 38



ภาพที่ 38 แผนผังการคำนวณเพื่อจัดทำแผนการให้น้ำประจำสัปดาห์

จากภาพที่ 38 จะพบว่ากระบวนการทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนอย่างชัดเจน คือ กระบวนการกำหนดปฏิทินการปลูกพืช (Crop Calendar) และการวางแผนการปลูกพืช (Cropping Pattern) ให้กับพื้นที่โซนต่างๆ ของโครงการ จากนั้นจึงเป็นขั้นตอนที่ทำการคำนวณความต้องการ

ใช้น้ำของพืชประจำสัปดาห์หรือส่วนที่ (3) ตามที่ปรากฏในแผนผังการคำนวณ ผลที่ได้จะเป็นความลึกของน้ำที่ต้องให้กับพื้นที่ต่างๆ ของโครงการและเมื่อนำค่าความลึกของน้ำที่ต้องให้ (5) มาพิจารณากับอัตราการให้น้ำชลประทานของพื้นที่นั้น (6) คำตอบที่ได้ คือ ชั่วโมงที่ต้องให้น้ำประจำสัปดาห์ของแต่ละพื้นที่หรือขั้นตอนที่ (9) ของผังการคำนวณ โดยขั้นตอนการกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการวางแผนไปจนถึงค่าชั่วโมงที่ต้องให้น้ำ สามารถดำเนินการได้ดังนี้

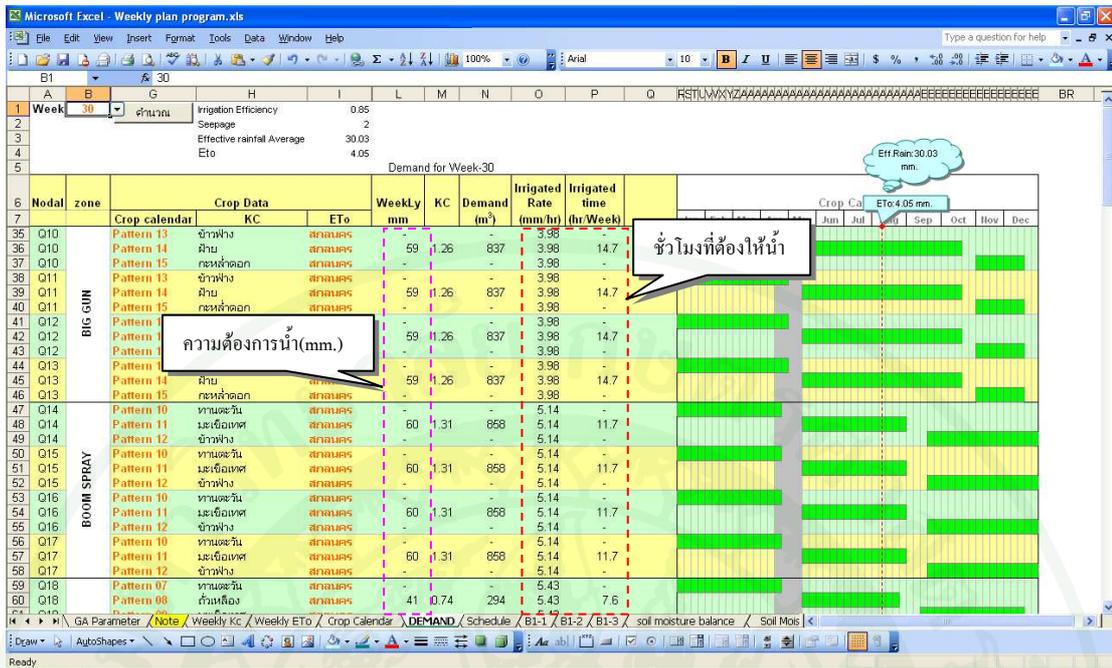
ขั้นตอนที่ 1 เปิด Sheet “Demand” และเลือกช่วงเวลาสัปดาห์ที่ต้องการวางแผน เช่น เลือกสัปดาห์ที่ 30

ขั้นตอนที่ 2 click ปุ่มคำนวณเพื่อทำการคำนวณ ดังแสดงในภาพที่ 39

Week	17	จำนวน	Irrigation Efficiency	0.85 %	Seepage	2 mm/d	Effective rainfall Average	1.2 mm/dw	Eto	4.95 mm/dw	11	12	13	36,906	42,479	16	Sum Volume						
Node	17	1	21	22	23	24	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Demand for Week-17						
Crop Data	Pattern	Crop calendar	KC	ETo	Area (m2)	Weekly mm	KC	Demand (m ³)	Irrigated Rate (mm/hr)	Irrigated time (hr/Week)	Calendar												
	Pattern	Crop calendar	KC	ETo	Area (m2)	Weekly mm	KC	Demand (m ³)	Irrigated Rate (mm/hr)	Irrigated time (hr/Week)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
BIG GUN	Q10	Pattern 13 ข้าวฟ่าง	0.78	14,267	47	0.78	668	3.98	11.8														
	Q10	Pattern 11 ฝ้าย	0.78	14,267	-	-	-	3.98	-														
	Q10	Pattern 15 หน่อข้าวแดง	0.78	14,267	-	-	-	3.98	-														
	Q11	Pattern 13 ข้าวฟ่าง	0.78	14,267	47	0.78	668	3.98	11.8														
	Q11	Pattern 14 ฝ้าย	0.78	14,267	-	-	-	3.98	-														
BOOM SPRAY	Q16	Pattern 10 หน่อข้าวแดง	0.92	14,267	53	0.92	750	5.14	10.2														
	Q16	Pattern 11 หน่อข้าวแดง	0.92	14,267	-	-	-	5.14	-														
	Q16	Pattern 12 ข้าวฟ่าง	0.92	14,267	-	-	-	5.14	-														
	Q17	Pattern 10 หน่อข้าวแดง	0.92	14,267	53	0.92	750	5.14	10.2														
	Q17	Pattern 11 หน่อข้าวแดง	0.92	14,267	-	-	-	5.14	-														

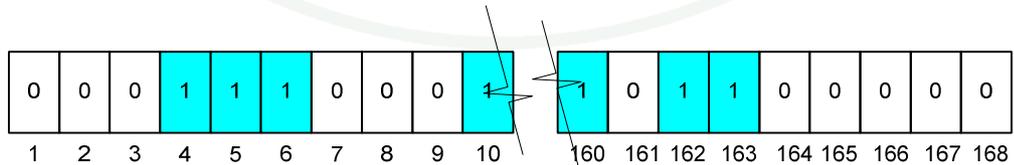
ภาพที่ 39 เลือกช่วงสัปดาห์ที่ต้องการวางแผนการปลูกพืช

โปรแกรมจะทำการคำนวณความต้องการใช้น้ำและแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณ เช่น ค่า Kc ของพืชตามอายุเมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่วางแผน ค่า ETo ค่าฝนใช้การ และค่าของความถี่ของพืชประจำสัปดาห์ พร้อมทั้งตรวจสอบกับอัตราการให้น้ำซึ่งจะนำมาคำนวณเป็นชั่วโมงการให้น้ำประจำสัปดาห์ ดังแสดงในภาพที่ 40



ภาพที่ 40 ผลการคำนวณความต้องการน้ำ

ขั้นตอนถัดมาคือการจัดทำแผนการให้น้ำของโซนต่างๆ ในพื้นที่ B1 โดยขั้นตอนการจัดทำแผนนี้ใช้การสุ่มสร้างแผนโดยกระบวนการ Genetic Algorithms (GAs) โดยการศึกษานี้ได้พัฒนายีน (Gene) ขนาด 168 Bit ซึ่งเท่ากับ 168 ชั่วโมง/สัปดาห์ ยีน (Gene) แต่ละตัวจึงเท่ากับ ชั่วโมงตามแผนการให้น้ำรายชั่วโมง ผลที่ได้จากการคำนวณก่อนหน้านี้คือ จำนวนชั่วโมงที่ต้องให้น้ำในสัปดาห์ที่จะวางแผน จำนวนชั่วโมงที่ให้น้ำดังกล่าวจะถูกนำไปกำหนดเป็น Bit ที่มีค่าเท่ากับ 1 ใน Bit ทั้ง 168 ซึ่งมีชั่วโมงที่ต้องให้น้ำทั้งสิ้น 8 ชั่วโมง ดังนั้น Bit ทั้ง 160 จะมีค่าเป็น 0 และ 8 Bit เท่ากับ จำนวนชั่วโมงที่ต้องให้น้ำ จะมีค่าเท่ากับ 1 ดังภาพที่ 41



ภาพที่ 41 ตัวอย่าง Bit String ที่มีชั่วโมงที่ให้น้ำเท่ากับ 8 ชั่วโมง

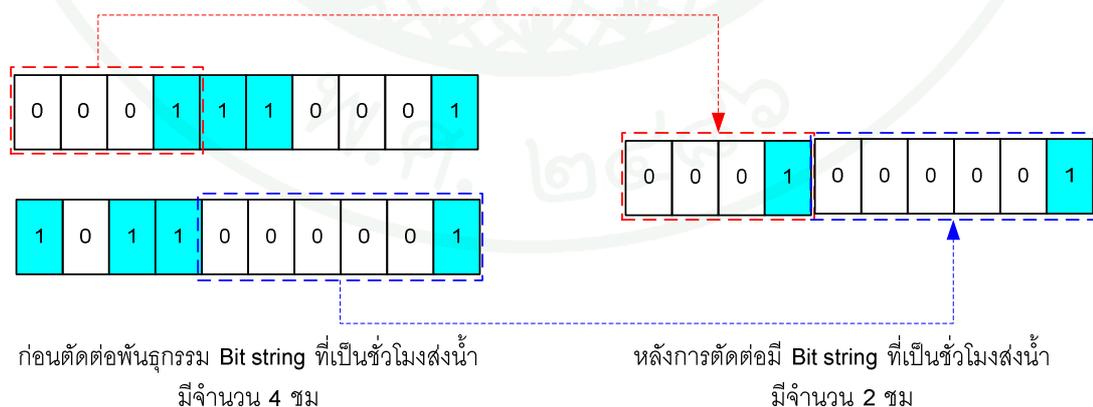
ตำแหน่งของ Bit ที่มีค่าเท่ากับ 1 จะถูกสุ่มกระจายไปยังยีน(Gene)ทั้ง 168 Bit 1 ยีน (Gene) เท่ากับ 1 แผนการให้น้ำ ยีนดังกล่าวจะถูกนำไปประเมิน(Evaluate) เพื่อหาคะแนน โดยเกณฑ์การประเมิน(ส่วนที่ 10 ในผังการคำนวณ) ที่ใช้ในการศึกษานี้จะเน้นที่ 3 กรณีหลัก คือ

- ความเป็นไปได้ในการให้น้ำ (พื้นที่ส่งน้ำด้วยเครื่องมือชุดเดียวกันในแต่ละชั่วโมง จะให้น้ำได้เพียงพื้นที่เดียวเท่านั้นและจะซ้ำกันไม่ได้)

- ปริมาณน้ำที่ให้ต้องไม่เกินค่า Field Capacity

- ระยะห่างของการให้น้ำแต่ละครั้งต้องไม่ต่ำกว่าค่า MSWD (Maximum Soil Water Deficit)

