การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการระบบการให้น้ำแบบใช้ความดันสำหรับพืชอินทรีย์

MANAGEMENT OF PRESSURIZED IRRIGATION SYSTEM FOR ORGANIC VEGETABLE USING COMPUTER-AIDED PROGRAM

ชมพูนุช กูลเกตุวงศ์
CHOMPOONUD KULKETWONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2550

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการระบบการให้น้ำแบบใช้ความดันสำหรับพืชอินทรีย์

MANAGEMENT OF PRESSURIZED IRRIGATION SYSTEM FOR ORGANIC VEGETABLE USING COMPUTER-AIDED PROGRAM

ชมพูนุช กูลเกตุวงศ์

CHOMPOONUD KULKETWONG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....71570
วัน,เดือน,ปี.....22 พ.ค. 2550

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

MANAGEMENT OF PRESSURIZED IRRIGATION SYSTEM FOR ORGANIC VEGETABLE USING COMPUTER-AIDED PROGRAM

CHOMPOONUD KULKETWONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการระบบการให้น้ำแบบใช้ความดันสำหรับพืชอินทรีย์
นักศึกษา	นางสาวชมพูนุช กูลเกตุวงศ์
รหัสประจำตัว	46063901
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ.	2550
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.วินัย กล้าจริง
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์
	รศ.ดร.เกษม สร้อยทอง

บทคัดย่อ

เนื้อหาสาระสำคัญฉบับนี้ นำเสนอการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการระบบการให้น้ำแก่พืชแบบใช้ความดันได้แก่ไมโครสปริงเกลอร์ ไมโครสเปรย์และน้ำหยด ซึ่งในโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ประกอบด้วยสี่ส่วนหลัก โดยส่วนแรกผู้ใช้งานต้องป้อนข้อมูลสภาพพื้นที่เพาะปลูก ชนิดพืช และเดือนที่ทำการเพาะปลูก ส่วนที่สองจะคำนวณหาขนาดอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับวิธีการให้น้ำที่เลือกจากส่วนแรก ส่วนที่สามเป็นฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ ส่วนขั้นสุดท้ายเป็นส่วนที่ใช้คำนวณหาเวลาการให้น้ำแก่พืชที่เหมาะสม ทำการทดลองโดยนำผลลัพธ์เวลาของไมโครสปริงเกลอร์ไปใช้ในการให้น้ำแก่คะน้าอินทรีย์ สามารถทำให้ดินมีความชื้นพอเพียงต่อความต้องการของคะน้า ส่งผลให้คะน้าเจริญเติบโตได้ดี

Thesis	Management of pressurized irrigation system for organic vegetable using computer-aided program
Student	Miss Chompoonud Kulketwong
Student ID	46063901
Degree	Master of Engineering
Program	Agricultural Engineering
Year	2007
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Vinai Klajring
Thesis Co-Advisor	Asst.Prof.Dr.Songvoot Sangchan
	Assoc.Prof.Dr.Kasem Soytong

ABSTRACT

This thesis presents the application of computer-aided program for managing pressurized micro-sprinklers, micro-spray and drip irrigation system. The program consists of four main components. The user first enters information concerning soil condition, type of vegetable and the month of cultivation into the program. The program then calculates and identifies the most suitable type of pressurized irrigation system. The third component concerns the database of collected parameters to be used in subsequent calculations, while the last component calculates the appropriate irrigation time for the specified type of vegetable. The program was tested on the growth of Chinese organic kale. Documented results illustrate the program was effective in calculating the suitable soil moisture level for successful kale cultivation.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมและเป็นผู้ตรวจทานต้นฉบับวิทยานิพนธ์และบทความของข้าพเจ้า, ผศ.ดร. วินัย กล้าจริง อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร. เกษม สร้อยทอง อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ทั้งสามท่าน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆ ท่านที่ให้คำแนะนำ กำลังใจและช่วยเหลือข้าพเจ้าในเรื่องการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ. อุบล พุกกะณะสุต ที่ช่วยแก้ไขและเรียบเรียงบทคัดย่อภาษาอังกฤษให้ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ คุณชอบ สุขเกษม เจ้าหน้าที่ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดชัยนาท (จักรกลเกษตร) ที่ได้สนันสนุนข้อมูลและเอกสารที่ใช้ในการทำวิจัย และให้คำปรึกษา กำลังใจในเรื่องการเรียน การทำวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณน้องๆ นักศึกษาปริญญาตรีต่อเนื่องดังรายนามต่อไปนี้ คุณข่าน สิงหสรุศักดิ์, คุณขวัญชัย เพ็งศุข และคุณวราเดช แสงบุญ ที่ช่วยเหลือด้านการวิจัยทั้งการเตรียมอุปกรณ์และเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช เป็นผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ วิศวกรรมเกษตรรุ่นสี่และมิตรสหายจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในห้องเรียนภาษาญี่ปุ่น โรงเรียนภาษาและวัฒนธรรม สสท. ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ รับฟัง ให้คำแนะนำและปลอบขวัญข้าพเจ้าเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาและบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา คุณอา คุณย่า คุณปู่และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ เรื่อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชมพูนุช กูลเกตุวงศ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญภาพ..... VII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ปัญหาและเหตุผลในการศึกษา..... 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 2

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา..... 2

1.4 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย..... 2

1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.7 ขั้นตอนการศึกษา..... 3

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 เกษตรอินทรีย์..... 4

2.2 วิธีการให้น้ำพืชที่ใช้ในปัจจุบัน..... 15

2.3 ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม..... 26

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 27

บทที่ 3 สมการที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์..... 30

3.1 สมการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช..... 30

3.2 สมการคำนวณการให้น้ำพืชแบบไมโครสปริงเกลอร์..... 30

3.3 สมการคำนวณการให้น้ำพืชแบบน้ำหยด..... 32

3.4 สมการหาขนาดอุปกรณ์ที่ใช้งาน..... 36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย..... 40

4.1 การออกแบบโปรแกรมการจัดการระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน..... 40

4.2 ติดตั้งระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน..... 43

4.3 การทดสอบระบบการให้น้ำพืช..... 46

บทที่ 5 ผลการทดลอง..... 50

5.1 ผลการทดสอบการออกแบบโปรแกรมการจัดการระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน..... 50

5.2 ผลการทดลองติดตั้งระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน..... 52

5.3 ผลการทดลองระบบการให้น้ำพืช..... 53

บทที่ 6 อภิปรายผลการทดลอง..... 64

6.1 ผลการทดสอบการออกแบบโปรแกรมการจัดการระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน..... 64

6.2 ผลการทดลองของการติดตั้งระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน..... 67

6.3 ผลการทดลองระบบการให้น้ำพืช..... 68

6.4 ผลการทดลองการหาเวลาให้น้ำที่เหมาะสมด้วยคอมพิวเตอร์..... 71

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 72

7.1 สรุปผลการวิจัย..... 72

7.2 ข้อเสนอแนะ..... 73

เอกสารอ้างอิง..... 75

ภาคผนวก..... 79

ภาคผนวก ก. ข้อมูลการทดสอบระบบการให้น้ำแบบใช้ความดัน..... 80

ภาคผนวก ข. ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์..... 83

ภาคผนวก ค. ตัวอย่างการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์..... 89

ประวัติผู้เขียน..... 94

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าการใช้น้ำของคะน้าที่ปลูก 55 วันในภาคต่างๆ ของประเทศไทย.....	10
5.1	ระยะเวลาให้น้ำคะน้าในแต่ละสัปดาห์.....	52
5.2	แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่ใช้ทดลอง.....	53
5.3	แสดงค่าความชื้นในดินก่อนการให้น้ำและหลังการให้น้ำ.....	53
5.4	แสดงค่าอัตราการไหลของอุปกรณ์จ่ายน้ำแบบต่างๆ.....	55
5.5	ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยน้ำหยด.....	56
5.6	ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยไมโครสปริงเกลอร์.....	57
5.7	ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยไมโครสเปรย์.....	58
5.8	ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำแบบใช้แรงงาน.....	59
5.9	ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยไมโครสปริงเกลอร์ (การทดลองครั้งที่1).....	60
5.10	ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยไมโครสปริงเกลอร์ (การทดลองครั้งที่2).....	61
5.11	ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยไมโครสปริงเกลอร์ (การทดลองครั้งที่3).....	62
5.12	ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำแบบใช้แรงงาน.....	63
ก.1	อัตราการไหลของน้ำหยด.....	81
ก.2	ความชื้นที่จุด Field capacity ของดินที่ใช้ทดลอง.....	82
ข.1	ปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงสำหรับจังหวัดต่างๆ (มิลลิเมตรต่อวัน).....	86
ข.2	ค่าสัมประสิทธิ์พืชของคะน้า.....	88

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนยาว	16
2.2	การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนราบ	17
2.3	การให้น้ำแบบท่วมเป็นอ่าง	17
2.4	การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนขอบเนิน	17
2.5	การให้น้ำแบบท่วมจากคูของเนิน	18
2.6	การให้น้ำแบบร่องคูลาด	18
2.7	การให้น้ำแบบร่องคูของเนิน	19
2.8	การให้น้ำแบบร่องคูราบ	19
2.9	การให้น้ำแบบร่องคูเล็ก	20
2.10	สปริงเกลอร์ต่างๆ (ก) แบบ Pop-up (ข) แบบ Rotating sprinkler (ค) แบบ Big Gun	21
2.11	หัวจ่ายน้ำแบบมิสสเปรย์	22
2.12	หัวจ่ายน้ำแบบไมโครเจ็ท	22
2.13	หัวจ่ายน้ำแบบไมโครสเปรย์	23
2.14	หัวจ่ายน้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์	23
2.15	หัวจ่ายน้ำหยด	24
4.1	แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	42
4.2	ขั้นตอนการทำงานของส่วนคำนวณอุปกรณ์ให้น้ำ	42
4.3	ลักษณะการติดตั้งหัวน้ำหยดในแปลงทดลอง	44
4.4	ลักษณะการติดตั้งไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์	45
4.5	ลักษณะการติดตั้งการให้น้ำภายในโรงเรือน	45
4.6	ลักษณะการติดตั้งถังเก็บน้ำและเครื่องสูบน้ำ	45
4.7	การออกแบบพื้นที่ทดลอง	46
4.8	การหาอัตราการไหลของไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์	47
4.9	การหาอัตราการไหลของน้ำหยด	48
4.10	การแบ่งระยะสำหรับการปลูก (ก) ก่อนการปลูก (ข) หลังการปลูก	49
5.1	หน้าแรกการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์	50
5.2	การคำนวณหาอุปกรณ์การให้น้ำโดยใช้ไมโครสปริงเกลอร์	51
5.3	การคำนวณหาเวลาที่ต้องให้น้ำ	51
6.1	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่เป็นหน้าแรก	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
6.2	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่คำนวณอุปกรณ์สำหรับน้ำหยด.....	65
6.3	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่คำนวณอุปกรณ์สำหรับไมโครสปริงเกลอร์.....	65
6.4	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่คำนวณอุปกรณ์สำหรับไมโครสเปรย์.....	66
6.5	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่เป็นฐานข้อมูล.....	66
6.6	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่เป็นการคำนวณหาเวลาให้น้ำพืช.....	67
6.7	การติดตั้งระบบให้น้ำแบบใช้ความดันก่อนการปลูกคะน้าอินทรีย์.....	68
6.8	การให้น้ำคะน้าอินทรีย์ด้วยระบบน้ำหยด.....	69
6.9	การให้น้ำคะน้าอินทรีย์ด้วยระบบไมโครสเปรย์.....	69
6.10	การให้น้ำคะน้าอินทรีย์ด้วยระบบไมโครสปริงเกลอร์.....	70
6.11	เปรียบเทียบความยาวลำต้นคะน้าอินทรีย์ที่รับน้ำด้วยวิธีต่างๆ.....	70
6.12	เปรียบเทียบความยาวลำต้นและรากของคะน้าอินทรีย์ที่รับน้ำด้วยวิธีต่างๆ.....	71
ข.1	แผนภูมิสำหรับหาค่าเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน (H_L) ของท่อ LDPE.....	84
ข.2	แผนภูมิสำหรับหาค่าเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน (H_L) ของท่อพีวีซี.....	85
ค.1	หน้าหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	90
ค.2	ผลการคำนวณหาอุปกรณ์ให้น้ำแบบน้ำหยด.....	91
ค.3	ผลการคำนวณหาอุปกรณ์ให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์.....	91
ค.4	ผลการคำนวณหาระยะเวลาให้ด้วยคะน้าอายุ 1 สัปดาห์ ด้วยวิธีน้ำหยด.....	92
ค.5	ผลการคำนวณหาระยะเวลาให้ด้วยคะน้าอายุ 1 สัปดาห์ ด้วยวิธีไมโครสปริงเกลอร์..	92
ค.6	ผลการคำนวณหาระยะเวลาให้ด้วยคะน้าอายุ 1 สัปดาห์ ด้วยวิธีไมโครสเปรย์.....	93

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ปัญหาและเหตุผลในการศึกษา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่ผลิตและส่งออกผลิตผลทางเกษตร รวมถึงอาหารในลำดับต้นๆ ของโลก พื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทยมีความเหมาะสมและสามารถพัฒนาศักยภาพด้านการเพิ่มผลผลิตให้อยู่ในระดับที่สูงได้ ซึ่งหลักเกณฑ์การส่งผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรสู่ต่างประเทศทั้งในทวีปเอเชีย ยุโรปและในประเทศที่พัฒนาแล้วเช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย อังกฤษ ฯลฯ เป็นต้น เน้นเรื่องความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสำคัญ รวมทั้งการรักษาสิ่งแวดล้อมด้วย วิธีที่เหมาะสมและดีที่สุดในปัจจุบันคือเกษตรอินทรีย์

เกษตรอินทรีย์เป็นกระบวนการผลิตโดยใช้หลักความสมดุลของธรรมชาติ เพื่อให้ปลอดภัยทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค แม้กระทั่งสภาพแวดล้อม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้จัดทำมาตรฐานเกษตรอินทรีย์โดยแบ่งเป็นการผลิตพืชอินทรีย์และประมงอินทรีย์

การผลิตพืชในทุกขั้นตอนตั้งแต่เริ่มเตรียมดิน การปลูก ดูแลรักษาและเก็บเกี่ยวหรือแม้กระทั่งหลังเก็บเกี่ยวต้องไม่มีการใช้สารเคมีใดๆ เช่น ปุ๋ยเคมี สารเคมีสังเคราะห์ในการจัดการศัตรูพืช ไม่ใช้พันธุ์พืชหรือสัตว์ที่เกิดจากการตัดต่อดัดแปลงพันธุกรรมใดๆ ใช้การปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ ส่วนการให้น้ำพืชอินทรีย์นั้นสามารถใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพ เนื่องจากพืชอินทรีย์ส่วนมากปลูกโดยหลีกเลี่ยงการติดโรคพืชและแมลง มักปลูกภายในโรงเรือน การให้น้ำแก่พืชนับว่ามีความสำคัญที่จะทำให้เกษตรกรสามารถใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การให้น้ำแก่พืชที่พบเห็นได้ทั่วไปในปัจจุบันนี้ได้แก่ การให้น้ำทางผิวดินแบบร่องคูที่ใช้ในสวนผัก แต่จะมีการสูญเสียน้ำมากเนื่องจากเกิดการระเหยของน้ำในระหว่างที่มีความร้อน แสงแดดส่องถึง รวมทั้งให้น้ำมากเกินความจำเป็นสำหรับต้นพืช อาจทำให้พืชเจริญเติบโตไม่เต็มที่ การให้น้ำแบบสปริงเกลอร์เหมาะกับพืชยืนต้นหรือพืชที่มีขนาดใหญ่ ส่วนไมโครสปริงเกลอร์เหมาะกับพืชที่ปลูกแบบติดกันและพืชขนาดเล็กเช่นผักและสามารถใช้กับต้นไม้ใหญ่ เพื่อให้ใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำหยดสามารถใช้กับพืชได้ทุกชนิด แต่ขึ้นอยู่กับงบประมาณของผู้ผลิตและเกษตรกร ถ้ามีการข้อมูลการใช้น้ำของพืช อุปกรณ์และวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมจะทำให้เกิดศักยภาพมากขึ้น

การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน จะช่วยให้ผู้ผลิตสามารถออกแบบระบบให้น้ำได้อย่างถูกต้องและได้ผลผลิตสูงสุด โดยใช้ปริมาณน้ำน้อยกว่า

การให้น้ำตามสวนผักทั่วๆไปและคำนวณเวลาให้น้ำที่เหมาะสม ทำให้ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายน้ำและทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบัน

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มุ่งหวังเพื่อออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการระบบให้น้ำพืชอินทรีย์โดยใช้ความดัน และศึกษาการให้น้ำของพืชอินทรีย์ที่เลือกใช้ในการทดลองโดยใช้ระบบความดัน

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

การปลูกพืชอินทรีย์โดยใช้วิธีการให้น้ำแบบบัวรดน้ำหรือใช้แรงงานคนนั้น อาจให้น้ำได้ไม่ทั่วถึงและเกิดการสูญเสียทรัพยากรน้ำโดยสิ้นเปลือง หรือให้น้ำเกินความต้องการของพืช รวมทั้งไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ไป

การแก้ปัญหาด้วยวิธีการให้น้ำแบบใช้ความดันที่เหมาะสมสำหรับพืชอินทรีย์ได้แก่ ไมโครสปริงเกลอร์ ไมโครสเปรย์ และน้ำหยด เพื่อหาวิธีที่ใช้น้ำได้ประหยัดและตรงกับความต้องการของพืชมากที่สุด และเปรียบเทียบการให้น้ำที่ดีที่สุดด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาเวลาการให้น้ำที่เหมาะสม ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้แบ่งออกเป็นการคำนวณหาอุปกรณ์การให้น้ำด้วยความดันและคำนวณเวลาที่เหมาะสมกับพืชผักอินทรีย์ได้แก่คะน้า เพื่อใช้สำหรับการออกแบบและติดตั้งระบบ

1.4 ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการระบบการให้น้ำกับทรัพยากรน้ำที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้เกิดประโยชน์สูงสุดด้วยวิธีการให้น้ำแบบใช้ความดันที่สามารถให้น้ำในปริมาณที่น้อย แต่ทำให้ดินมีความชุ่มชื้นพอเหมาะกับความต้องการของพืช และสามารถคำนวณเวลาการให้น้ำและขนาดอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูก

วิธีการให้น้ำที่เหมาะสมกับการปลูกพืชอินทรีย์เช่นน้ำหยด ไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์ ที่สามารถทำให้คะน้ามีคุณภาพและน้ำหนักดีขึ้น ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้เปรียบเทียบผลการทดลองวิธีที่ดีที่สุด

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1 ศึกษาระบบการให้น้ำแก่พืชอินทรีย์ได้แก่คะน้า โดยใช้ระบบความดัน 3 แบบคือ ไมโครสปริงเกลอร์ ไมโครสเปรย์และน้ำหยด

2 ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 เพื่อช่วยในการจัดการระบบให้น้ำพืช

3 เปรียบเทียบข้อมูลการทดลองการใช้น้ำในโรงเรือน กับข้อมูลการใช้น้ำพืชจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับช่วยจัดการระบบให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน เพื่อช่วยให้ออกแบบระบบการให้น้ำง่ายขึ้น และสามารถคำนวณหาเวลาสำหรับวิธีการให้น้ำแก่พืชอินทรีย์ที่เหมาะสมกับความต้องการน้ำของพืช ทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพมากขึ้น

1.7 ขั้นตอนการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 บทด้วยกันดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงปัญหาและเหตุผลในการศึกษา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงเกษตรอินทรีย์ได้แก่ ความเป็นมาของเกษตรอินทรีย์ การปลูกพืชอินทรีย์ ดิน น้ำ ปุ๋ย การจัดการศัตรูพืช คะน้า การให้น้ำพืชที่ใช้ในปัจจุบันได้แก่การให้น้ำทางผิวดิน การให้น้ำใต้ดิน และการให้น้ำแบบใช้ความดัน ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 กล่าวถึงสมการที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แก่ สมการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช สมการคำนวณการให้น้ำพืชแบบไมโครสปริงเกลอร์ สมการคำนวณการให้น้ำพืชแบบน้ำหยด สมการหาขนาดอุปกรณ์ที่ใช้งาน

บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีดำเนินการวิจัยได้แก่ การออกแบบโปรแกรมการจัดการระบบให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน การติดตั้งระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน การทดสอบระบบให้น้ำ

บทที่ 5 กล่าวถึงการผลการทดลองได้แก่ การออกแบบโปรแกรมการจัดการระบบให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน การติดตั้งระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน การทดสอบระบบให้น้ำ

บทที่ 6 กล่าวถึงการอภิปรายผลการทดลองได้แก่ การออกแบบโปรแกรมการจัดการระบบให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน การติดตั้งระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน การทดสอบระบบให้น้ำ การหาเวลาให้น้ำที่เหมาะสมด้วยคอมพิวเตอร์

บทที่ 7 กล่าวถึงสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการวิจัยได้แก่ เกษตรอินทรีย์ การให้น้ำพืชที่ใช้ในปัจจุบัน ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจำเป็นต้องทำความรู้จักและเข้าใจกับเนื้อหาของบทนี้ เพื่อนำไปสู่การทดลองขั้นต่อไป

2.1 เกษตรอินทรีย์

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ [1] ได้กำหนดนิยามของคำว่าเกษตรอินทรีย์ (Organic agricultural) หมายถึง ระบบการจัดการผลิตด้านเกษตรแบบองค์รวมที่เกื้อหนุนต่อระบบนิเวศ รวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพ วงจรชีวภาพ โดยเน้นการใช้วัสดุธรรมชาติ หลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบจากการสังเคราะห์ และไม่ใช้พืช สัตว์ หรือจุลินทรีย์ที่ได้มาจากเทคนิคการดัดแปลงพันธุกรรม (Genetic modification) หรือพันธุวิศวกรรม (Genetic engineering) มีการจัดการกับผลิตภัณฑ์โดยเน้นการแปรรูปด้วยความระมัดระวัง เพื่อรักษาสภาพการเป็นเกษตรอินทรีย์ และคุณภาพที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอน

กรมวิชาการเกษตร [2] ให้นิยามว่าเกษตรอินทรีย์คือ ระบบการผลิตที่คำนึงถึงสภาพแวดล้อม รักษาสมดุลของธรรมชาติและความหลากหลายของทางชีวภาพ โดยมีระบบการจัดการนิเวศวิทยาที่คล้ายคลึงกับธรรมชาติ และหลีกเลี่ยงการใช้สารอินทรีย์ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และฮอร์โมนต่างๆ ตลอดจนไม่ใช้พืชและสัตว์ที่เกิดจากการตัดต่อทางพันธุกรรมที่อาจเกิดมลพิษในสภาพแวดล้อม เน้นการใช้อินทรียวัตถุเช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยชีวภาพ ในการปรับปรุงบำรุงให้มีความอุดมสมบูรณ์เพื่อให้ต้นพืชมีความแข็งแรงสามารถต้านทานโรคและแมลงด้วยตนเอง รวมถึงการนำเอาภูมิปัญญาชาวบ้านมาใช้ประโยชน์ด้วย ผลผลิตที่ได้จะปลอดภัยจากสารพิษตกค้างทำให้ปลอดภัยทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค และไม่ทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมอีกด้วย

สมศักดิ์ อาศรัยจ้าว [3] ได้ให้คำจำกัดความว่า เป็นการเกษตรที่สร้างสรรค์ให้ระบบนิเวศเกิดการผลิตที่ยั่งยืน ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและปรับปรุงสภาพแวดล้อมที่มีความหลากหลายทางชีวภาพในระบบการเกษตร เกิดการผสมผสานเกื้อกูลซึ่งกันและกัน หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ เป็นการหมุนเวียนการใช้ทรัพยากรในไร่นาให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2.1.1 ความเป็นมาของเกษตรอินทรีย์

เกษตรอินทรีย์นั้นเริ่มตั้งแต่มนุษย์สามารถปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์เมื่อ 10,000 ปีที่ผ่านมา โดยพึ่งพิงธรรมชาติและใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์มากที่สุด [4] ส่วนการเกษตรอินทรีย์

สมัยใหม่โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์เริ่มครั้งแรกในทวีปยุโรปเมื่อปี พ.ศ. 2479 โดยเซอร์อัลเบิร์ต โฮเวิร์ต ในหนังสือเรื่องคัมภีร์การเกษตร (An agricultural testament) เมื่อเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2483 กล่าวถึงการทำเกษตรอินทรีย์ไว้ 7 ประการดังนี้

1 สุขภาพที่ดีเป็นสิทธิ์ขั้นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทั้งปวง

2 สุขภาพที่ดีต้องใช้ได้กับทั้งดิน พืช สัตว์และมนุษย์ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

3 ความอ่อนแอที่เกิดขึ้นกับห่วงโซ่อาหารแรกคือ ดิน จะส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อาหารอื่นๆ ที่อยู่ลำดับสูงขึ้นไปตามลำดับจนถึงมนุษย์ซึ่งอยู่บนสุด

4 การระบาดของโรคแมลงต่อพืชและสัตว์ในระบบการเกษตรสมัยใหม่คือ ปัญหาในห่วงโซ่อาหารที่สองและสาม

5 ปัญหาสุขภาพของมนุษย์เป็นผลมาจากห่วงโซ่อาหารที่สองและสาม

6 สุขภาพที่ไม่ดีของพืช สัตว์และมนุษย์เป็นผลต่อเนื่องมาจากสุขภาพที่ไม่ดีของดิน

7 การยอมรับกฎและบทบาทของธรรมชาติ โดยสำนึกถึงปัญหาที่เกิดขึ้น จะทำให้เกิดการปรับเปลี่ยน การพัฒนาให้ถูกต้องโดยไม่ยากทั้งนี้จะต้องไม่กระทำการใดๆ ที่เป็นการรบกวนต่อกระบวนการสะสมธาตุอาหารในดินที่ดำเนินการโดยจุลินทรีย์ในดิน

การทำเกษตรอินทรีย์ในสหรัฐอเมริกา [5] เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2488 และเริ่มมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์อินทรีย์ในปี พ.ศ. 2532 มีพื้นที่การทำเกษตรอินทรีย์ประมาณ 2.37 ล้านเอเคอร์ (5.93 ล้านไร่) ระดับการผลิตพืชผักอินทรีย์ในสหรัฐอเมริกาแบ่งเป็น 3 ระดับคือ

1 สวนเกษตรอินทรีย์ในครัวเรือน (Organic farmhouse garden)

2 สวนเกษตรอินทรีย์ระดับชุมชน (Organic community garden) เกิดจากการรวมตัวของสมาชิกในชุมชน โดยจัดสรรพื้นที่ของชุมชนเป็นแปลงผลิตพืชผักและช่วยกันดูแลตลอดจนแบ่งปันผลผลิต

3 ฟาร์มเกษตรอินทรีย์ที่ผลิตเพื่อการค้า (organic commercial farm) มีพื้นที่การผลิตตั้งแต่ 5 ถึง 500 เอเคอร์ (12.5 ถึง 1,250 ไร่) ส่วนใหญ่ใช้เครื่องจักรกลในกระบวนการผลิต

รูปแบบของฟาร์มเกษตรอินทรีย์แบ่งเป็น

- ฟาร์มพืชผักอินทรีย์
- ฟาร์มไม้ผลอินทรีย์
- ฟาร์มปศุสัตว์ ซึ่งส่วนใหญ่เลี้ยงโคนม
- ฟาร์มแบบผสมผสาน มีการผลิตพืชผัก ไม้ผล เลี้ยงสัตว์และป่าไม้ร่วมกัน ด้วยระบบการผลิตแบบชีวภาพ (Bio production) ที่มีการหมุนเวียนใช้ทรัพยากรธรรมชาติในฟาร์มเป็นหลัก

การเริ่มต้นของเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย [6] บุคคลแรกที่เป็นผู้ริเริ่มทดลองคือ คุณพันธุ์เลิศ บูรณศิลปิน ทำการทดลองในสวนไม้ผลที่ไร่วังน้ำค้างและสวนผักทางภาคเหนือของ

ประเทศไทย หลักการจัดการใช้ปุ๋ยโดยใช้ปุ๋ยหมักจากใบไม้ต่างๆ หลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช นอกจากนั้นยังมีคุณอรรณพ ตันสกุล เกษตรกรเจ้าของสวนส้ม ได้พัฒนาวิธีปฏิบัติระบบเกษตรอินทรีย์ในสวนส้มเมื่อปี พ.ศ. 2526 โดยใช้สมุนไพรทดแทนสารเคมีซึ่งเป็นสูตรผสมของสะเดา ข่า ตะไคร้หอม บดรวมกันแช่น้ำไว้ 1 คืน จากนั้นสามารถนำมาฉีดต้นไม้เช่นส้มเขียวหวาน พบว่าสามารถควบคุมเพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ ไรแดงและหนอนชอนใบได้

2.1.2 ตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์

การผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทยเริ่มเมื่อปี พ.ศ. 2535 โดยกรมวิชาการเกษตรร่วมกับบริษัทในเครือนครหลวงและบริษัทในเครือสยามวิวัฒน์ ผลิตข้าวอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดพะเยาและเชียงราย ส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศภายใต้การควบคุมขององค์กรตรวจสอบคุณภาพประเทศอิตาลี ซึ่งเป็นสมาชิกสมาพันธ์การเกษตรอินทรีย์ระหว่างประเทศ (IFOAM) [7] และยังมีการผลิตข้าวอินทรีย์ในหลายจังหวัดทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยเช่น จังหวัดสุรินทร์ ยโสธร ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ เป็นต้น เพื่อส่งออกไปยังสหภาพยุโรป ภายใต้เครือข่ายของมูลนิธิสายใยแผ่นดิน จังหวัดอุบลราชธานี ในนามของเกษตรก้าวหน้า

นอกจากนี้ยังมีการส่งกล้วยหอมอินทรีย์ไปยังประเทศญี่ปุ่น โดยสหกรณ์การเกษตรท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี ร่วมกับสหกรณ์ผู้บริโภคโตโต้ ประเทศญี่ปุ่น และในช่วงปี พ.ศ. 2542 ถึง 2546 กรมส่งเสริมการส่งออก กระทรวงพาณิชย์ได้ร่วมกับกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้จัดทำโครงการนำร่องเกษตรเพื่อการส่งออก โดยร่วมกับบริษัทส่งออกจำนวน 6 บริษัท เพื่อส่งออกผลผลิตอินทรีย์ 6 ชนิดได้แก่ หน่อไม้ฝรั่ง ข้าวโพดฝักอ่อน กล้วยไข่ สับปะรด ขิงและกระเจี๊ยบเขียว ไปจำหน่ายยังประเทศสิงคโปร์ ฮ่องกง ญี่ปุ่น ยุโรปและสหรัฐอเมริกา

ประเทศที่มีการซื้อขายผลผลิตเกษตรอินทรีย์มากที่สุด 10 อันดับแรกคือ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เยอรมัน อังกฤษ อิตาลี ฝรั่งเศส สวิสเซอร์แลนด์ เดนมาร์ก ออสเตรเลีย เนเธอร์แลนด์และสวีเดน

สินค้าที่มีศักยภาพในการส่งออก

- พืชได้แก่ ข้าวหอมมะลิ ข้าวโพดฝักอ่อน หน่อไม้ฝรั่ง กระเจี๊ยบเขียว ขิง สมุนไพรและเครื่องเทศ ชา กล้วยไข่ กล้วยหอม ลำไยและสับปะรด เป็นต้น
- ประมงได้แก่ กุ้งกุลาดำ ปลาสลิด
- ปศุสัตว์ได้แก่ ไก่ สุกร ไข่ไก่
- อื่นๆ ได้แก่ น้ำผึ้ง

แหล่งผลิตผลผลิตเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย [8] ประกอบด้วยแหล่งผลิตข้าวอินทรีย์ที่อยู่ในจังหวัดพะเยา เชียงราย สุรินทร์ ยโสธร อุบลราชธานี ศรีสะเกษ ส่วนผักอินทรีย์มักปลูกอยู่ที่จังหวัดนครปฐม ราชบุรี กาญจนบุรี สระแก้ว สุพรรณบุรี เชียงใหม่ ลำพูน

ปัญหาในการทำเกษตรอินทรีย์ [9]

- ผลผลิตจะไม่ออกทั้งปี แต่ออกตามฤดูกาล
- ราคาผลผลิตจะสูงกว่า

2.1.3 การปลูกพืชอินทรีย์

กรมวิชาการเกษตร [10] ได้ให้คำจำกัดความของพืชอินทรีย์หมายถึงพืช ผลผลิตและผลิตภัณฑ์จากพืชที่ได้จากการผลิตโดยใช้วัสดุธรรมชาติ ไม่ใช้พืชที่มีการตัดต่อสารพันธุกรรม รักษาความหลากหลายทางชีวภาพและไม่ก่อให้เกิดภาวะสิ่งแวดล้อม

การปลูกพืชอินทรีย์เริ่มจากการเลือกพื้นที่ปลูกให้เหมาะสม ห่างจากโรงงานอุตสาหกรรม แหล่งเพาะปลูกที่ใช้สารเคมี และมีแหล่งน้ำสะอาดไม่มีสารพิษเจือปน ต้องศึกษาประวัติของพื้นที่ที่ต้องการใช้ว่าเคยปลูกพืชชนิดใด มีการใช้ปุ๋ยและสารเคมีย้อนหลัง 3 ปีหรือไม่ เลือกปลูกพืชให้เหมาะสมกับสภาพดิน สังเกตพืชที่ขึ้นอยู่เดิม รวมถึงเก็บตัวอย่างดินและน้ำไปวิเคราะห์ หลังจากนั้นต้องวางแผนจัดการสำหรับการปลูกเช่น วางแผนป้องกันสารพิษจากภายนอกทั้งทางน้ำและทางอากาศ การป้องกันทางน้ำโดยการขุดคูรอบแปลง การป้องกันทางอากาศโดยปลูกพืชกันชนพวกไม้สูงบนคันกั้นน้ำรอบแปลง วางแผนป้องกันจัดระบบการระบายน้ำ การเก็บรักษาเครื่องมือและทางเข้าออกพื้นที่ วางแผนการปลูกพืชเลือกฤดูปลูกที่เหมาะสม พันธุ์พืชที่ต้านทานโรคและแมลง พืชบำรุงดิน พืชไล่แมลง [11]

เมื่อวางแผนเสร็จควรทำการเลือกพันธุ์ปลูกโดยคำนึงถึงสภาพดิน ภูมิอากาศ ความต้านทานต่อโรค แมลงและวัชพืช รวมถึงความหลากหลายของพืชภายในแปลง ต้องไม่ใช้พืชที่ตัดต่อหรือดัดแปลงพันธุกรรม ส่วนการปรับปรุงบำรุงดินนั้นต้องเลือกพื้นที่ๆ มีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่ต้องไม่ทำลายป่าโดยเด็ดขาด และควรใช้อินทรียวัตถุในการปรับโครงสร้างดินและให้ธาตุอาหารพืช

2.1.4 ดิน

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน [6] หมายถึงความสามารถของดินในการให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ต้องมีส่วนประกอบหลักด้วยกัน 4 ส่วนคือ อนินทรียวัตถุ น้ำ อากาศและอินทรียวัตถุ

อนินทรียวัตถุเกิดจากการสลายและผุกร่อนของแร่ต่างๆ มีรูปร่างเป็นเม็ดเล็กๆ ที่มีขนาดต่างกัน เป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดคือ 45 เปอร์เซ็นต์

น้ำ น้ำในดินจะแทรกตัวในเม็ดดินและอินทรียวัตถุ ช่วยในการละลายธาตุอาหารในดิน ซึ่งมีอยู่ในดิน 25 เปอร์เซ็นต์

อากาศอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินส่วนที่ไม่มีน้ำ มีในดิน 20 เปอร์เซ็นต์

อนินทรียวัตถุที่อยู่ในดิน ส่วนมากได้จากการเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์ และสารที่ได้จากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์เรียกว่าฮิวมัส ซึ่งเป็นสารแขวนลอยสีดำหรือสีน้ำตาล มีคุณสมบัติใน

การดูดยึดน้ำและธาตุอาหาร มีประโยชน์ต่อพืชทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้นและทำให้การอุ้มน้ำของดินหยาบดีขึ้นด้วย แต่อินทรียวัตถุในดินมีอยู่เป็นจำนวนน้อยคือมีเพียง 5 เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติของดินที่เหมาะสมกับการเพาะปลูก [12]

- มีความสามารถอุ้มน้ำไว้ให้พืชใช้ได้เมื่อให้น้ำหรือฝนตก ปริมาณน้ำที่เก็บไว้ได้จะต้องไม่น้อยเกินไปจนทำให้ต้องให้น้ำบ่อย
- มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี เพื่อให้ระบบรากเจริญงอกงามสามารถแผ่กระจายไปหาอาหารและน้ำได้ทั่ว
- มีแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพียงพอตลอดความลึกของชั้นดิน
- ความเข้มข้นของสารเคมีและเกลือในดินต้องไม่มากจนเป็นอันตรายต่อพืช
- ชั้นดินต้องลึกพอเหมาะกับชนิดของพืชที่ปลูก และความลึกของชั้นดินต้องไม่ลดลงได้ง่ายจากสาเหตุที่ถูกกัดเซาะ ถูกพัดพาด้วยน้ำหรือลม
- ต้องไม่มีหินก้อนโตกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป จนทำให้มีอุปสรรคในการใช้เครื่องมือไถพรวนดิน

การปรับปรุงดินเพื่อทำการเพาะปลูกพืชอินทรีย์ [13]

- การปรับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เช่นปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยพืชสด อัตรา 1,000 ถึง 2,000 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 ไร่
- การปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินโดยใส่ปูนขาว ปูนมาร์ล หรือแร่โดโลไมท์อัตรา 200 ถึง 300 กิโลกรัมต่อไร่ หลังจากหว่านหรือใส่ปูนแล้วรดน้ำตามด้วย

ค่าความเป็นกรดเป็นของดินหรือค่าพีเอช (pH) จะบอกค่าตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 14 หากดินมีค่าพีเอชน้อยกว่า 7 จะเป็นดินกรด ถ้าค่ายิ่งน้อยกว่า 7 มากก็จะเป็นกรดมาก ถ้าค่าพีเอช มากกว่า 7 จะเป็นดินด่าง ปกติค่าพีเอชของดินโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 5 ถึง 8 หากดินเป็นกลางจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 ความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะเป็นตัวควบคุมการละลายหรือตรึงธาตุอาหารในดินออกมาอยู่ในรูปสารละลายในดินเพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ ช่วงพีเอช 6.2 ถึง 6.8 เป็นช่วงที่ธาตุอาหารทั้งหมดที่จำเป็นแก่พืชจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด ถ้าค่าพีเอชสูงกว่า 6.8 อาจทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสและธาตุเสริมเช่นเหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) และโบรอน (Bo) หากค่าพีเอชต่ำกว่า 5.3 อาจทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S) และโมลิบดินัม (Mo) หรือพืชจะแสดงอาการเป็นพิษจากแมงกานีสมากเกินไป

การแก้ไขความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

- การแก้ไขดินกรดก่อนปลูกพืช

พื้นที่ดินปลูกผักส่วนใหญ่จะเป็นดินกรด ในการปลูกพืชส่วนใหญ่จำเป็นต้องปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ให้สูงขึ้น ควรใช้หินปูนบด ($CaCO_3$) หรือปูนโดโลไมท์ ($CaMg(CO_3)_2$) ในการ

ปรับค่าพีเอชของดิน ปริมาณของหินปูนที่ใช้ขึ้นอยู่กับสภาพของดินว่ามีบัพเฟอร์มากน้อยเท่าใด นอกจากต้องปรับสภาพดินแล้วยังให้ธาตุอาหารรองคือแคลเซียม ส่วนโดโลไมท์ยังให้แมกนีเซียมอีกด้วย ดังนั้นในการปรับสภาพดินกรดโดยทั่วไปจึงควรใช้ปูนโดโลไมท์

- การแก้ไขดินกรดหลังปลูกพืชแล้ว

การใส่หินปูนหรือโดโลไมท์จะให้ผลช้า ไม่เหมาะกับการแก้ไขเมื่อปลูกพืชแล้ว ถ้าเป็นกรดเล็กน้อยให้เติมปุ๋ยอินทรีย์ แต่หากเป็นกรดรุนแรงต้องใส่ปูนขาวอัตรา 75 กรัมต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร โรยลงบนดินและให้น้ำทันทีเพื่อล้างส่วนที่ติดกับต้นพืชออกไป และให้ปูนขาวเริ่มละลายน้ำลงสู่ดิน หากยังไม่ดีขึ้นอาจใส่อีกครั้งหลังจากครั้งแรก 2 ถึง 3 สัปดาห์ แต่ปูนขาวอาจทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อพืชและถ้ามีปริมาณมากจะทำให้รากพืชเสียหายได้

- การแก้ปัญหาดินด่าง

โดยเพิ่มอินทรียวัตถุในดินซึ่งเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างช้า หรือใช้กำมะถันผง ซึ่งจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ใช้ระยะเวลาประมาณ 2 ถึง 3 สัปดาห์ สามารถแก้ปัญหาได้ทั้งก่อนการปลูกหรือหลังปลูกพืชแล้ว

- การแก้ความเค็มของสารละลายในดิน

เกลือในสารละลายดินมาจากหลายแหล่งเช่น ปุ๋ยอินทรีย์พวกชนิดที่มีธาตุไนโตรเจนสูง แต่ควรมีปริมาณเกลือเพียงเล็กน้อยเพื่อแสดงว่าได้ให้ปุ๋ยเพียงพอ แต่หากมีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ในดินมากเกินไป แก้ไขโดยการชะล้างเกลือออกโดยใช้น้ำเป็นปริมาณมาก เพื่อรักษาโครงสร้างของดินจึงควรใช้น้ำ 200 ลิตรชะล้างด้วยระบบให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

สารที่ไม่อนุญาตและอนุญาตให้ใช้ปรับปรุงดิน [14]

- สารที่ไม่อนุญาตให้ใช้ปรับปรุงดินได้แก่กากตะกอนโสโครก (ห้ามใช้เด็ดขาดกับพืชผัก) สารเร่งการเจริญเติบโต จุลินทรีย์และผลิตผลจากจุลินทรีย์ที่ได้มาจากการตัดต่อพันธุกรรม สารพิษตามธรรมชาติเช่นโลหะหนักต่างๆ ปุ๋ยเทศบาลหรือปุ๋ยหมักจากขยะในเมือง

- สารที่อนุญาตให้ใช้ในการปรับปรุงดินแบ่งเป็น อนินทรียวัตถุและ อนินทรียวัตถุ ดังนี้

อนินทรียวัตถุได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตจากวัสดุในไร่นาเช่น ปุ๋ยหมักจากเศษซากพืช ฟางข้าว ขี้เลื่อย เปลือกไม้ เศษไม้ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ ปุ๋ยคอกจากสัตว์ที่เลี้ยงตามธรรมชาติ ไม่ใช้อาหารจีเอ็มโอ (สารตัดต่อพันธุกรรม) ไม่ใช้สารเร่งการเจริญเติบโตและไม่มีการทรมานสัตว์ ปุ๋ยพืชสดจากเศษพืชและวัสดุเหลือใช้ในไร่นารูปสารอินทรีย์ ดินพรุที่ไม่เติมสารสังเคราะห์ ปุ๋ยชีวภาพหรือจุลินทรีย์ที่พบทั่วไปตามธรรมชาติ ขุยอินทรีย์สิ่งที่ขับถ่ายจากไส้เดือนดินและแมลง ดินอินทรีย์ที่ได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการ ดินชั้นบน (หน้าดิน) ที่ปลอดจากการใช้สารเคมีมาแล้วอย่างน้อย 1 ปี ผลิตภัณฑ์จากสาหร่าย และสาหร่ายทะเล ที่ได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้จากพืชและสัตว์ อุจจาระและปัสสาวะที่ได้การหมักแล้ว (ต้องใช้กับพืชที่ไม่เป็นอาหารของมนุษย์) ของเหลวจากระบบน้ำโสโครกจากโรงงานที่ผ่านกระบวนการหมักโดยไม่เติม

สารสังเคราะห์และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่ได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการ ของเหลือใช้จากกระบวนการในโรงฆ่าสัตว์ โรงงานอุตสาหกรรมเช่นโรงงานน้ำตาล โรงงานมันสำปะหลัง โรงงานน้ำปลาโดยกระบวนการเหล่านี้ต้องไม่เติมสารสังเคราะห์ และต้องได้รับการรับรองอย่างเป็นทางการ สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ซึ่งได้จากธรรมชาติ

อนินทรียวัตถุซึ่งเป็นหินและแร่ธาตุได้แก่หินบด หินฟอสเฟต หินปูนบด (ไม่เผาไฟ) ยิบซั่ม แคลเซียม ซิลิเกต แมกนีเซียมซัลเฟต แร่ดินเหนียว แร่เฟลด์สปาร์ แร่เพอร์ไลท์ ซีโอไลท์ เบนโทไลท์ หินโพแทส แคลเซียมจากสาหร่ายทะเลและสาหร่ายทะเล เปลือกหอย เถ้าถ่าน เปลือกไข่บด กระดูกป่นและเลือดแห้ง เกลือสินเธาว์ โบแรกซ์ กำมะถัน ธาตุอาหารเสริมได้แก่โบรอน ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดินัม

2.1.5 น้ำ

การใช้น้ำของพืช (Consumptive use water) คือการระเหย (Evapotranspiration) ถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้การหมุนเวียนของน้ำในบรรยากาศและผิวโลกทั้งเหนือและใต้ดินครบวงจร และสำคัญต่อขบวนการทางอุทกวิทยา [15]

ตารางที่ 2.1 ค่าการใช้น้ำของคะน้าที่ปลูก 55 วันในภาคต่างๆ ของประเทศไทย [16]

ภาค	การใช้น้ำของคะน้า (วันต่อมิลลิเมตร)	น้ำใช้ของพืชตลอดอายุ (มิลลิเมตร)
เหนือ	3.0	159
ตะวันออกเฉียงเหนือ	3.2	175
กลาง	3.1	170
ตะวันออก	2.9	159
ใต้	3.0	159

2.1.6 ปุ๋ย

การปลูกพืชอินทรีย์ต้องไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี แต่เปลี่ยนไปใช้ปุ๋ยอินทรีย์แทน ปุ๋ยอินทรีย์เป็นปุ๋ยที่ได้จากการสลายตัวของสิ่งมีชีวิตต่างๆ มูลสัตว์ ซากพืช ซากสัตว์ ฟางข้าว แกลบ เศษพืช ฯลฯ [17]

ปุ๋ยอินทรีย์แบ่งออกเป็น 4 ชนิดได้แก่

1 ปุ๋ยหมักได้จากการหมักเศษพืช มูลสัตว์ เศษเหลือทิ้งต่างๆ จนย่อยสลายดีแล้วจึงนำมาใช้ ปุ๋ยหมักทำได้หลายวิธีได้แก่

- ใช้เศษพืชเพียงอย่างเดียว
- ใช้เศษพืชผสมมูลสัตว์ในอัตราเศษพืช 100 ส่วนมูลสัตว์ 10 ส่วน กองสลับกันเป็นชั้นๆ

โดยทั้งสองวิธีนี้ กองปุ๋ยจะมีความกว้างประมาณ 2 ถึง 3 เมตรและสูง 1 ถึง 1.5 เมตร และการดูแลเหมือนกันคือรดน้ำเพื่อให้ความชื้นและกลับกองปุ๋ยเดือนละ 1 ครั้ง ใช้เวลาประมาณ 4 เดือน เศษพืชย่อยง่ายจะสลายตัวหมด

2 ปุ๋ยพืชสดได้จากการนำพืชเช่นถั่วต่างๆ โสน ปอเทืองมาเป็นปุ๋ย หรือโดยการปลูกพืชนั้นๆ จนถึงระยะเริ่มออกดอกจึงไถกลบลงดิน

ประโยชน์ของปุ๋ยพืชสด

- เพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน
- เพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่ดิน
- รักษาปริมาณธาตุอาหารพืชให้ดิน
- สามารถที่จะดึงเอาธาตุอาหารพืชที่อยู่ในดินลึก ซึ่งพืชรากสั้นเข้าไปไม่ถึงขึ้นมาใช้ในดินชั้นบนได้
- ช่วยในการอนุรักษ์ดินและน้ำ
- ช่วยปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพของดิน
- ช่วยในการป้องกันกำจัดวัชพืช
- ช่วยลดต้นทุนในการใช้ปุ๋ยเคมี
- ช่วยเพิ่มผลผลิตพืชหลักและคุณภาพดีขึ้น

3 ปุ๋ยอินทรีย์น้ำคือปุ๋ยอินทรีย์ในรูปของเหลว ได้จากการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จากพืชหรือสัตว์ที่สด

วิธีการทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากพืช

- เตรียมพืช กากน้ำตาลและน้ำ อัตราส่วน 4:1:1
- ใส่ลงในถังคลุกให้เข้ากัน
- ปิดฝา (ไม่ต้องสนิท) เก็บไว้ในที่ร่ม

วิธีการทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากสัตว์

- เตรียมเศษปลาหรือหอยเชอรี่ เศษผลไม้ กากน้ำตาลและน้ำ อัตราส่วน 3:1:1:1
- ใส่ลงในถังคลุกให้เข้ากัน
- ปิดฝา (ไม่ต้องสนิท) เก็บไว้ในที่ร่ม
- คนหรือกวนทุกๆ 7 วัน

ลักษณะของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่สามารถนำมาใช้ได้

- กลิ่นแอลกอฮอล์จะลดลง
- มีกลิ่นเปรี้ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดกรดอินทรีย์เพิ่มขึ้น
- ไม่มีฟองก๊าซหรือมีน้อยมาก
- ได้สารละลายหรือของเหลวใสไม่ขุ่น

4 ปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยที่ได้จากมูลสัตว์ [18] ถ้านำไปใช้โดยตรงจะเกิดโรคและแมลงต่อพืชจึงควรหมักก่อน

2.1.7 การจัดการศัตรูพืช

วิธีการป้องกันการระบาดของศัตรูพืช [17]

- เลือกใช้พันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคและแมลง
- ใช้เมล็ดและท่อนพันธุ์ที่ปราศจากศัตรูพืช
- ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปรับปรุงบำรุงดิน
- บำรุงรักษาให้พืชแข็งแรง
- ไม่ทำลายแมลงที่เป็นประโยชน์ในไร่นาสวน
- การจัดการให้น้ำที่ดีและเหมาะสม
- หมั่นสำรวจโรค แมลงศัตรูพืชในแปลงอย่างสม่ำเสมอ

การควบคุมโรคและแมลง

- ควบคุมโดยใช้วิธีกลได้แก่จับทำลาย ตัดแต่งกิ่งเป็นโรค เผาและฝัง
- ควบคุมโดยใช้วิธีเกษตรกรรมได้แก่ ตัดแต่งส่วนที่ถูกศัตรูพืชทำลายแล้วนำไปเผา ปรับปรุงสภาพดินให้มีสภาพเป็นกลาง จับแมลงทำลาย ใช้กับดักและใช้น้ำฉีดพ่น

การจัดการศัตรูพืช [19]

- ก่อนการปลูกได้แก่ แช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อน คลุกเมล็ดด้วยเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เช่น ไตรโคเดอม่า Bs เป็นต้น ใช้พันธุ์ต้านทานศัตรูพืช ไถพรวนดินและตากดิน 1 ถึง 2 สัปดาห์ หรือใช้น้ำท่วมขังเพื่อควบคุมโรคและแมลง
- ระยะที่พืชกำลังเจริญเติบโตได้แก่ โรยเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์รอบโคนต้น ใช้ Bs พ่นหรือทาที่แผลต้นพืช เก็บชิ้นส่วนของพืชไปเผาทำลาย

การควบคุมวัชพืชได้แก่ กำหนดวันปลูกที่เหมาะสม การไถพรวนใช้พันธุ์พืชที่ไม่มีการปะปนของเมล็ดวัชพืช ใช้วัสดุเช่นฟางคลุมดิน และการปลูกพืชหมุนเวียน

สารที่อนุญาตให้ใช้ควบคุมโรคได้แก่กำมะถัน บอร์โดมิกซ์เจอร์ พืชสมุนไพรและสารสกัดสมุนไพร คอปเปอร์ซัลเฟต คอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ คอปเปอร์ออกซีคลอไรด์

2.1.8 คะน้า

คะน้าหรือคะน้าจีน (Chinese kale) เป็นพืชผักที่พัฒนามาจากคะน้าฝรั่ง (Kale) [20] อยู่ในวงศ์ Brassicaceae [21] แต่มีโครโมโซม 9 คู่เท่ากับกะหล่ำชนิดอื่นๆ ส่วนลักษณะจีโนมของคะน้ายังไม่ทราบแน่นอน ส่วนมากจึงจัดให้คะน้าอยู่ในวงศ์ Cruciferae [22] มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *alboglabra* [23] เป็นผักอายุ 2 ปีแต่นิยมปลูกเป็นผักอายุปีเดียว [24] ลำต้นมีสีเขียวอ่อนออกเหลือง ใบมีสีเขียวหม่น ลำต้นสูงประมาณ 20 ถึง 25 เซนติเมตร คะน้ามีอายุตั้งแต่หว่าน

หรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45 ถึง 55 วัน สามารถปลูกได้ตลอดปีแต่ช่วงเวลาที่ดีที่สุดคือเดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายน

คะน้ามีแหล่งกำเนิดแถบเมดิเตอร์เรเนียนตะวันออกหรือ Asia Minor ได้ถูกนำเข้าทางประเทศอินเดียและประเทศจีนมากว่า 2,000 ปี ปลูกกันมากในเอเชียตะวันออกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่นประเทศจีน ไต้หวัน ฮ่องกง มาเลเซีย สิงคโปร์และประเทศไทย เป็นต้น ในแต่ละประเทศมีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันออกไปเช่นภาษาอังกฤษเรียกว่า Chinese broccoli หรือ White flowering broccoli และ Kai laan ภาษาเนเธอร์แลนด์หรือภาษาดัตช์ ภาษาเยอรมัน ภาษาฝรั่งเศส ภาษาโปรตุเกสและภาษามาเลย์เรียกว่า Kai lan ภาษาเดนมาร์กเรียกว่า Kai lan kal ภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า Kai ran หรือ Kai laan ภาษาฟิลิปปินส์เรียก Gai lon ภาษาเวียดนามเรียกว่า Cai rô ภาษาเขมรเรียก Kat na ส่วนภาษาลาวนั้นเรียกเช่นเดียวกับภาษาไทยคือผักคะน้า [25] หรือแม้แต่ในประเทศเดียวกันคือประเทศจีนที่มีหลายมณฑล การเรียกชื่อผักคะน้าแตกต่างออกไปตามลักษณะของการใช้ภาษาในแต่ละท้องถิ่นเช่นภาษาจีนแบบทางการ (Traditional Chinese) เรียกว่า Jièlán ภาษากวางโจวหรือกวางตุ้ง (Cantonese) เรียกว่า Kai lan หรือ Gai lan ภาษาจีนกลางหรือแมนดาริน(Mandarin) เรียกว่า Gai lan หรือ Jie lan แต่ชาวจีนส่วนใหญ่เรียกว่าไก่หลันไช่ (Kaai laan ta'an) หรือ Kai tsoi และชื่อเรียกอื่นได้แก่ Ge lan cai และ Chair lan เป็นต้น [26]

คะน้ามีระบบรากแบบรากแก้วเป็นพืชล้มลุก ลำต้นตรงใบแบบธรรมดา (Simple leaf) การจัดเรียงใบแบบสลับ (Alternate) ช่อดอกเป็นแบบ Raceme ดอกเป็นแบบสมบูรณ์เพศ โดยทั่วไปมีสีเหลือง สีขาว เกสรตัวผู้จำนวน 6 ชิ้นแยกเป็นแบบยาว 4 ชิ้น และสั้น 2 ชิ้น ส่วนเกสรตัวเมียสั้นมาก ความยาวประมาณ 1 ถึง 2 มิลลิเมตร ผลเป็นฝักยาว เมล็ดมีลักษณะกลมสีน้ำตาลแดงหรือดำ [27] คะน้าอาจแบ่งได้เป็น 7 สายพันธุ์ [20] ได้แก่

1 ไป่ฮวาไก่หลัน (Paak fa kaai laan) มีลักษณะดอกสีขาว

2 หงฮวาไก่หลัน (Hong fa kaai laan) มีลักษณะดอกสีเหลือง

3 ซุยอิบไก่หลัน (Tsau ip kaai laan) มีลักษณะใบย่น

4 ไป่ฮวาไก่หลัน (Paak fa kaai laan) มีลักษณะดอกสีขาวปล้องยาว ใบน้อย

5 เอินเอิบไป่ฮวา (Uen ip paak fa) มีลักษณะดอกขาว ใบกลม อายุ 80 วันหลังหยอดเมล็ด

6 เอินเอิบวองฮวา (Uen ip wong fa) มีลักษณะดอกเหลืองใบกลม อายุเก็บเกี่ยว 40 ถึง 45 วันหลังย้ายปลูก

7 ซิมอิบไป่ฮวา (Tsim ip paak fa) มีลักษณะดอกขาว ปลายใบแหลม อายุเก็บเกี่ยว 70 ถึง 80 วันหลังจากหยอดเมล็ด

ผักคะน้า 3 สายพันธุ์แรกนิยมปลูกในฮ่องกง นอกนั้นนิยมปลูกในไต้หวัน สำหรับประเทศไทยนิยมปลูกคะน้าจีนพันธุ์ดอกสีขาวทั้งหมด อาจจำแนกได้ 3 พันธุ์ [22] [28] ได้แก่

1 พันธุ์ใบกลม มีลักษณะใบกว้างใหญ่ ปล้องสั้น ปลายใบมนและผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ได้แก่พันธุ์ฝางเบอร์ 1 ของกรมวิชาการเกษตร

2 พันธุ์ใบแหลม มีลักษณะใบแคบกว่าพันธุ์ใบกลม ปลายใบแหลม ข้อและลำต้นกิ่งแขนงเป็นข้อห่าง ผิวใบเรียบได้แก่พันธุ์พีแอล 20 (P.L.20)

3 พันธุ์ยอดหรือก้าน มีลักษณะคล้ายคะน้าใบแหลม จำนวนใบต่อต้นมีน้อยกว่า ข้อปล้องยาวกว่าได้แก่พันธุ์แม่โจ้ 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ผู้บริโภคนิยมรับประทานเนื่องจากเป็นลำต้นเดี่ยวอวบ ใบเรียบ ก้านใบบาง น้ำหนักลำต้นและก้านมากกว่าใบ อายุการเก็บเกี่ยว 45 ถึง 48 วันขนาดลำต้นสูงเฉลี่ย 33.40 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2 เซนติเมตร จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 9 ใบ น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น 143 กรัมอายุตั้งแต่ปลูกถึงออกดอกประมาณ 50 ถึง 55 วัน

พันธุ์คะน้าที่ควรปลูกในประเทศไทยนอกจากพันธุ์ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีอีกหลายพันธุ์ ได้แก่

- พันธุ์ F, F-Strain เป็นพันธุ์ลูกผสมอายุ 50 ถึง 60 วันหลังหยอดเมล็ด เป็นคะน้ายอด ใบค่อนข้างเรียบ ปลายแหลม สีเขียวเข้ม นวลมาก ลำต้นอวบยาว มีเส้นใยน้อย ทนฝน [20]

- พันธุ์ Green lance เป็นพันธุ์ลูกผสมอายุ 45 ถึง 60 วันหลังหยอดเมล็ด เป็นคะน้ายอด ปลายใบแหลม ลำต้นทนทานต่ออุณหภูมิสูงและแห้งแล้ง

- พันธุ์คะน้าใบ 16011 เป็นพันธุ์ผสมเปิด ลำต้นใหญ่ ข้อสั้น ปล้องถี่ ก้านใบเล็ก ใบกลมหนา ทนทานต่อสภาพอากาศดี อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 45 ถึง 50 วัน เป็นพันธุ์ที่ได้ผ่านการคัดเลือกและทดลองจากเจียไต๋

- พันธุ์คะน้ายอด 16021 เป็นพันธุ์ที่ได้ผ่านการคัดเลือกและทดลองจากบริษัทเจียไต๋ เป็นพันธุ์เก่าแก่อายุประมาณ 30 ถึง 35 วัน ลำต้นใหญ่อวบ ก้านใบยาว ปลายใบแหลมผิวใบเรียบ ทนทานต่อโรคและความร้อนชื้น

- พันธุ์ R 07 เป็นพันธุ์ที่คัดเลือกและปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยสถาบันราชมงคล ได้นำไปทดลองตามภาคต่างๆ ปรากฏว่าเจริญเติบโตดีในทุกสภาพพื้นที่ เป็นคะน้ายอดอายุ 55 วันหลังจากหยอดเมล็ด

- พันธุ์บางบัวทอง เป็นคะน้ายอดพันธุ์ผสม ลำต้นอวบ แข็งแรง ข้อถี่พอเหมาะ ใบแหลมบางน้ำหนักดี ทนทานต่อโรคใบลายใบกรอบ ผ่านการคัดเลือกจากบริษัท อีสท์ เวสท์ ซีดส์ [25]

- พันธุ์ไอริส 012 (IRIS 012) เป็นพันธุ์ลูกผสมใบแหลมหนาใหญ่ สีเขียวเข้มมากมีนวล ก้านใบไม่กาง ลำต้นอวบใหญ่ออกดอกช้า โตเร็วและสม่ำเสมอ อายุเก็บเกี่ยว 45 ถึง 50 วัน ความสูงเฉลี่ย 25 ถึง 30 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น 140 กรัม คัดเลือกจากบริษัทเจียไต๋ [29]

- พันธุ์วิชั่น 051 (VISION 051) เป็นพันธุ์ลูกผสมที่มีการเจริญเติบโตเร็วและสม่ำเสมอ แข็งแรงทนโรคและฝน ลำต้นอวบใหญ่ สีเขียวเข้มนวลสวย ใบหนา ขอบใบไม่หยักรูปยาวรี เก็บเกี่ยวได้เร็วเมื่ออายุ 45 ถึง 60 วัน คัดเลือกจากบริษัทเจียไต๋

2.1.8.1 สภาพแวดล้อมที่คะน้าต้องการ

คะน้าเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด แต่ดินที่เหมาะสมที่สุดคือดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี ความชื้นสูง ค่าพีเอชระหว่าง 5.5 ถึง 6.8 อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 18 ถึง 25 องศาเซลเซียส ความชื้นในดินที่ต้องการประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

2.1.8.2 การเพาะกล้าและการปลูกคะน้า

แปลงเพาะกล้าควรมีขนาดกว้าง 1 เมตร ขุดไถพรวนดินอย่างดี ตากดินไว้ประมาณ 5 ถึง 7 วัน ย่อยหน้าดินให้ละเอียด แล้วใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักคลุกเคล้าให้เข้ากับดิน หว่านเมล็ดให้กระจายสม่ำเสมอ กลบด้วยดินผสมหรือปุ๋ยคอกหนา 0.5 ถึง 1.0 เซนติเมตร คลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้งบางๆ รดน้ำด้วยบัวฝอยละเอียด ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วัน ดูแลต้นกล้าถอนต้นที่อ่อนแอทิ้งเมื่อกล้าคะน้าอายุ 20 ถึง 30 วัน ย้ายแปลงปลูก

แปลงปลูกคะน้าควรขุดลึก 15 ถึง 20 เซนติเมตร ตากดินทิ้งไว้ 7 ถึง 10 วัน ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักคลุกให้ทั่ว ย่อยดินให้ละเอียดปรับหน้าดินให้เรียบ ระยะการปลูกที่เหมาะสมคือ 20×20 หรือ 20×25 หรือ 25×25 เซนติเมตร โดยทั่วไปไม่นิยมปลูกแบบเพาะกล้า แต่จะหว่านที่แปลงโดยตรงให้กระจายสม่ำเสมอ เมล็ดห่างกันประมาณ 2 ถึง 3 เซนติเมตร กลบดินหนา 0.6 ถึง 1.0 เซนติเมตร แล้วคลุมด้วยฟางหรือหญ้าแห้ง ต้นกล้าจะงอกภายใน 7 วันประมาณ 20 วัน เริ่มทำการแยกครั้งแรกและครั้งที่สองเมื่ออายุ 30 วัน โดยจัดระยะให้ได้ประมาณ 20×25 เซนติเมตร