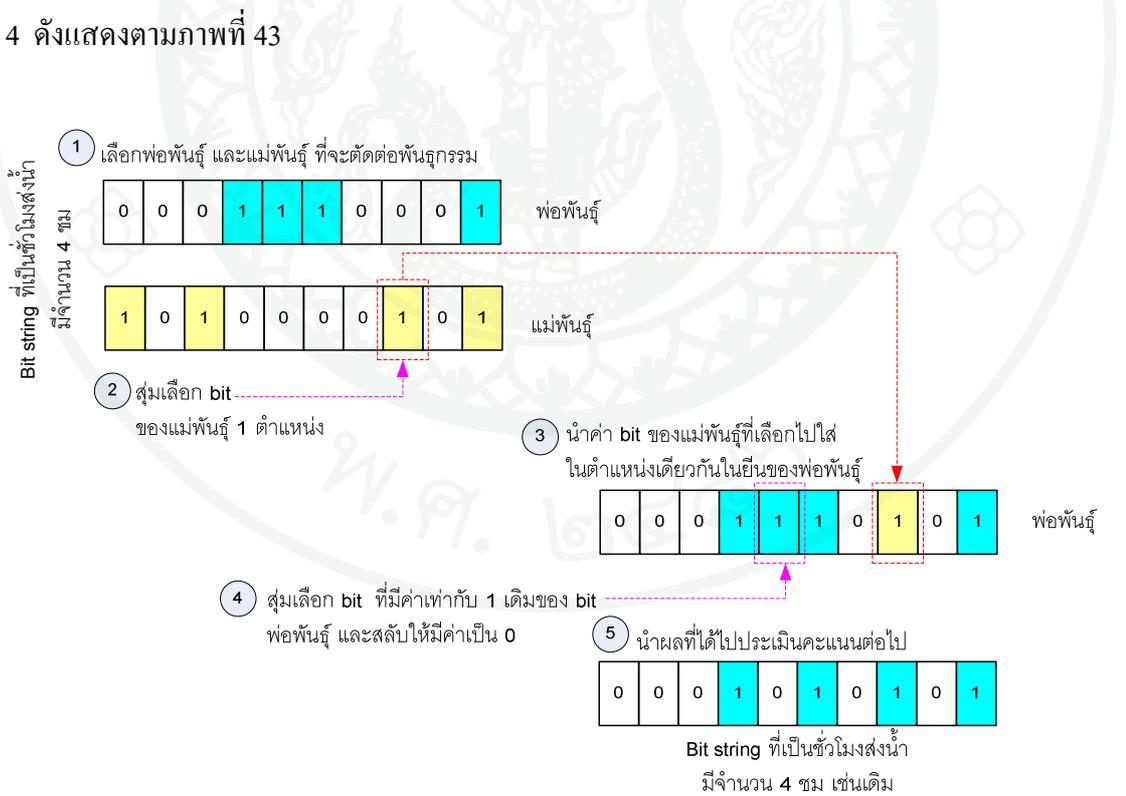
คำตอบที่ได้จากการสุ่มประชากรในการคำนวณครั้งแรกจะถือเป็นยีน (Gene) ของ GAs ที่ Generation 0 จะถูกนำไปประเมินและให้คะแนนดังแสดงในส่วนการคำนวณที่ (11) หรือ Evaluation Function ในผังหลักผลที่ได้คือ คะแนนของแต่ละแผนที่สมมุติโดย Generation 0 ระบบ จะทำการจัดเรียงคะแนนจากเหมาะสมไปจนถึงยีน (Gene) ที่ไม่เหมาะสม เพื่อใช้ในการผสมพันธุ์เชิงตัวเลขใน Generation ถัดไป ดังส่วนการคำนวณที่ (14) หรือ Mutation การผสม Generation ถัดไปจะแตกต่างจากการตัดต่อ Bit String โดยทั่วไป กล่าวคือ ในการให้น้ำนั้นชั่วโมงการให้น้ำ ต้องคงที่ การตัดและต่อ Bit String จะทำให้ชั่วโมงการส่งน้ำอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ ดังภาพที่ 42



ภาพที่ 42 ตัวอย่างปัญหาของการใช้การตัดต่อ Bit String

ในการศึกษานี้ได้พัฒนาวิธีการผสมพันธุ์ของยีน (Gene) หรือการสร้างแผนการให้น้ำใหม่โดยใช้การสลับตำแหน่ง Bit หรือโครโมโซมใหม่ โดยมีขั้นตอนการปรับยีน (Gene) ดังนี้

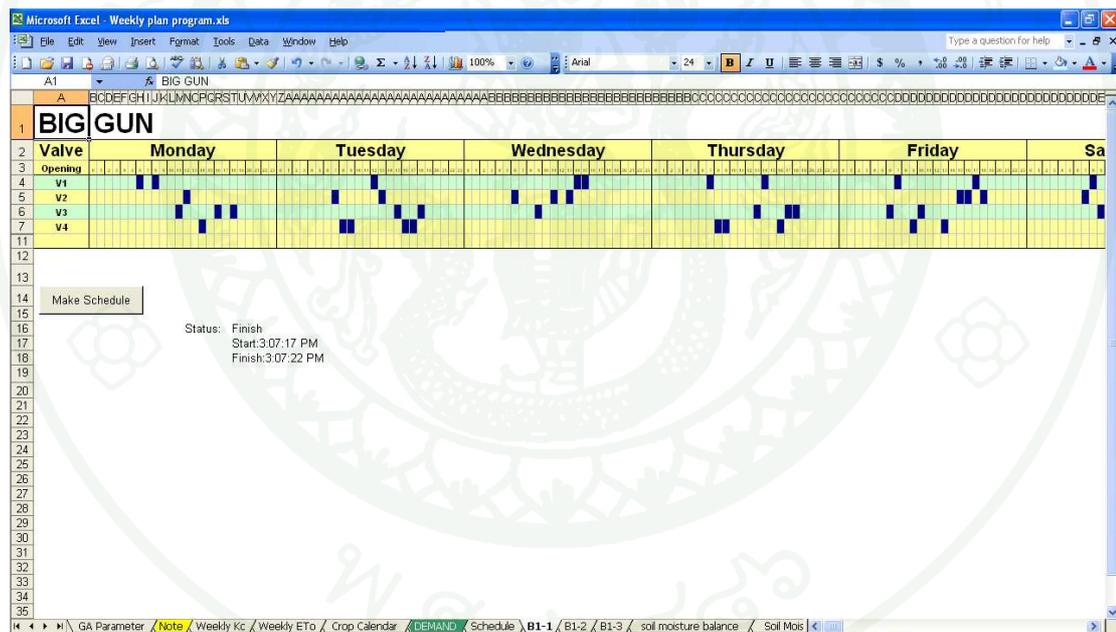
- เลือกยีน (Gene) ที่ต้องการผสมเพื่อจัดทำแผนการให้น้ำใหม่มาหนึ่งคู่ (พ่อพันธุ์/แม่พันธุ์)
- Random เลือกตำแหน่งของ Bit ที่มีค่าเท่ากับ 1 จากแม่พันธุ์มา 1 ชุด
- สลับตำแหน่งของ Bit พ่อพันธุ์ที่มีค่าเป็น 0 เดิมให้มีค่าเป็น 1 ด้วยตำแหน่งของแม่พันธุ์ที่เลือกไว้ก่อนหน้า
- Random หาดำแหน่งพ่อพันธุ์ที่มีค่าเป็น 1 เดิมและสลับเป็นศูนย์
- สำหรับกรณีตำแหน่งที่ต้องการสลับตรงกันทั้งพ่อและแม่พันธุ์ไม่ต้องทำขั้นตอนที่ 4 ดังแสดงตามภาพที่ 43



ภาพที่ 43 แสดงการผสมพันธุ์ของยีน(Gene)ในการสร้างแผนการให้น้ำ

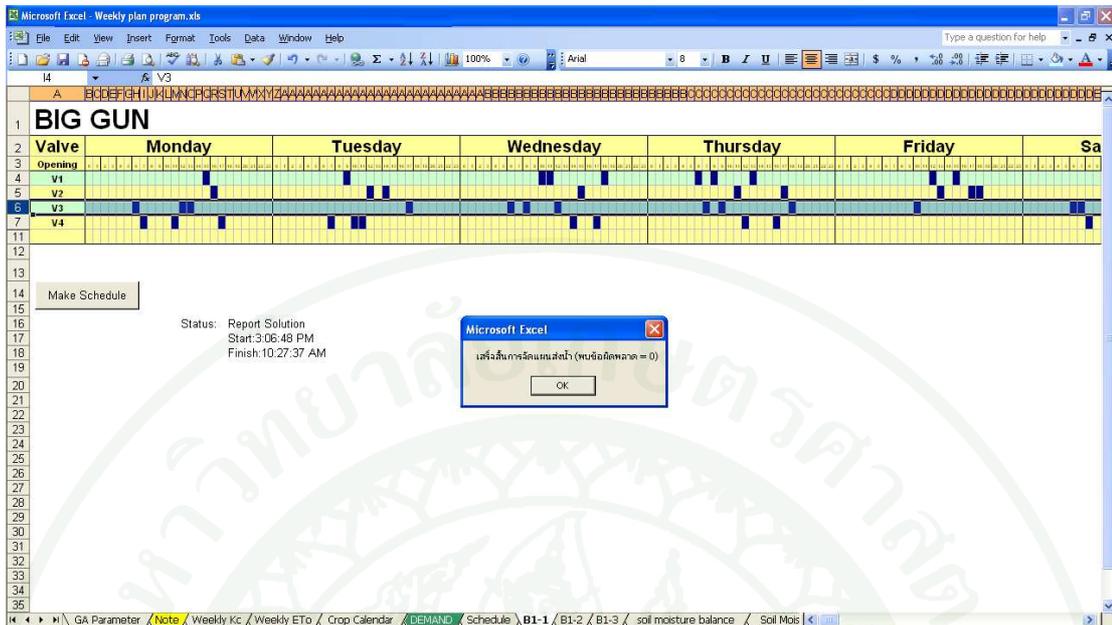
หลังจากที่ได้แผนการให้น้ำใหม่ โปรแกรมจะทำการประเมินและให้คะแนนพร้อมทั้งปรับปรุงพันธุ์เป็น Generation ต่อๆ ไปจนครบจำนวน Generation ที่กำหนดและเสนอเป็นแผนการให้น้ำพร้อมจัดทำกราฟแสดงการสมดุลความชื้นในดินตั้งแต่ต้นสัปดาห์จนถึงปลายสัปดาห์ ความชื้นที่ปลายสัปดาห์จะถูกใช้ในการเป็นค่าเริ่มต้นของความชื้นในดินของการคำนวณในสัปดาห์ถัดไป ขั้นตอนการใช้โปรแกรมและการคำนวณมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เปิด Sheet B1-1 , B1-2 และ B1-3 เพื่อจัดทำแผนการให้น้ำ ระบบจะทำการเชื่อมโยงข้อมูลการให้น้ำของสัปดาห์ที่ต้องการวางแผนของแต่ละโซน โดยแยกเป็น Sheet B1-1 สำหรับการให้น้ำด้วย Big Gun ,Sheet B1-2 สำหรับการให้น้ำด้วย Boom Spray และ Sheet B1-3 สำหรับการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler การคำนวณเพื่อจัดทำแผนการให้น้ำ ผู้ใช้สามารถ click ปุ่ม Make Schedule เพื่อสร้างแผน ดังภาพที่ 44



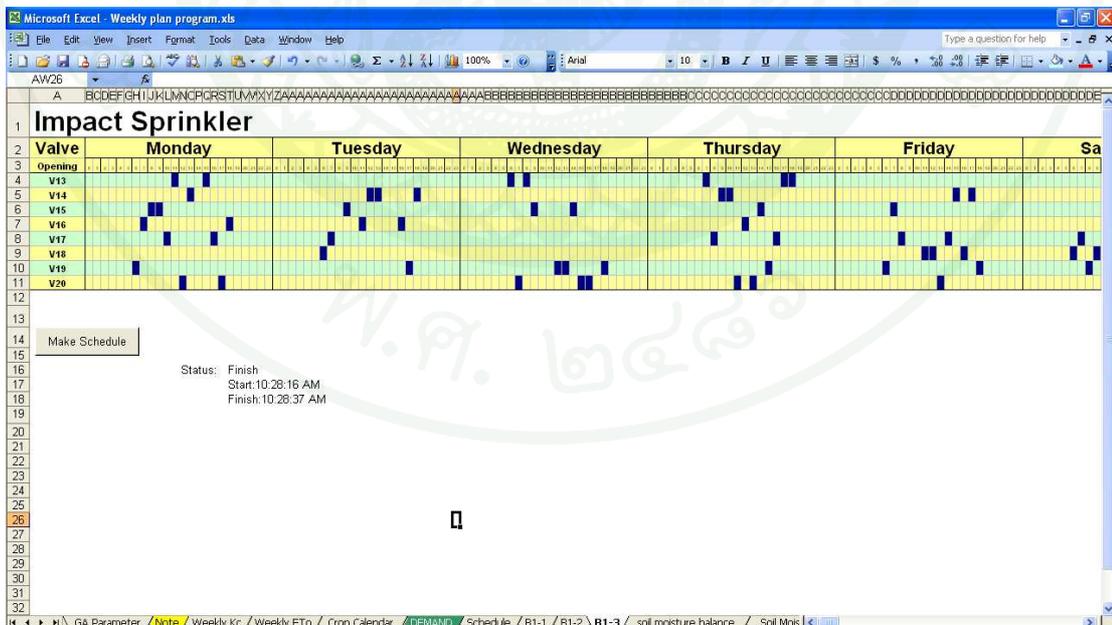
ภาพที่ 44 Sheet สำหรับจัดทำแผนการให้น้ำของโซน Big Gun