การให้น้ำต้องให้ทุกวันโดยใช้บัวฝอยหรือวิธีให้น้ำแบบฉีดฝอย วันละ 2 ครั้งทั้งเช้าและเย็น การใส่ปุ๋ยต้องใส่ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนสูง

2.1.8.3 การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

เมื่อคะน้าอายุ 45 วันเป็นระยะที่ตลาดมีความต้องการมากที่สุด แต่คะน้าที่มีอายุ 50 ถึง 55 วันเป็นระยะที่ได้น้ำหนักมาก โดยใช้มีดที่คมตัดต้นคะน้าบริเวณโคนต้น

การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อตัดคะน้าแล้วต้องรีบนำเข้าที่ร่มทันที ล้างสิ่งสกปรกด้วยน้ำสะอาด ตัดแต่งส่วนที่แก่และเป็นโรคออก การเก็บรักษาเพื่อการส่งออก จะใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 0 องศาเซลเซียส ความชื้น 90 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์

2.2 วิธีการให้น้ำพืชที่ใช้ในปัจจุบัน

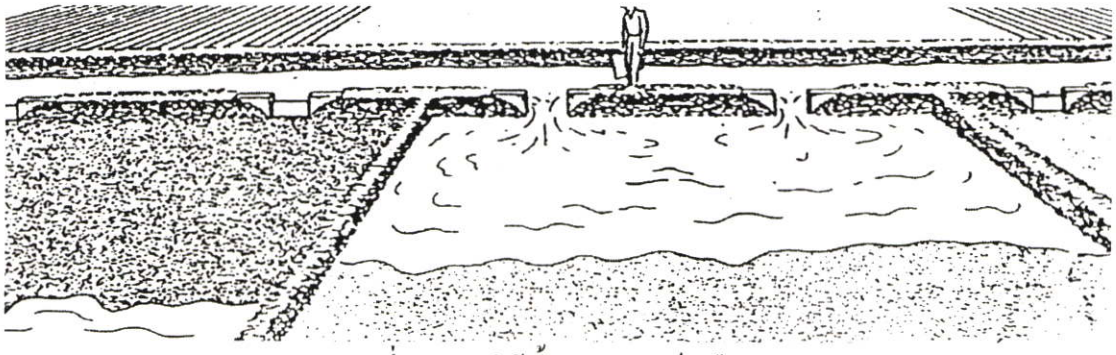
การปลูกพืชเพื่อการค้าในปัจจุบันต้องมีการให้น้ำทุกวันเพื่อไม่ให้พืชขาดน้ำ และไม่สามารถที่จะรอน้ำฝนตกลงมาได้ จึงต้องมีวิธีการให้น้ำแบบต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับพืชชนิดนั้นๆ ด้วย การให้น้ำแบ่งออกเป็น 5 แบบได้แก่ การให้น้ำทางผิวดิน (Surface irrigation) การให้น้ำใต้ดิน (Sub-surface irrigation) การให้นำแบบฉีดฝอย (Sprinkler irrigation) ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอยขนาดเล็ก (Micro irrigation) และน้ำหยด (Drip irrigation) [30]

2.2.1 การให้น้ำทางผิวดิน

เป็นการปล่อยน้ำให้ไหลบ่าไปบนผิวดินจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ จำเป็นต้องปรับพื้นที่ให้มีความลาดเทที่เหมาะสมและต้องมีคลองส่งน้ำมายังหัวแปลง น้ำจะถูกปล่อยให้ไหลไปสู่ปลายแปลง สามารถแบ่งลักษณะการให้น้ำเป็น 2 แบบคือการให้น้ำแบบท่วมผิวดินเป็นผืนใหญ่ (Flooding) และแบบท่วมเฉพาะในร่อง (Furrow)

2.2.1.1 การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนยาว (Graded border method) [31]

พื้นที่รับน้ำจะถูกแบ่งออกเป็นแปลง โดยมีคันดินกั้นเป็นแนวขนานกัน แปลงที่ถูกแบ่งควรมีเนินตัดผ่านน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกชิดกัน ไม่ต้องไถพรวน ไม้ผลและไร่องุ่น ยกเว้นข้าวและพืชที่ขึ้นในที่มีน้ำขัง ใช้ได้ดีกับดินที่มีการดูดซึมน้ำระดับปานกลาง พื้นที่ต้องมีความลาดเทน้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้ามีความลาดชันถึง 4 เปอร์เซ็นต์ และปลูกพืชที่ลำต้นชิดดินก็สามารถใช้วิธีนี้ได้และเป็นวิธีที่ดีสำหรับพื้นที่มีปัญหาเรื่องการระบายน้ำ

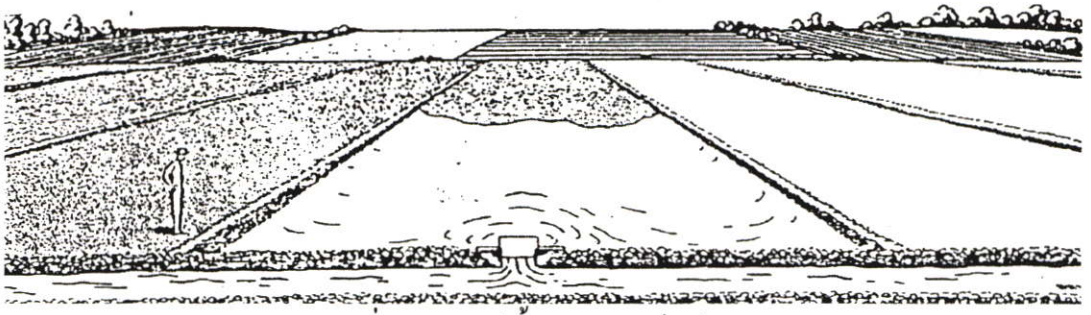


ภาพที่ 2.1 การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนยาว

2.2.1.2 การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนราบหรือท่วมเป็นอ่าง (Level border/basin)

เป็นการส่งน้ำอย่างเร็วเข้าไปบนพื้นที่ราบเรียบสม่ำเสมอ โดยมีคันดินกั้นล้อมแปลงซึ่งกักน้ำไว้ให้มีความลึกระดับเดียวกันทั่วทั้งแปลง จนกระทั่งน้ำดูดซึมลงไปในดินจนหมด ส่วนการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนราบคล้ายกับท่วมเป็นอ่าง แต่ต่างกันคือแบบท่วมเป็นอ่างมีความกว้างเท่ากับความยาว แบบท่วมเป็นผืนราบมีความยาวมากกว่าความกว้างหลายเท่า เหมาะสำหรับดินที่มีอัตราการดูดซึมปานกลางจนถึงต่ำ สามารถใช้กับพืชได้ทุกชนิด ไม่เหมาะกับเขตพื้นที่ที่มีกระแสลมเกิน 25 ถึง 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [32]

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

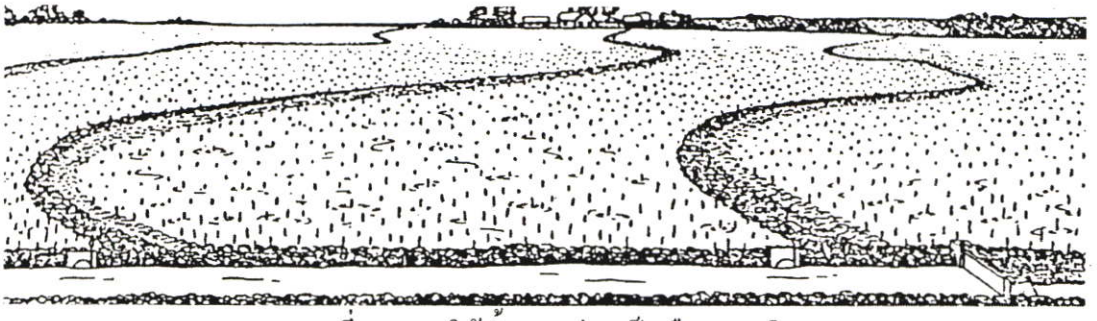


ภาพที่ 2.2 การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนราบ

ภาพที่ 2.3 การให้น้ำแบบท่วมเป็นอ่าง

2.2.1.3 การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนขอบเนิน (Contour level method)

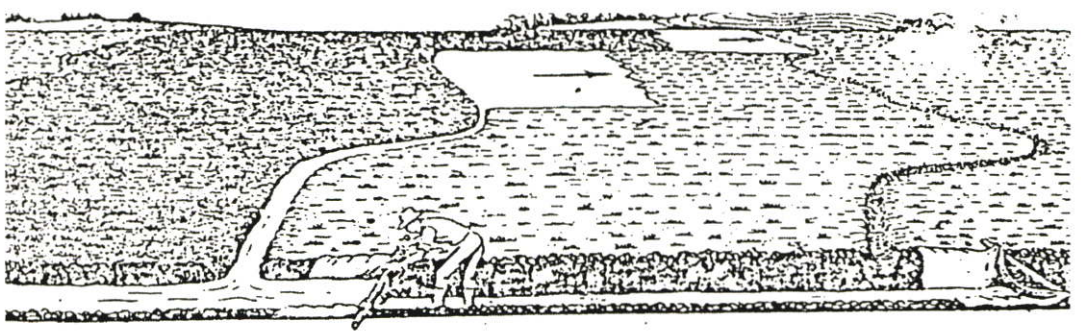
เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนราบ พื้นที่ของแปลงที่ล้อมรอบปิดกั้นด้วยคันดินตามขอบเนิน และคันดินตามขวางจะถูกน้ำท่วมโดยทั่วถึงทั้งแปลง ดินที่เหมาะสมควรมีลักษณะปานกลางถึงละเอียด หน้าดินราบเรียบสม่ำเสมอ มีความลาดเท 0.5 ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ เหมาะกับพืชที่สามารถทนน้ำได้นานเกิน 12 ชั่วโมง



ภาพที่ 2.4 การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนขอบเนิน

2.2.1.4 การให้น้ำแบบท่วมจากคูขอบเนิน (Contour ditch method)

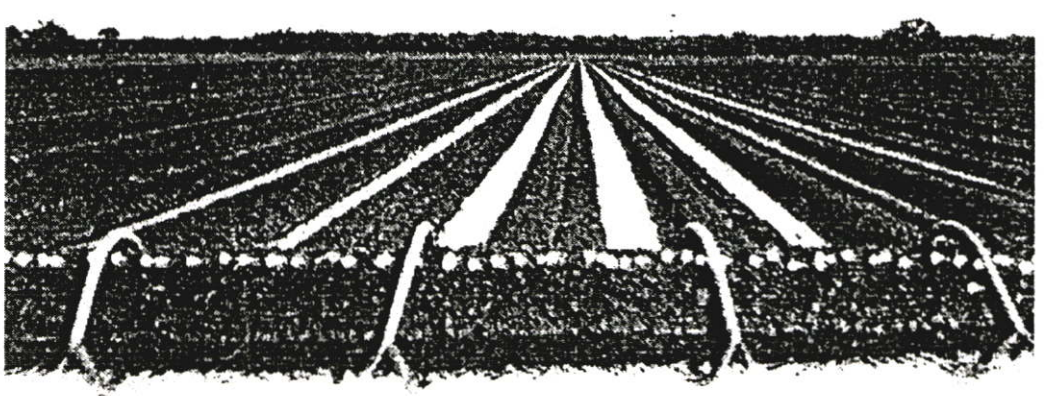
การให้น้ำวิธีนี้ จะถูกส่งจากคูน้ำข้ามความลาดเทของพื้นที่ไปบนแนวระดับ น้ำจะถูกเบนจากคูน้ำโดยทำนบชั่วคราว น้ำจะไหลไปตามแนวลาดแผ่กระจัดกระจายจากคูขอบเนินหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง และน้ำจะไหลไปรวมในคูที่ต่ำกว่าเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เหมาะกับดินที่มีอัตราการดูดซึมค่อนข้างสูง พืชที่ปลูกต้องไม่ไถพรวนและต้องปลูกชิดกัน ความลาดเทของพื้นที่ระหว่าง 0.5 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเป็นพื้นที่ที่มีการกัดเซาะที่เกิดจากน้ำฝนอย่างรุนแรงควรมีความลาดเทพื้นที่ไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2.5 การให้น้ำแบบท่วมจากคูของเนิน

2.2.1.5 การให้น้ำแบบร่องคูลาด (Graded furrow method)

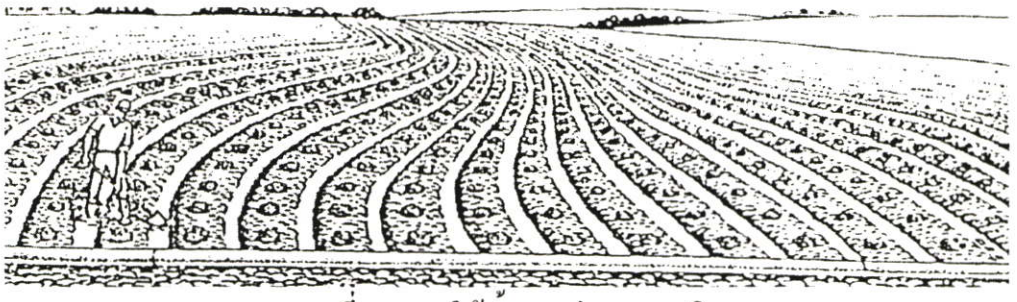
ร่องคูลาดเป็นร่องน้ำเล็กๆ ที่มีความลาดเทไปทิศทางที่ทำให้น้ำติดต่อกันสม่ำเสมอ น้ำที่ไหลอยู่ในร่องจะซึมเข้าไปในดินและแผ่ไปข้างๆ ระหว่างร่องน้ำ ใช้ได้กับดินทุกชนิดยกเว้นดินทรายและดินที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง ใช้กับพืชที่ปลูกเป็นแถวทั้งผักและผลไม้ รวมถึงพืชไร่ที่ปลูกเป็นแถวทุกชนิด เหมาะกับพื้นที่ลาดเทไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2.6 การให้น้ำแบบร่องคูลาด

2.2.1.6 การให้น้ำแบบร่องคูขอบเนิน (Contour furrow method)

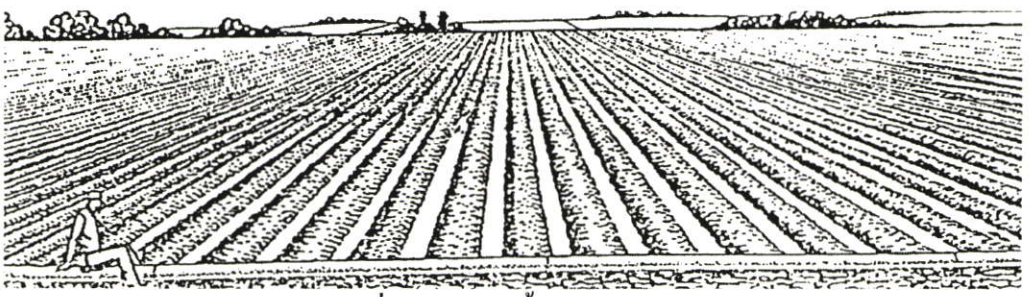
การให้น้ำวิธีนี้คล้ายกับการให้น้ำแบบร่องคูลาด แต่ร่องคูจะราบกว่าและทิศทางของร่องเกือบขนานไปกับเส้นขอบเนิน คูส่งน้ำจะอยู่ในแนวตั้งฉากกับร่อง เพื่อจ่ายน้ำให้แต่ละร่อง ใช้ได้กับดินทุกชนิดที่มีความลาดเท ยกเว้นดินทรายร่วนและดินที่แตกระแหง



ภาพที่ 2.7 การให้น้ำแบบร่องคูของเนิน

2.2.1.7 การให้น้ำแบบร่องคูราบ (Level furrow method)

คล้ายคลึงกับวิธีให้น้ำแบบร่องคูลาด น้ำไหลซึมเข้าไปในดินทั้งแนวราบและแนวดิ่งสู่รากพืช การให้น้ำต้องให้ด้วยอัตราสูงในระยะเวลาอันสั้น เหมาะกับดินที่มีอัตราการดูดซึมปานกลางถึงช้า และมีความสามารถอุ้มน้ำปานกลางถึงสูง



ภาพที่ 2.8 การให้น้ำแบบร่องคูราบ

2.2.1.8 การให้น้ำแบบร่องคูเล็กหรือลูกฟูก (Corrugation method)

น้ำจะไหลเข้าสู่ร่องน้ำที่มีลักษณะเล็กตื้น มีระยะห่างเท่าๆ กันตามขวางของพื้นที่ เหมาะกับเนื้อดินละเอียดถึงหยาบปานกลาง แต่ไม่เหมาะกับดินหยาบที่มีอัตราการดูดซึมสูงหรือดินเค็ม ใช้ได้ดีกับดินแห้งหรือแตกระแหง ใช้ได้กับพืชทุกชนิดยกเว้นข้าว พื้นที่ที่สามารถทำได้นั้นควรมีความเรียบหรือลาดเทระหว่าง 1 ถึง 8 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 2.9 การให้น้ำแบบร่องคูเล็ก

2.2.2 การให้น้ำใต้ดิน

เป็นการให้น้ำโดยยกระดับน้ำใต้ดินขึ้นมาให้สูง พอที่จะไหลซึมขึ้นสู่ระดับเขตรากวิธีเพิ่มระดับน้ำใต้ดินทำได้สองแบบคือการให้น้ำในคูและฝังท่อใต้ดิน คูน้ำจะถูกขุดบนเส้นขอบเนินและเว้นระยะให้ชิดกันพอสมควร คูน้ำจะเชื่อมกับคูส่งน้ำและมีอาคารควบคุมน้ำ

ส่วนการฝังท่อเป็นการลงทุนสูง ส่วนใหญ่ใช้กับพืชที่มีราคาสูงเท่านั้น วางท่อลึกประมาณ 60 ถึง 100 เซนติเมตร บนระดับที่เกือบจะเท่ากันและขนานกับพื้นหน้าดินโดยประมาณ ท่อน้ำอยู่ชิดกัน ตอนต้นของท่อเชื่อมต่อกับคูส่งน้ำ ปลายท่อเชื่อมต่อกับท่อน้ำออกไปยังคูระบายน้ำ มีอาคารควบคุมน้ำวางไว้ตามแนวท่อจ่ายน้ำ

รูระบายน้ำใต้ดินหรือท่อรูตุ่น (Mole drains) เกิดจากการใช้รถแทรกเตอร์ลากท่อนเหล็กที่มีลักษณะคล้ายลูกปืนไปในดิน สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งการส่งน้ำเข้าและใช้ในการระบายน้ำออก ใช้งานได้ประมาณ 5 ถึง 8 ปี

ใช้กับดินที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำและมีอัตราการดูดซึมสูง ไม่สามารถใช้วิธีการให้น้ำทางผิวดินได้ เหมาะกับผักและพืชไร่ทุกชนิด

2.2.3 ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอย

การให้น้ำด้วยวิธีนี้น้ำจะไหลตามท่อด้วยแรงดันสูง แล้วฉีดพ่นโปรยให้ตกลงมาคล้ายฝน ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง เหมาะกับพืชทุกชนิด แต่จะมีน้ำส่วนหนึ่งสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ คือน้ำที่ตกลงในระหว่างต้นและระหว่างแถวที่เลยเขตรากพืช

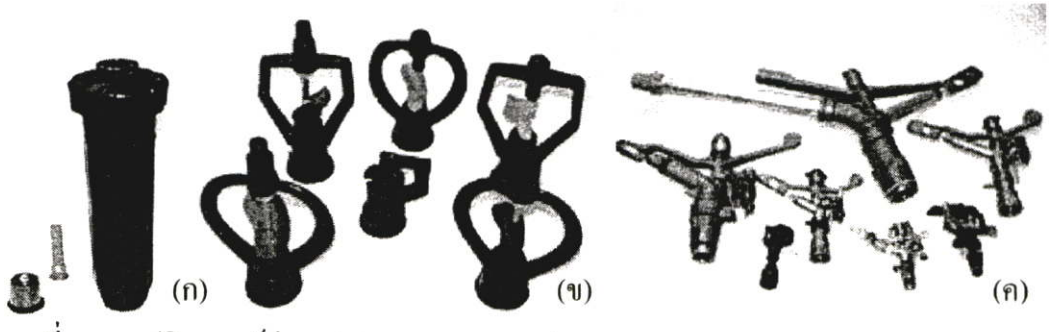
ข้อจำกัดคือ ถ้าใช้ในพื้นที่ที่มีลมแรงจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง ไม่เหมาะกับดินเนื้อละเอียดเพราะจะทำให้น้ำซึมลงดินไม่ทัน มีราคาแพงเนื่องจากต้องใช้ท่อและเครื่องสูบน้ำที่มีแรงดันสูง สามารถแบ่งการติดตั้งออกเป็น 3 แบบ [12] ได้แก่

1 แบบติดตั้งอยู่กับที่ (Permanent system) อุปกรณ์ทุกอย่างติดอยู่กับที่เคลื่อนย้ายไม่ได้ ท่อฝังอยู่ใต้ดิน ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กับโรงเรือน

2 แบบเคลื่อนย้ายได้บางส่วน (Semi-portable system) อุปกรณ์พวกเครื่องสูบน้ำท่อประธานและท่อรองประธานติดอยู่กับที่ ส่วนท่อแยกและหัวจ่ายน้ำเคลื่อนย้ายได้

3 แบบเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด (Portable system) อุปกรณ์ทุกชิ้นสามารถเคลื่อนย้ายได้

หัวจ่ายน้ำมีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานเช่น สนามหญ้าหรือสนามกอล์ฟใช้แบบ Pop-up ซึ่งในเวลาปกติจะมองไม่เห็นเพราะถูกฝังอยู่ใต้ดิน เมื่อเปิดเครื่องสูบน้ำ แรงดันน้ำจะดันหัวสปริงเกลอร์ให้โผล่พ้นดินพร้อมกับฉีดหมุนไปรอบๆ ตัวเองด้วยการหมุนของเฟือง สำหรับพืชไร่ที่ปลูกเป็นแถวจะใช้สปริงเกลอร์จำพวก Impact sprinkler ที่หมุนตามจังหวะน้ำหรือ Rotating sprinkler [33] ที่มีแรงดันระดับต่ำถึงปานกลาง ส่วนที่มีระยะการฉีดน้ำ 40 ถึง 50 เมตรคือ Hydraulic Giant sprinkler หรือ Big Gun



ภาพที่ 2.10 สปริงเกลอร์ต่างๆ (ก) แบบ Pop-up (ข) แบบ Rotating sprinkler (ค) แบบ Big Gun

2.2.4 ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยขนาดเล็ก

เป็นการให้น้ำในรูปแบบฉีดฝอย แต่นำมาย่อส่วนให้มีขนาดเล็กลง เปลี่ยนกลไกในการหมุน อัตราการให้น้ำน้อยลง ใช้แรงดันต่ำ เพื่อประหยัดน้ำและพลังงาน ให้น้ำเฉพาะจุดที่ต้องการให้น้ำเท่านั้น การสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์จึงลดลง

รูปแบบของการจ่ายน้ำได้แก่ [34]

2.2.4.1 มิสสเปรย์ (Mist spray)

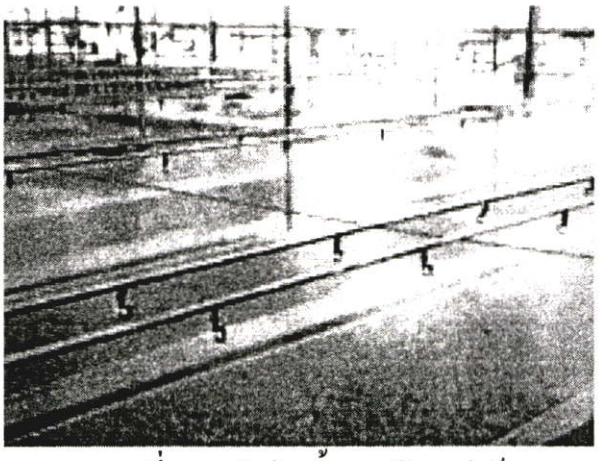
ใช้ในการปรับสภาพแวดล้อมด้วยกลุ่มละอองน้ำขนาดเล็กมาก ทำให้ความชื้นในบริเวณรอบๆ สูงขึ้น อัตราการไหล 20 ถึง 90 ลิตรต่อชั่วโมง ไม่เหมาะสำหรับที่โล่งแจ้ง ควรใช้ในโรงเรือนและพืชที่ปลูกชิดกัน

2.2.4.2 เจ็ทสเปรย์ (Jet spray)

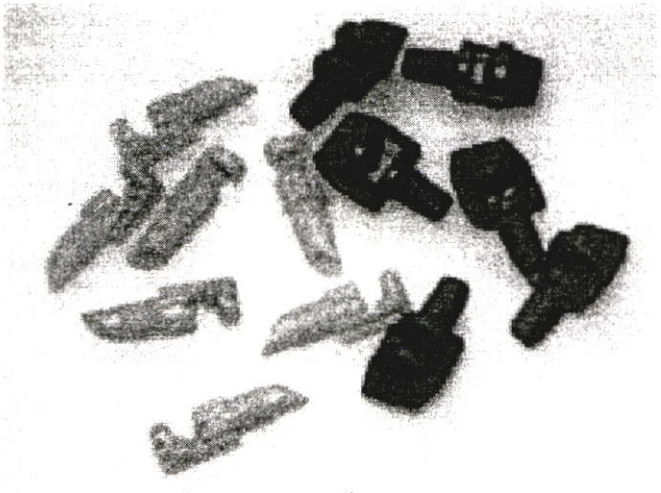
เป็นหัวจ่ายน้ำที่พ่นน้ำออกเป็นเส้นน้ำเล็กๆ หลายเส้นตามมุมกว้างเช่น 90 180 หรือ 360 องศา รัศมีประมาณ 2 เมตร อัตราการไหล 20 ถึง 90 ลิตรต่อชั่วโมง เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกชิดกัน

2.2.4.3 ไมโครเจ็ท (Micro jet)

เป็นหัวจ่ายน้ำที่พ่นน้ำเป็นสายละอองขนาดเล็กคล้ายร่มตามมุมกว้างแบบต่างๆ เช่น 90 180 หรือ 360 องศา รัศมีประมาณ 2 เมตร อัตราการไหล 20 ถึง 90 ลิตรต่อชั่วโมง เหมาะสำหรับพืชสวนและพืชผัก ที่ใช้น้ำปานกลาง



ภาพที่ 2.11 หัวจ่ายน้ำแบบมิสสเปรย์



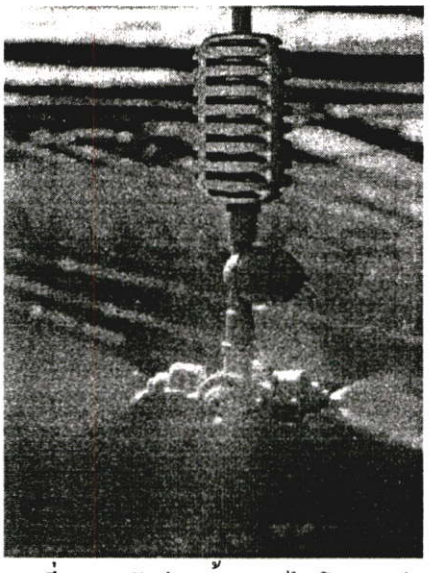
ภาพที่ 2.12 หัวจ่ายน้ำแบบไมโครเจ็ท

2.2.4.4 ไมโครสเปรย์ (Micro spray)

เป็นหัวจ่ายน้ำที่พัฒนาจากการรวมแบบเจ็ทสเปรย์กับไมโครเจ็ทเข้าด้วยกัน มีลักษณะการพ่นน้ำออกเป็นสายน้ำขนาดเล็กหลายเส้นผสมกับละอองน้ำขนาดเล็กคล้ายร่ม ตามมุมกว้างต่างๆ เช่น 90 180 หรือ 360 องศา รัศมีประมาณ 2 เมตร อัตราการไหล 20 ถึง 90 ลิตรต่อชั่วโมง เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกชิดกัน

2.2.4.5 มินิสปริงเกลอร์ (Mini sprinkler)

เป็นหัวจ่ายน้ำที่ให้น้ำผ่านท่อไมโครทิวบ์ (Micro tube) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 มิลลิเมตร ไปกระทบกับหัวเหวี่ยงที่หมุนรอบตัวเอง เกิดเป็นเม็ดน้ำเหวี่ยงกระจายออกไปรอบๆ ด้วยอัตราการไหลประมาณ 90 ถึง 250 ลิตรต่อชั่วโมง รัศมีประมาณ 2 เมตร เหมาะสำหรับไม้ยืนต้น



ภาพที่ 2.13 หัวจ่ายน้ำแบบไมโครสเปรย์

2.2.4.6 ไมโครสปริงเกลอร์ (Micro sprinkler)

มีลักษณะการทำงานคล้ายมินิสปริงเกลอร์แต่มีอัตราการไหลน้อยกว่าคือ 20 ถึง 90 ลิตรต่อชั่วโมง เหมาะสำหรับพืชที่ปลูกชิดกัน ไม้ยืนต้นและพืชผัก

ภาพที่ 2.14 หัวจ่ายน้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์

2.2.5 น้ำหยด

เป็นการส่งน้ำตามท่อด้วยแรงดันต่ำประมาณ 1 บาร์ที่จุดให้น้ำ น้ำจะไหลออกจากรูขนาดเล็กอัตราการไหลตั้งแต่ 0-120 ลิตรต่อชั่วโมง น้ำหยดมีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานได้แก่ แบบในท่อและแบบบนท่อ

2.2.5.1 แบบในท่อ (In-line) มีอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำ (Emitter) อยู่ภายในท่อแบ่งเป็น 2 แบบได้แก่

1 แบบเทปน้ำหยด (Drip tape) เป็นการนำแผ่นพีอีมาพับ พร้อมกับอัดขึ้นรูปทางเดินน้ำขนาดเล็กที่วกไปวนมา สามารถแยกตามการควบคุมการให้น้ำ 2 แบบคือ

1.1 แบบสามารถปรับลดแรงดันในการให้น้ำได้หรือแบบชดเชยแรงดัน

1.2 แบบธรรมดาหรือไม่สามารถปรับลดแรงดันในการให้น้ำได้

2 แบบท่อกลม (Drip hose) จะมีชิ้นส่วนทางเดินน้ำฝังอยู่ภายในท่อมี 2 แบบคือ

2.1 แบบท่อกลมที่ฝังในท่อ (Integral dripper) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

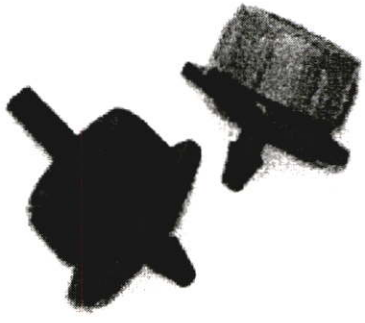
2.1.1 แบบแบนคล้ายตัวปลิงเกาะติดผนังท่อด้านเดียว

2.1.2 แบบกลมติดผนังท่อเป็นรูปวงกลม

ท่อสองชนิดนี้มีทั้งแบบสามารถปรับลดแรงดันหรือไม่สามารถปรับลดแรงดัน

2.2 แบบท่อกลมที่มีอุปกรณ์มาสวมต่อท่อแขนง (In-line dripper) อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำจะฝังอยู่ในท่อ หรือต่ออยู่ระหว่างท่อตรงจุดที่ต้องการ ระยะของอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำสามารถกำหนดได้ตามความต้องการใช้งานตั้งแต่ 0.30 ถึง 1.50 เมตร อัตราการไหลตั้งแต่ 1 ถึง 8 ลิตรต่อชั่วโมง