โปรแกรมจะทำการประมวลผลตามขั้นตอนของ Genetic Algorithms ดังที่กล่าวแล้วข้างต้นและเมื่อแผนที่จัดทำเสร็จสิ้น โปรแกรมจะแสดง Dialog เพื่อแจ้งว่าการคำนวณทำการจัดแผนเสร็จสิ้นแล้วดังภาพที่ 45



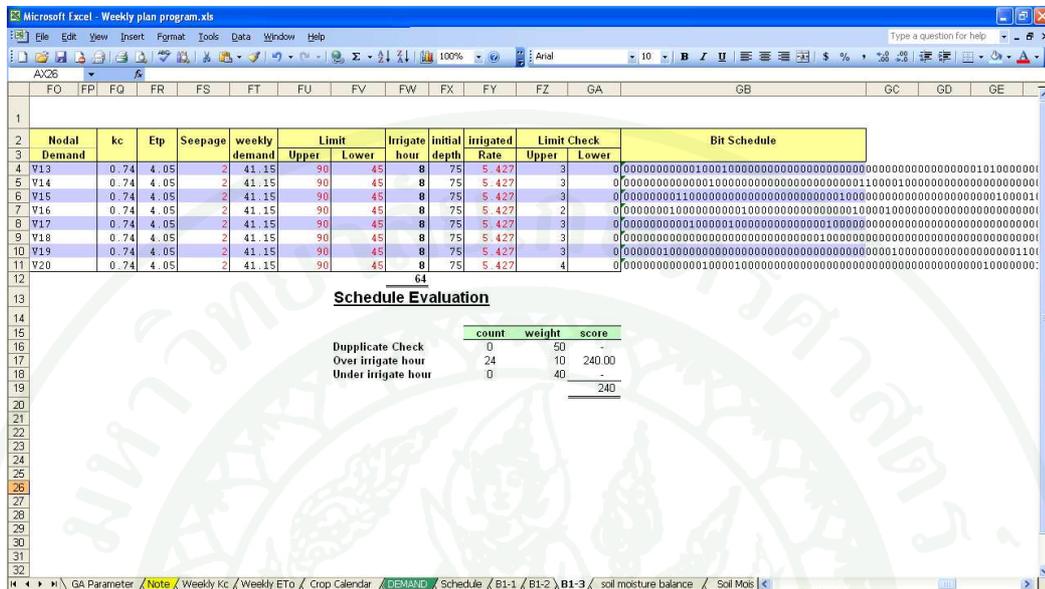
ภาพที่ 45 ระบบแจ้งการวางแผนเสร็จสิ้น

สำหรับโซนที่ใช้ Impact Sprinkler ก็สามารถดำเนินการได้ดังภาพที่ 46



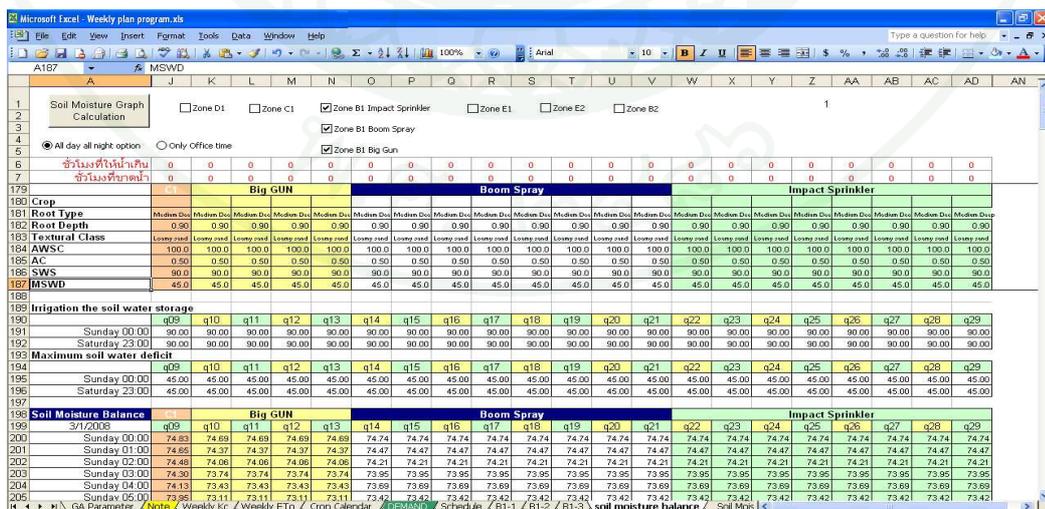
ภาพที่ 46 การวางแผนให้น้ำของโซน Impact Sprinkler

ระบบจะทำการสร้าง Bit String ของแผนการให้น้ำและ Evaluate แบบที่กำหนด ค้าง
แสดงในภาพที่ 47



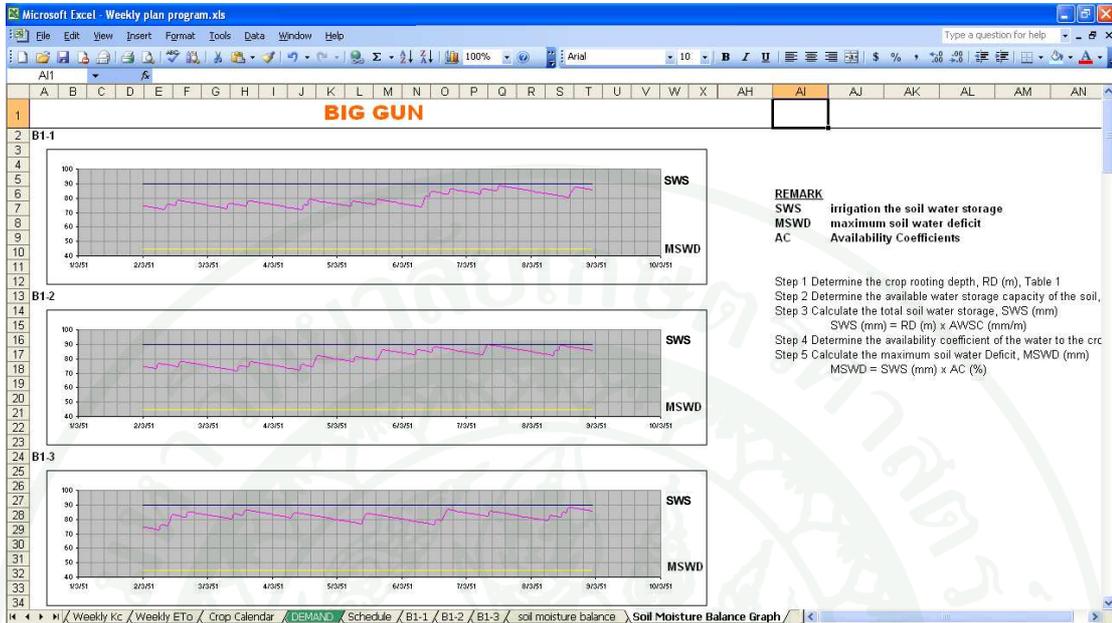
ภาพที่ 47 การให้น้ำ Bit String และการ Evaluation

ขั้นตอนถัดมา คือการคำนวณเพื่อสร้างกราฟสมดุลความชื้น ผู้ใช้สามารถทำได้โดย
click ปุ่ม Soil Moisture Balance Graph ตามภาพที่ 48

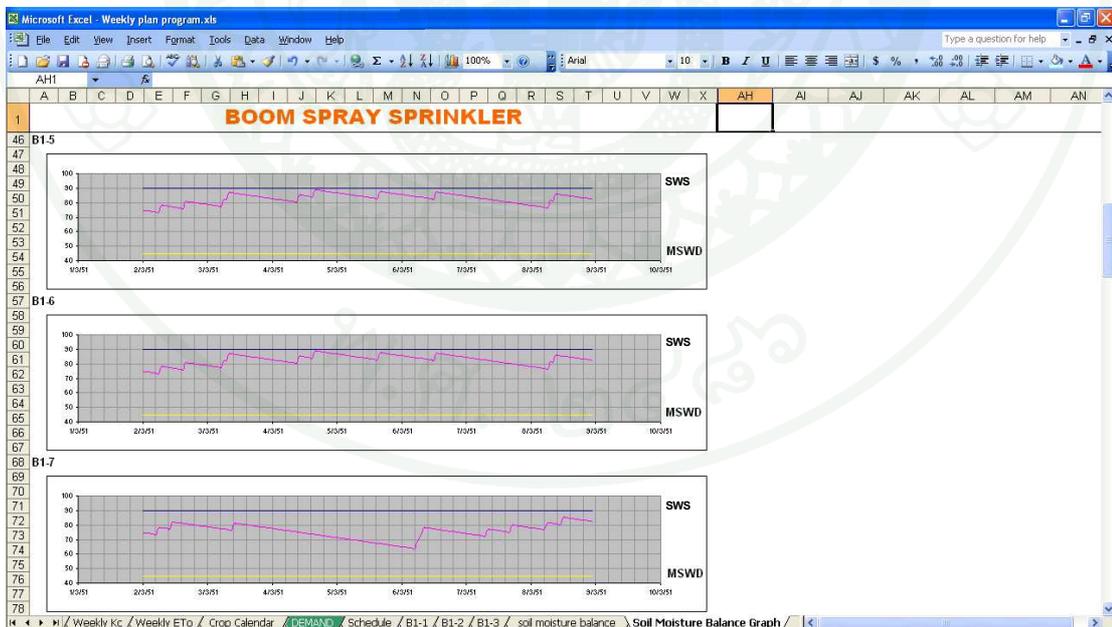


ภาพที่ 48 การสร้างกราฟสมดุลความชื้นในดิน

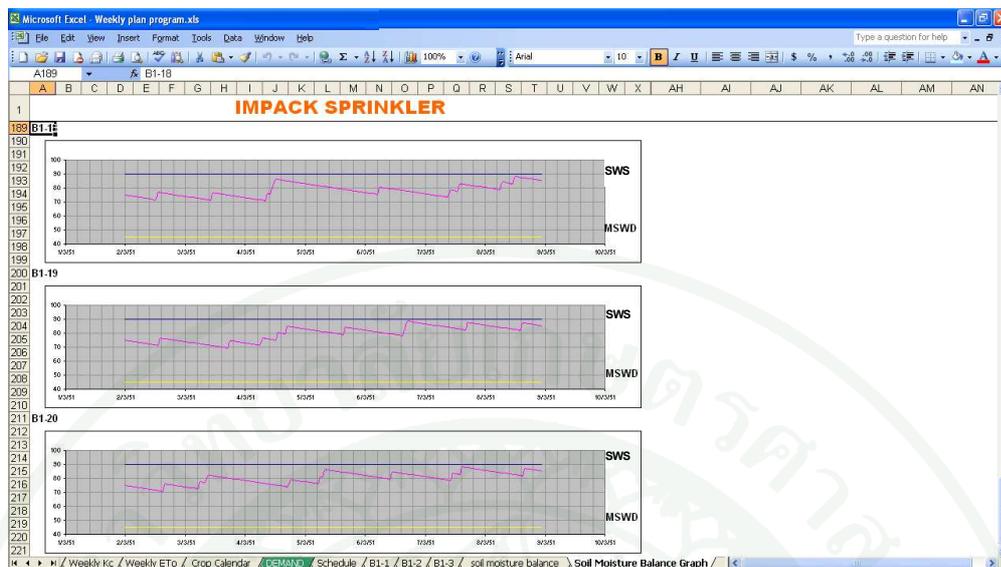
ผลการสร้างกราฟสมดุลความชื้นในดินดังแสดงในภาพที่ 49 ถึง 51



ภาพที่ 49 กราฟสมดุลความชื้นโซน Big Gun



ภาพที่ 50 กราฟสมดุลความชื้นโซน Boom Spray



ภาพที่ 51 กราฟสมดุลความชื้นโซน Impact Sprinkler

4.3 ส่วนของการแสดงผล (Post-processing)