2.2.5.2 แบบบนท่อ (On-line) อุปกรณ์ควบคุมการจ่ายน้ำจะปักอยู่บนท่อหรือต่ออยู่บนปลายไมโครทิวบ์ซึ่งต่อแยกจากท่อแขนง (Lateral) ขนาดที่นิยมใช้คือ 2 4 และ 8 ลิตรต่อชั่วโมง



ภาพที่ 2.15 หัวจ่ายน้ำหยด

2.2.6 อุปกรณ์ที่ใช้กับการให้น้ำด้วยความดัน

อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ ท่อ เครื่องกรองน้ำและเครื่องสูบน้ำ

2.2.6.1 ท่อ

ขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งานและสภาพพื้นที่ แต่ที่นิยมใช้ได้แก่ ท่อพีวีซีและท่อพีอี

ท่อพีวีซีหรือโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC, Polyvinyl chloride pipe) เป็นท่อที่ได้รับความนิยมมาก มีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย น้ำหนักเบา เชื่อมต่อได้ง่ายโดยใช้กาวและแบบเกลียว ไม่เป็นสนิม

ทนต่อการกัดกร่อนของกรดและสารเคมี แต่จะแตกหักได้ถ้าถูกกดทับด้วยน้ำหนักมากๆ มีความดัน 3 ระดับคือ 5 8.5 และ 13.5 เส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 ถึง 16 นิ้ว ความยาวท่อละ 4 เมตร

ท่อพีอีหรือโพลีเอทีลีน (PE, Polyethylene pipe) เป็นท่อสีดำ จึงนิยมเรียกว่าท่อดำ เพื่อใช้ในการการเกษตรโดยเฉพาะ มีราคาถูกกว่าท่อแบบอื่น ตัดต่อง่าย ติดตั้งหัวจ่ายน้ำได้สะดวกและรวดเร็ว น้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นและไม่แตกหักเมื่อโดนน้ำหนักทับ ความยาว 50 ถึง 200 เมตรต่อม้วน แบ่งเป็น 3 แบบคือ

1 ชนิดความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene pipe, LDPE) มีความหนาแน่น 0.918 ถึง 0.935 g/cm^3 ท่อนิ่มตัดขาดง่ายด้วยของมีคม เสื่อมคุณภาพง่ายเมื่อโดนแสงแดด ส่วนใหญ่ใช้เป็นท่อที่ติดตั้งหัวจ่ายน้ำมีขนาดตั้งแต่ 4 ถึง 32 มิลลิเมตร แต่ที่ใช้กันมากคือ 16 ถึง 25 มิลลิเมตร ชั้นแรงดันมี 4 ระดับคือ PN 2.5 PN 4 PN 6 และ PN 10

2 ชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene pipe, HDPE) มีความหนาแน่น 0.940 g/cm^3 นิยมใช้เป็นท่อประธานมีขนาด 32 มิลลิเมตรขึ้นไป เนื้อท่อแน่นและแข็ง ยากต่อการตัดด้วยของมีคม การเชื่อมต่อมี 2 วิธีคือ แบบต่อชน (Butt welding) ใช้ความร้อนหลอมและอัดด้วยแรงดันให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้หน้าจาน และวิธีใช้ข้อต่อชนิดสวมรัด (Compression fittings) ขนาดท่อมีตั้งแต่ 16 ถึง 1200 มิลลิเมตร ที่ใช้กันมากคือ 32 ถึง 400 มิลลิเมตร ชั้นความดันมี 5 ชั้นคือ PN 6.3 PN 8 PN 10 PN 12.5 และ PN 16

3 ชนิดความหนาแน่นปานกลาง (Linear Low Density Polyethylene pipe, LLDPE, MDPE) มีความหนาแน่น 0.915 ถึง 0.935 g/cm^3 การใช้งานและการต่อเชื่อมเหมือนท่อ LDPE แต่แพงกว่าเล็กน้อย

2.2.6.2 เครื่องกรองน้ำ

การส่งน้ำตามท่อจำเป็นต้องกรองน้ำก่อนส่งเข้าระบบ เพราะตะกอนจะไปตกอยู่ในท่อทำให้อายุการใช้งานของท่อลดลง ความละเอียดในการกรองขึ้นอยู่กับขนาดของรูหัวจ่ายน้ำและคุณสมบัติของน้ำ ที่นิยมใช้มี 4 แบบคือ

1 กรองกรวดหรือกรองทราย (Gravel filter, Sand filter, Media filter) น้ำจะไหลผ่านชั้นกรวดหรือทรายหรือวัสดุอื่นๆ ขณะที่น้ำไหลผ่านตะกอนหยาบจะถูกดักไว้ในระหว่างช่องว่างของกรวดและทราย

2 กรองตะแกรง (Screen filter) อาศัยพื้นผิวของตะแกรง ใช้ความถี่ของตะแกรงดักตะกอนไว้ที่ผิวหน้าของตะแกรง

3 กรองแยกทราย (Sand separator, Cyclone) เป็นการกรองโดยอาศัยแรงเหวี่ยงให้ทรายซึ่งมีน้ำหนักมากตกลงมานอนก้น

4 กรองแบบแผ่นดิสก์ (Disc filter) ตะกอนหยาบจะถูกดักไว้ด้านนอก ตะกอนขนาดเล็กกว่าจะถูกดักไว้ด้านใน มีอายุการใช้งานยาวนาน ทำความสะอาดง่าย ไส้กรองใช้น้ำที่มีแรงดันสูงฉีดล้างได้สะอาดและรวดเร็ว

การเลือกใช้เครื่องกรองน้ำ

เลือกจากขนาดของท่อน้ำเข้าออก ให้ได้ขนาดเดียวกันหรือใกล้เคียงกับขนาดท่อประธาน สิ่งที่ต้องพิจารณาคือ การสูญเสียแรงดันและอัตราการไหลสูงสุดของกรอง อัตราการไหลสูงสุดของระบบ ควรเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลสูงสุดของกรอง

2.2.6.3 เครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำที่ใช้ในการเกษตรแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1 เครื่องสูบน้ำสำหรับงานระบายน้ำ สามารถสูบน้ำได้ปริมาณสูง แต่การส่งน้ำได้ไม่ไกล เช่น ท่อส่งน้ำ

2 เครื่องสูบน้ำสำหรับงานส่งน้ำ สามารถสูบน้ำได้ไกลเช่น เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง

2.3 ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต้องทำให้การสั่งงานง่าย ใช้ภาษาที่มีไวยากรณ์ที่ชัดเจน รัดกุม ภาษาที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมถูกพัฒนาหลายรุ่นดังนี้ [35]

ภาษารุ่นที่ 1 ได้แก่ ภาษาเครื่องใช้ 0 กับ 1 ภาษาสัญลักษณ์ และภาษาแอสเซมบลี ที่ใช้เป็นรหัสช่วยจำแทน 0 กับ 1

ภาษารุ่นที่ 2 เป็นภาษาที่เก่าที่สุดและเป็นพื้นฐานของภาษาคอมพิวเตอร์ใหม่ๆ แต่มีข้อจำกัดคือเป็นภาษาที่ไม่มีโครงสร้าง ไม่สามารถกำหนดชนิดข้อมูลได้เช่น ภาษาฟอร์แทรน (FORTRAN) โคบอล (COBOL, Common Business Oriented Language) ALGOL (Algorithm language) และภาษา BASIC (Beginner's All purpose Symbolic Instruction Code)

ภาษารุ่นที่ 3 ปรับปรุงลักษณะ โครงสร้างและขีดความสามารถของภาษารุ่นที่ 2 โดยแบ่งเป็นสองลักษณะคือ สำหรับงานทั่วไปเช่น ภาษา PL/I, Pascal, Modula-2, C, Ada มีพื้นฐานจากภาษา ALGOL ใช้ในงานวิศวกรรม วิทยาศาสตร์และธุรกิจ ภาษาที่ออกแบบที่ใช้งานเจาะจงเช่น Lisp, Prolog, Smalltalk, APL และ FORTH เป็นต้น

ภาษารุ่นที่ 4 เป็นภาษาที่พัฒนาขึ้นเพื่อลดขั้นตอนการออกแบบระบบ โดยผู้ใช้ระบุผลลัพธ์ที่ต้องการ จากนั้นโปรแกรมจะประมวลหาผลลัพธ์ แต่บางอย่างยังต้องอาศัยการกำหนดเงื่อนไข และลำดับขั้นตอนการงานเช่น ภาษาสอบถาม (Query Language) ใช้ในการสืบค้นข้อมูลในฐานข้อมูล ได้แก่ SQL (Structured Query Language) หรือโปรแกรมจัดการฐานข้อมูลเช่น dBase และ FoxPro

ภาษารุ่นที่ 5 เป็นภาษาที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีลักษณะการทำงานเชิงวัตถุ มีระบบช่วยเหลือต่างๆเช่น Visual Basic, Visual FoxPro เป็นต้น

2.3.1 ความเป็นมาของภาษา BASIC

ภาษาเบสิค (BASIC, Beginner's All purpose Symbolic Instruction Code) พัฒนาโดย จอห์น เคมเมนี (John Kemeny) และธอมัส เคริตส์ (Thomas Kurtz) ที่วิทยาลัย Dartmouth ในปี ค.ศ. 1963 [36] เพื่อใช้ในสอนวิชาการเขียนโปรแกรม และได้รับความนิยมอย่างสูงบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จนกระทั่งปี ค.ศ. 1970 ไมโครซอฟท์ (Microsoft) ได้ผลิตตัวแปรภาษา BASIC ใน ROM เรียกว่า ROM-Based BASIC ต่อมาพัฒนาเป็น GW-BASIC ในปี ค.ศ. 1982 Microsoft QuickBasic ได้ถูกพัฒนาขึ้น และได้พัฒนาการใช้งานด้านกราฟฟิกและเสียงประกอบขึ้นให้เหมือนกับภาษาคอมพิวเตอร์อื่นๆ [37]

2.3.2 Visual Basic

Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟท์ โดยภาษามีรากฐานจากภาษา BASIC เวอร์ชั่นแรกคือเวอร์ชั่น 1.0 ออกสู่ตลาดในปี ค.ศ. 1991 โดยในช่วงแรกยังไม่มีความสามารถเท่ากับภาษา QBASIC (QBASIC เป็นโปรแกรมที่ทำงานด้วยระบบปฏิบัติการ MS-DOS) แต่เน้นเรื่องเครื่องมือที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมบนวินโดว์ (Windows) ซึ่งกลับได้รับความนิยมเป็นอย่างดี ทำให้ไมโครซอฟท์พัฒนาโปรแกรมอย่างต่อเนื่อง [38]

2.3.3 Visual Basic 6.0

Visual Basic 6.0 เป็นเครื่องมือในการสร้างโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ [39] ถูกผลิตออกมาในปี ค.ศ. 1998 ได้เพิ่มความสามารถในการเขียนโปรแกรมติดต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ต การเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล รวมทั้งปรับปรุงเครื่องมือและการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming) [38]

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

C.M. Burt [40] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบระหว่างวิธีการให้น้ำพืชแบบน้ำหยดและไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์กับพืชสวนและผักสวนครัวพบว่า พืชสวนที่ปลูกห่างๆ มีรากสั้นๆ เช่น อะโวคาโดใช้ไมโครสปริงเกลอร์หรือไมโครสเปรย์ได้ผลดีกว่าน้ำหยด เพราะต้องให้น้ำแบบหนึ่งหัวจ่ายน้ำหรือมากกว่าต่อต้น สวนพืชสวนครัว พืชที่ปลูกเป็นแถวและพืชที่ปลูกติดๆ กัน เช่น บล็อกโคลี่ ดอกกะหล่ำ มะเขือเทศ พริกไทย ฯลฯ นิยมใช้วิธีน้ำหยดเพราะจะทำให้ดินมีความชื้นสูง หัวจ่ายน้ำที่ถูกติดตั้งต้องมีระยะการจ่ายน้ำอย่างต่ำประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของเขตรากพืช เพื่อให้ดินชุ่มชื้น พืชไม่เกิดอาการขาดน้ำ การให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์ดีกว่าแบบน้ำหยดเพราะสามารถป้องกันการเกิดน้ำค้างแข็ง ทำให้ดินมีพื้นที่เปียกน้ำกว้างกว่าน้ำหยด มีอัตราการไหลซึมดีกว่าเนื่องจากหัวฉีดสั้นและใหญ่ แต่มีข้อเสียคือราคาติดตั้งสูง การสูญเสียเนื่องจากการระเหยมาก ความชื้นสูง

Martin Guerena [41] ได้ทำการศึกษาพบว่า คะน้าเป็นพืชรากสั้นต้องการน้ำบ่อยครั้ง จำเป็นที่จะต้องใช้น้ำมาก ทำให้สิ้นเปลือง เป็นผักที่มีต้นทุนสูง ส่วนน้ำที่เหลือจะกลายเป็นน้ำเสียทำให้เกิดโรคและแมลง แต่ถ้าให้น้ำน้อยเกินไปจะเป็นผลให้การเจริญเติบโตของพืชช้าลง ผลผลิตตกต่ำ การให้น้ำแบบสปริงเกลอร์เหมาะสำหรับใช้ในการเพาะกล้า ส่วนแบบร่องดูหรือน้ำหยดนั้นสามารถนำมาใช้ได้

James M.Stephens [42] ได้กล่าวว่า การให้น้ำสำหรับผักอินทรีย์ต้องทำให้ดินมีความชื้นไม่น้อยกว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกอย่างเต็มที่ ดินต้องมีความชื้นตลอดความลึกราก การให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์ทุกๆ วัน จะทำให้ผิวดินเปียกและเหมาะกับพืชรากสั้น ซึ่งการให้น้ำทั้งไมโครสปริงเกลอร์และน้ำหยดเป็นวิธีที่ช่วยอนุรักษ์การใช้น้ำด้วย

M.S. Al-Jamal et al. [43] ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการจัดการน้ำเพื่อให้เกิดผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์มากที่สุด โดยทดลองด้วยการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์น้ำหยดและร่องดูเพื่อปลูกหัวหอมใหญ่ภายในรัฐ New Mexico พบว่าการให้น้ำแบบน้ำหยดมีประสิทธิภาพต่ำเมื่อใช้วิธีฝังท่อน้ำ แต่ให้ผลผลิตมากที่สุด ซึ่งไม่เป็นที่นิยมของเกษตรกร การใช้สปริงเกลอร์สามารถเพิ่มผลผลิตและมีประสิทธิภาพการชลประทานดีกว่าแบบร่องดูและน้ำหยด แต่ถ้าต้องการเพิ่มผลผลิตให้ใช้วิธีน้ำหยด เพราะไม่ต้องมีการวางแผนการให้น้ำที่ยุ่งยากแบบสปริงเกลอร์

Stefano Anconelli et al. [44] ได้ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์ ที่มีลักษณะและอัตราการไหลที่แตกต่างกันได้แก่ 65 ลิตรต่อชั่วโมง และ 45 ลิตรต่อชั่วโมง เพื่อไม่ให้เกิดน้ำค้างแข็งเกาะที่ตัวผลไม้ในประเทศอิตาลี โดยมีพื้นที่ทดลองขนาด 10×8 เมตร มีแผ่นฟิล์มกั้นสูง 3 เมตร วางท่อสำหรับไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์ระยะห่างกัน 4 เมตร ในแต่ละส่วนถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส ติดหัวจ่ายน้ำทั้งหมด 8 หัว มีเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิแขวนอยู่ด้านบน หลังการทดลองพบว่าไมโครสปริงเกลอร์ดีกว่าไมโครสเปรย์ เนื่องจากไมโครสปริงเกลอร์ฉีดหยดน้ำที่ขนาดใหญ่กว่า ทำให้เกิดการระเหยช้ากว่า เมื่อความชื้นสัมพันธ์ต่ำไม่เกิดการจับตัวของหยดน้ำ ส่วนความแตกต่างของอัตราไหลพบว่าที่อัตราการไหล 65 ลิตรต่อชั่วโมงช่วยไม่ให้เกิดการสูญเสียความร้อน

Tim Hess [45] ได้วิเคราะห์ว่า โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนการส่งน้ำชลประทานเข้าสู่ฟาร์ม ประกอบด้วยการหาอัตราการใช้น้ำของพืชอ้างอิง อัตราการใช้น้ำของพืชแท้จริง ความสมดุลของน้ำในดินและการคาดการณ์ปริมาณน้ำที่ต้องให้ล่วงหน้า ทำให้ประหยัดเครื่องมือและแรงงาน

Benoît Sarr et al. [46] ได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของถั่วลิสงในตอนเหนือของประเทศเซเนกัล โดยได้นำแบบจำลองความสมดุลของน้ำในดินมาใช้และปรับปรุงสภาพน้ำในดินให้ดีขึ้น ทำการทดลองด้วยการให้ให้แบบสปริงเกลอร์และน้ำหยด พบว่า ในแบบจำลองสามารถทำให้ความชื้นในดินเพิ่มขึ้นได้ ส่วนน้ำหยดนั้นพบว่าเกิดการระเหยน้อยมาก จุดประสงค์ของแบบจำลองนี้คือการหาค่าอัตราการใช้น้ำของพืชและสร้างแบบจำลอง

สำหรับน้ำในดิน หาสมดุลน้ำโดยการประมาณค่าน้ำที่ใช้ในแต่ละวัน เพื่อหาการเจริญเติบโตของพืช

M.S. Al-Jamal et al. [47] ได้ทำการศึกษาวิธีการให้น้ำที่สามารถเพิ่มผลผลิตหัวหอมพบว่าระบบน้ำหยดสามารถเพิ่มผลผลิตหัวหอม โดยให้น้ำลึกประมาณ 101 เซนติเมตร แต่บางครั้งเมื่อต้องการเพิ่มผลผลิต การระบายน้ำต้องดี ส่วนประสิทธิภาพการใช้น้ำจะลดลง ส่วนแบบสปริงเกลอร์พบว่าดีกว่าแบบน้ำหยด สามารถใช้ได้ทุกสภาพอากาศ

Brain G. Leib et al. [48] ได้ทำการวิเคราะห์และพัฒนาเครื่องไมโครคอนโทรลเลอร์และสวิตช์แรงดัน เพื่อใช้ควบคุมการให้น้ำแบบต่างๆ ในราคาถูก ให้สอดคล้องกับวิธีการจัดการน้ำ ช่วยให้ประหยัดทั้งทรัพยากรน้ำและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในฟาร์ม และยังมีการค้นคว้าและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอรด้วย

B.G. Leib และ T.V. Elliott [49] ได้ศึกษาและพัฒนาโปรแกรม WISE เพื่อช่วยจัดการวิเคราะห์ข้อมูล ความต้องการน้ำของพืชในแต่ละช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตและสามารถคาดการณ์การให้น้ำและมีการหาความชื้นในดิน โดยใช้เซนเซอร์เป็นตัววัดค่า แสดงผลเป็นรูปแบบกราฟ

M.A. Helal et al. [50] ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อออกแบบและวิเคราะห์ระบบคลองส่งน้ำในประเทศอียิปต์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยต้องป้อนข้อมูลเช่นออกแบบอัตราการไหลของทางระบายน้ำในฟาร์ม การยกระดับของน้ำผิวดิน ตัวแปรต่างๆ ของระบบคลองส่งน้ำ โปรแกรมจะคำนวณหาเครื่องมือและการดูแลรักษา ความลึกและอัตราเร็วการไหลของน้ำ อัตราการไหลผ่านทางระบายน้ำและข้อมูลของน้ำผิวดิน ในการศึกษานี้พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองสามารถนำมาใช้เป็นเงื่อนไขในการส่งน้ำเข้าสู่ฟาร์มได้

บทที่ 3
สมการที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

สมการที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เป็นสมการพื้นฐานของการคำนวณวิธีการให้น้ำพืชแบบไมโครสปริงเกลอร์และแบบน้ำหยด ส่วนวิธีการให้น้ำพืชแบบไมโครสเปรย์จะใช้วิธีการคำนวณหาเช่นเดียวกับไมโครสปริงเกลอร์

3.1 สมการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

$$ET_C = ET_P \times K_C \tag{3.1}$$

โดยที่

ET_C = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)

ET_P = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตรต่อวัน)

K_C = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

3.2 สมการคำนวณการให้น้ำพืชแบบไมโครสปริงเกลอร์

ปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้

$$WR = WHC \times 0.25D \tag{3.2}$$

โดยที่

WR = ปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ (มิลลิเมตร)

WHC = ความสามารถอุ้มน้ำของดิน (มิลลิเมตรน้ำต่อเซนติเมตรดิน)

D = ความลึกรากพืช (เซนติเมตร)

รอบเวรการให้น้ำพืช

$$I_{\text{int }erval} = \frac{WR}{ET_C} \tag{3.3}$$

โดยที่

$I_{\text{int erval}}$ รอบเวรการให้น้ำ (วัน) ถ้ามีเศษให้ปัดเศษลง

ปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละรอบเวร

$$d_{period} = \frac{ET_C \times I_{\text{int erval}}}{E_s \times 100} \tag{3.4}$$

โดยที่

d_{period} = ปริมาณน้ำที่ให้ในแต่ละรอบเวร (มิลลิเมตร)

E_s = ประสิทธิภาพของระบบ

พื้นที่เปียกน้ำ

$$A_{wet} = \pi\left(\frac{dis_{tree}}{2}\right)^2 \times B \tag{3.5}$$

โดยที่

A_{wet} = พื้นที่เปียกน้ำ (ตารางเมตร)

dis_{tree} = ระยะห่างระหว่างต้น (เมตร)

B = เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทรงพุ่มประมาณ 60 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์

รัศมีวงเปียกที่ต้องการ

$$r_{wet} = \sqrt{\frac{A_{wet}}{\pi}} \tag{3.6}$$

โดยที่

r_{wet} = รัศมีวงเปียกที่ต้องการ (เมตร)

ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ให้ในแต่ละรอบเวร

$$q_{all} = d_{period} \times A_{wet} \tag{3.7}$$

โดยที่

q_{all} = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ให้ในแต่ละรอบเวร (ลิตร)

จำนวนชั่วโมงมากที่สุดในการให้น้ำในแต่ละรอบเวร

$$H_{period} = \frac{q_{all}}{Q_{emitter}} \tag{3.8}$$

โดยที่

H_{period} = จำนวนชั่วโมงให้น้ำแต่ละรอบเวร (ชั่วโมง) ถ้ามีเศษให้ปัดขึ้น

$Q_{emitter}$ = อัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำ (ลิตรต่อชั่วโมง) ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้

จำนวนคาบในการให้น้ำ

$$N_T = \frac{H_{work}}{H_{period}} \tag{3.9}$$

โดยที่

N_T = จำนวนคาบในการให้น้ำ (คาบ) ถ้ามีเศษให้ปัดลง

H_{work} = จำนวนชั่วโมงที่สามารถให้น้ำในเวลาหนึ่งวันคือ เวลาปฏิบัติงาน (ชั่วโมง)

จำนวนโซนมากที่สุดที่แบ่งได้

$$Z = N_T \times I_{interval} \tag{3.10}$$

โดยที่

Z = จำนวนโซนที่แบ่งได้ (โซน)

3.3 สมการคำนวณการให้น้ำพืชแบบน้ำหยด

เส้นผ่านศูนย์กลางวงเปียก

สำหรับดินละเอียด

$$WD = 1.2 + 0.1Q \tag{3.11}$$

สำหรับดินปานกลาง

$$WD = 0.7 + 0.11Q \tag{3.12}$$

สำหรับดินหยาบ

$$WD = 0.3 + 0.12Q \tag{3.13}$$

โดยที่

WD = เส้นผ่านศูนย์กลางวงเปียก (เมตร)

Q = อัตราการให้น้ำ (ลิตรต่อชั่วโมง)

พื้นที่วงเปียกต่อหัว

$$A_{emitter} = \pi\left(\frac{WD}{2}\right)^2 \tag{3.14}$$

โดยที่

$A_{emitter}$ = พื้นที่วงเปียกต่อหัว (ตารางเมตร)

จำนวนหัวน้ำหยด

$$N_{emitter} = \frac{A_{wet}}{A_{emitter}} \tag{3.15}$$

โดยที่

$N_{emitter}$ = จำนวนหัวน้ำหยด (หัว)

A_{wet} = พื้นที่เปียกน้ำหาจากสมการที่ (3.5)

อัตราการให้น้ำต่อต้น

$$q_{tree} = N_{emitter} \times Q_{emitter} \tag{3.16}$$

โดยที่

q_{tree} = อัตราการให้น้ำต่อต้น (ลิตรต่อชั่วโมง)

พื้นที่วงเปียกที่ได้ต่อต้น

$$A_{tree} = A_{emitter} \times N_{emitter} \tag{3.17}$$

โดยที่

A_{tree} = พื้นที่วงเปียกที่ได้ต่อต้น (ตารางเมตร)

ถ้า $A_{wet} > A_{tree}$ ยอมรับการเลือกหัวน้ำหยดได้

ถ้า $A_{wet} < A_{tree}$ ไม่ยอมรับการเลือกหัวน้ำหยด ต้องเลือกอัตราการไหลอีกครั้ง

ปริมาตรน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

$$WR_{tree} = WR \times A_{tree} \tag{3.18}$$

โดยที่

WR_{tree} = ปริมาตรน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (ลิตร)

WR = ปริมาตรน้ำที่พืชนำไปใช้ได้หาจากสมการที่ (3.2)

น้ำที่ยอมให้พืชใช้ได้ (ต้องกลับสู่ดิน)

$$W_{tree} = WR_{tree} \times C \tag{3.19}$$

โดยที่

W_{tree} = น้ำที่ยอมให้พืชใช้ได้ (ลิตร)

C = เปอร์เซ็นต์ที่ยอมให้พืชเอาไปใช้ได้ประมาณ 40 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณน้ำที่ต้องส่งกลับสู่ดิน (ต้องส่งให้)

$$SW = W_{tree} \times \frac{100}{E_a} \tag{3.20}$$

โดยที่

SW = ปริมาณน้ำที่ต้องส่งกลับสู่ดิน (ลิตร)

E_a = ประสิทธิภาพการให้น้ำ 85 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาในการให้น้ำต่อคาบ

$$T = \frac{SW}{q_{tree}} \tag{3.21}$$

โดยที่

T = ระยะเวลาในการให้น้ำต่อคาบ (ชั่วโมง) ถ้าเหลือเศษให้ปัดขึ้น

อัตราการให้น้ำจากหัวน้ำหยด

$$q_{drip} = \frac{q_{tree}}{A_{tree}} \tag{3.22}$$

โดยที่

q_{drip} = อัตราการให้น้ำจากหัวน้ำหยด (มิลลิเมตรต่อชั่วโมง)

ปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้

$$q_{input} = \frac{SW}{A_{tree}} \tag{3.23}$$

โดยที่

q_{input} = ปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้ (มิลลิเมตร)

รอบเวรการให้น้ำ

$$I_{\text{int }erval} = \frac{q_{input}}{ET_C} \tag{3.24}$$

โดยที่

$I_{\text{int }erval}$ = รอบเวรการให้น้ำ (วัน) เหลือเศษให้ปัดลง

ชั่วโมงการให้น้ำจริง

$$H_{work} = N_T \times T \tag{3.25}$$

โดยที่

H_{work} = ชั่วโมงการให้น้ำจริง (ชั่วโมง)

N_T = จำนวนคาบการให้น้ำต่อวันหาได้จากสมการที่ (3.9)

จำนวนโซนการให้น้ำ

$$Z = H_{work} \times I_{\text{int }erval} \tag{3.26}$$

โดยที่

Z = จำนวนโซนการให้น้ำ (โซน)

3.4 สมการหาขนาดอุปกรณ์ที่ใช้งาน

อัตราการไหลในท่อ

$$Q_{lateral} = \frac{N_{emitter} \times Q_{emitter}}{1000} \tag{3.27}$$

โดยที่

$Q_{lateral}$ = อัตราการไหลในท่อแขนง (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

$Q_{emitter}$ = อัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

ความดันทั้งหมดที่ยอมให้แตกต่างได้

$$H_{all} = 0.2H_{work} \tag{3.28}$$

โดยที่

H_{all} = ความดันทั้งหมดที่ยอมให้แตกต่างได้ (เมตร)

H_{work} = ความดันที่ใช้งานสามารถหาได้จากคู่มือของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆ (เมตร)

ค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน

$$H_L = \frac{H_{pipe} \times l_{pipe}}{100} \tag{3.29}$$

โดยที่

H_L = ค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน (เมตร)

H_{pipe} = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียแรงดันภายในท่อของการให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์และน้ำหยด

l_{pipe} = ความยาวท่อ (เมตร)

LDPE หาได้จากภาพที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

PVC หาได้จากภาพที่ ข.2 ในภาคผนวก ข

ค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน (ที่ปรับแก้แล้ว)

$$H_{L_{new}} = F \times H_L \tag{3.30}$$

โดยที่

$H_{L_{new}}$ = ค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน (ที่ปรับแก้แล้ว) (เมตร)

F = ค่าปรับแก้ในท่อแขนงและท่อประธานย่อยมีค่าเท่ากับ 0.4

อัตราการไหลในท่อประธานย่อย

$$Q_{submain} = Q_{lateral} \times N_{lateral} \tag{3.31}$$

โดยที่

$Q_{submain}$ = อัตราการไหลในท่อประธานย่อย (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

$N_{lateral}$ = จำนวนท่อแขนงทั้งหมดที่ต่อเข้ากับท่อประธานแต่ละเส้น (เส้น)

อัตราการไหลในท่อประธาน

$$Q_{main} = Q_{submain} \times N_{submain} \tag{3.32}$$

โดยที่

Q_{main} = อัตราการไหลในท่อประธาน (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)

$N_{lateral}$ = จำนวนท่อประธานย่อยทั้งหมดที่ต่อเข้ากับท่อประธาน (เส้น)

แรงดันที่ต้องการของเครื่องสูบน้ำ

$$H = \left(H_{L_{emitter}} + H_{L_{lateral}} H_{L_{submain}} + H_{L_{main}} + 0.1H_{eqipment} + H_{Head-control} + H_{assume}\right) \times 1.2 \tag{3.33}$$

โดยที่

H = แรงดันที่ต้องการของเครื่องสูบน้ำ (เมตร)

$H_{L_{emitter}}$ = ความดันใช้งานจากหัวปล่อยน้ำ (เมตร)

$H_{L_{lateral}}$ = ความดันที่สูญเสียภายในท่อแขนง (เมตร)

$H_{L_{submain}}$ = ความดันที่สูญเสียภายในท่อประธานย่อย (เมตร)

$H_{L_{main}}$ = ความดันที่สูญเสียภายในท่อประธาน (เมตร)

$H_{L_{equipment}}$ = ค่าการสูญเสียรวมภายในท่อทั้งหมด (เมตร)

$H_{Head-control}$ = ความดันที่สูญเสียใน Head Control อยู่ในช่วงระหว่าง 5 ถึง 10 เมตร (เมตร)

H_{assume} = ความดันที่เสียจากระดับผิวน้ำถึงตัวเครื่อง เป็นค่าที่สมมติขึ้น (เมตร)

อัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำ

$$Q_{pump=} = Q_{main} \times 1.1 \tag{3.34}$$

โดยที่

Q_{pump} คือ อัตราการไหลของเครื่องสูบน้ำมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

แรงม้าของเครื่องสูบน้ำ

$$Pm = \left(\frac{(\gamma Q_{pump} H / 270)(1 + a)}{E_{pump} \times E_t} \right) \tag{3.35}$$

โดยที่

Pm = กำลังงานของต้นกำลัง (แรงม้า)

γ = ความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1 กิโลกรัมต่อลิตร

a = ค่าตัวแปรมีค่าเท่ากับ 0.1 ถึง 0.2 (ถ้าใช้มอเตอร์) และเท่ากับ 0.15 ถึง 0.25 (ถ้าใช้เครื่องยนต์)

E_{pump} = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (สมมุติว่าไม่น้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์)

E_t = ประสิทธิภาพในการถ่ายทอดกำลัง (สำหรับต่อตรงเท่ากับ 1)

บทที่ 4
วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยสำหรับ การทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการระบบให้น้ำแบบใช้ความดันสำหรับพืชอินทรีย์ ได้แยกการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ติดตั้งระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน การทดสอบระบบน้ำ การออกแบบโปรแกรมการจัดการระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน

4.1 การออกแบบโปรแกรมการจัดการระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน

การออกแบบโปรแกรมการจัดการน้ำ เพื่อช่วยหาระยะเวลาการให้น้ำของผักสวนครัวชนิดต่างๆ ให้เหมาะสมและสามารถใช้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด และขนาดของอุปกรณ์ให้น้ำในระบบเช่น ท่อและเครื่องสูบน้ำ เป็นต้น

4.1.1 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมการจัดการน้ำ

การออกแบบโปรแกรมแบ่งออกเป็น 5 ส่วนด้วยกันคือ

4.1.1.1 หน้าหลัก

เพื่อรับข้อมูลพื้นที่ของแปลง ชนิดพืช ชนิดดินที่ใช้ปลูก และเวลาที่ทำการเพาะปลูก และลักษณะการให้น้ำพืช

1 กำหนดตัวแปรที่ต้องการให้ผู้ใช้งานป้อนข้อมูลได้แก่ ความกว้าง ความยาวของพื้นที่ ชนิดดิน ชนิดพืช เดือน สถานที่หรือจังหวัดที่ทำการเพาะปลูก ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ระยะห่างระหว่างต้นและแถว (ในกรณีที่ปลูกพืชแล้ว)

2 สร้างปุ่มกดเพื่อเลือกการทำงานต่างๆ ได้แก่ ไมโครสปริงเกลอร์ ไมโครสเปรย์ และน้ำหยด เพื่อใช้เชื่อมต่อกับหน้าต่างที่แสดงค่าขนาดของอุปกรณ์ กรอกข้อมูลใหม่ สำหรับลบข้อมูลที่ได้กรอกไว้แล้วออก การควบคุมการให้น้ำใช้เชื่อมกับหน้าต่างที่แสดงค่าเวลาที่ต้องให้น้ำพืช ฐานข้อมูลใช้สำหรับเรียกหน้าต่างที่เชื่อมต่อกับ Micro Access ออกจากระบบเป็นปุ่มเพื่อปิดการทำงานของโปรแกรม

4.1.1.2 ฐานข้อมูล

เชื่อมต่อกับโปรแกรม Microsoft Access เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณ

1 ออกแบบหน้าต่างให้ง่ายต่อการกรอกข้อมูลซึ่งได้แก่ ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายเดือนในแต่ละจังหวัด สัมประสิทธิ์พืชรายเดือน ระยะระหว่างต้นและแถวของพืช และอัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำ

2 สร้างไฟล์สำหรับเก็บข้อมูลใน Microsoft Access

3 เชื่อมต่อการเก็บข้อมูลจากช่องที่ให้กรอกใน Visual Basic 6.0 ไปยัง Microsoft Access

4.1.1.3 คำนวณหาขนาดอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

แยกออกเป็น 3 หน้าต่างได้แก่ ไมโครสปริงเกลอร์ ไมโครสเปรย์และน้ำหยด แต่การออกแบบหน้าต่างของไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์เหมือนกัน เพราะตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณเป็นตัวเดียวกัน จึงแบ่งการออกแบบส่วนนี้เป็น 2 แบบเท่านั้น

1 ให้ผู้ใช้งานเลือกอัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำและรัศมีสำหรับการฉีดน้ำ ในกรณีที่เป็นน้ำหยดจะไม่มีส่วนรัศมีสำหรับการฉีดน้ำ

2 ออกแบบลักษณะการแสดงผลลัพธ์ของขนาดอุปกรณ์ที่คำนวณได้

3 เขียนคำสั่งการทำงาน เพื่อใช้ในการคำนวณขนาดอุปกรณ์ โดยมีการใช้ข้อมูลบางส่วนจากข้อมูลที่ให้ผู้ใช้ทำการกรอกในหน้าแรก

4.1.1.4 คำนวณหาเวลาที่ใช้น้ำที่เหมาะสม

1 ออกแบบให้ผู้ใช้งานเลือกชนิดพืช จังหวัดที่เป็นสถานที่ปลูก ลักษณะและอัตราการไหลของการให้น้ำพืช เดือนที่ทำการเพาะปลูก และกรอกระดับความชื้นเริ่มต้น

2 ออกแบบส่วนที่ใช้แสดงผลลัพธ์ของเวลาที่คำนวณได้

3 เขียนคำสั่งเพื่อใช้ในการคำนวณ

4.1.1.5 คำแนะนำการทำงานของระบบให้น้ำ

1 ออกแบบหน้าจอเพื่อให้ผู้ใช้งานอ่านและทำความเข้าใจในระบบให้น้ำ

2 มีการแสดงรูปภาพประกอบ

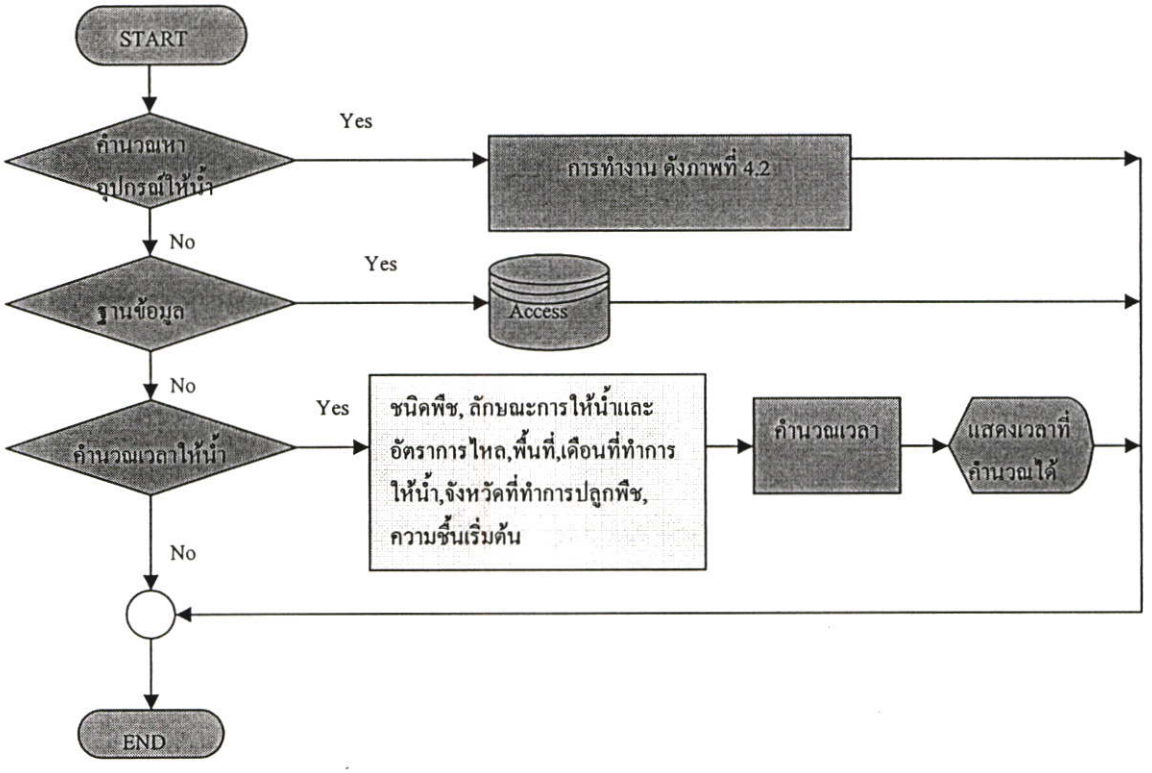
4.1.2 การทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เมื่อเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในแต่ละส่วน ต้องทำการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สามารถใช้งานได้

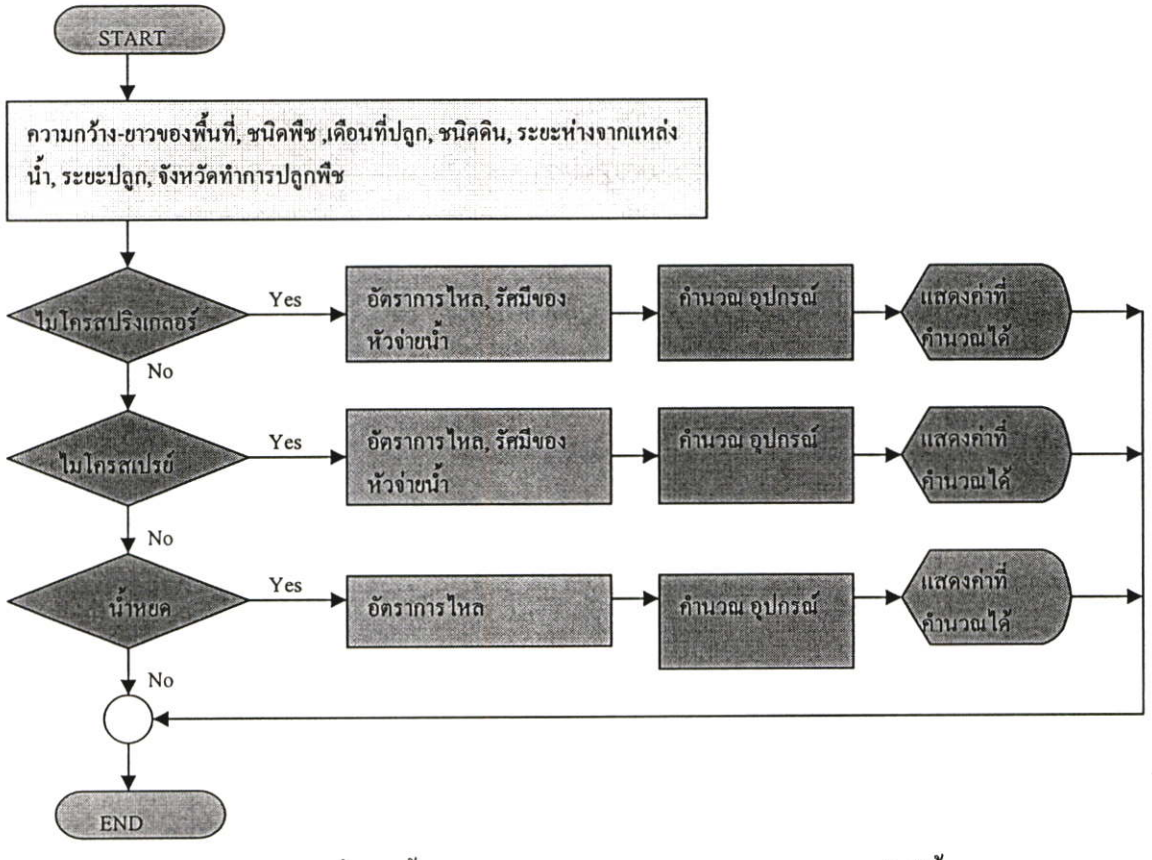
1 ทดสอบการแสดงผลการทดลองการหาขนาดอุปกรณ์ โดยใส่ค่าตัวแปรต่างๆ ในหน้าแรก และเลือกการทำงานของน้ำหยด ไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์ ตรวจค่าผลลัพธ์ที่โปรแกรมคำนวณได้

2 ทดสอบการหาค่าเวลาที่เหมาะสม ใส่ค่าตัวแปรในหน้าการคำนวณหาเวลา ให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประมวลค่าผลลัพธ์ออกมา

3 ทดสอบการทำงานของฐานข้อมูล โดยทำการใส่ข้อมูลใหม่ ลบข้อมูล และเพิ่มข้อมูล ตรวจสอบการเชื่อมต่อกับ Microsoft Access



ภาพที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ 4.2 ขั้นตอนการทำงานของส่วนคำนวณอุปกรณ์ให้น้ำ

จากภาพที่ 4.1 เป็นแผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยการทำงาน 3 ส่วนได้แก่การคำนวณหาอุปกรณ์ให้น้ำแก่พืช ฐานข้อมูลและการคำนวณหาเวลาให้น้ำแก่พืช การทำงานของขั้นตอนการคำนวณหาอุปกรณ์ให้น้ำแก่พืชนั้นจะเชื่อมโยงกับการทำงานในภาพที่ 4.2 ประกอบด้วยส่วนหน้าแรกซึ่งเป็นหน้าหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่รับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณได้แก่ความกว้าง-ยาวของพื้นที่ ชนิดพืช เดือนที่ปลูก ชนิดดิน ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ระยะปลูก จังหวัดที่ทำการปลูกพืช ข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับจะนำมาใช้ในการคำนวณหาอุปกรณ์ให้น้ำแบบใช้ความดันคือไมโครสปริงเกลอร์ ไมโครสเปรย์ และน้ำหยด จากนั้นผู้ใช้งานโปรแกรมต้องเลือกอัตราการไหลและรัศมีการจ่ายน้ำที่เหมาะสมกับวิธีการให้น้ำแก่พืช โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลและแสดงค่าผลลัพธ์ออกทางหน้าจอ การทำงานขั้นตอนที่ 2 ของภาพที่ 4.1 คือการรับข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Access ซึ่งทำหน้าที่เก็บค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณต่างๆ สามารถเพิ่ม ลบหรือแก้ไขค่าตัวแปรได้ ส่วนขั้นตอนสุดท้ายเป็นการคำนวณหาเวลาที่เหมาะสมกับการให้น้ำแก่พืช โดยต้องป้อนข้อมูลได้แก่ชนิดพืช ลักษณะการให้น้ำและอัตราการไหล พื้นที่ เดือนที่ทำการให้น้ำ จังหวัดที่ทำการปลูกพืช ความชื้นเริ่มต้น จากนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะประมวลผลข้อมูลและแสดงค่าผลลัพธ์ออกทางหน้าจอ

4.2 ติดตั้งระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน

พื้นที่ขนาด 6×20 เมตร ภายในโรงเรือนเพาะชำของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ใช้เป็นที่ทำการทดสอบการให้น้ำโดยใช้ระบบความดัน โดยแบ่งเป็นแปลงทดลองมีลักษณะเป็นบ่อมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร สูง 50 เซนติเมตร จำนวน 16 บ่อ ทำการทดสอบค่าพีเอชของดินที่ใช้เพื่อหาค่าความเป็นกรด-ด่าง ก่อนที่จะทำการเพาะปลูกพืชอินทรีย์ได้แก่ คะน้า

4.2.1 การทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน

ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่เหมาะสมกับคะน้าอยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 6.8 การทดสอบนี้เพื่อหาค่าพีเอชของดินว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะหรือไม่ และตรวจสอบว่าดินที่ทำการทดลองเป็นดินกรดหรือดินด่างเพื่อที่สามารถปรับแก้ค่าพีเอชให้เหมาะสมต่อไป ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1 สุ่มตักดินจากแปลงทดลองทั้ง 16 บ่อๆละ 50 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่เติมน้ำประมาณ 100 มิลลิลิตร หรืออัตราส่วนดิน 1 ส่วนต่อน้ำ 2 ส่วน เขย่าให้เนื้อดินพร้อมกับน้ำมีลักษณะคล้ายโคลน ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 5 ถึง 10 นาที

2 ตั้งค่าเครื่องวัดค่าพีเอช โดยใช้น้ำกลั่นมีค่าพีเอชประมาณ 7.0 ใส่ในบีกเกอร์ จากนั้นนำหัวโพรบแช่ไว้ รอกระทั่งค่าที่ปรากฏคงที่ บันทึกค่าที่อ่านได้

3 นำน้ำที่ตกตะกอนแล้วจากข้อที่ 1 เทใส่บีกเกอร์ หลีกเลี่ยงเศษดิน หรือโคลนไม่ให้ติดออกมา

4 แช่โพรบไว้รอจนกระทั่งค่าคงที่จดบันทึกค่า

5 ล้างโพรบด้วยน้ำสะอาด เช็ดให้แห้ง เริ่มทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 4

4.2.2 การติดตั้งระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน

การให้น้ำพืชแบบใช้แรงดันนั้น อุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างยิ่งคือ ท่อ และหัวจ่ายน้ำ ซึ่งหัวจ่ายน้ำแต่ละชนิดมีลักษณะการให้น้ำที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน การติดตั้งระบบครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการให้น้ำแบบความดันทั้งหมด 3 แบบได้แก่ ไมโครสปริงเกลอร์ ไมโครสเปรย์ และน้ำหยด ดังภาพที่ 4.3 ถึง 4.6 และใช้วิธีการให้น้ำด้วยมือหรือแรงงานมนุษย์เป็นตัวควบคุม อุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งมีดังนี้

1 ไมโครสเปรย์ ไมโครสปริงเกลอร์แบบประกอบเสร็จ และน้ำหยด

2 ท่อพีอีขนาด 16 และ 25 มิลลิเมตร

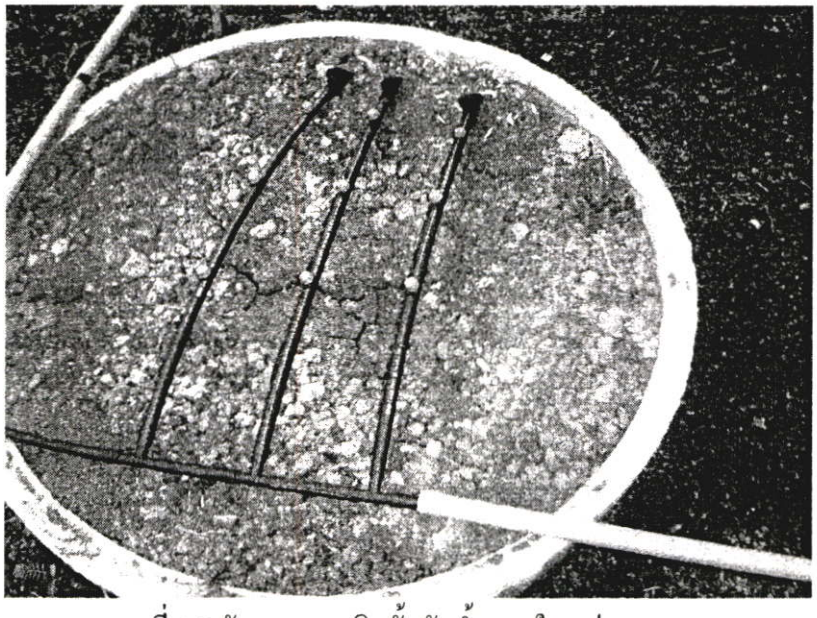
3 เครื่องสูบน้ำและถังเก็บน้ำ

4 เกจวัดแรงดันแบบแห้ง 0-10 บาร์ และอุปกรณ์ชุดต่อ

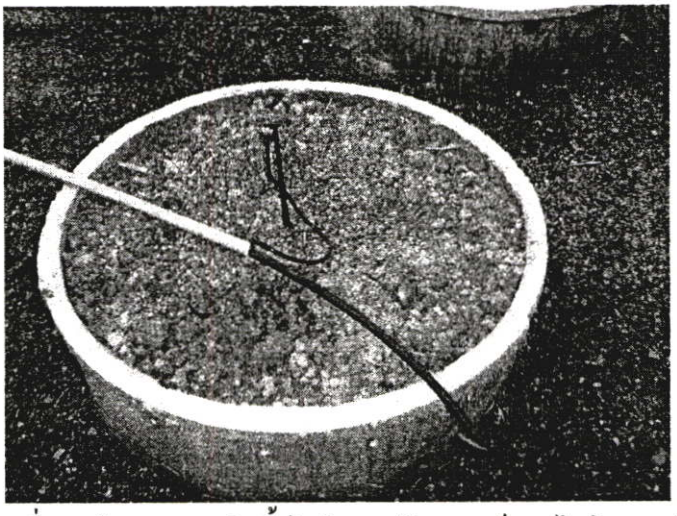
5 ข้อต่อสามทาง 16 และ 25 มิลลิเมตร

6 วาล์วขนาด 25 มิลลิเมตร

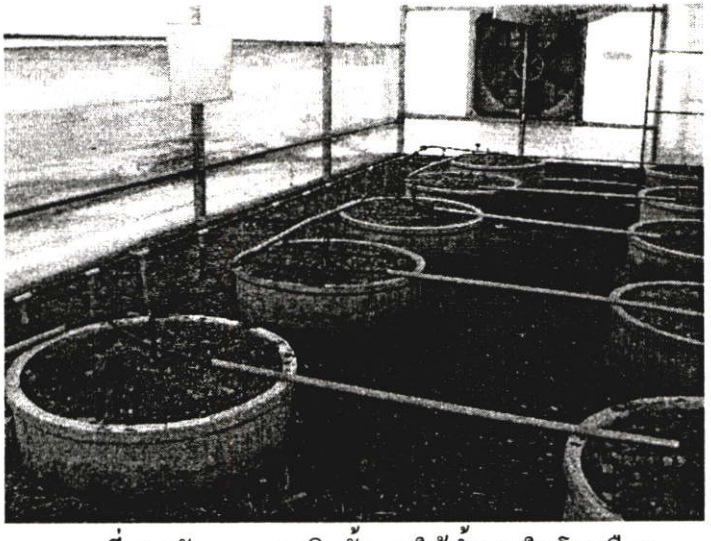
7 ตัวรัดปลายท่อขนาด 16 และ 25 มิลลิเมตร



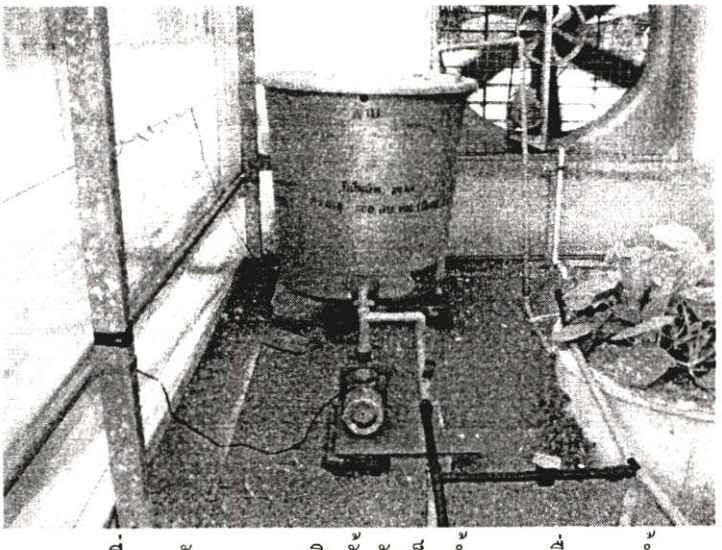
ภาพที่ 4.3 ลักษณะการติดตั้งหัวน้ำหยดในแปลงทดลอง



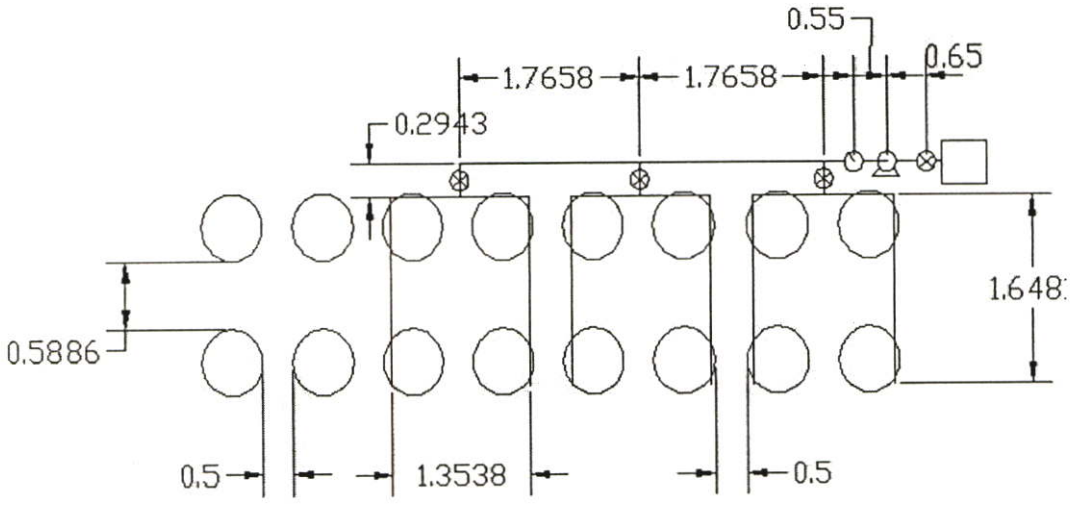
ภาพที่ 4.4 ลักษณะการติดตั้งไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์



ภาพที่ 4.5 ลักษณะการติดตั้งการให้น้ำภายในโรงเรือน



ภาพที่ 4.6 ลักษณะการติดตั้งถังเก็บน้ำและเครื่องสูบน้ำ



ภาพที่ 4.7 การออกแบบพื้นที่ทดลอง

4.3 การทดสอบระบบการให้น้ำพืช

เมื่อทำการติดตั้งระบบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ต้องมีการทดสอบระบบที่ติดตั้งว่าสามารถทำงานได้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ รวมทั้งหาข้อผิดพลาด ก่อนที่จะทำการเพาะปลูกคะน้า เนื่องจากการแก้ไขในภายหลังจะมีความยุ่งยากมากกว่า การทดสอบในขั้นตอนนี้ ได้แบ่งการทดสอบย่อยออกเป็น

4.3.1 การหาความชื้นในดิน

คะน้าเป็นพืชที่ต้องการความชื้นสูง ก่อนการเพาะปลูกจึงต้องทราบค่าความชื้นในดินทั้งก่อนและหลังให้น้ำ เพื่อนำมาคำนวณหาเวลาที่เหมาะกับการให้น้ำของการให้น้ำแบบต่างๆ ซึ่งวิธีการทดสอบความชื้นในดินมีดังนี้

4.3.1.1 ความชื้นก่อนการให้น้ำ

1 นำดินจากแปลงทดลองทั้ง 16 บ่อๆละ 100 กรัมใส่จานแก้ว

2 อบดินในเตาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง

3 นำดินมาชั่งน้ำหนักหลังอบด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอล บันทึกค่าที่ได้

4.3.1.2 ความชื้นหลังการให้น้ำ

1 ให้น้ำแก่ดินเป็นเวลา 1 ชั่วโมงหรือจนกระทั่งดินเปียกชุ่มน้ำและทิ้งดินไว้ 48 ถึง 72 ชั่วโมง

2 ทำเช่นเดียวกับการทดลองหาค่าความชื้นดินก่อนการให้น้ำ

4.3.2 การหาอัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำ

หัวจ่ายน้ำแต่ละชนิดมีอัตราการไหลที่ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับลักษณะการฉีดน้ำออกจากหัวจ่ายน้ำ เช่น ไมโครสปริงเกลอร์จะมีลักษณะออกมาเป็นเส้นๆ และมีการเหวี่ยงหมุนรอบตัวเอง ไมโครสเปรย์มีลักษณะการฉีดเป็นฝอยละเอียด ส่วนน้ำหยดนั้นจะให้น้ำเฉพาะที่จุดหัวน้ำหยดอยู่เท่านั้น การทดสอบนี้เพื่อปรับตั้งอุปกรณ์จ่ายน้ำทั้งหมดให้มีอัตราการไหลที่ใกล้เคียงกัน โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

4.3.2.1 การหาอัตราการไหลของไมโครสปริงเกลอร์

วิธีการหาอัตราการไหลนี้ใช้ได้ทั้งไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์ ซึ่งมีรูปแบบการให้น้ำ และรัศมีการให้น้ำที่ใกล้เคียงกัน

1 วางแก้วพลาสติกให้ทั่วแปลงทดลอง เปิดน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2 หลังจาก 1 ชั่วโมง นำน้ำในแก้วทั้งหมดเทใส่กระบอกตวง บันทึกค่า

4.3.2.2 การหาอัตราการไหลของไมโครสปริงเกลอร์

1 ปรับตั้งหัวจ่ายน้ำให้มีอัตราการไหลเฉลี่ยทั้งแปลงทดลอง ใกล้เคียงกับไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์

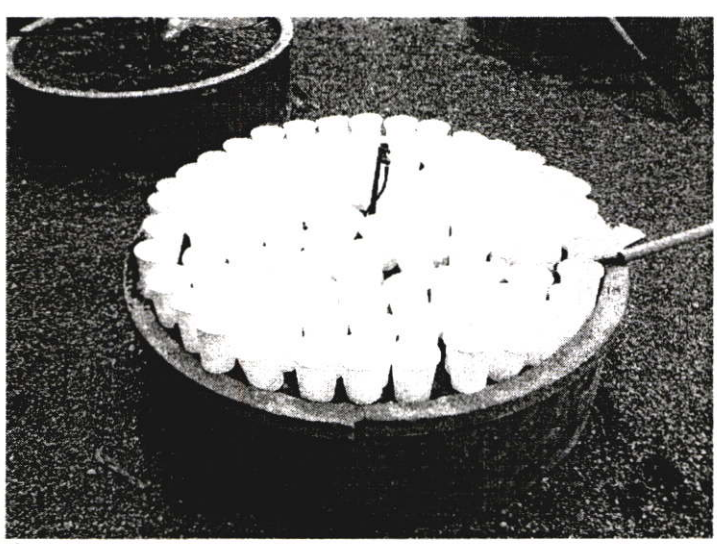
2 เปิดน้ำในกระบอกตวงเป็นเวลา 5 นาที

3 วัดปริมาณน้ำได้ นำมาคำนวณหาอัตราการไหล

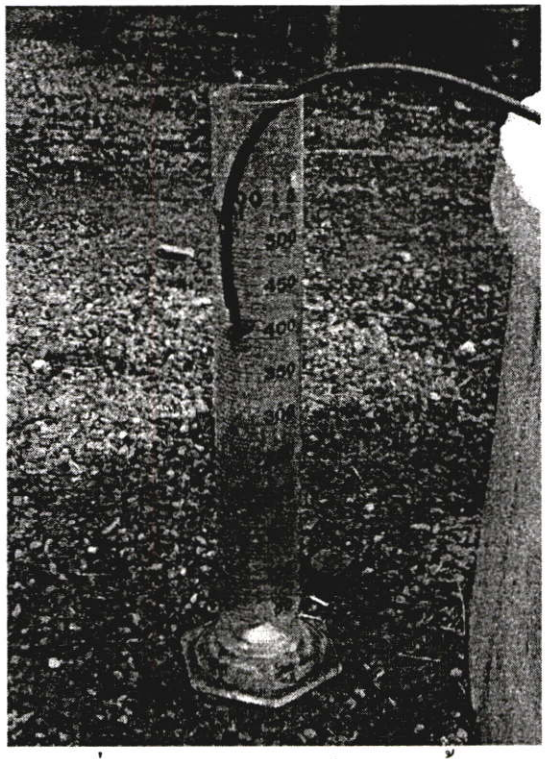
4 ในกรณีที่อัตราการไหลต่ำหรือสูงเกินไปต้องทำการปรับตั้งใหม่

5 เปิดน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ใช้จานพลาสติกเป็นตัวรองรับน้ำ

6 หลังจาก 1 ชั่วโมง นำน้ำทั้งหมดใส่กระบอกตวง บันทึกค่า



ภาพที่ 4.8 การหาอัตราการไหลของไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์



ภาพที่ 4.9 การหาอัตราการไหลของน้ำหยด

4.3.3 การหาวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมกับคะน้า

การหาวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมกับคะน้า วัดจากการเจริญเติบโตของคะน้าหลังการเก็บเกี่ยว มีตัวแปรคือ ความยาวลำต้น จำนวนใบ และน้ำหนักลำต้น แต่ตัวแปรที่สำคัญที่สุดคือน้ำหนักของลำต้น เพราะว่าในการซื้อขายจริง จะใช้เฉพาะค่าตัวนี้เท่านั้น ขั้นตอนการปลูกและเก็บเกี่ยวรวมทั้งการวัดตัวแปรมีดังนี้

1 เพาะเมล็ดคะน้าในกระบะเพาะ ให้น้ำแบบใช้แรงงานทุกเช้า-เย็นเป็นระยะเวลา 20 วัน

2 ย้ายลงแปลงทดลองให้คะน้ามีห่างระหว่างต้นและแถว 15×15 เซนติเมตร

3 ให้น้ำทุกวันจนครบวันที่ 50 นับตั้งแต่เพาะกล้า

4 เก็บเกี่ยวคะน้าโดยใช้ช้อนปลูกขุด หลีกเลี่ยงการทำให้รากคะน้าขาด

5 ทำสัญลักษณ์ที่ต้นคะน้า แล้วล้างดินออกให้หมด

6 วัดความสูงลำต้น ราก นับจำนวนใบ และชั่งน้ำหนักรวม จดบันทึกค่า

7 ตัดเฉพาะส่วนรากนำไปชั่งด้วยเครื่องแบบดิจิตอล จดบันทึกค่า

เมื่อได้ค่าจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตคะน้าแล้ว นำมาเปรียบเทียบหาวิธีการให้น้ำที่ทำให้คะน้ามีน้ำหนักมากที่สุด