ส่วนของการแสดงผล คือส่วนที่นำเอาผลการคำนวณที่ได้จาก VBA มาแสดงในรูปแบบที่เหมาะสมและเข้าใจง่าย เช่นการแสดงผลการให้น้ำ จะแสดงเป็นตาราง หรือการแสดงผลพื้นที่และตาราง Valve ที่จะเปิดน้ำในแต่ละช่วงเวลาโดยแบ่งตารางคำนวณ (Work Sheet) ออกเป็นกลุ่มตามลักษณะการใช้งานดังแสดงใน ตารางที่ 8

ตารางที่ 8 รายละเอียดตารางคำนวณในส่วนที่เกี่ยวกับการแสดงผลการคำนวณ

ข้อมูล	Work sheet	หมายเหตุ
ความต้องการใช้น้ำของพืช	“Yearly Demand” “Weekly Demand”	ผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืช - mm/week, m ³ /week, hour/week
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับเวลา	“Soil Moisture Balance Graph”	แสดงเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับเวลาในหนึ่งสัปดาห์ที่ได้รับน้ำ ในช่วงโมงการจ่ายน้ำต่างๆ
แผนการให้น้ำ	“Schedule”	แผนการให้น้ำ ที่ได้จากการวิเคราะห์โดย GAs

5. ผลการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการทดสอบใน 2 รูปแบบคือการทดสอบการวางแผนการให้น้ำตลอดทั้งปี และการทดสอบการวางแผนการให้น้ำรายสัปดาห์

5.1 การทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการวางแผนการให้น้ำตลอดทั้งปี

จากข้อมูลแผนการปลูกพืชที่เทียบเคียงกับแผนการปลูกพืชของพื้นที่ชลประทานโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอูน มีแผนการปลูกพืชทั้งสิ้น 19 รูปแบบ และมีพื้นที่ที่ต้องให้น้ำทั้งสิ้น 11 พื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดขนาดพื้นที่ให้น้ำแต่ละโซนในโครงการ

ลำดับที่	รายละเอียด Zone	พื้นที่โซน (ไร่)	พื้นที่ให้น้ำ (ไร่)
1	D1	162.0	139.6
2	C1	146.0	112.3
3	B1-1	35.7	35.7
4	B1-2	35.7	35.7
5	B1-3	35.7	35.7
6	B2	84.0	84.0
7	D2	44.0	44.0
8	E2	34.0	34.0
9	E3	48.0	42.4
10	F1	41.5	41.5
11	F2	71.5	71.5

พืชตัวแทนที่ทำการเพาะปลูกประกอบด้วย พืชพักและไม้ผลทั้งสิ้น 12 ชนิด คือหญ้า ระบุ, อ้อย, คะน้า, ข้าวโพดหวาน, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, ถั่วเหลือง, ถั่วเหลือง, กะหล่ำดอก, มะเขือเทศ, องุ่น, แก้วมังกร, สับปะรด, และ เสาวรส โดยกำหนดเป็นปฏิทินการปลูกพืชได้ทั้งสิ้น 19 รูปแบบ ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ปฏิทินการปลูกพืช

Pattern ID	Pattern Name	ชนิดพืช	อายุ สัปดาห์	สัปดาห์ เริ่มปลูก
1	Pattern 01	คะน้า	8	1
2	Pattern 02	ข้าวโพดหวาน	11	10
3	Pattern 03	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	14	23
4	Pattern 04	ถั่วเหลือง	14	38
5	Pattern 05	หนุ่ยรัฐ	52	1
6	Pattern 06	ข้าวโพดหวาน	11	1
7	Pattern 07	ข้าวโพดหวาน	11	12
8	Pattern 08	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	14	24
9	Pattern 09	ถั่วเหลือง	14	38
10	Pattern 10	อ้อย	40	10
11	Pattern 11	กะหล่ำดอก	7	2
12	Pattern 12	ถั่วเหลือง	14	11
13	Pattern 13	มะเขือเทศ	15	27
14	Pattern 14	คะน้า	8	44
15	Pattern 15	องุ่น	52	1
16	Pattern 16	สบู่ดำ	52	1
17	Pattern 17	แก้วมังกร	52	1
18	Pattern 18	ลิ้นจี่	52	1
19	Pattern 19	เสาวรส	52	1

โดยแต่ละโซนที่ให้น้ำมีแผนการปลูกพืชดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แผนการปลูกพืชของแต่ละพื้นที่ในโครงการ

ลำดับที่	โซน	Crop Data			
		Crop calendar	KC	ETo	Area (m2)
1	D1	Pattern 05	หญ้ารูซี่	สกลนคร	223,280.00
2	C1	Pattern 10	อ้อย	สกลนคร	179,632.00
3	B1-1	Pattern 01	กะน้ำ	สกลนคร	57,067.00
		Pattern 02	ข้าวโพดหวาน	สกลนคร	57,067.00
		Pattern 03	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	สกลนคร	57,067.00
		Pattern 04	ถั่วเหลือง	สกลนคร	57,067.00
4	B1-2	Pattern 05	หญ้ารูซี่	สกลนคร	57,067.00
5	B1-3	Pattern 05	หญ้ารูซี่	สกลนคร	57,067.00
6	B2	Pattern 06	ข้าวโพดหวาน	สกลนคร	134,400.00
		Pattern 07	ข้าวโพดหวาน	สกลนคร	134,400.00
		Pattern 08	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	สกลนคร	134,400.00
		Pattern 09	ถั่วเหลือง	สกลนคร	134,400.00
7	D2	Pattern 11	กะหล่ำดอก	สกลนคร	70,400.00
		Pattern 12	ถั่วเหลือง	สกลนคร	70,400.00
		Pattern 13	มะเขือเทศ	สกลนคร	70,400.00
		Pattern 14	กะน้ำ	สกลนคร	70,400.00
8	E2	Pattern 15	องุ่น	สกลนคร	54,400.00
9	E3	Pattern 17	แก้วมังกร	สกลนคร	67,800.00
10	F1	Pattern 16	สบู่ดำ	สกลนคร	66,400.00
11	F2	Pattern 19	เสาวรสี	สกลนคร	114,400.00

ผลจากการคำนวณพบว่า การวางแผนในรูปแบบดังกล่าว มีการใช้น้ำรวมทั้งสิ้น 2,061,531 ลูกบาศก์เมตร ต่อปี หรือเฉลี่ย 39,645 ลูกบาศก์ เมตร ต่อสัปดาห์ และหากพิจารณาจากความต้องการน้ำในแต่ละสัปดาห์จะพบว่า ความต้องการน้ำ สูงสุดจะเกิดช่วงเดือนเมษายน ซึ่งมีปริมาณสูงถึง 51,212 ลูกบาศก์ เมตร ต่อสัปดาห์ ดังแสดงในภาพที่ 52



ภาพที่ 52 ความต้องการน้ำรายสัปดาห์ของแผนการปลูกพืชที่อ้างอิงกับแผนของโครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาน้ำอูน

แต่จากข้อจำกัดของระบบกักเก็บน้ำของโครงการที่มีอยู่ทั้งสิ้น 225,000 ลูกบาศก์เมตร ประกอบกับแหล่งน้ำที่จ่ายให้กับระบบกักเก็บ ดังกล่าวซึ่งได้จาก คลอง R-16L – 2R ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอูน จะมีช่วงหยุดการส่งน้ำเพื่อปิดปรับปรุงคลองของโครงการ (ช่วงวันที่ 15 เม.ย ถึง 15 มิ.ย ของทุกปี) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากแผนการใช้น้ำ ขนาดของระบบสำรองน้ำ และช่วงเวลา ที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอูนทำการปิดเพื่อปรับปรุงระบบส่งน้ำ จะพบว่าแผนดังกล่าว ไม่สอดคล้องกับการ ส่งน้ำ เพราะหากพิจารณาว่า มีน้ำเต็มระบบเก็บกักในวันที่ 15 เมษายน และไม่มีน้ำและฝนมาเติมให้กับระบบเก็บกัก ดังกล่าว จะพบว่า มีช่วงเวลาที่ขาดน้ำถึง 6 สัปดาห์ โดยมีปริมาณน้ำที่ขาดไปทั้งสิ้น 710,658 ลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในภาพที่ 53



ภาพที่ 53 กราฟแสดงความสมดุลน้ำในระบบเก็บกักของโครงการ

จากปัญหาการขาดน้ำดังกล่าวข้างต้น ทางแก้ปัญหามีทำได้โดยการปรับแผนการปลูกพืชใหม่ ให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุนที่มี โดยมีการจัดรูปแบบและแผนการปลูกพืชให้กับพื้นที่ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แผนการปลูกพืชที่ปรับปรุงใหม่

ลำดับที่	โซน	Crop Data				พื้นที่ ที่ลดลง
		Crop calendar	KC	Area (m2)	Area (m2)	
1	D1	Pattern 05	หญ้ารัฐ	223,280.00	58,320.00	74%
2	C1	Pattern 10	อ้อย	179,632.00	125,664.00	30%
3	B1-1	Pattern 01	คะน้า	57,067.00	57,067.00	0%
		Pattern 02	ข้าวโพดหวาน	57,067.00	57,067.00	0%
		Pattern 03	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	57,067.00	57,067.00	0%
		Pattern 04	ถั่วเหลือง	57,067.00	57,067.00	0%
4	B1-2	Pattern 05	หญ้ารัฐ	57,067.00	28,533.50	50%
5	B1-3	Pattern 05	หญ้ารัฐ	57,067.00	28,533.50	50%
		Pattern 06	ข้าวโพดหวาน	134,400.00	67,200.00	50%
		Pattern 07	ข้าวโพดหวาน	134,400.00	67,200.00	50%
		Pattern 08	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	134,400.00	134,400.00	0%
6	B2	Pattern 09	ถั่วเหลือง	134,400.00	134,400.00	0%
		Pattern 11	กะหล่ำดอก	70,400.00	70,400.00	0%
		Pattern 12	ถั่วเหลือง	70,400.00	70,400.00	0%
		Pattern 13	มะเขือเทศ	70,400.00	70,400.00	0%
7	D2	Pattern 14	คะน้า	70,400.00	70,400.00	0%
		Pattern 15	องุ่น	54,400.00	54,400.00	0%
		Pattern 17	แก้วมังกร	67,800.00	67,800.00	0%
10	F1	Pattern 16	สบู่ดำ	66,400.00	66,400.00	0%
11	F2	Pattern 19	เสาวรส	114,400.00	114,400.00	0%

ผลจากการคำนวณพบว่า การวางแผนในรูปแบบดังกล่าว มีการใช้น้ำรวมทั้งสิ้น 1,082,588 ลูกบาศก์เมตร ต่อปี หรือเฉลี่ย 20,819 ลูกบาศก์เมตรต่อสัปดาห์ และหากพิจารณาจากความต้องการน้ำในแต่ละสัปดาห์จะพบว่า ความต้องการน้ำ สูงสุดจะเกิดช่วงเดือนเมษายน ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 27,374 ลูกบาศก์เมตรต่อสัปดาห์ ดังแสดงในภาพที่ 54 และเมื่อตรวจสอบกับความ

สมดุลน้ำในอ่างของโครงการ แล้วพบว่าแผนที่ปรับดังกล่าวมีน้ำเพียงพอต่อความต้องการตลอดทั้งปี ดังแสดงในภาพที่ 55



ภาพที่ 54 ความต้องการน้ำรายสัปดาห์ของแผนการปลูกพืช ที่อ้างอิงกับแผนของโครงการส่งน้ำ และบำรุงรักษาน้ำอูน



ภาพที่ 55 กราฟแสดงความสมดุลน้ำในระบบเก็บกักของโครงการ

5.2 การทดสอบการวางแผนการให้น้ำรายสัปดาห์

การทดสอบช่วงการให้น้ำประจำสัปดาห์จะใช้การตั้งสมมุติฐาน ว่ามีการให้น้ำช่วงเดือน มิถุนายน โดยใช้ข้อมูลฝน ช่วงเดือน มิถุนายนของปี 2550 ดังแสดงในตารางที่ 13 มาเป็นตัวแทน ข้อมูลฝน และใช้แผนการปลูกพืชซึ่งกำหนดไว้ 24 รูปแบบ ดังแสดงในตารางที่ 14 มาเป็นแผน สำหรับทดสอบโซนให้น้ำที่จะจัดทำแผนจะใช้ในพื้นที่ B1 เป็นหลัก เนื่องจากโซนอื่นๆ จะมีระบบ ให้น้ำที่ไม่ต้องมีการจัดรอบเวรเหมือนกับในพื้นที่ B1 โดยมีรายละเอียดของแผนการปลูกพืช ดังแสดง ในตารางที่ 15

ตารางที่ 13 แสดงข้อมูลฝนรายวัน สถานี CHALERM PRAKIAT CAMPUS

RAINFALL (mm) OF CHALERM PRAKIAT CAMPUS 2007												
Date	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	-	-	-	-	-	-	26.00	31.00	-	-	-	-
2	-	-	6.00	-	-	-	36.00	22.00	55.00	29.00	-	-
3	-	-	-	-	-	-	1.00	7.00	25.00	85.00	-	-
4	-	-	-	-	1.50	-	-	14.00	38.00	61.50	-	-
5	-	-	-	-	25.00	12.00	-	-	62.00	10.00	-	-
6	-	-	-	-	47.00	-	5.00	-	22.00	61.00	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	67.00	-	28.00	-	-
8	-	-	-	-	-	-	2.00	52.00	28.00	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	1.00	28.00	-	3.00	-	-
10	-	-	-	-	-	-	11.00	-	-	-	-	-
11	-	-	-	2.50	-	36.00	-	-	-	ป.น.	-	-
12	-	-	-	-	-	26.00	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	39.00	-	2.00	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	17.00	-	34.00	-	-	-
15	-	-	-	-	1.50	-	7.00	57.00	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	29.00	8.00	31.00	-	-	-	-
17	-	-	-	-	4.00	-	6.00	-	7.00	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	29.00	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	16.00	-	-	-
20	-	4.00	-	-	-	ป.น.	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	33.00	10.00	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	28.00	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	2.00	2.00	-	-	-	-	41.50	-	-	-
25	-	5.00	-	-	-	-	-	10.00	69.00	-	-	-
26	-	-	-	-	-	7.00	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	9.00	29.00	-	9.00	-	-	-	-
28	-	-	-	-	14.00	5.00	-	-	-	-	-	-
29	-	-	1.00	-	6.00	-	-	53.00	-	-	-	-
30	-	-	-	10.00	6.00	-	19.00	6.00	-	-	-	-
31	-	-	-	-	5.00	-	-	-	-	-	-	-
Total		9.00	9.00	14.50	119.00	216.00	149.00	417.00	426.50	277.50		
Average		4.5	3	4.8	11.9	24	11.5	27.8	35.5	39.6		
Maximum		5	6	10	47	39	36	67	69	85		
Minimum		4	1	2	1.5	5	1	2	7	3		

หมายเหตุ ป.น. หมายถึง ปริมาณเล็กน้อย

ตารางที่ 14 ปฏิทินการปลูกพืชที่ใช้ทดสอบ

Pattern ID	Pattern Name	ชนิดพืช	อายุ สัปดาห์	สัปดาห์ เริ่มปลูก
1	Pattern 01	มะเขือเทศ	15	3
2	Pattern 02	ทานตะวัน	15	19
3	Pattern 03	ถั่วเหลือง	14	38
4	Pattern 04	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	14	1
5	Pattern 05	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	14	19
6	Pattern 06	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	14	36
7	Pattern 07	ทานตะวัน	15	1
8	Pattern 08	ถั่วเหลือง	14	19
9	Pattern 09	มะเขือเทศ	15	36
10	Pattern 10	ทานตะวัน	15	2
11	Pattern 11	มะเขือเทศ	15	19
12	Pattern 12	ข้าวฟ่าง	16	37
13	Pattern 13	ข้าวฟ่าง	16	1
14	Pattern 14	ฝ้าย	23	19
15	Pattern 15	กะหล่ำดอก	7	44
16	Pattern 16	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	14	1
17	Pattern 17	ถั่วเหลือง	14	19
18	Pattern 18	ข้าวฟ่าง	16	35
19	Pattern 19	กะหล่ำดอก	7	1
20	Pattern 20	คะน้า	8	10
21	Pattern 21	มะเขือเทศ	15	20
22	Pattern 22	กะหล่ำดอก	7	37
23	Pattern 23	คะน้า	8	45
24	Pattern 24	หนุ่ยรัฐ	40	1

ตารางที่ 15 แผนการปลูกพืช

ลำดับที่	รายละเอียด	Crop Data			
		Crop calendar	KC	Eto	Area (ไร่)
q01	D1	Pattern 24	หญ้ารูซี่	สกลนคร	13.5
q02	D1	Pattern 01	มะเขือเทศ	สกลนคร	27
		Pattern 02	ทานตะวัน	สกลนคร	27
		Pattern 03	ถั่วเหลือง	สกลนคร	27
q03	D1	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	27
		Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	27
q04	D1	Pattern 24	หญ้ารูซี่	สกลนคร	13.5
q05	D1	Pattern 24	หญ้ารูซี่	สกลนคร	13.5
q06	D1	Pattern 04	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	สกลนคร	27
		Pattern 05	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	สกลนคร	27
		Pattern 06	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	สกลนคร	27
q07	D1	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	27
		Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	27
q08	D1	Pattern 24	หญ้ารูซี่	สกลนคร	13.5
q09	C1	Pattern 24	หญ้ารูซี่	สกลนคร	13.5
V1	B1	Pattern 13	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	8.92
		Pattern 14	ฝ้าย	สกลนคร	8.92
		Pattern 15	กะหล่ำดอก	สกลนคร	8.92
V2	B1	Pattern 13	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	8.92
		Pattern 14	ฝ้าย	สกลนคร	8.92
		Pattern 15	กะหล่ำดอก	สกลนคร	8.92
V3	B1	Pattern 13	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	8.92
		Pattern 14	ฝ้าย	สกลนคร	8.92
		Pattern 15	กะหล่ำดอก	สกลนคร	8.92
V4	B1	Pattern 13	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	8.92
		Pattern 14	ฝ้าย	สกลนคร	8.92
		Pattern 15	กะหล่ำดอก	สกลนคร	8.92

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียด	Crop Data			
		Crop calendar	KC	Eto	Area (ไร่)
V5/V6	B1	Pattern 10	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 11	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46
		Pattern 12	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	4.46
V7/V8	B1	Pattern 10	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 11	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46
		Pattern 12	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	4.46
V9/V10	B1	Pattern 10	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 11	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46
		Pattern 12	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	4.46
V11/V12	B1	Pattern 10	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 11	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46
		Pattern 12	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	4.46
V13	B1	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	4.46
		Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46
V14	B1	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	4.46
		Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46
V15	B1	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	4.46
		Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46
V16	B1	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	4.46
		Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46
V17	B1	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	4.46
		Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ลำดับที่	รายละเอียด	Crop Data			Area (ไร่)
		Crop calendar	KC	Eto	
V18	B1	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	4.46
		Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46
V19	B1	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	4.46
		Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46
V20	B1	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	4.46
		Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	4.46
		Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	4.46

โดยผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืชรายสัปดาห์ระหว่างวันที่ 3 – 9 มิถุนายน 2552 ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ผลการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืชรายสัปดาห์ระหว่างวันที่ 3 ถึง 9 มิถุนายน 2552

Zone	Crop Data				Weekly mm	KC	Demand (m ³)	Irrigated Rate (mm/hr)	Irrigated time (hr/Week)
	Crop calendar	KC	ETo	Area (m ²)					
BIG GUN	Pattern 13	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	14,267	-	-	-	3.98	-
	Pattern 14	ฝ้าย	สกลนคร	14,267	32	1.03	450	3.98	7.9
	Pattern 15	กะหล่ำดอก	สกลนคร	14,267	-	-	-	3.98	-
	Pattern 13	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	14,267	-	-	-	3.98	-
	Pattern 14	ฝ้าย	สกลนคร	14,267	32	1.03	450	3.98	7.9
	Pattern 15	กะหล่ำดอก	สกลนคร	14,267	-	-	-	3.98	-
	Pattern 13	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	14,267	-	-	-	3.98	-
	Pattern 14	ฝ้าย	สกลนคร	14,267	32	1.03	450	3.98	7.9
	Pattern 15	กะหล่ำดอก	สกลนคร	14,267	-	-	-	3.98	-
	Pattern 13	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	14,267	-	-	-	3.98	-
	Pattern 14	ฝ้าย	สกลนคร	14,267	32	1.03	450	3.98	7.9
	Pattern 15	กะหล่ำดอก	สกลนคร	14,267	-	-	-	3.98	-
BOOM SPRAY	Pattern 10	ทานตะวัน	สกลนคร	14,267	-	-	-	5.14	-
	Pattern 11	มะเขือเทศ	สกลนคร	14,267	27	0.91	389	5.14	5.3
	Pattern 12	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	14,267	-	-	-	5.14	-
	Pattern 10	ทานตะวัน	สกลนคร	14,267	-	-	-	5.14	-
	Pattern 11	มะเขือเทศ	สกลนคร	14,267	27	0.91	389	5.14	5.3
	Pattern 12	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	14,267	-	-	-	5.14	-

ตารางที่ 16 (ต่อ)

Zone	Crop Data				Weekly mm	KC	Demand (m ³)	Irrigated Rate (mm/hr)	Irrigated time (hr/Week)
	Crop calendar	KC	ETo	Area (m ²)					
BOOM SPRAY	Pattern 10	ทานตะวัน	สกลนคร	14,267	-	-	-	5.14	-
	Pattern 11	มะเขือเทศ	สกลนคร	14,267	27	0.91	389	5.14	5.3
	Pattern 12	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	14,267	-	-	-	5.14	-
	Pattern 10	ทานตะวัน	สกลนคร	14,267	-	-	-	5.14	-
	Pattern 11	มะเขือเทศ	สกลนคร	14,267	27	0.91	389	5.14	5.3
	Pattern 12	ข้าวฟ่าง	สกลนคร	14,267	-	-	-	5.14	-
IMPACT SPRINKLER	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	7,133	24	0.81	168	5.43	4.3
	Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	7,133	24	0.81	168	5.43	4.3
	Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	7,133	24	0.81	168	5.43	4.3
	Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	7,133	24	0.81	168	5.43	4.3
	Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-

ตารางที่ 16 (ต่อ)

Zone	Crop Data				Weekly mm	KC	Demand (m ³)	Irrigated Rate (mm/hr)	Irrigated time (hr/Week)
	Crop calendar	KC	ET _o	Area (m ²)					
IMPACT SPRINKLER	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	7,133	24	0.81	168	5.43	4.3
	Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	7,133	24	0.81	168	5.43	4.3
	Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	7,133	24	0.81	168	5.43	4.3
	Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 07	ทานตะวัน	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-
	Pattern 08	ถั่วเหลือง	สกลนคร	7,133	24	0.81	168	5.43	4.3
	Pattern 09	มะเขือเทศ	สกลนคร	7,133	-	-	-	5.43	-

จากข้อมูลการให้น้ำดังกล่าว สามารถนำมาจัดเป็นแผนการให้น้ำของ โชน B1-1, B1-2 และ B1-3 ได้ดังภาพที่ 56 ถึง 58



BIG GUN

Valve	3-Jun-07	4-Jun-07	5-Jun-07	6-Jun-07	7-Jun-07	8-Jun-07	9-Jun-07
Opening							
V1							
V2							
V3							
V4							

Nodal Demand	Kc	ETo	Seepage	weekly demand	Limit		Irrigate hour	initial depth	irrigated Rate	Limit Check	
					Upper	Lower				Upper	Lower
V10	0.90	3.85	2	38.26	98.6	44.9	9	70	3.980	0	0
V11	0.90	3.85	2	38.26	98.6	44.9	9	60	3.980	0	0
V12	0.90	3.85	2	38.26	98.6	44.9	9	70	3.980	0	0
V13	0.90	3.85	2	38.26	98.6	44.9	9	60	3.980	0	0

36

Schedule Evaluation

	count	weight	score
Duplicate Check	0	50	-
Over irrigate hour	0	10	-
Under irrigate hour	0	40	-
			-

ภาพที่ 56 แผนการให้น้ำของโซน B1-1

Boom Sparay

Valve	3-Jun-07	4-Jun-07	5-Jun-07	6-Jun-07	7-Jun-07	8-Jun-07	9-Jun-07
Opening							
V5/V6							
V6/V8							
V9/V10							
V11/V12							