ภาพที่ 4.10 การแบ่งระยะสำหรับการปลูก(ก) ก่อนการปลูก (ข) หลังการปลูก

4.3.4 การทดสอบโปรแกรมด้วยการคำนวณหาเวลาที่เหมาะสมกับการปลูกคะน้า

1 ป้อนข้อมูล ชนิดพืช จังหวัดและเดือนที่เพาะปลูก ระบบการให้น้ำ พื้นที่ ความชื้นเริ่มต้น (ก่อนการให้น้ำ)

2 ทำการทดลองตามข้อ 4.3.3 เปลี่ยนการให้น้ำเป็นแบบไมโครสปริงเกลอร์ทั้งหมดและใช้เวลาที่คำนวณได้จากคอมพิวเตอร์ให้น้ำพร้อมกัน และมีการทดลองควบคุมคือการรดน้ำแบบใช้แรงงาน

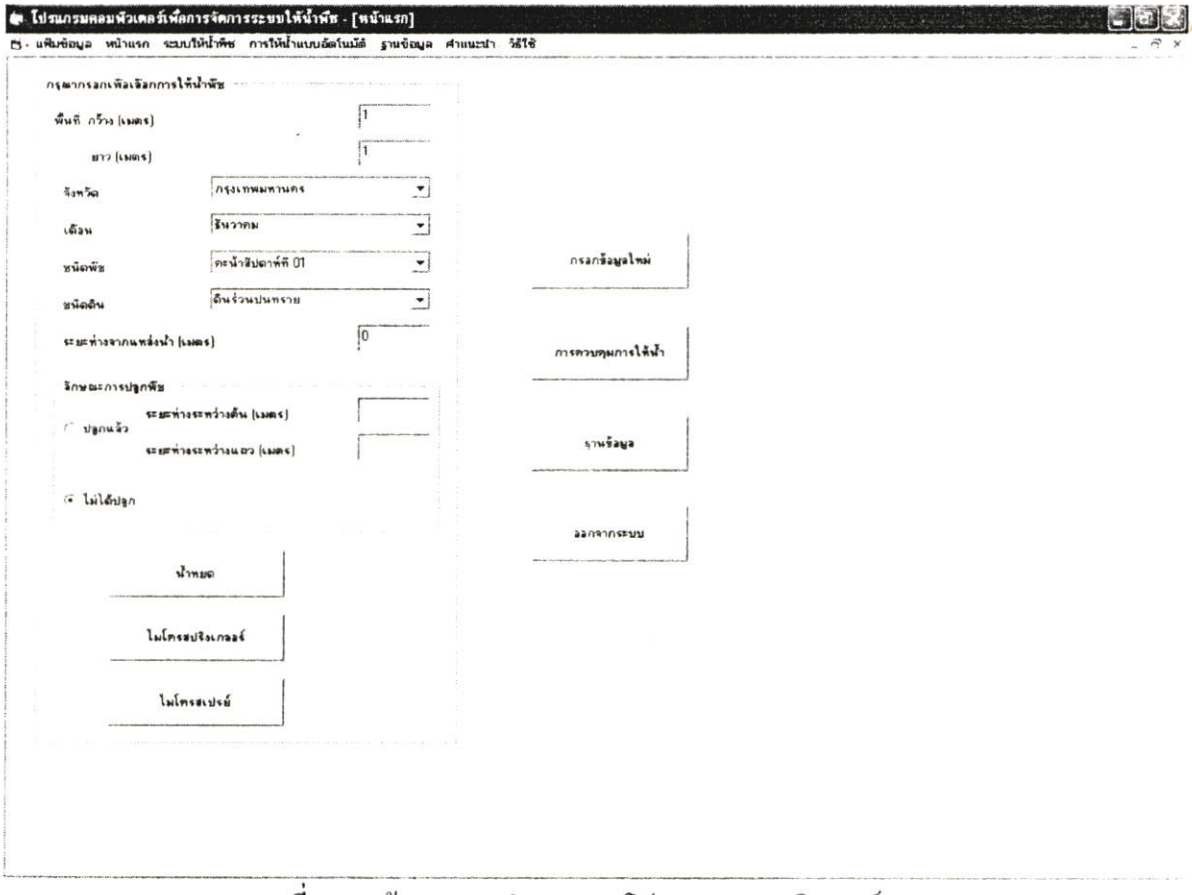
บทที่ 5

ผลการทดลอง

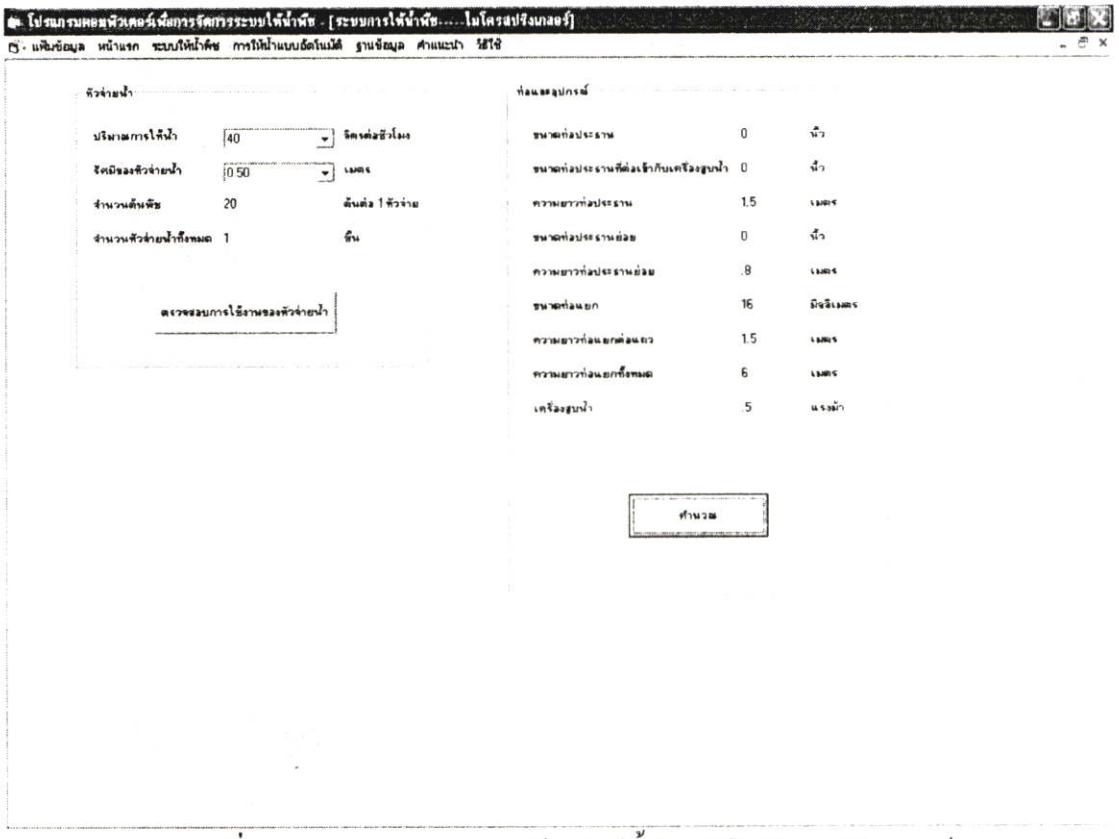
5.1 ผลการทดสอบการออกแบบโปรแกรมการจัดการระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน

หลังจากการได้ทำการออกแบบและเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้ว ได้ทำการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ผลการทดสอบดังนี้

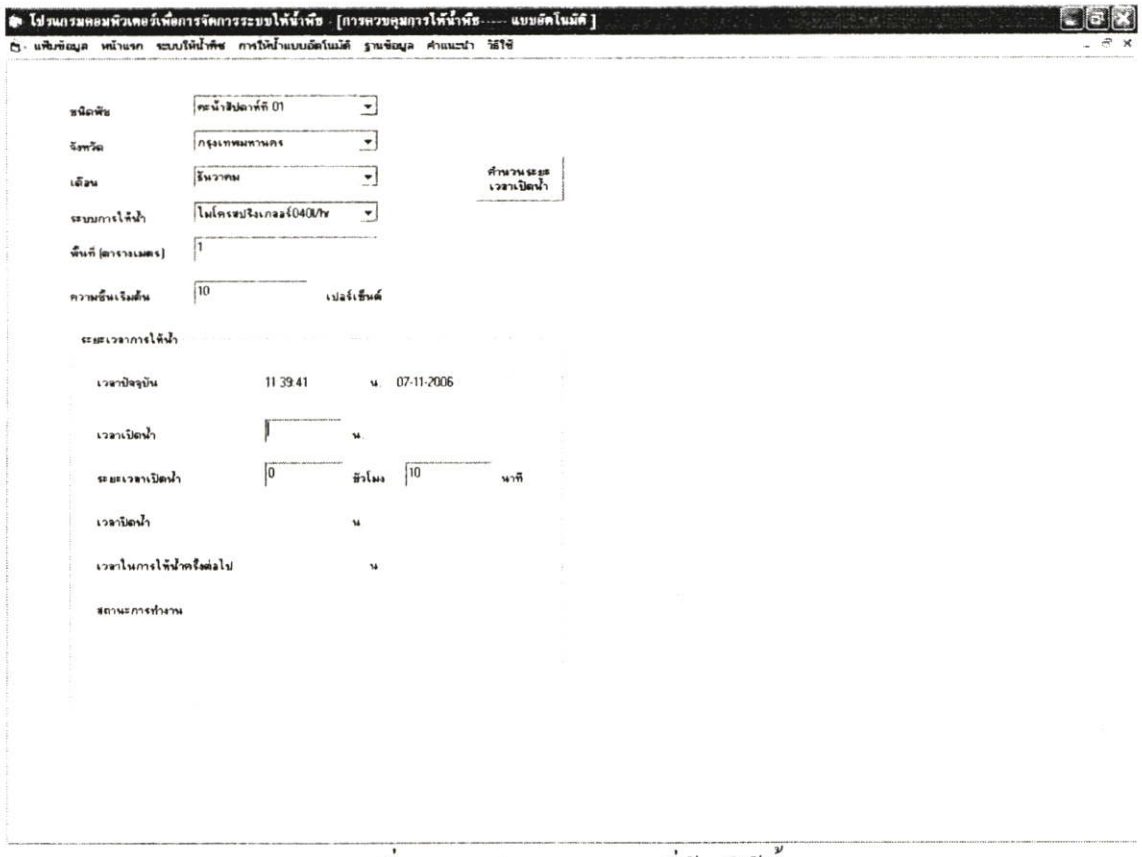
กำหนดให้ปลูกพืชอินทรีย์คือคะน้า ในแปลงทดลองมีพื้นที่เป็นวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เมตร ด้วยวิธีให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์ ในเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม จำนวน 12 แปลง ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการหาค่าระยะเวลาให้น้ำได้ ดังตารางที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 หน้าแรกการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 5.2 การคำนวณหาอุปกรณ์การให้น้ำโดยใช้ไมโครสปริงเกลอร์



ภาพที่ 5.3 การคำนวณหาเวลาที่ต้องให้น้ำ

จากภาพที่ 5.1 ถึง 5.3 เป็นภาพหน้าจอการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ออกแบบและเขียนคำสั่งเพื่อใช้งาน โดยภาพที่ 5.1 เป็นหน้าแรกซึ่งเป็นหน้าหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่รับข้อมูล ภาพที่ 5.2 เป็นหน้าจอการคำนวณหาอุปกรณ์การให้น้ำพืชแบบไมโครสปริงเกลอร์ และภาพที่ 5.3 เป็นหน้าจอที่ใช้คำนวณหาระยะเวลาที่ต้องให้น้ำแก่พืช

ตารางที่ 5.1 ระยะเวลาให้น้ำคะน้าในแต่ละสัปดาห์

อายุของคะน้าสัปดาห์ที่	ระยะเวลาที่คอมพิวเตอร์คำนวณได้ (นาที)
1	10
2	10
3	10
4	10
5	10
6	10
7	10

โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณระยะเวลาที่ต้องให้น้ำแก่พืชในพื้นที่ทดลอง 1 ตารางเมตร เมื่อความชื้นของดินมีค่าเริ่มต้นที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงระยะการเจริญเติบโตในแต่ละสัปดาห์ได้ค่าระยะเวลาการให้น้ำเท่ากับ 10 นาที

5.2 ผลการทดลองติดตั้งระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน

หลังทำการติดตั้งระบบให้น้ำพืชแบบใช้ความดันทั้งสามแบบได้แก่ น้ำหยด ไมโครสปริงเกลอร์ ไมโครสเปรย์แล้ว ได้ทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของดินก่อนการเพาะปลูกได้ผลดังตาราง

5.2.1 การทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน

ทำการทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน สำหรับการปลูกพืชอินทรีย์ในแปลงทดลองโดยใช้วิธีการวัดค่าด้วยเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ได้ค่าดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่ใช้ทดลอง

วิธีการให้น้ำ	ค่าความเป็นกรด-ด่าง			
	แปลงทดลองที่ 1	แปลงทดลองที่ 2	แปลงทดลองที่ 3	แปลงทดลองที่ 4
น้ำหยด	5.98	6.07	6.22	6.44
ไมโครสเปรย์	6.61	6.12	6.52	6.23
ไมโครสปริงเกลอร์	6.32	6.02	6.13	5.94
ใช้แรงงาน	6.45	6.34	6.52	6.48

ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินที่ใช้ทดลองอยู่ในช่วงระหว่าง 5.98-6.61 เป็นช่วงค่าที่เหมาะสมกับการปลูกคะน้า จึงไม่ต้องทำการปรับปรุงสภาพเนื้อดิน

5.3 ผลการทดลองระบบการให้น้ำพืช

ก่อนทำการเพาะปลูกคะน้าได้ทำการทดสอบความชื้นภายในดินทั้งก่อน และหลังให้น้ำ อัตราการไหลของอุปกรณ์ให้น้ำ และหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตคะน้าได้เก็บข้อมูลต้นคะน้าทั้งความสูง น้ำหนัก จำนวนใบ

5.3.1 การหาความชื้นในดิน

หลังจากนำดินแห้งและดินที่ได้รับน้ำ 1 ชั่วโมงและปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 48 ชั่วโมง มาอบในเตาที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักดินที่หายไป และคำนวณหาความชื้นในดิน ได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าความชื้นในดินก่อนการให้น้ำและหลังการให้น้ำ

วิธีการให้น้ำ	แปลงทดลองที่	น้ำหนักของดิน (กรัม)		ความชื้นในดินก่อนให้น้ำ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
		ก่อนให้น้ำ	หลังให้น้ำ	ก่อนให้น้ำ	หลังให้น้ำ
น้ำหยด	1	84.00	73.55	19.04	35.72
	2	88.06	75.05	13.56	33.24
	3	86.16	73.67	16.06	36.96
	4	84.89	76.56	17.80	31.45
	เฉลี่ย	85.78	74.71	16.62	34.34

ตารางที่ 5.3 (ต่อ)

วิธีการให้น้ำ	แปลงทดลองที่	น้ำหนักของดิน (กรัม)		ความชื้นในดิน (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
		ก่อนให้น้ำ	หลังให้น้ำ	ก่อนให้น้ำ	หลังให้น้ำ
ไมโครสปริงเกลอร์	1	89.80	72.83	11.36	38.58
	2	86.73	73.14	15.30	38.50
	3	79.00	78.20	26.58	30.77
	4	84.25	79.18	18.69	28.76
	เฉลี่ย	84.95	75.84	17.98	34.15
ไมโครสเปรย์	1	84.50	79.13	18.34	27.16
	2	78.94	82.25	26.68	22.67
	3	90.01	80.09	11.10	26.10
	4	87.54	76.87	14.23	30.23
	เฉลี่ย	85.25	79.59	17.59	26.54
ใช้แรงงาน	1	89.32	75.85	11.96	27.75
	2	87.96	73.60	13.69	37.16
	3	88.00	75.56	13.64	33.58
	4	77.29	74.77	29.38	34.73
	เฉลี่ย	85.64	74.95	17.17	33.30

หลังจากนำดิน 100 กรัมไปอบในเตาที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ดินสำหรับทดลองระบบน้ำหยดมีน้ำหนักดินก่อนและหลังให้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 85.78 และ 74.71 กรัมตามลำดับ และเมื่อนำมาคำนวณหาความชื้นในดินทั้งก่อนและหลังการให้น้ำได้ค่าเฉลี่ย คือ 16.62 และ 34.34 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดินสำหรับทดลองระบบไมโครสปริงเกลอร์มีน้ำหนักเฉลี่ยทั้งก่อนและหลังการให้น้ำอยู่ที่ 84.95 และ 75.84 กรัม มีความชื้นในดินก่อนและหลังให้น้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 17.98 และ 34.15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ดินสำหรับระบบไมโครสเปรย์มีน้ำหนักหลังนำไปอบเฉลี่ยที่ 85.25 และ 79.59 กรัม ความชื้นในดินเฉลี่ย 17.59 และ 26.54 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และดินสำหรับการทดลองแบบใช้แรงงานมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยอยู่ที่ 85.64 และ 74.95 กรัมและมีความชื้นในดินก่อนการให้น้ำและหลังให้น้ำเฉลี่ย 17.17 และ 33.30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ

5.3.2 การหาอัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำ

ก่อนทำการเพาะปลูกพืชอินทรีย์ ได้ทำการทดสอบอัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำได้แก่ น้ำหยด ไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์ ได้ค่าผลลัพธ์ดังตาราง

ตารางที่ 5.4 แสดงค่าอัตราการไหลของอุปกรณ์จ่ายน้ำแบบต่างๆ

วิธีการให้น้ำ	แปลงทดลองที่	การทดลองครั้งที่				เฉลี่ย (ลิตรต่อชั่วโมง)
		1	2	3	4	
น้ำหยด	1	57.59	58.26	58.04	57.84	57.94
	2	54.38	54.38	54.60	54.69	54.53
	3	56.74	56.41	56.18	56.46	56.45
	4	58.63	58.71	58.66	58.47	58.62
ไมโครสปริงเกลอร์	1	59.31	58.78	60.54	59.86	59.62
	2	57.45	59.12	58.34	58.62	58.38
	3	58.44	58.65	59.38	59.54	59.00
	4	56.25	57.06	57.64	58.11	57.27
ไมโครสเปรย์	1	58.13	59.27	57.64	58.03	58.26
	2	59.18	57.85	57.06	58.24	58.08
	3	57.33	58.58	59.09	58.36	58.34
	4	59.02	60.00	57.14	59.02	58.80

อัตราการไหลของอุปกรณ์จ่ายน้ำแบบต่างๆ หลังการทดลองเปิดน้ำพบว่า หัวน้ำหยดที่ใช้ในการทดลองทั้งสี่แปลงทดลองมีค่าอัตราการไหลเฉลี่ยอยู่ที่ 57.94, 54.53, 56.45 และ 58.62 ลิตรต่อชั่วโมงตามลำดับ อัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์มีค่าเฉลี่ยในแต่ละแปลงทดลองอยู่ที่ 59.62, 58.38, 59.00 และ 57.27 ลิตรต่อชั่วโมง และหัวจ่ายน้ำแบบไมโครสเปรย์มีอัตราการไหลเฉลี่ยที่ 58.26, 58.08, 58.34 และ 58.80 ลิตรต่อชั่วโมงตามลำดับ

5.3.3 การหาวิธีการให้น้ำที่เหมาะสมกับคะน้า

ทำการทดสอบโดยปลูกพืชอินทรีย์คือคะน้า ให้น้ำในอัตราที่ใกล้เคียงกันด้วยวิธีน้ำหยด ไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์ เป็นระยะเวลา 30 วัน เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อคะน้าอายุได้ 50 วัน เก็บข้อมูลโดยการวัดความสูง นับจำนวนใบและชั่งน้ำหนักของส่วนลำต้นคะน้า ได้ค่าดังตาราง

ตารางที่ 5.5 ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยน้ำหยด

ต้นที่	ความยาวลำต้น (เซนติเมตร)				จำนวนใบ (ใบ)				น้ำหนักลำต้น (กรัม)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	10.6	9.9	16.6	8.4	11	7	7	9	36.99	17.18	38.73	59.72
2	11.8	10.4	20.4	13.8	11	9	11	10	65.34	42.84	66.30	71.19
3	9.1	13.6	19.1	9.7	8	11	12	11	48.08	70.94	53.07	58.95
4	9.8	9.1	9.5	11.6	9	9	9	10	29.20	50.07	31.33	95.96
5	17.1	11.7	13.4	10.7	9	11	9	11	31.00	33.32	73.14	72.78
6	7.0	15.2	17.0	12.8	7	12	11	8	52.28	92.15	100.69	50.67
7	8.2	18.9	12.5	10.3	8	12	7	10	23.69	93.57	24.00	46.68
8	12.0	11.4	12.0	17.7	10	14	9	8	49.28	45.20	38.58	57.16
9	6.2	8.8	8.4	14.8	9	7	7	10	39.96	16.59	44.65	85.72
10	11.2	13.8	8.6	10.3	8	9	8	10	31.88	83.20	29.59	51.28
11	10.8	11.9	17.7	12.1	8	11	9	13	33.70	60.25	49.67	86.20
12	10.8	13.2	11.0	12.8	10	9	8	12	37.39	34.62	28.73	93.50
13	6.3	7.8	9.3	10.7	8	5	8	9	8.86	5.65	50.55	60.64
14	10.3	7.5	9.1	5.8	9	9	8	5	27.57	28.43	21.03	3.52
15	7.6	9.7	6.9	7.9	10	10	8	8	31.77	66.40	15.87	38.34
16	10.4	14.7	8.7	11.7	9	10	9	9	37.82	50.73	42.87	55.40
เฉลี่ย	10.0	11.7	12.5	11.3	9	10	9	10	36.55	49.45	44.30	61.73

หลังจากให้น้ำแก่คะน้าด้วยวิธีน้ำหยดเป็นเวลา 30 วัน หลังการเก็บเกี่ยวพบว่า คะน้ามีความยาวลำต้นเฉลี่ยในแต่ละแปลงทดลองเรียงจากแปลงที่ 1 ถึง 4 คือ 10.0, 11.7, 12.5 และ 11.3 เซนติเมตร คะน้ามีความยาวลำต้นมากสุดในแต่ละแปลงคือ 17.1, 18.9, 20.4 และ 17.7 เซนติเมตร และความยาวน้อยสุดคือ 6.2, 7.5, 6.9, 5.8 เซนติเมตรตามลำดับ คะน้ามีจำนวนใบเฉลี่ยคือ 9, 10, 9 และ 10 ใบต่อต้นตามลำดับ น้ำหนักของลำต้นเฉลี่ย 36.55, 49.45, 44.30 และ 61.73 กรัม น้ำหนักมากสุดในแต่ละแปลงคือ 65.34, 93.57, 100.69 และ 95.96 กรัม น้ำหนักน้อยสุดคือ 8.86, 5.65, 15.87 และ 3.52 กรัมตามลำดับ

ตารางที่ 5.6 ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยไมโครสปริงเกลอร์

ต้นที่	ความยาวลำต้น (เซนติเมตร)				จำนวนใบ (ใบ)				น้ำหนักลำต้น (กรัม)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	13.6	11.7	7.7	13.3	8	9	11	10	29.43	48.68	38.78	75.96
2	10.5	12.0	9.2	13.2	10	6	9	9	47.86	19.97	81.47	55.03
3	8.2	9.7	11.2	14.6	9	6	8	12	56.10	55.67	46.65	114.52
4	11.7	9.2	7.1	11.0	8	7	9	11	37.79	53.88	37.84	71.56
5	9.7	11.8	12.7	16.5	9	6	8	8	59.95	40.24	65.10	24.64
6	11.2	8.5	5.7	10.2	7	10	12	6	35.7	60.63	24.32	30.14
7	14.4	11.1	9.8	10.8	8	7	10	9	88.65	77.11	38.90	106.77
8	8.0	6.8	10.3	12.0	11	8	10	10	43.84	47.22	44.92	58.99
9	11.6	7.7	16.3	11.1	9	7	10	12	37.76	30.80	55.49	47.14
10	8.0	11.6	20.6	18.7	7	9	11	11	49.99	87.99	56.03	57.76
11	12.1	11.4	16.2	15.5	6	6	9	10	43.93	40.04	48.20	82.18
12	10.0	17.0	15.7	15.4	9	9	7	11	38.63	106.69	68.08	86.50
13	10.5	11.8	9.4	11.1	8	8	5	9	56.85	102.48	61.27	40.96
14	8.6	15.7	8.8	10.0	7	11	9	8	32.09	73.87	35.81	46.24
15	10.1	13.6	7.0	15.3	7	7	9	10	39.82	52.28	26.48	85.65
16	8.3	10.7	16.0	9.8	7	6	9	10	26.31	47.93	71.75	77.08
เฉลี่ย	10.4	11.3	11.5	13.0	8	8	9	10	45.29	59.09	50.07	66.32

หลังจากให้น้ำแก่คะน้าด้วยวิธีไมโครสปริงเกลอร์เป็นระยะเวลา 30 วัน หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตพบว่า คะน้ามีความยาวลำต้นเฉลี่ยในแต่ละแปลงทดลองคือ 10.4, 11.3, 11.5 และ 13.0 เซนติเมตรตามลำดับ คะน้ามีความยาวลำต้นมากสุดในแต่ละแปลงคือ 14.4, 17.0, 20.6 และ 18.7 เซนติเมตร และความยาวลำต้นน้อยสุดคือ 8.0, 6.8, 5.7, 9.8 เซนติเมตร คะน้ามีจำนวนใบเฉลี่ยคือ 8, 8, 9 และ 10 ใบต่อต้นตามลำดับ น้ำหนักของลำต้นคะน้าเฉลี่ย 45.29, 59.09, 50.07 และ 66.32 กรัมตามลำดับ น้ำหนักลำต้นคะน้ามากสุดในแต่ละแปลงคือ 88.65, 106.69, 81.47 และ 114.52 กรัม น้ำหนักลำต้นน้อยสุดคือ 26.31, 19.97, 24.32 และ 24.64 กรัม

ตารางที่ 5.7 ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยไมโครสเปรย์

ต้นที่	ความยาวลำต้น (เซนติเมตร)				จำนวนใบ (ใบ)				น้ำหนักลำต้น (กรัม)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	10.4	9.0	7.0	8.1	8	7	8	10	83.89	84.47	52.60	40.13
2	9.7	9.2	8.5	8.7	8	9	8	9	40.1	43.65	58.71	114.98
3	8.0	5.5	7.5	7.4	6	10	9	6	12.00	33.95	58.32	71.08
4	15.4	8.3	12.0	12.0	8	10	10	10	83.16	68.95	39.15	67.50
5	9.8	8.6	7.4	6.5	9	9	7	8	43.63	28.39	11.29	43.98
6	10.4	9.0	6.5	8.8	9	8	8	8	51.77	48.20	39.16	34.83
7	14.0	12.5	14.5	9.0	9	10	7	8	43.83	107.30	37.53	43.81
8	10.7	9.5	10.0	8.5	9	7	8	7	111.32	24.66	64.10	59.33
9	10.2	17.0	9.0	7.6	8	11	10	8	48.64	79.47	19.13	26.57
10	11.4	13.3	10.0	4.5	10	9	9	8	52.93	41.20	73.68	37.26
11	11.2	11.4	8.7	5.7	7	9	10	9	18.89	52.77	86.35	37.57
12	10.7	10.0	8.0	4.4	8	11	9	8	51.15	36.33	37.51	24.10
13	9.3	9.7	8.1	15.2	10	7	9	7	43.00	66.13	37.39	28.76
14	8.6	10.5	7.0	8.2	11	8	8	7	35.68	37.33	37.40	50.46
15	11.8	9.6	8.3	10.0	7	8	8	9	50.41	66.64	55.37	36.56
16	9.2	9.3	6.0	9.4	12	10	19	8	72.20	44.93	46.69	59.78
เฉลี่ย	10.7	10.3	8.7	8.4	9	9	9	8	52.29	54.02	47.15	48.54

หลังจากให้น้ำแก่คะน้าด้วยวิธีไมโครสเปรย์เป็นระยะเวลา 30 วัน หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า คะน้ามีความยาวลำต้นเฉลี่ยแต่ละแปลงทดลองคือ 10.7, 10.3, 8.7 และ 8.4 เซนติเมตร ตามลำดับ คะน้ามีความยาวลำต้นมากสุดในแต่ละแปลงคือ 15.4, 17.0, 14.5 และ 15.2 เซนติเมตร และความยาวน้อยสุดคือ 8.0, 5.5, 6.0, 4.4 เซนติเมตร คะน้ามีจำนวนใบเฉลี่ยคือ 9, 9, 9 และ 8 ใบ ต่อต้นตามลำดับ น้ำหนักของลำต้นคะน้าเฉลี่ย 52.29, 54.02, 47.15 และ 48.54 กรัมตามลำดับ น้ำหนักลำต้นคะน้ามากสุดคือ 111.32, 107.30, 86.35 และ 114.98 กรัม น้ำหนักลำต้นน้อยสุดคือ 12.00, 24.66, 11.29 และ 24.10 กรัม

ตารางที่ 5.8 ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำแบบใช้แรงงาน

ต้นที่	ความยาวลำต้น (เซนติเมตร)				จำนวนใบ (ใบ)				น้ำหนักลำต้น (กรัม)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	10.0	10.0	6.0	10.0	5	7	6	6	18.87	83.00	65.22	96.49
2	14.0	10.9	11.0	14.0	7	8	8	9	71.61	76.85	116.66	132.68
3	10.0	12.5	12.0	14.4	9	9	9	10	80.07	101.43	84.47	82.24
4	20.0	11.4	15.5	14.0	6	8	10	9	116.60	51.71	179.97	121.59
5	12.0	13.0	9.5	12.3	11	6	8	9	95.78	69.67	104.67	96.75
6	11.4	13.5	11.0	14.7	8	9	8	9	106.44	94.77	132.27	92.99
7	11.5	14.3	14.5	16.5	10	7	8	10	106.52	111.22	60.59	85.45
8	7.0	7.8	7.5	15.5	8	6	7	11	49.09	57.00	23.48	159.75
9	11.8	13.0	9.8	11.1	6	7	8	6	31.19	71.68	80.73	101.78
10	6.0	9.5	9.2	10.0	8	8	7	8	66.16	62.74	37.99	59.05
11	8.0	9.0	10.0	12.0	5	6	7	9	39.52	76.32	32.40	65.99
12	5.5	13.0	11.0	8.5	9	9	9	7	72.19	47.36	72.11	75.21
13	11.0	12.5	9.3	8.0	10	8	9	8	119.83	133.32	69.15	86.53
14	9.5	9.5	10.0	11.5	11	9	6	9	79.28	53.09	70.31	108.54
15	11.3	11.0	9.5	9.4	12	8	9	9	119.77	84.05	66.38	60.25
16	8.8	6.7	8.0	7.0	10	6	7	9	58.21	29.08	53.36	95.15
เฉลี่ย	10.5	11.1	10.2	11.2	8	8	8	9	76.95	75.21	78.11	95.03

หลังจากให้น้ำแก่คะน้าแบบใช้แรงงาน โดยให้น้ำประมาณ 10 ถึง 15 ลิตรเป็นระยะเวลา 30 วัน หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตพบว่า คะน้ามีความยาวลำต้นเฉลี่ยคือ 10.5, 11.1, 10.2 และ 11.2 เซนติเมตรตามลำดับ คะน้ามีความยาวลำต้นมากสุดในแต่ละแปลงคือ 20.0, 14.3, 15.5 และ 16.5 เซนติเมตร และความยาวน้อยสุดคือ 5.5, 6.7, 6.0, 7.0 เซนติเมตร คะน้ามีจำนวนใบเฉลี่ยคือ 8, 8, 8 และ 9 ใบต่อต้นตามลำดับ น้ำหนักของลำต้นคะน้าเฉลี่ย 76.95, 75.21, 78.11 และ 95.03 กรัม ตามลำดับ น้ำหนักลำต้นคะน้ามากสุดคือ 119.83, 133.32, 179.97 และ 159.75 กรัม น้ำหนักลำต้นน้อยสุดคือ 12.00, 24.66, 11.29 และ 24.10 กรัม

5.3.4 การทดสอบโปรแกรมด้วยการคำนวณหาเวลาที่เหมาะสมกับการปลูกคะน้า

หลังออกแบบโปรแกรมการจัดการระบบการให้น้ำพืช ได้คำนวณหาเวลาที่เหมาะสมสำหรับการให้น้ำคะน้าด้วยวิธีไมโครสปริงเกลอร์ได้ดังที่แสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งวิธีไมโครสปริงเกลอร์เป็นวิธีสามารถทำให้ผลผลิตคะน้ามีความสูงและน้ำหนักเป็นที่น่าพอใจ การทดลองครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์ออกเป็น 3 การทดลอง โดยเรียกแต่ละการทดลองเช่นการทดลองที่ 1 ว่าการทดลองครั้งที่1 เป็นต้น เพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของพืชอินทรีย์ ที่ได้รับการให้น้ำตามระยะเวลาที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณได้ หลังเก็บเกี่ยววัดความความสูง นับจำนวนใบและชั่งน้ำหนักของลำต้นคะน้า ได้ผลลัพธ์ดังตาราง

ตารางที่ 5.9 ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยไมโครสปริงเกลอร์ (การทดลองครั้งที่ 1)

ต้นที่	ความยาวลำต้น (เซนติเมตร)				จำนวนใบ (ใบ)				น้ำหนักลำต้น (กรัม)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	6.0	9.0	6.2	9.5	10	10	12	12	35.27	48.34	22.86	57.15
2	11.7	12.5	13.2	16.8	11	10	9	10	47.02	49.16	39.48	67.07
3	19.8	11.2	9.0	14.6	10	11	11	11	36.13	93.32	67.57	77.45
4	6.0	11.0	16.1	13.0	10	10	13	10	34.97	77.39	49.01	61.74
5	11.0	10.0	14.5	8.4	9	10	11	9	142.92	23.44	75.03	63.38
6	11.3	14.0	12.8	17.2	8	10	9	10	49.31	148.66	32.37	72.62
7	17.4	13.5	13.2	11.6	10	9	9	8	67.73	25.55	53.88	54.44
8	12.7	21.5	14.2	12.0	10	11	11	13	55.80	148.77	51.64	96.41
9	10.2	8.0	12.7	9.0	10	10	9	8	40.82	52.28	33.09	25.55
10	10.8	14.0	13.3	16.3	9	10	11	9	64.49	41.22	71.60	93.27
11	12.2	13.0	13.0	8.2	9	10	12	9	52.74	72.62	27.38	65.86
12	12.5	12.2	21.0	12.2	10	10	9	12	45.46	148.10	92.79	126.62
13	10.6	17.5	12.2	6.8	9	9	10	8	41.54	54.63	51.67	18.68
14	10.3	11.0	9.0	7.8	9	9	8	8	61.71	64.26	26.15	25.81
15	10.0	6.5	9.0	8.7	10	8	8	8	43.65	57.19	59.83	26.32
16	11.6	11.5	12.1	13.6	10	9	9	10	40.68	110.94	62.16	60.95
เฉลี่ย	11.5	12.3	12.6	11.6	10	10	10	10	53.77	75.99	51.03	62.08

หลังจากให้น้ำแก่คะน้าด้วยวิธีไมโครสปริงเกลอร์เป็นระยะเวลา 30 วัน หลังการเก็บเกี่ยวในการทดลองครั้งที่ 1 พบว่า คะน้ามีความยาวลำต้นเฉลี่ยในแต่ละแปลงทดลองคือ 11.5, 12.3, 12.6 และ 11.6 เซนติเมตรตามลำดับ คะน้ามีความยาวลำต้นมากสุดในแต่ละแปลงคือ 19.8, 21.5, 21.0 และ 17.2 เซนติเมตร และความยาวลำต้นน้อยสุดคือ 6.0, 6.5, 6.2, 6.8 เซนติเมตร คะน้ามีจำนวนใบเฉลี่ยคือ 10, 10, 10 และ 10 ใบต่อต้นตามลำดับ น้ำหนักของลำต้นคะน้าเฉลี่ย 53.77, 75.99, 51.03 และ 62.08 กรัมตามลำดับ น้ำหนักลำต้นคะน้ามากสุดในแต่ละแปลงคือ 142.92, 148.77, 92.79 และ 126.62 กรัม น้ำหนักลำต้นน้อยสุดคือ 35.27, 23.44, 22.86 และ 18.68 กรัม

ตารางที่ 5.10 ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยไมโครสปริงเกลอร์ (การทดลองครั้งที่ 2)

ต้นที่	ความยาวลำต้น (เซนติเมตร)				จำนวนใบ (ใบ)				น้ำหนักลำต้น (กรัม)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	16.8	19.5	7.6	12.8	9	7	9	9	38.18	98.43	79.60	62.69
2	9.7	17.2	16.2	22.5	10	8	10	9	119.22	148.76	104.29	142.25
3	14.3	19.0	19.4	11.4	10	11	9	7	77.17	183.76	66.64	68.18
4	16.4	12.8	17.2	12.1	10	8	9	9	71.84	135.61	59.11	50.40
5	13.3	11.8	8.3	16.3	9	8	8	8	51.56	122.29	60.43	78.11
6	13.4	14.0	17.3	13.2	9	9	10	9	63.59	66.72	53.75	50.38
7	11.0	19.4	17.1	14.1	11	10	9	8	66.50	103.86	69.67	88.82
8	15.2	12.4	17.2	21.2	11	7	10	8	59.03	74.58	78.59	115.75
9	10.1	13.7	8.3	10.5	8	10	8	9	53.54	99.03	36.28	117.17
10	18.5	12.6	14.0	11.3	12	9	7	6	99.46	57.27	38.99	49.86
11	7.8	14.4	13.2	14.0	10	8	10	10	80.97	71.18	57.16	118.35
12	16.0	14.1	18.5	10.4	8	10	10	10	54.93	124.29	62.72	55.54
13	8.8	10.1	10.4	8.5	9	10	9	8	50.55	56.59	98.58	17.02
14	11.0	20.7	10.7	15.0	8	8	10	9	65.85	70.34	50.79	90.13
15	13.2	12.7	9.4	15.0	10	11	9	8	101.56	70.30	49.94	90.27
16	10.0	9.3	11.9	14.2	7	8	11	10	59.67	50.55	124.83	101.90
เฉลี่ย	12.8	14.6	13.5	13.9	9	9	9	9	69.60	95.85	68.21	81.05

หลังจากให้น้ำแก่คะน้าเป็นระยะเวลา 30 วัน หลังการเก็บเกี่ยวในการทดลองครั้งที่ 2 พบว่า คะน้ามีความยาวลำต้นเฉลี่ยคือ 12.8, 14.6, 13.5 และ 13.9 เซนติเมตรตามลำดับ คะน้ามีความยาวลำ

ต้นมากสุดในแต่ละแปลงคือ 18.5, 20.7, 17.3 และ 22.5 เซนติเมตร และความยาวลำต้นน้อยสุดคือ 7.8, 9.3, 7.6, 8.5 เซนติเมตร คะน้ามีจำนวนใบเฉลี่ยคือ 9, 9, 9 และ 9 ใบต่อต้นตามลำดับ น้ำหนักของลำต้นคะน้าเฉลี่ย 69.60, 95.85, 68.21 และ 81.05 กรัมตามลำดับ น้ำหนักลำต้นคะน้ามากสุดคือ 119.22, 183.76, 124.83 และ 142.25 กรัม น้ำหนักลำต้นน้อยสุดคือ 38.18, 50.55, 36.28 และ 17.02 กรัม

ตารางที่ 5.11 ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำด้วยไมโครสปริงเกลอร์ (การทดลองครั้งที่ 3)

ต้นที่	ความยาวลำต้น (เซนติเมตร)				จำนวนใบ (ใบ)				น้ำหนักลำต้น (กรัม)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	13.6	20.3	10.5	15.4	9	14	8	7	143.45	167.83	57.72	105.66
2	17.0	15.1	14.6	8.0	11	11	10	7	96.23	140.48	54.69	48.62
3	11.6	15.0	16.4	20.0	9	9	7	7	79.30	179.59	61.15	144.27
4	15.9	12.7	13.0	13.0	10	9	9	9	131.68	95.49	116.01	117.05
5	18.1	14.0	16.7	12.8	10	9	9	8	147.57	132.88	162.22	85.46
6	14.0	13.0	16.0	19.1	7	10	9	9	101.26	45.95	87.97	157.89
7	17.4	15.5	12.0	16.8	8	8	10	8	83.86	87.84	76.42	108.48
8	16.8	15.7	23.0	17.7	9	9	6	9	104.99	100.45	91.21	81.02
9	20.7	13.4	19.3	10.8	8	8	8	11	96.57	83.14	113.38	160.46
10	31.1	15.2	15.6	20.7	10	9	9	10	192.14	120.80	163.49	88.82
11	16.8	15.6	15.0	12.0	7	10	7	8	79.16	131.03	137.57	57.24
12	18.8	12.8	13.1	16.0	9	7	11	8	75.42	89.86	133.92	114.70
13	18.5	11.6	12.0	7.5	9	8	9	8	146.33	79.00	64.65	20.89
14	14.2	12.7	17.5	9.8	8	6	8	10	104.34	31.47	130.90	90.17
15	9.5	13.3	18.3	8.4	7	8	6	9	69.33	121.25	88.18	48.69
16	11.7	9.3	15.5	11.4	9	9	8	9	113.91	51.34	150.02	62.08
เฉลี่ย	16.6	14.1	15.5	13.7	8	9	8	9	110.35	103.65	105.59	93.22

หลังจากให้น้ำแก่คะน้าเป็นระยะเวลา 30 วัน หลังการเก็บเกี่ยวในการทดลองครั้งที่ 3 พบว่าคะน้ามีความยาวลำต้นเฉลี่ยคือ 16.6, 14.1, 15.5 และ 13.7 เซนติเมตรตามลำดับ คะน้ามีความยาวลำต้นมากสุดในแต่ละแปลงคือ 31.1, 20.3, 23.0 และ 20.7 เซนติเมตร และความยาวลำต้นน้อยสุดคือ 9.5, 9.3, 10.5, 7.5 เซนติเมตร คะน้ามีจำนวนใบเฉลี่ยคือ 8, 9, 8 และ 9 ใบต่อต้นตามลำดับ น้ำหนัก

ของลำต้นคะน้าเฉลี่ย 110.35, 103.65, 105.59 และ 93.22 กรัมตามลำดับ น้ำหนักลำต้นคะน้ามากสุดคือ 192.14, 179.59, 163.49 และ 160.46 กรัม น้ำหนักลำต้นน้อยสุดคือ 69.33, 31.47, 54.69 และ 20.89 กรัม

ตารางที่ 5.12 ผลผลิตคะน้าที่ได้จากการให้น้ำแบบใช้แรงงาน

ต้นที่	ความยาวลำต้น (เซนติเมตร)				จำนวนใบ (ใบ)				น้ำหนักลำต้น (กรัม)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	11.8	9.0	15.4	15.0	11	10	7	8	86.26	78.37	84.90	103.88
2	12.4	7.4	15.0	19.2	9	8	8	10	67.82	67.96	83.46	249.97
3	11.4	11.2	13.8	17.8	9	8	8	9	66.28	56.44	90.86	161.24
4	10.4	8.8	17.4	15.3	10	10	11	8	26.42	81.33	71.87	81.28
5	14.5	14.5	19.6	17.1	8	8	9	9	36.90	65.52	111.92	192.47
6	19.3	11.9	16.2	17.4	9	8	9	8	71.15	141.48	83.51	199.86
7	17.0	10.7	16.3	19.2	9	5	9	9	84.68	33.29	93.67	172.62
8	11.2	9.6	10.7	15.0	8	10	7	9	89.44	142.11	66.05	143.08
9	16.0	9.5	21.0	17.0	8	7	9	8	80.78	39.96	100.58	93.71
10	14.2	18.6	21.0	15.2	6	8	7	6	39.87	32.75	82.33	83.08
11	15.4	10.7	19.0	11.3	9	9	8	6	83.44	62.30	64.35	58.59
12	11.2	7.0	13.3	15.1	9	7	7	7	65.18	68.12	92.57	58.04
13	12.0	6.4	16.0	9.4	8	7	9	8	91.93	28.18	95.97	106.92
14	14.6	10.0	12.0	7.2	9	11	6	5	162.96	103.81	87.20	58.27
15	17.0	11.7	15.1	12.7	9	8	9	7	143.19	15.72	100.25	119.36
16	16.4	13.1	9.5	10.0	10	8	8	7	124.41	112.57	64.89	70.42
เฉลี่ย	14.1	10.6	15.7	14.6	9	8	8	8	82.54	70.62	85.90	122.05

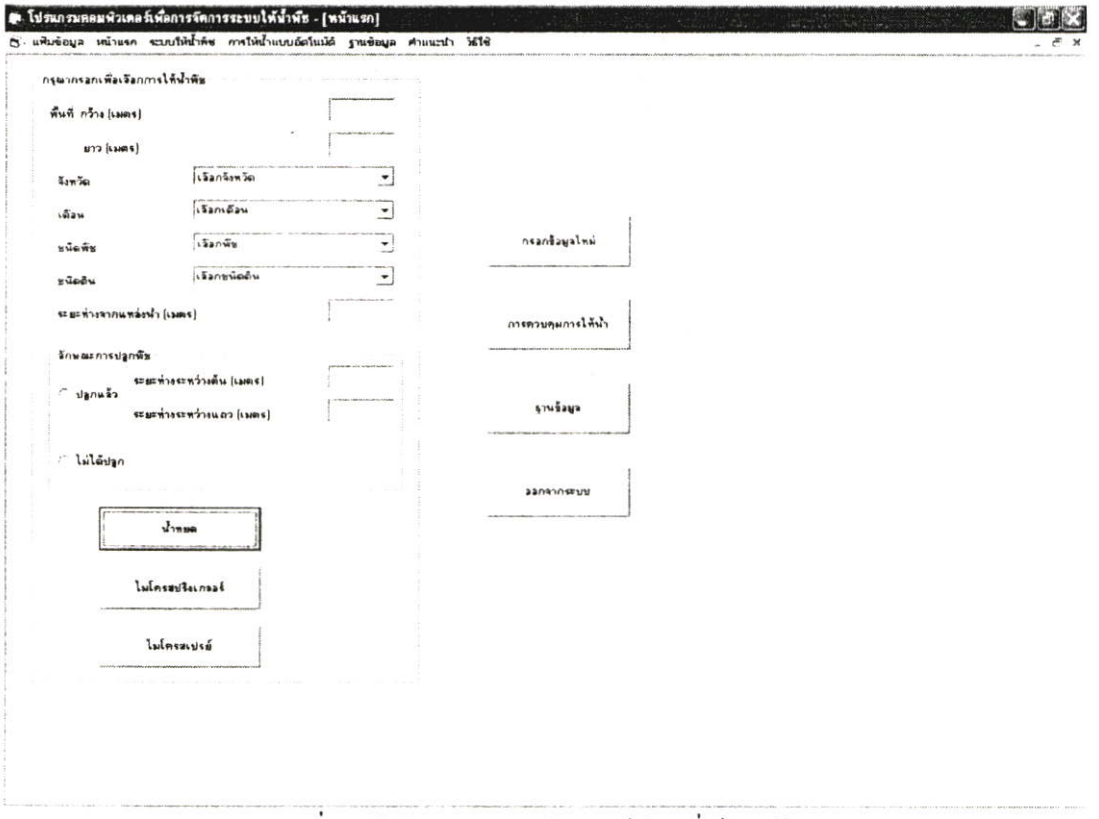
หลังจากให้น้ำแก่คะน้าแบบใช้แรงงานเป็นระยะเวลา 30 วัน หลังการเก็บเกี่ยวพบว่า คะน้ามีความยาวลำต้นเฉลี่ยคือ 14.1, 10.6, 15.7 และ 14.6 เซนติเมตรตามลำดับ คะน้ามีความยาวลำต้นมากสุดในแต่ละแปลงคือ 19.3, 18.6, 21.0 และ 19.2 เซนติเมตร และความยาวน้อยสุดคือ 10.4, 6.4, 9.5, 7.2 เซนติเมตร คะน้ามีจำนวนใบเฉลี่ยคือ 9, 8, 8 และ 8 ใบต่อต้นตามลำดับ น้ำหนักของลำต้นคะน้าเฉลี่ย 82.54, 70.62, 85.90 และ 122.05 กรัมตามลำดับ น้ำหนักลำต้นคะน้ามากสุดคือ 162.96, 142.11, 111.92 และ 249.97 กรัม น้ำหนักลำต้นน้อยสุดคือ 26.42, 15.72, 64.35 และ 58.04 กรัม

บทที่ 6

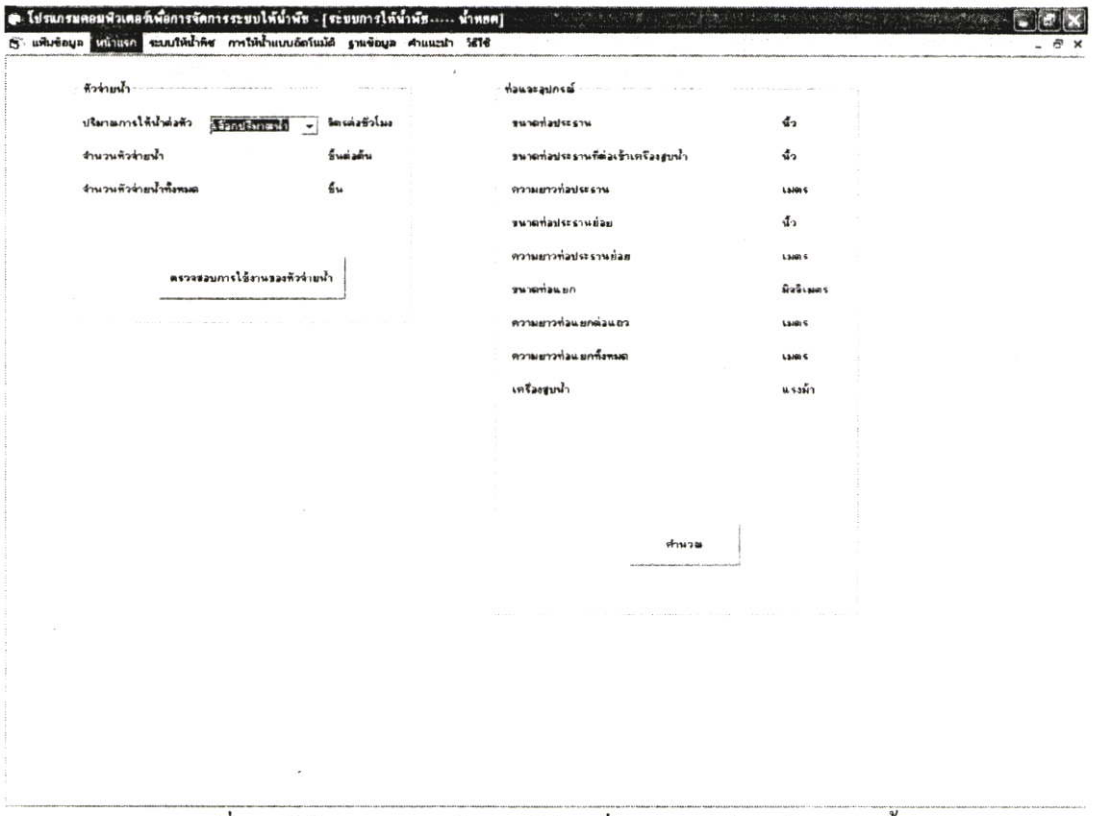
อภิปรายผลการทดลอง

6.1 ผลการทดสอบการออกแบบโปรแกรมการจัดการระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน

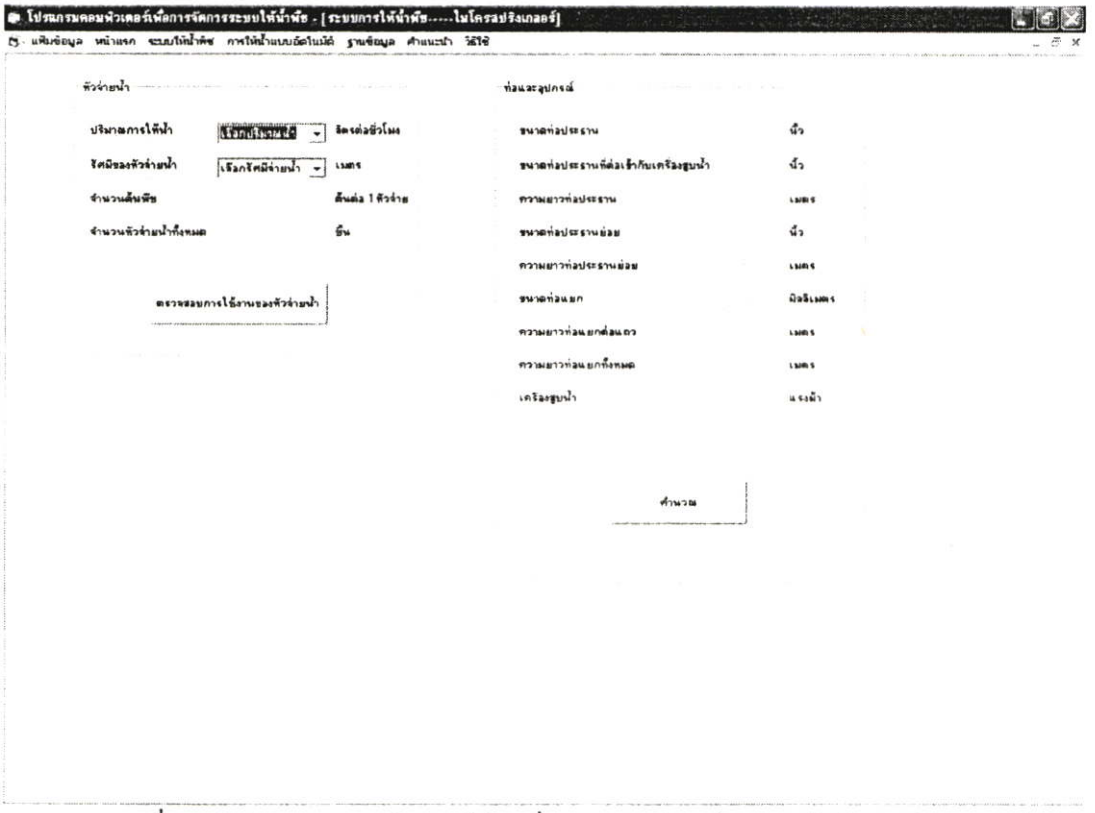
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการระบบการให้น้ำแบบใช้ความดัน ได้ทำการออกแบบหน้าจอดังภาพที่ 6.1 ถึง 6.6 และได้ทำการคำนวณหาเวลาสำหรับให้น้ำแก่พืชและคำนวณขนาดอุปกรณ์สำหรับการให้น้ำด้วยความดันพบว่าสามารถนำขนาดอุปกรณ์ที่คำนวณได้ มาใช้ติดตั้งได้จริง ส่วนการคำนวณระยะเวลานั้นสามารถนำมาใช้เพื่อจำกัดระยะเวลาให้น้ำและสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งได้ผลเป็นไปตามการทดลอง



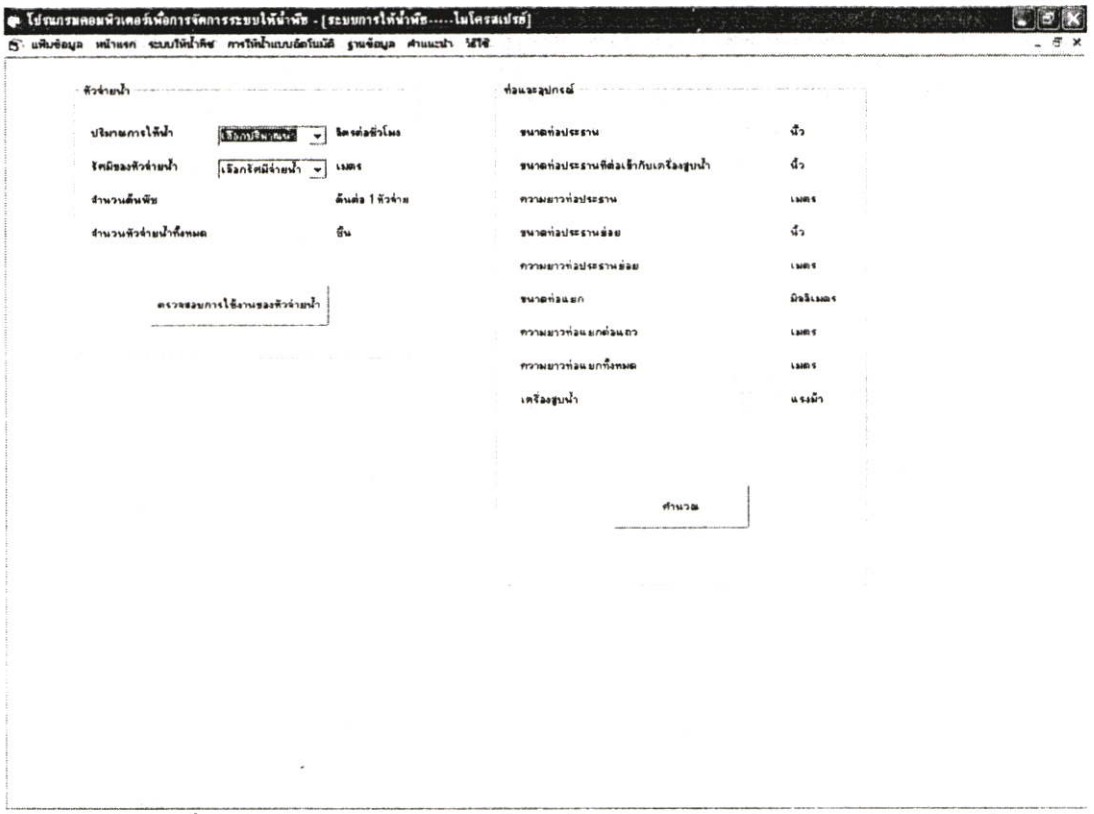
ภาพที่ 6.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่เป็นหน้าแรก



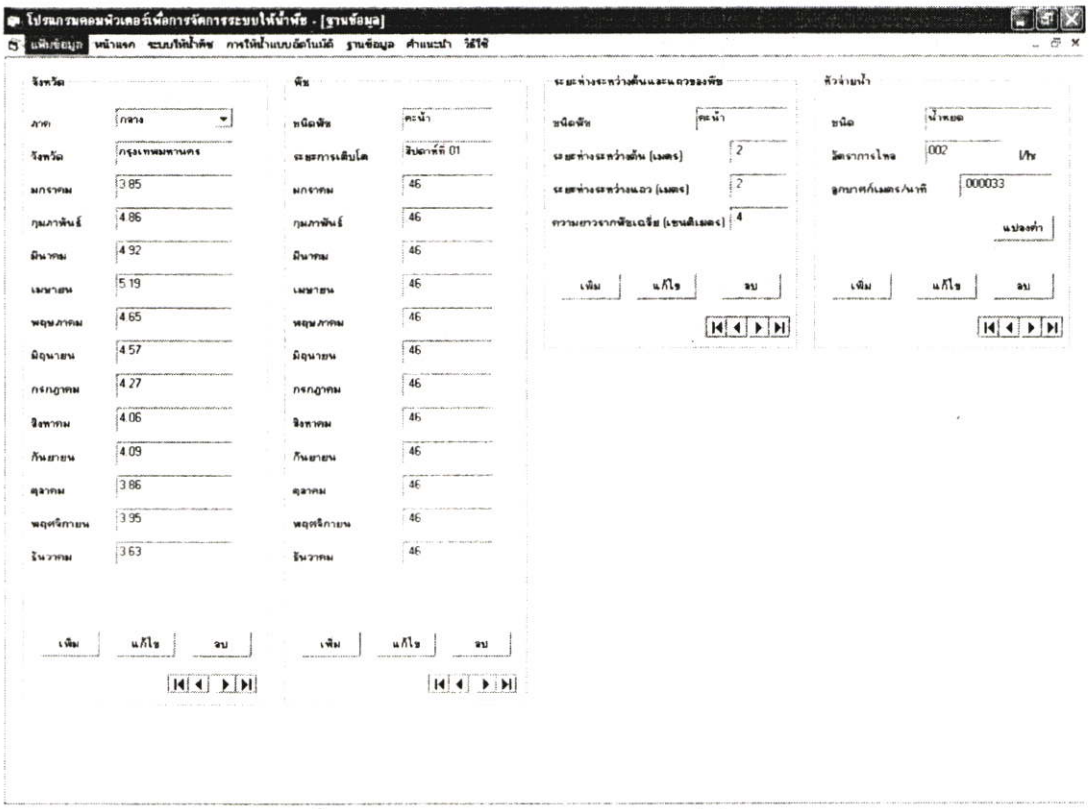
ภาพที่ 6.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่คำนวณอุปกรณ์สำหรับน้ำหยด



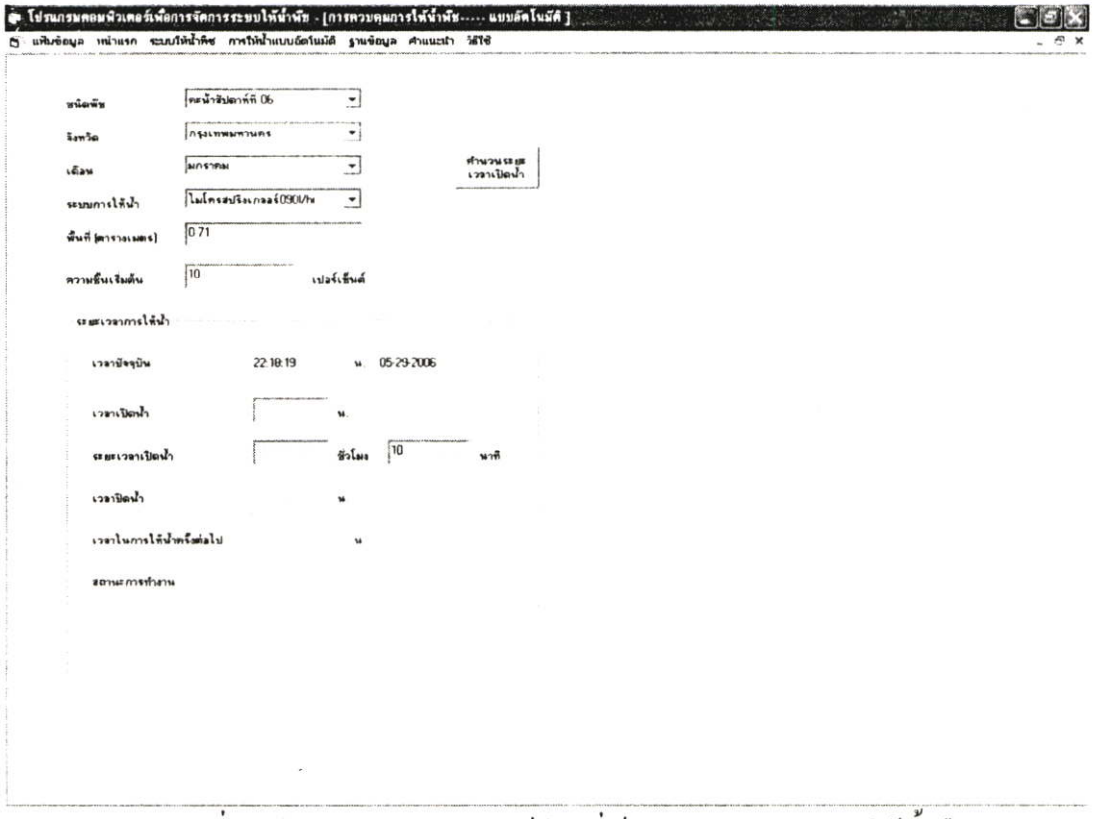
ภาพที่ 6.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่คำนวณอุปกรณ์สำหรับไมโครสปริงเกลอร์