Nodal Demand	Kc	ETo	Seepage	weekly demand	Limit		Irrigate hour	initial depth	irrigated Rate	Limit Check	
					Upper	Lower				Upper	Lower
V13/V14	2.15	3.85	2	71.96	98.6	44.9	6	70	10.600	0	0
V15/V16	2.15	3.85	2	71.96	98.6	44.9	6	60	10.600	0	0
V17/V18	2.15	3.85	2	71.96	98.6	44.9	6	70	10.600	0	0
V19/V20	2.15	3.85	2	71.96	98.6	44.9	6	60	10.600	0	0

24

Schedule Evaluation

	count	weight	score
Duplicate Check	0	50	-
Over irrigate hour	0	10	-
Under irrigate hour	0	40	-
			-

ภาพที่ 57 แผนการให้น้ำของโซน B1-2

Impact Sprinkler

Valve	3-Jun-07	4-Jun-07	5-Jun-07	6-Jun-07	7-Jun-07	8-Jun-07	9-Jun-07
Opening							
V13							
V14							
V15							
V16							
V17							
V18							
V19							
V20							

Nodal Demand	Kc	ETo	Seepage	weekly demand	Limit		Irrigate hour	initial depth	irrigated Rate	Limit Check	
					Upper	Lower				Upper	Lower
V13	0.96	3.85	2	39.77	98.6	44.9	5	70	7.480	0	0
V14	0.96	3.85	2	39.77	98.6	44.9	5	60	7.480	0	0
V15	0.96	3.85	2	39.77	98.6	44.9	5	70	7.480	0	0
V16	0.96	3.85	2	39.77	98.6	44.9	5	60	7.480	0	0
V17	0.96	3.85	2	39.77	98.6	44.9	5	70	7.480	0	0
V18	0.96	3.85	2	39.77	98.6	44.9	5	60	7.480	0	0
V19	0.96	3.85	2	39.77	98.6	44.9	5	70	7.480	0	0
V20	0.96	3.85	2	39.77	98.6	44.9	5	60	7.480	0	0

40

Schedule Evaluation

	count	weight	score
Duplicate Check	0	50	-
Over irrigate hour	0	10	-
Under irrigate hour	0	40	-
			-

ภาพที่ 58 แผนการให้น้ำของโซน B1-3

ดั่งแสดงตัวอย่างของแผนการให้น้ำของวาล์ว V1 ซึ่งเป็นวาล์วควบคุมการจ่ายน้ำของ โชน B1-1 (Big-Gun) ซึ่งต้องมีการให้น้ำทั้งสิ้น 9 ชั่วโมงในสัปดาห์ ที่พิจารณา ผลของการจัดแผน โดย GAs แสดงดังภาพ 56 ซึ่งแสดงไว้ก่อนหน้า และแสดงเป็นแผนสำหรับปฏิบัติงาน ดังแสดงใน ภาพที่ 59

แผนการให้น้ำของวาล์วV1 (Big gun)

มิถุนายน 3, 2007 -
มิถุนายน 9, 2007

May 2007							June 2007							July 2007						
S	M	T	W	Th	F	Sa	S	M	T	W	Th	F	Sa	S	M	T	W	Th	F	Sa
		1	2	3	4	5						1	2	1	2	3	4	5	6	7
6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	8	9	10	11	12	13	14
13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	15	16	17	18	19	20	21
20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23	22	23	24	25	26	27	28
27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30	29	30	31				

June

	Sun-3	Mon-4	Tue-5	Wed-6	Thu-7	Fri-8	Sat-9
6 AM							
7 AM	ส่งน้ำ	ส่งน้ำ					ส่งน้ำ
8 AM	ส่งน้ำ	ส่งน้ำ					
9 AM	ส่งน้ำ					ส่งน้ำ	
10 AM						ส่งน้ำ	
11 AM							
0 PM							
1 PM							
2 PM							
3 PM				ส่งน้ำ			
4 PM							
5 PM							
6 PM							
7 PM							
8 PM							
9 PM							
10 PM							
11 PM							
0 AM							
1 AM							
2 AM							
3 AM							
4 AM							
5 AM							

ภาพที่ 59 แผนปฏิบัติงานของวาล์ว V1 ประจำสัปดาห์ระหว่างวันที่ 3-9 มิถุนายน 2552

การทดสอบการปรับแผนการให้น้ำ จากข้อมูลผลที่นำมาใช้ทดสอบพบว่าในวันที่ 4 มิถุนายน 2550 มีฝนตก 12 ม.ม. ดังนั้นจึงสมมุติให้วันปัจจุบัน คือวันที่ 5 มิถุนายน 2550 ซึ่งจะต้องมีการปรับแผนการให้น้ำใหม่โดยผู้จัดทำแผน ทำการ input ข้อมูลฝนที่ตกจำนวน 12 ม.ม. ในโปรแกรมและจัดทำแผนการให้น้ำใหม่ ซึ่งจะได้แผนการให้น้ำใหม่ ดังภาพที่ 60

แผนการให้น้ำของวาล์วV1 (Big gun)

มิถุนายน 3, 2007 -
มิถุนายน 9, 2007

May 2007							June 2007							July 2007						
S	M	T	W	Th	F	Sa	S	M	T	W	Th	F	Sa	S	M	T	W	Th	F	Sa
		1	2	3	4	5	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7
6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	13	14	15	16	8	9	10	11	12	13	14
13	14	15	16	17	18	19	17	18	19	20	21	22	23	15	16	17	18	19	20	21
20	21	22	23	24	25	26	24	25	26	27	28	29	30	22	23	24	25	26	27	28
27	28	29	30	31									29	30	31					

June

	Sun-3	Mon-4	Tue-5	Wed-6	Thu-7	Fri-8	Sat-9
6 AM							
7 AM	ส่งน้ำ	ส่งน้ำ					ส่งน้ำ
8 AM	ส่งน้ำ	ส่งน้ำ					
9 AM	ส่งน้ำ						
10 AM						ส่งน้ำ	
11 AM							
0 PM							
1 PM							
2 PM							
3 PM							
4 PM							
5 PM							
6 PM							
7 PM							
8 PM							
9 PM							
10 PM							
11 PM							
0 AM							
1 AM							
2 AM							
3 AM							
4 AM							
5 AM							

ภาพที่ 60 ผลการปรับแผนการให้น้ำในวันที่ 5 มิถุนายน 2550 หลังฝนตก 12 ม.ม.

จากการทดสอบการจัดทำแผนให้น้ำและการปรับแผนหลังมีการตกของฝน พบว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถจัดทำแผนการให้น้ำได้ แผนการให้น้ำที่ได้ถูกต้องตามเงื่อนไขของการให้น้ำ ที่ควบคุมด้วยจำนวนของเครื่องมือ ค่าระดับความชื้นในดินและปริมาณน้ำที่ให้ แต่แผนที่ได้จากระบบดังกล่าว หากนำไปใช้จริง โดยใช้เจ้าหน้าที่เป็นผู้ควบคุมวาล์วจ่ายน้ำ อาจมีความยุ่งยากในการดำเนินการอยู่บ้างแต่ระบบข้างต้นจะเหมาะสมกับการส่งน้ำที่มีศูนย์กลางในการควบคุมหรือระบบจ่ายน้ำอัตโนมัติมากที่สุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อต้องการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการคำนวณวางแผนการให้น้ำประจำปี และวางแผนการให้น้ำประจำสัปดาห์ โดยกำหนดแผนในการเปิด ปิดวาล์ว และการเดินเครื่องสูบน้ำในแต่ละช่วงสัปดาห์ สำหรับระบบชลประทานต่างๆ ในโครงการอุทยานเกษตร 50 พรรษา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา วิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ได้แก่

1. ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation) ประกอบด้วย การให้น้ำแบบ Impact Sprinkler การให้น้ำแบบ Boom Spray การให้น้ำแบบ Big Gun การให้น้ำแบบ Linear และการให้น้ำแบบ Center Pivot
2. ระบบการให้น้ำแบบผิวดิน (Surface Irrigation) ประกอบด้วย การให้น้ำแบบ Gated Pipe ซึ่งเป็นการให้น้ำผ่านระบบท่อจ่ายน้ำชนิดอ่อน (Lay Flat Hose) แล้วกระจายน้ำโดยอาศัย Outlet ที่ติดตั้งข้างท่อจ่ายน้ำตามระยะร่องคู
3. ระบบการให้น้ำแบบจุลภาค (Micro Irrigation) จำแนกตามประเภทของหัวจ่ายน้ำได้ 3 ประเภท คือ ไมโครสปริงเกอร์ (Micro Sprinkler) หัวน้ำหยด (Dripper) และหัวฉีดน้ำเป็นจังหวะ (Pulsator)

ซึ่งระบบชลประทานในพื้นที่ดังกล่าว เป็นระบบส่งน้ำและให้น้ำภายใต้แรงดัน มีปัจจัยและองค์ประกอบที่จะนำมาตัดสินใจในการเดินเครื่องสูบน้ำค่อนข้างหลากหลายและสลับซับซ้อน อันได้แก่ ปริมาณและแหล่งน้ำต้นทุน สภาพภูมิอากาศ ชนิดพืชที่ปลูก ชนิดดิน รวมถึงระบบให้น้ำที่ทันสมัย

การศึกษา ได้ดำเนินการพัฒนาโปรแกรมด้วย VBA ใน MS.Excel ขึ้นเพื่อใช้ในการจัดทำแผนการให้น้ำ โดยแบ่งโปรแกรมออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. Yearly plan program สำหรับการวางแผนการให้น้ำตลอดปี พบว่า พื้นที่ศึกษามีการใช้น้ำรวมทั้งสิ้น 2,061,531 ลูกบาศก์เมตรต่อปี แต่จากข้อจำกัดของระบบกักเก็บน้ำในพื้นที่ศึกษาที่มีอยู่เพียง 225,000 ลูกบาศก์เมตร ประกอบกับแหล่งน้ำที่จ่ายให้กับระบบกักเก็บดังกล่าว ซึ่งได้จากคลอง R-16L-2R ของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอน ซึ่งจะมีช่วงหยุดการส่งน้ำ ทำให้พื้นที่ศึกษามีช่วงเวลาขาดน้ำถึง 6 สัปดาห์ โดยมีปริมาณน้ำที่ขาดไปทั้งสิ้น 710,658 ลูกบาศก์เมตร จึงแก้ปัญหาโดยการปรับแผนการปลูกพืชใหม่ ให้สอดคล้องกับปริมาณน้ำต้นทุนที่มี

2. Weekly plan program สำหรับการวางแผนการให้น้ำรายสัปดาห์ พบว่า สามารถจัดทำแผนการให้น้ำได้ ซึ่งแผนการให้น้ำที่ได้ถูกต้องตามเงื่อนไขของการให้น้ำ ที่ควบคุมด้วยจำนวนของเครื่องมือ ค่าระดับความชื้นในดิน และปริมาณน้ำที่ให้

จากนั้นจึงทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรม พบว่าสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์กล่าวคือ สามารถตรวจสอบและใช้ในการปรับแผนการปลูกพืชให้เหมาะสมกับน้ำต้นทุนและช่วงเวลาการหยุดส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาน้ำอนได้เป็นอย่างดี และในส่วนของการทำงานรายสัปดาห์พบว่า ระบบสามารถจัดทำแผนการให้น้ำได้โดยการใช้ Genetic Algorithms (GAs) ตรวจสอบเงื่อนไขการให้น้ำช่วงต่างๆ พร้อมทั้งปรับแผนการให้น้ำจนได้แผนการให้น้ำที่ดีที่สุด ทั้งนี้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ยังถูกออกแบบให้รองรับการปรับแผนการให้น้ำระหว่างสัปดาห์หากมีฝนตกในช่วงสัปดาห์ที่มีการให้น้ำอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาในการศึกษานี้ เป็นเพียงการเริ่มต้นของการพัฒนา ซึ่งจะเหมาะสมกับการให้น้ำที่มีศูนย์กลางในการควบคุมหรือระบบจ่ายน้ำอัตโนมัติมากที่สุดเท่านั้น จึงควรที่จะพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมให้เหมาะสมกับการให้น้ำ โดยใช้เจ้าหน้าที่เป็นผู้ควบคุมว่าล้นจ่ายน้ำได้อีกด้วย

2. โปรแกรม Yearly Plan Program ควรนำวิธีการหาค่าที่เหมาะสม (Optimization) มาช่วยในการคำนวณ เช่น การเลือกชนิดพืชที่ปลูกให้มีผลตอบแทนดีที่สุด เป็นต้น

3. ควรมีการฝึกอบรมรูปแบบการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ศึกษาให้แก่บุคลากร และเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบในการให้น้ำเพื่อให้สามารถใช้งานระบบให้น้ำแบบต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งรับทราบปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปปรับปรุง และพัฒนาโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กัมปนาท ภักดีกุล. 2547. พันธกรรมคอมพิวเตอร์ ทางเลือกใหม่ของการจัดการน้ำในยุคโลกาภิวัตน์. เอกสารประกอบการฝึกอบรม สถาบันพัฒนาการชลประทาน กรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- จำเริญ โกศลวัตร. 2533. การศึกษาเกณฑ์การออกแบบโครงข่ายท่อจ่ายน้ำประปา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เจษฎา แก้วกัลยา. 2533. การวางแผนและออกแบบระบบชลประทานในระดับไร่นา. เอกสารประกอบการสอน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- ดิเรก ทองอร่าม. 2526. ความต้องการน้ำชลประทาน และค่าชลภาระในการออกแบบระบบส่งน้ำ, น. 7-104. ใน คณะกรรมการจัดสัมมนาทางวิชาการ. เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการทำงานชลประทาน. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน, กรุงเทพฯ.
- ปกรณ ดิษฐกิจ. 2544. การหาขนาดท่อที่เหมาะสมสำหรับการแพร่กระจายน้ำแบบวงรอบโดยวิธีซีมูลาแอนนิลิ่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มนตรี คำชู. 2542. เอกสารประกอบการสอนวิชา Design of Sprinkler and Micro Irrigation System เล่ม 4. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- วรารุช วุฒินิชย์. 2545. การออกแบบระบบชลประทานในไร่นา. เอกสารประกอบการสอน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- Alperovits, E. and U. Shamir. 1977. "Design of optimal water distribution system." **Water Resources** 13 (6): 885-900.

- Dandy, G. C., A. R. Simpson and L. J. Murphy. 1996. "An improved genetic algorithm for pipe network optimization." **Water Resources Research** 32 (2): 449-458.
- Davidson, J. W. and I. C. Goulter. 1995. "Evolution Program for Design of Rectilinear Branched Networks." **J. of Computing in Civil Engineering, ASCE** 13 (4): 246-253.
- Fujiwara, O. and D. B. Khang. 1990. "A Two-Phase Decomposition Method for Optimal Design of Looped Water Distribution Networks." **Water Resources Research** 26 (4): 539-549.
- Goldberg, D. E. 1989. **Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning**. Addison-Wesley. Reading, Massachusetts.
- Goldberh, D. E. and C. H. Kuo. 1987. "Genetic algorithms in pipeline optimization." **J. Comp. in. Civ. Engrg., ASCE** 1 (2): 128-141.
- Holland, J.H. 1992. **Adaptation in Natural and Artificial Systems**. 2nd ed. Univ. of Michigan Press.
- Lansley, K. and L. Mays. 1989. "Optimization Model for Water Distribution System Design." **J. Hydr. Engrg., ASCE** 115 (10): 1401-1408.
- Meier, R. W. sand B. D. Barkdoll. 2000. "Sampling Design for Network Model Calibration Using Genetic Algorithms." **J. Water Resour. Plng. And Mgmt., ASCE** 126 (4): 137-146.
- Michalewicz, Z. 1992. **Genetic Algorithms + data structures = evolution programs**. Springer-Verlag. New York, Inc, New York
- Murphy, L. J., A. R. Simpson and G. C. Dandy. 1993. **Design of a Pipe Network Using Genetic Algorithms**. 40-42.

- Neelakantan, T. R. and C. R. Suribabu. 2005. **International Journal of Civil and Environmental Engineering** 2005 (1): 20-34.
- Reis, L. F. R., R. M. Porto and F. H. Chaudhry. 1997. "Optimal location of control valves in pipe networks by genetic algorithm." **J. Water Resour. Plng and Mgmt., ASCE** 123 (6): 317-326.
- Savic, D. A. and G. A. Walters. 1997. "Genetic algorithms for least cost design of water distribution networks." **J. Water Resour. Plng and Mgmt., ASCE** 123 (2): 67-77.
- Simpson, A. R., G. C. Dandy and L. J. Murphy. 1994. "Genetic algorithms compare to other techniques for pipe optimization." **J. Water Resour. Plng. And Mgmt., ASCE** 120 (4): 423-443.
- Walters, G. A., D. A. Savic, M. Morley, W. de Schaezlin and R. Atkinson. 1998. **Calibration of Water distribution network models using genetic algorithms**. Paper presented at Hydrosolt '98, Italy.
- Watanatade, T. 1973. "Least-Cost Design of Water Distribution Systems." **Journal of the Hydraulic Division, ASCE** 99 (9): 1497-1513.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler

ลำดับ	รายละเอียด
1. หัวสปริงเกอร์ (Sprinkler)	<ul style="list-style-type: none"> - หัวสปริงเกอร์ชนิดหัวปะทะ (Impact Sprinkler) - อัตราการจ่ายน้ำ 4 ม.³/ชม. - รัศมีการฉีดไม่น้อยกว่า 22 ม. - แรงดัน 5 บาร์ - สปริงที่ใช้ยึดแกนหมุนทำจาก Stainless Steel - ระยะการวางหัว 24 x 24 ม. - ค่าความสม่ำเสมอในการกระจายของน้ำไม่น้อยกว่า 84 % - หมุนด้วยแรงกระทำของแกนถ่วงน้ำหนัก
2. ท่อตั้งหัวสปริงเกอร์ (Riser)	<ul style="list-style-type: none"> - ท่อ GSP ขนาด 1" ยาว 2.00 ม.
3. ท่อแขนง (Lateral)	<ul style="list-style-type: none"> - ท่อลูมิเนียมขนาด ϕ 90/10 ยาว 156 ม. - ระยะระหว่าง ท่อแขนง 24 ม.
4. ท่อประธานและท่อประธานย่อย (Mainlines and Submainlines)	<ul style="list-style-type: none"> - ท่อ PVC ขนาด ϕ 150/8.5 ยาว 622 ม.
5. เครื่องสูบน้ำเพิ่มแรงดัน (Booster Pump)	<ul style="list-style-type: none"> - เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งแกนนอน ชนิด End Suction - ขนาดอัตราการสูบ ไม่น้อยกว่า Q = 60 ม.³/ชม. H = 70 ม. - ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ความเร็วรอบไม่เกิน 3000 รอบ/นาที
6. แหล่งน้ำ (Water Source)	<ul style="list-style-type: none"> - บ่อพักน้ำขนาด ความจุ 15,500 ลบ.ม. - การส่งน้ำด้วยท่อส่งน้ำสายที่ 1 ที่ กม. 1+040
7. ส่วนประกอบของท่อ (Pipe Accessories)	<p>ที่ Booster Pump</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gate Valve ϕ 150 mm. 2. Check Valve ϕ 150 mm. (Water Type) 3. Pressure Relief Valve ϕ 50 mm. 4. Pressure Gauge 5. Combination Air Valve ϕ 50 mm. 6. Butterfly Valve ϕ 100 mm. (Water Type) 7. Irrigation Water Meter ϕ 100 mm. <p>ที่ท่อประธานไปท่อแขนง มี Valve 8 ตัว ได้แก่ No.13 ถึง 20 เป็น Hydraulic Valve</p>

ตารางผนวกที่ 2 แสดงองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Boom Spray

ลำดับ	รายละเอียด
1. หัวสปริงเกอร์ (Sprinkler)	<ul style="list-style-type: none"> - หัวสปริงเกอร์ชนิด Reel Machine พร้อมชุด Boom Spray - อัตราการจ่ายน้ำรวมทั้งแขน Boom 33.2 ม.³/ชม. และแขน Boom กางออกซ้าย-ขวา โดยมีความยาว แขนรวมไม่น้อยกว่า 34.0 ม. มีความยาวการฉีดน้ำรวมตามแนว แขน Boom ไม่น้อยกว่า 40.0 ม. ที่แรงดัน 2.0 บาร์ - สามารถปรับอัตราการลากท่อ กลับได้ด้วย ตั้งแต่ 20 - 60 ม./ชม. - Boom Spray ติดตั้งบนรถลาก 3 ล้อ อย่างแน่นหนา มั่นคง และระยะระหว่างล้อสามารถปรับแต่งได้
2. ท่อแขนง (Lateral)	<ul style="list-style-type: none"> - ชุดลากท่อ PE ขนาด 75 มม. ชั้นคุณภาพ PN10 ยาว 150 ม. เคลื่อนที่ได้อย่างอัตโนมัติ - มีมาตรวัดความเร็วในการ หมุนการขับเคลื่อนของล้อ ในการม้วนท่อ
3. ท่อประธานและท่อประธานย่อย (Mainlines and Submainlines)	<ul style="list-style-type: none"> - ท่อ PVC ขนาด ϕ 150/8.5 ยาว 449 ม.
4. เครื่องสูบน้ำเพิ่มแรงดัน (Booster Pump)	<ul style="list-style-type: none"> - เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งแกนนอน ชนิด End Suction - ขนาดอัตราการสูบ ไม่น้อยกว่า $Q = 60$ ม³/ชม. $H = 55$ ม. - ขับด้วยมอเตอร์ ไฟฟ้าความเร็วรอบไม่เกิน 3000 รอบ/นาที
5. แหล่งน้ำ (Water Source)	<ul style="list-style-type: none"> - บ่อพักน้ำขนาด ความจุ 15,500 ลบ.ม. - การส่งน้ำด้วยท่อส่งน้ำสายที่ 1 ที่ กม. 1+040
6. ส่วนประกอบของท่อ (Pipe Accessories)	<ul style="list-style-type: none"> ที่ Booster Pump 1. Gate Valve ϕ 150 mm. 2. Check Valve ϕ 150 mm. (Water Type) 3. Pressure Relief Valve ϕ 50 mm. 4. Pressure Gauge 5. Combination Air Valve ϕ 50 mm. 6. Butterfly Valve ϕ 100 mm. (Water Type) 7. Irrigation Water Meter ϕ 100 mm. ที่ท่อประธานไปท่อแขนง มี Valve 8 ตัวได้แก่ No.5 ถึง 12 เป็น Butterfly Valve
7. ที่ยึดท่อตั้งหัวสปริงเกอร์ (Riser Support)	<ul style="list-style-type: none"> แขน Boom

ตารางผนวกที่ 3 แสดงองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Big Gun

ลำดับ	รายละเอียด
1. หัวสปริงเกอร์ (Sprinkler)	- หัวสปริงเกอร์ชนิด Reel machine พร้อมหัวสปริงเกอร์ Big Gun - หัวสปริงเกอร์มีอัตราการจ่ายน้ำ 60 ม. ³ /ชม. - รัศมีการฉีดไม่น้อยกว่า 40 ม. ที่แรงดัน 5 บาร์ - สามารถปรับอัตราการลากท่อกลับได้ด้วยตั้งแต่ 20-60 ม./ชม. และระยะระหว่างล้อสามารถปรับแต่งได้
2. ท่อแขนง (Lateral)	- ชูคลากท่อ HDPE ขนาด 90 มม. ชั้นคุณภาพ PN10 ยาว 150 ม. เคลือบที่ได้อย่างอัตโนมัติ - มีมาตรวัดความเร็วในการหมุนการขับเคลื่อนของล้อ ในการม้วนท่อ
3. ท่อประธาน และ ท่อประธานย่อย (Mainlines and subMainlines)	- ท่อ PVC ขนาด ϕ 150/8.5 ยาว 286 ม.
4. เครื่องสูบน้ำเพิ่มแรงดัน (Booster Pump)	- เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งแกนนอน ชนิด End Suction - ขนาดอัตราการสูบ ไม่น้อยกว่า $Q = 60$ ม. ³ /ชม. $H = 70$ ม. - ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าความเร็วรอบไม่เกิน 3000 รอบ/นาที
5. แหล่งน้ำ (Water Source)	- บ่อพักน้ำขนาด ความจุ 15,500 ลบ.ม. - การส่งน้ำด้วยท่อส่งน้ำสายที่ 1 ที่ กม. 1+040
6. ส่วนประกอบของท่อ (Pipe Accessories)	ที่ Booster Pump 1. Gate Valve ϕ 150 mm. 2. Check Valve ϕ 150 mm. (Water Type) 3. Pressure Relief Valve ϕ 50 mm. 4. Pressure Gauge 5. Combination Air Valve ϕ 50 mm. 6. Butterfly Valve ϕ 100 mm. (Water Type) 7. Irrigation Water Meter ϕ 100 mm. ที่ท่อประธานไปท่อแขนง มี Valve 4 ตัวได้แก่ No.1 ถึง 4 เป็น Butterfly Valve

ตารางผนวกที่ 4 แสดงองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Linear

ลำดับ	รายละเอียด
1. หัวสปริงเกอร์ (Sprinkler)	<ul style="list-style-type: none"> - หัวสปริงเกอร์ชนิด ติดตั้งบน โครงสร้างเหล็กเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงขนานกับแปลง Two – Wheel Linear - อัตราการจ่ายน้ำ 45 ม.³/ชม ที่ความดันไม่น้อยกว่า 35 เมตร - มีล้อช่วงละ 54.86 เมตร จำนวน 6 ช่วง พร้อม Over Hang อีก 19.3 ม. รวมเป็น 348.46 ม. ควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดไม่น้อยกว่า 1.5 แรงม้าใช้ไฟฟ้า 380 VAC - ขนาดท่อลูมิเนียมขนาด 6⁵/₈ นิ้ว สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 3.75 เมตร
2. ท่อประธานและท่อประธานย่อย (Mainlines and Submainlines)	<ul style="list-style-type: none"> - ท่อ PVC ขนาด ϕ 100/8.5 มม. ยาว 190 ม.
4. เครื่องสูบน้ำเพิ่มแรงดัน (Booster Pump)	<ul style="list-style-type: none"> - เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งแกนนอน ชนิด End Suction - ขนาดอัตราการสูบ ไม่น้อยกว่า Q = 60 ม.³/ชม. H = 55 ม. - ขับด้วยมอเตอร์ ไฟฟ้าความเร็วรอบไม่เกิน 3000 รอบ/นาที
4. แหล่งน้ำ (Water Source)	<ul style="list-style-type: none"> - บ่อพักน้ำขนาด ความจุ 15,500 ลบ.ม. - การส่งน้ำด้วยท่อส่งน้ำสายที่ 2 ที่ กม. 0+980
5. ส่วนประกอบของท่อ (Pipe Accessories)	<ul style="list-style-type: none"> ที่ Booster Pump 1. Gate Valve ϕ 100 mm. 2. Check Valve ϕ 100 mm. (Water Type) 3. Pressure Relieve Valve ϕ 50 mm. 4. Pressure Gauge 5. Combination Air Valve ϕ 50 mm. 6. Butterfly Valve ϕ 100 mm. (Water Type) 7. Irrigation Water Meter ϕ 100 mm. 8. Double Plastic Dis filter ϕ 4" 120 Mesh
6. ที่ยึดท่อตั้งหัวสปริงเกอร์ (Riser Support)	<ul style="list-style-type: none"> จำนวน 1 ชุด รายละเอียดดังนี้ - Injection rate Up to 320 l/hr - Maximum suction height 4 m. - Maximum operating temperature 40 องศา - Maximum pressure 8 bar - Minimum pressure 0.5 bar - Fertilizer tank 500 litre 1 set

ตารางผนวกที่ 5 แสดงองค์ประกอบของระบบการให้น้ำแบบ Center Pivot

ลำดับ	รายละเอียด
1. หัวสปริงเกลอร์ (Sprinkler)	<ul style="list-style-type: none"> - หัวสปริงเกลอร์ชนิด ติดตั้งบน โครงสร้างเหล็กหมุนรอบศูนย์กลาง - อัตราการจ่ายน้ำ 50 ม.³/ชม ที่ความดันไม่น้อยกว่า 35 เมตร - มีล้อช่วงละ 50 เมตร จำนวน 4 ช่วง รวม 200 เมตรควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาดไม่น้อยกว่า 1.5 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 380 VAC - โครงสร้างเป็นท่อเหล็กชุบกาาไนซ์ (Hot Drip Galvanized) ขนาด 6 5/8 นิ้ว สูงจากพื้น ไม่น้อยกว่า 3.75 เมตร - มีแท่นศูนย์กลางการหมุนเป็นพื้นคอนกรีต
2. ท่อประธานและท่อประธานย่อย (Mainlines and Submainlines)	<ul style="list-style-type: none"> - ท่อ PVC ขนาด ϕ 150/8.5 มม. ยาว 271 ม.
3. เครื่องสูบน้ำเพิ่มแรงดัน (Booster Pump)	<ul style="list-style-type: none"> - เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งแกนตั้ง ชนิด In-line - ขนาดอัตราการสูบ ไม่น้อยกว่า Q = 50 ม.³/ชม. H = 35 ม. - ขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าความเร็วรอบไม่เกิน 3000 รอบ/นาที
4. แหล่งน้ำ (Water Source)	<ul style="list-style-type: none"> - บ่อพักน้ำขนาด ความจุ 15,500 ลบ.ม. - การส่งน้ำด้วยท่อส่งน้ำสายที่ 2 ที่ กม. 0+735
5. ส่วนประกอบของท่อ (Pipe Accessories)	<ul style="list-style-type: none"> ที่ Booster Pump 1. Gate Valve ϕ 100 mm. 2. Pressure Gauge 3. Pressure Relievef Valve ϕ 50 mm. 4. Butterfly Valve ϕ 100 mm. (Water Type) 5. Double Plastic Dis filter ϕ 4" 120 Mesh 6. Irrigation Water Meter ϕ 100 mm. 7. Check Vavle ϕ 100 mm. (Water Type) 8. Combination Air Valve ϕ 50 mm.
6. ที่ยึดท่อตั้งหัวสปริงเกลอร์ (Riser Support)	<ul style="list-style-type: none"> จำนวน 1 ชุด รายละเอียดดังนี้ - Injection rate Up to 320 l/hr - Maximum suction heigth 4 m. - Maximum operating temperture 40 องศา - Maximum pressure 8 bar - Minimum pressure 0.5 bar - Fertilizer tank 500 litre 1 set

ตารางผนวกที่ 6 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)

ชนิดพืช	กะหล่ำดอก	คะน้า	ข้าวโพดหวาน	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ถั่วเหลือง	ทานตะวัน	มะเขือเทศ	ข้าวฟ่าง	หญ้ารูซี่	อ้อย	ฝ้าย
Wk01	1.01	0.54	0.65	0.63	0.64	0.68	0.73	0.54	0.88	0.65	0.88
Wk02	1.36	0.60	0.68	0.72	0.69	0.73	0.82	0.57	0.86	0.69	0.95
Wk03	1.43	0.68	0.84	0.86	0.81	0.75	0.91	0.68	0.88	0.73	1.03
Wk04	1.47	0.72	0.99	1.13	1.01	0.78	1.01	0.84	0.96	0.78	1.10
Wk05	1.49	0.78	1.16	1.35	1.23	0.81	1.12	1.05	1.07	0.83	1.16
Wk06	1.19	0.83	1.22	1.52	1.32	0.85	1.21	1.21	1.17	0.90	1.22
Wk07	1.17	0.73	1.21	1.61	1.35	0.90	1.3	1.23	1.23	0.97	1.28
Wk08		0.67	1.15	1.63	1.34	0.95	1.36	1.26	1.23	1.04	1.32
Wk09			0.96	1.58	1.27	0.97	1.41	1.25	1.18	1.10	1.34
Wk10			0.72	1.5	1.09	1.06	1.41	1.2	1.11	1.16	1.34
Wk11			0.61	1.38	0.85	1.1	1.37	1.12	1.05	1.21	1.31
Wk12				1.15	0.74	1.03	1.31	0.94	1.01	1.25	1.26
Wk13				0.9	0.74	0.92	1.22	0.78	1.01	1.30	1.21
Wk14				0.67	0.72	0.8	1.08	0.69	1.01	1.36	1.14
Wk15						0.72	0.92	0.65	1.00	1.43	1.07
Wk16								0.62	0.97	1.49	1.00
Wk17									0.90	1.54	0.93
Wk18									0.82	1.56	0.86
Wk19									0.77	1.53	0.80
Wk20									0.76	1.47	0.74
Wk21									0.83	1.40	0.69
Wk22									0.95	1.32	0.65
Wk23									1.05	1.27	0.60
Wk24									1.10	1.24	
Wk25									1.04	1.23	
Wk26									0.90	1.22	
Wk27									0.74	1.20	
Wk28									0.61	1.15	

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

ชนิดพืช	กะหล่ำดอก	คะน้า	ข้าวโพดหวาน	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ถั่วเหลือง	ทานตะวัน	มะเขือเทศ	ข้าวฟ่าง	หญ้ารูซี่	อ้อย	ฝ้าย
Wk29									0.59	1.10	
Wk30									0.70	1.03	
Wk31									0.89	0.95	
Wk32									1.09	0.87	
Wk33									1.22	0.80	
Wk34									1.23	0.73	
Wk35									1.13	0.67	
Wk36									0.98	0.62	
Wk37									0.87	0.58	
Wk38									0.86	0.55	
Wk39									0.96	0.54	
Wk40									1.10	0.52	
Wk41									1.21		
Wk42									1.24		
Wk43									1.13		
Wk44									0.94		
Wk45									0.74		
Wk46									0.59		
Wk47									0.57		
Wk48									0.66		
Wk49									0.81		
Wk50									0.97		
Wk51									1.07		
Wk52									1.10		
Mean	1.30	0.69	0.93	1.19	0.99	0.87	1.15	0.91	0.96	1.05	1.04



แสดงอาคารที่ติดตั้ง Booster Pump
ของ Impact Sprinkler

แสดงอุปกรณ์ภายในอาคาร



แสดงวาล์วควบคุมการจ่ายน้ำ
ชนิด Hydraulic Valve

แสดงข้อต่อของท่อลูมิเนียม



แสดงการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler

ภาพผนวกที่ 1 แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Impact Sprinkler



แสดงอาคารที่ติดตั้ง Booter Pump
ของ Boom Spray



แสดงอุปกรณ์ภายในอาคาร



แสดงอุปกรณ์ Reel Machine



แสดงวาล์วควบคุมการจ่ายน้ำ
แบบ Butterfly Valve



แสดงส่วนประกอบของ Boom Spray



แสดงการให้น้ำแบบ ของ Boom Spray

ภาพผนวกที่ 2 แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Boom Spray



แสดงอาคารที่ติดตั้ง Booster Pump



แสดงอุปกรณ์ภายในอาคาร



แสดงอุปกรณ์ Reel Machine



แสดงวาล์วควบคุมการจ่ายน้ำ
แบบ Butterfly Valve



แสดงส่วนประกอบของ Big Gun



แสดงการให้น้ำของ Big Gun

ภาพผนวกที่ 3 แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Big Gun



แสดงอาคารที่ติดตั้ง Booster Pump



แสดงอุปกรณ์ภายในอาคาร



แสดงวาล์วควบคุมการจ่ายน้ำ
แบบ Butterfly Valve



แสดงส่วนประกอบของ Linear



แสดงการให้น้ำของ Linear

ภาพผนวกที่ 4 แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Linear



เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่งแกนตั้งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า
อัตราการจ่ายน้ำ 50.4 ลบ.ม./ชม. ที่แรงดัน 35 ม.



แผงควบคุมการจ่ายน้ำ



ล้อขนาดใหญ่ขนาด 11.2x38 นิ้ว



Butterfly Valve ขนาด 6 5/8 นิ้ว



หัวสปริงเกลอร์ชนิดติดตั้งบน โครงสร้างเหล็ก



หัวสปริงเกลอร์ Big Gun ที่ปลายชุด

ภาพผนวกที่ 5 แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Center Pivot



ท่อจ่ายน้ำชนิดอ่อน (Lay Flat Hose)
และ Hydrant Valve ขนาด 8 นิ้ว



Outlet ขนาด 2 นิ้ว ควบคุมการจ่ายน้ำ
ตั้งแต่ 0-5 ลิตร/วินาที



หัวจ่ายน้ำที่ติดตั้งทุกๆ ระยะ 75 ซม.

ภาพผนวกที่ 6 แสดงอุปกรณ์ของระบบการให้น้ำแบบ Gated Pipe

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นายธีระศักดิ์ ทองศิริ
เกิดวันที่	7 พฤษภาคม 2503
สถานที่เกิด	จังหวัดปทุมธานี
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา) วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมชลประทาน
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	—
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	—