ภาพที่ 6.4 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่คำนวณอุปกรณ์สำหรับไมโครสเปรย์



ภาพที่ 6.5 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่เป็นฐานข้อมูล



ภาพที่ 6.6 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนที่เป็นการคำนวณหาเวลาให้น้ำพืช

ระยะเวลาให้น้ำพืชที่เหมาะสมสำหรับการให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์ ที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถคำนวณได้คือ 10 นาที ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของพืชอินทรีย์ที่มีการสูญเสียความชื้นเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อทำการทดสอบวิธีการให้น้ำด้วยวิธีไมโครสเปรย์ ค่าระยะเวลาที่คำนวณได้จะเท่ากับไมโครสปริงเกลอร์ ส่วนน้ำหยดนั้น ระยะเวลาการให้น้ำจะมากกว่าวิธีการให้น้ำทั้งสอง ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของหัวน้ำหยดที่ใช้ด้วย

6.2 ผลการทดลองของการติดตั้งระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดัน

การทดสอบหาค่าความเป็นกรด-ด่างของดินพบว่า ดินที่นำมาทดสอบเป็นดินที่มีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 5.9 ถึง 6.6 ซึ่งเป็นดินที่เหมาะสมกับการปลูกคะน้า ไม่ต้องทำการปรับดินก่อนการเพาะปลูกคะน้า

หลังจากทำการติดตั้งระบบให้น้ำพืชแล้วจะได้ดังรูปที่ 6.7

ภาพที่ 6.7 การติดตั้งระบบให้น้ำแบบใช้ความดันก่อนการปลูกคะน้าอินทรีย์

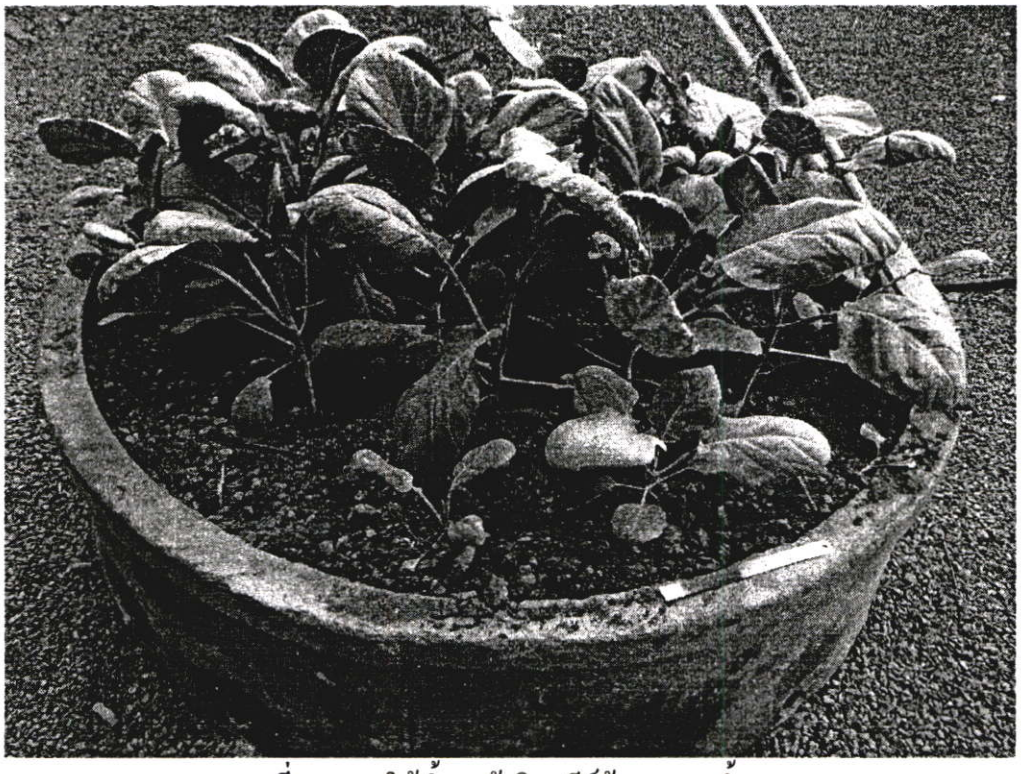
6.3 ผลการทดลองระบบการให้น้ำพืช

ความชื้นในดินก่อนและหลังการให้น้ำสามารถนำมาคำนวณหาความชื้นที่จุด Field capacity ได้ ซึ่งพบว่าจุด Field capacity ของดินเฉลี่ยอยู่ที่ 41.49 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

อัตราการไหลหัวจ่ายน้ำพบว่าไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์มีค่าใกล้เคียงกัน และมากกว่าอัตราการไหลของน้ำหยดเล็กน้อย เมื่อได้ค่าอัตราการไหลแล้วสามารถนำไปคำนวณหาระยะเวลาให้น้ำและจำนวนวันให้น้ำ ได้ว่า ให้น้ำทุกวัน น้ำหยดและไมโครสเปรย์ให้ครั้งละ 4 นาที ส่วนไมโครสปริงเกลอร์ให้เป็นเวลา 3 นาที

เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตคะน้าแล้วพบว่า ความยาวลำต้นและน้ำหนักลำต้นของคะน้าจากวิธีการให้น้ำด้วยไมโครสปริงเกลอร์มีค่าเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุดคือ 11.6 เซนติเมตร และ 55.19 กรัม ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองด้วยความดันแบบอื่น เนื่องจากการให้น้ำด้วยวิธีนี้เม็ดน้ำจะตกลงบนพื้นที่ปลูกเป็นส่วนใหญ่ ต้นที่อยู่ใกล้หัวจ่ายน้ำจะมีขนาดเล็ก แต่ต้นที่อยู่รอบนอกจะมีลักษณะที่สมบูรณ์กว่า ส่วนวิธีการให้น้ำแบบไมโครสเปรย์ไม่ค่อยเหมาะสมนักเพราะเมื่อมีการเปิดพัดตามกระแสลมลมระบายอากาศภายในโรงเรือน เม็ดน้ำที่เป็นฝอยละเอียดจะถูกพัดตกออกจากแปลงทดลอง ส่วนน้ำหยดไม่เหมาะสมเนื่องจากน้ำที่ให้เป็นการให้เฉพาะจุดไม่ทั่วถึงทั่วทั้งแปลงทดลอง เมื่อทำการปลูกจริง และมีราคาสูงกว่าการให้น้ำด้วยวิธีอื่น ส่วนการให้น้ำแบบควบคุมนั้นมีน้ำหนักลำต้นมากกว่าการให้น้ำด้วยแรงดัน เพราะการให้น้ำในแต่ละครั้งจะให้แบบดินมีความชื้นไม่ได้

คำนึงถึงปริมาณน้ำที่ให้ แต่พบว่าน้ำที่ให้นั้นมีปริมาณมากกว่าการให้น้ำแบบแรงดันค่อนข้างมาก ดังนั้นการให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์เป็นวิธีที่เหมาะสมกับคะน้ามากที่สุด



ภาพที่ 6.8 การให้น้ำคะน้าอินทรีย์ด้วยระบบน้ำหยด

ภาพที่ 6.9 การให้น้ำคะน้าอินทรีย์ด้วยระบบไมโครสเปรย์

ภาพที่ 6.10 การให้น้ำคะน้าอินทรีย์ด้วยระบบไมโครสปริงเกลอร์

ภาพที่ 6.11 เปรียบเทียบความยาวลำต้นคะน้าอินทรีย์ที่รับน้ำด้วยวิธีต่างๆ

6.4 ผลการทดลองการหาเวลาให้น้ำที่เหมาะสมด้วยคอมพิวเตอร์

ผลการคำนวณที่ได้จากคอมพิวเตอร์คือ ให้น้ำครั้งละ 10 นาที เมื่อความชื้นลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในโปรแกรมจัดการระบบน้ำนี้มีข้อแม้ของการให้น้ำว่าถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 นาทีจะปัดให้เวลาให้น้ำเป็น 10 นาที เพื่อให้น้ำพอเพียงต่อความต้องการของพืช หลังจากทดลองใช้กับพืชอินทรีย์ พบว่าพืชอินทรีย์หลังการเก็บเกี่ยวอายุ 50 วัน มีความยาวลำต้นและน้ำหนักเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุดคือ 14.98 เซนติเมตร และ 103.20 กรัม น้ำหนักของพืชอินทรีย์ที่ได้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากพืชอินทรีย์ได้รับน้ำและมีความชื้นในดินเพียงพอต่อความต้องการของพืช ทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี และมีอัตราการเติบโตสม่ำเสมอ

ภาพที่ 6.12 เปรียบเทียบความยาวลำต้นและรากของคะน้าอินทรีย์ที่รับน้ำด้วยวิธีต่างๆ

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบ และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการระบบการให้น้ำแบบใช้ความดัน เมื่อพิจารณาถึงขีดความสามารถของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และความคุ้มค่าสำหรับการลงทุนติดตั้งระบบให้น้ำพืชแบบความดัน สามารถสรุปได้ดังนี้

7.1.1 การทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Visual Basic 6.0 พบว่า สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ได้ ทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการหาขนาดอุปกรณ์ ค่าที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำให้สามารถประเมินราคาอุปกรณ์ที่ติดตั้งได้ และทดลองหาเวลาให้น้ำที่เหมาะสมกับพืชอินทรีย์เพื่อนำมาใช้ปิดเปิดระบบน้ำได้ว่า ค่าที่คอมพิวเตอร์คำนวณได้นั้นเป็นระยะเวลาให้น้ำที่สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้และให้น้ำได้ตรงความต้องการของพืช ส่งผลให้พืชมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีและสม่ำเสมอ

7.1.2 การทดลองระบบการให้น้ำแบบใช้ความดันสำหรับคะน้าอินทรีย์

เมื่อทำการทดลองให้น้ำแก่คะน้าอินทรีย์เป็นระยะเวลาประมาณ 30 วัน โดยเลือกการให้น้ำได้แก่ น้ำหยด ไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์ หลังการเก็บเกี่ยวได้วัดความยาวลำต้นและชั่งน้ำหนักพบว่า การให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์สามารถทำให้ผลผลิตคะน้ามีความยาวและน้ำหนักลำต้นเฉลี่ยมากที่สุดคือ 11.6 เซนติเมตรและ 55.19 กรัมตามลำดับ เนื่องจากเม็ดน้ำที่ตกลงสู่พื้นดินทำให้ดินบริเวณที่ได้รับน้ำมีความชุ่มชื้นเพียงพอ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหยดที่เป็นการให้น้ำเฉพาะจุด ซึ่งไม่สามารถกระจายน้ำได้ทั่วถึงเขตรากส่งผลให้คะน้าอินทรีย์ที่ได้มีความยาวลำต้นเฉลี่ยคือ 11.4 เซนติเมตรและน้ำหนักลำต้นมีค่าเฉลี่ยคือ 48.00 กรัม ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่าการให้น้ำด้วยไมโครสปริงเกลอร์ ส่วนไมโครสเปรย์มีความยาวลำต้นเฉลี่ย 9.5 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 50.50 กรัม การที่อัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่าระบบไมโครสปริงเกลอร์เนื่องจากเม็ดน้ำที่กระจายตัวจากหัวจ่ายน้ำแบบไมโครสเปรย์จะมีลักษณะเป็นฝอยละเอียด มักถูกกระแสลมของพัดลมระบายอากาศในโรงเรือนพัดพาและดูดออกให้ตกลงนอกแปลงการทดลอง แต่เมื่อนำผลผลิตที่ใช้ระบบน้ำแบบแรงดันทั้งสามแบบไปเปรียบเทียบกับแบบใช้แรงงาน ได้ว่าแบบใช้แรงงานสามารถให้ผลผลิตได้ดีกว่าซึ่งมีความยาวลำต้นเฉลี่ย 10.8 เซนติเมตรและมีน้ำหนักเฉลี่ย 81.33 กรัม เพราะแบบใช้แรงงานเป็นการให้น้ำเช่นเดียวกับเกษตรกรที่ให้ทั่วไป นั่นคือไม่สนใจปริมาณน้ำที่

ให้ แต่ให้น้ำในปริมาณมากเพื่อให้ดินชุ่มชื้น เมื่อนำมาวิเคราะห์จะพบว่าน้ำที่ให้แบบใช้แรงงานให้ครั้งละประมาณ 10 ถึง 15 ลิตร แต่ไมโครสปริงเกลอร์ให้ประมาณ 3 ถึง 5 ลิตรต่อครั้ง

ดังนั้นการให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์จึงเป็นวิธีที่ประหยัดน้ำ และสามารถทำให้ผลผลิตคะน้าอินทรีย์มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี จึงเลือกระบบน้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์นี้ใช้ในการทดลองครั้งที่ 2

7.1.3 การทดลองโปรแกรมจัดการระบบให้น้ำพืชแบบใช้ความดันกับคะน้าอินทรีย์

ทดลองปลูกคะน้าอินทรีย์โดยเลือกใช้วิธีการให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์ แต่เปลี่ยนวิธีการให้น้ำเป็นให้น้ำตามเวลาที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณได้พบว่า การให้น้ำตามเวลาที่คำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์คือ 10 นาที ซึ่งทำให้หัวจ่ายน้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์สามารถจ่ายน้ำในปริมาณที่เหมาะสมทำให้ดินมีความชุ่มชื้นเพียงพอต่อความต้องการของคะน้า โดยใช้น้ำในแต่ละครั้งประมาณ 3 ถึง 5 ลิตร ผลผลิตคะน้าอินทรีย์ที่ได้มีความยาวลำต้นเฉลี่ยแต่ละแปลงคือ 12, 13.7 และ 15.0 เซนติเมตรตามลำดับ และน้ำหนักลำต้นเฉลี่ยแต่ละแปลงคือ 60.72, 78.68 และ 103.21 กรัมตามลำดับ ส่วนการให้น้ำแบบใช้แรงงานมีความยาวลำต้นเฉลี่ย 13.8 เซนติเมตรและมีน้ำหนักเฉลี่ย 90.28 กรัม ผลผลิตคะน้าอินทรีย์ที่ได้รับน้ำด้วยวิธีไมโครสปริงเกลอร์มีน้ำหนักและความยาวลำต้นมากกว่าแบบใช้แรงงาน เนื่องจากวิธีไมโครสปริงเกลอร์สามารถให้น้ำได้ตรงตามความต้องการน้ำของคะน้า ทำให้ไม่เกิดการสูญเสียน้ำเลยเขตรากพืช แต่แบบใช้แรงงานมีการให้น้ำเกินความต้องการของพืช น้ำจะเกิดการสูญเสียและน้ำที่เลยเขตรากพืชนั้น ต้นพืชไม่สามารถนำน้ำมาใช้ได้และทำให้ต้นไม้มีอัตราการเจริญเติบโตช้า

ดังนั้นการให้น้ำด้วยวิธีไมโครสปริงเกลอร์สามารถทำให้ผลผลิตคะน้าอินทรีย์ มีขนาดลำต้นและน้ำหนักใกล้เคียงกับความต้องการของผู้บริโภค ผลผลิตที่ได้มีความกรอบ อร่อย เหมาะสำหรับการนำไปบริโภค นอกจากนั้นยังเป็นวิธีช่วยลดการใช้ทรัพยากรน้ำได้อีกด้วย

7.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดการระบบการให้น้ำพืชแบบใช้ความดันพบว่ามีส่วนที่ควรปรับปรุงแก้ไขดังนี้

1 ทำการทดลองหาเวลาให้น้ำที่เหมาะสมกับพืชชนิดอื่น

2 ทดลองใช้ระบบให้น้ำแบบความดันกับพืชที่ปลูกในที่โล่งแจ้ง

3 พัฒนาและออกแบบสร้างอุปกรณ์ควบคุมการให้น้ำภายนอก สำหรับเชื่อมต่อกับส่วนที่ใช้ควบคุมเวลาให้น้ำ เพื่อประหยัดแรงงาน

4 ปรับปรุงฟังก์ชั่นการทำงานของโปรแกรมให้ใช้งานได้หลากหลายมากขึ้น

5 ปรับปรุงการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้สามารถใช้งานได้กับพื้นที่ที่มีขนาดมากกว่า 50 ตารางเมตร

เอกสารอ้างอิง

[1] กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. **มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ เกษตรอินทรีย์ เล่ม 1: การผลิต แปรรูป แสดงฉลากและจำหน่ายเกษตรอินทรีย์**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.2546.

[2] กรมวิชาการเกษตร. **"เกษตรอินทรีย์คืออะไร."** [Online]. Available: http://www.doae.go.th/library/html/detail/nsfng/indexh.htm. 2549.

[3] สมศักดิ์ อาศรัยข้าว. **"เกษตรอินทรีย์ (Organic Agricultural)."** [Online]. Available: http://kamphaenggphet.doae.go.th/lankrabue/kaset_insee.doc. 2548.

[4] **"กำเนิดเกษตรอินทรีย์."** [Online]. Available: http://plantpro.doae.go.th/organic/oa%20borning/borning.html. 2549.

[5] สุธาทิพย์ การรักษา. "การผลิตพืชอินทรีย์ ณ สหรัฐอเมริกา." **เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการหลักสูตร "วิทยากรเกษตรอินทรีย์" ครั้งที่ 4**. สิงหาคม 2548.

[6] วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์. **"เกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย ตอนที่ 4."** [Online]. Available: http://www.organicthailand.com/product.detail.php?lang=th&cat=20397&id=166208. 2547.

[7] กรมวิชาการเกษตร. **"ภาวการณ์ทำเกษตรอินทรีย์ในต่างประเทศ."** [Online]. Available: http://www.doae.go.th/library/html/detail/nsfng/tangpatad.htm. 2549.

[8] กรมวิชาการเกษตร. **"แหล่งผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์."** [Online]' Available: http://www.doae.go.th/library/html/detail/nsfng/hlangpaladkasad.htm. 2549.

[9] กรมวิชาการเกษตร. **"เกษตรอินทรีย์เป็นอย่างไร."** [Online]. Available: http://www.doae.go.th/library/html/detail/nsfng/sodoinsee.htm. 2549.

[10] กรมวิชาการเกษตร. **"เกษตรอินทรีย์."** [Online]' Available: http://www.doae.go.th/learning/organic/crop_product.html. 2548.

[11] กรมวิชาการเกษตร. **"สนใจปลูกพืชแบบอินทรีย์จะทำอย่างไร."** [Online]. Available: http://www.doae.go.th/library/html/detail/nsfng/sonjai.htm. 2549.

[12] วิบูลย์ บุญยโรกุล. **หลักการชลประทาน**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์เอเชีย. 2526.

[13] กรมส่งเสริมการเกษตร. **คู่มือการปลูกผักให้ปลอดภัยจากสารพิษ**. กรุงเทพมหานคร: กองป้องกันและกำจัดศัตรูพืช. ม.ป.ป.

[14] กรมวิชาการเกษตร. **"สารที่ไม่อนุญาตให้ใช้ปรับปรุงดิน."** [Online}. Available: http://www.doae.go.th/library/html/detail/nsfng/sanojnseepuppung.htm. 2549.

[15] ปัญญา พลแสน. "พัฒนาอุทกวิทยากับเทคโนโลยีใหม่" สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ. 2542. หน้า 64-69.

[16] ฝ่ายเกษตรชลประทาน. "ข้อมูลการใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆ" สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ. 2542. หน้า 73-81.

[17] กรมส่งเสริมการเกษตร. **มาทำเกษตรอินทรีย์กันดีกว่า**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร. 2548.

[18] **"ความรู้เบื้องต้นและการผลิตเอนไซม์."** [Online]. Available: http://plantpro.doae.go.th/organic/enzyme.enz1.htm. 2549.

[19] กรมวิชาการเกษตร. **มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์ของประเทศไทย**. ม.ป.ท..2543.

[20] ไฉน ยอดเพชร. **พืชผักในตระกูลครูซิเฟอร์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: รั้วเขียว. 2542.

[21] **"Chinese Kale."** [Online].Available: http://www.answers.com/topic/kai-lan. 2549.

[22] สุนทร เรืองเกษม. **คู่มือการปลูกผัก**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ม.ป.ท..2539.

[23] เมืองทอง ทวนทวีและสรีรัตน์ ปัญญาโตนะ ทวนทวี. **ผักบ้านเรา สวนผัก 2**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ทั่งฮ่งซิน. 2532.

[24] กรมวิชาการเกษตร. **"คะน้า."** [Online]. Available: http://www.doae.go.th/library/htm/detail/kana/kana2.htm 2549.

[25] **"Chinese Kale."** [Online]. Available: http://www.dpi.vic.gov.au/trade/asiaveg/thes-12.htm. 2549.

[26] **"Chinese broccoli *Brassica oleracea*."** [Online]. Available: http://www.world.groups.org/crops/Chinese-broccoli.cfm. 2549

[27] จักรพงษ์ หรั่งเจริญ. **"การศึกษาความแตกต่างในการปลูกคะน้า (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) ในรูปแบบแนวปลอดภัยจากสารพิษ (GAP) ปลอดสารพิษ (PFP) พืชอินทรีย์ (Organic crop) และการใช้สารเคมี (Chemical crop)"** ปัญหาพิเศษ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[28] อรุณรักษ์ พ่วงผล. **เกษตรเศรษฐกิจในครัวเรือน พืชผักสวนครัวเสริมรายได้**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์อักษรไทย. 2542.

[29] **"คะน้าลูกผสม."** [Online]. Available: http://www.chiataigroup.com/thai/tka.htm. 2549.

[30] วิทยา ตั้งก่อสกุล. "การเลือกใช้ระบบให้น้ำที่เหมาะสมและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ" **คู่มือซื้อ-ขายเครื่องจักรกลและอุปกรณ์การเกษตร 2542**, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1, 2542. หน้า 78-86.

[31] เจษฎา แก้วกัลยา. **การวางแผนและออกแบบระบบชลประทานในระดับไร่นา**. นครปฐม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2533.

[32] Melvyn Kay. **Surface irrigation system and practice**. Cranfield: Cranfield Press. 1986.

[33] Josef D. Zimmerman. **Irrigation**. USA: John Wiley&Sons,Inc. 1966.

[34] ดิเรก ทองอร่าม, วิทยา ตั้งก่อสกุล, นาวี จิระชีวี, อิทธิสุนทร นันทกิจ. **การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ฐานการพิมพ์. 2545.

[35] NECTEC. **"ภาษาคอมพิวเตอร์."** [Online]. Available: http://www.nectec.or.th/courseware/computer/comp-using/0064.htm. 2549

[36] NECTEC. **"ภาษาเบสิค."** [Online]. Available: http://www.nectec.or.th/courseware/computer/comp-using/0068.htm. 2549.

[37] กิตติ ภักดีวัฒนะกุลและจำลอง ครูอุตสาหะ. **Visual Basic ฉบับโปรแกรมเมอร์**. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพมหานคร: ไทยเจริญการพิมพ์. 2546.

[38] ฉัททวุฒิ พืชผลและพิชิต สันติกุลานนท์. **คู่มือเรียน Visual Basic 6**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โปรวิชั่น. 2542.

[39] ธาริน สิทธิธรรมชารี. **สร้างโปรแกรมบน Windows ด้วย Visual Basic Version 6.0**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ซัคเซส มีเดีย. 2548.

[40] C.M. Burt. "Selection of Irrigation Method for Agriculture: Drip/Micro Irrigation" **ASAE Annual Conference**, Mamphis, Tenn. 1998. pp. 1-6.

[41] Martin Guerena. **"Cole Crops and Other Brassica: Organic Production."** [Online]. Available: http://www.attra.ncat.org/attra-pub/PDF/cole.pdf. 2006.

[42] James M. Stephens. **"Organic Vegetable Gardening."** [Online]. Available: http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/VH/VH01900.pdf. 2006.

[43] M.S. Al-Jamal, S. Ball, T.W. Sammis. "Comparison of sprinkle, trickle and furrow irrigation efficiencies of onion production" **Agricultural Water Management**, vol. 46, 2001. pp. 253-266.

[44] Stefano Anconelli, Osvaldo Facini, Vittorio Marletto, Andrea Pitacco, Federica Rossi, Franzo Zinoni. "Micrometeorological test of microsprinklers for frost protection of fruit Orchards in North Italy" **Physics and Chemistry of the Earth**, vol. 27, 2002. pp.1103-1107.

[45] Tim Hess. "A microcomputer scheduling program for supplementary irrigation" **Computer and Electronics in Agriculture**, vol. 15, 1996. pp. 233-243.

[46] Benoît Sarr, Jérémie Lecoeur, Pascal Clouvel. "Irrigation scheduling of confectionery groundnut (*Arachis hypogeaea* L.) im Senegal using a simple water balance model" **Agricultural Water Management**, vol. 67, 2004. pp. 201-220.

[47] M.S. Al-Jamal, T.W. Sammis, S. Ball, D. Smeal. "Computing the crop water production function for onion" **Agricultural Water Management**, vol. 46, 2000. pp. 29-41.

[48] Brian G. Leib, Gary Matthews, Marty Kroeger. "Development of an on-time logger for irrigation systems" **Agricultural Water Management**, vol. 62, 2003. pp. 67-77.

[49] B.G. Leib and T.V. Elliott. **"Washington irrigation scheduling expert (WISE) software."** [Online]. Available: http://index.prosser.wsu.edu. 2005.

[50] M.A. Helal, M.L. Nasr, M.A. Rady. "Computer aided design of water delivery system" **International Commission on Irrigation and Drainage**. 1989. pp. 101-112

[51] กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน. "ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ของพืช 30 ชนิด" สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ. ม.ป.ป.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
ข้อมูลการทดสอบระบบการให้น้ำแบบใช้ความดัน

ตารางที่ ก.1 อัตราการไหลของน้ำหยด

แปลงการทดลองที่	หัวจ่ายน้ำที่	การทดลองครั้งที่				เฉลี่ย
		1	2	3	4	
1	1	6.15	6.21	6.19	6.29	6.21
	2	5.84	6.03	6.14	5.97	6.00
	3	7.05	6.96	6.83	6.88	6.93
	4	6.91	7.01	6.87	6.94	6.93
	5	5.77	6.14	5.91	6.03	5.96
	6	6.01	6.21	6.11	6.18	6.13
	7	6.44	6.53	6.56	6.49	6.51
	8	7.10	6.92	7.03	6.87	6.98
	9	6.32	6.25	6.40	6.19	6.29
	รวม	57.59	58.26	58.04	57.84	57.94
2	1	5.54	5.64	5.93	5.48	5.65
	2	6.05	6.13	5.84	5.92	5.99
	3	5.72	5.88	5.70	5.92	5.81
	4	5.94	5.87	6.08	5.98	5.97
	5	6.58	6.41	6.68	6.43	6.53
	6	6.34	6.22	6.19	6.42	6.29
	7	6.11	6.27	6.03	6.18	6.15
	8	5.93	5.74	6.06	6.12	5.96
	9	6.17	6.22	6.09	6.24	6.18
	รวม	54.38	54.38	54.60	54.69	54.53
3	1	7.01	6.84	6.92	7.05	6.96
	2	5.42	5.57	5.34	5.45	5.45
	3	6.03	6.07	5.98	5.94	6.00
	4	5.97	5.84	5.87	6.01	5.92
	5	6.15	6.28	6.04	6.14	6.15
	6	6.36	6.22	6.48	6.13	6.30
	7	5.82	5.72	5.84	5.98	5.84
	8	7.10	6.94	6.89	7.02	6.99

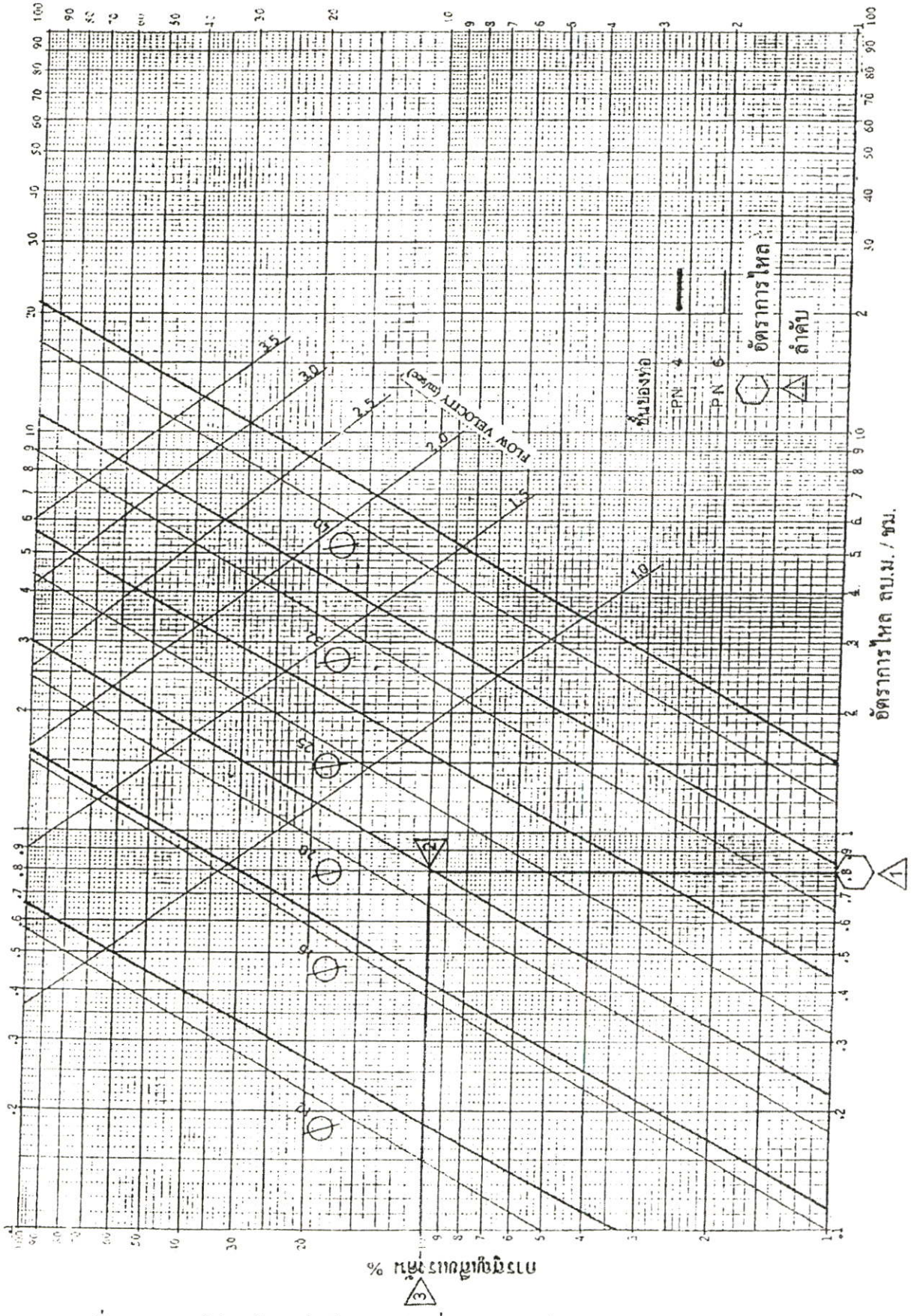
ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

แปลงการทดลองที่	หัวจ่ายน้ำที่	การทดลองครั้งที่				เฉลี่ย
		1	2	3	4	
3	9	6.88	6.93	6.82	6.74	6.84
	รวม	56.74	56.41	56.18	56.46	56.45
4	1	6.46	6.55	6.41	6.38	6.45
	2	6.32	6.47	6.35	6.29	6.36
	3	6.81	6.83	6.79	6.74	6.79
	4	6.57	6.41	6.48	6.60	6.52
	5	6.08	6.12	6.27	6.18	6.16
	6	5.92	6.08	6.12	5.88	6.00
	7	7.03	6.92	6.87	6.93	6.94
	8	6.94	6.88	6.79	6.84	6.86
	9	6.50	6.45	6.58	6.63	6.54
	รวม	58.63	58.71	58.66	58.47	58.62

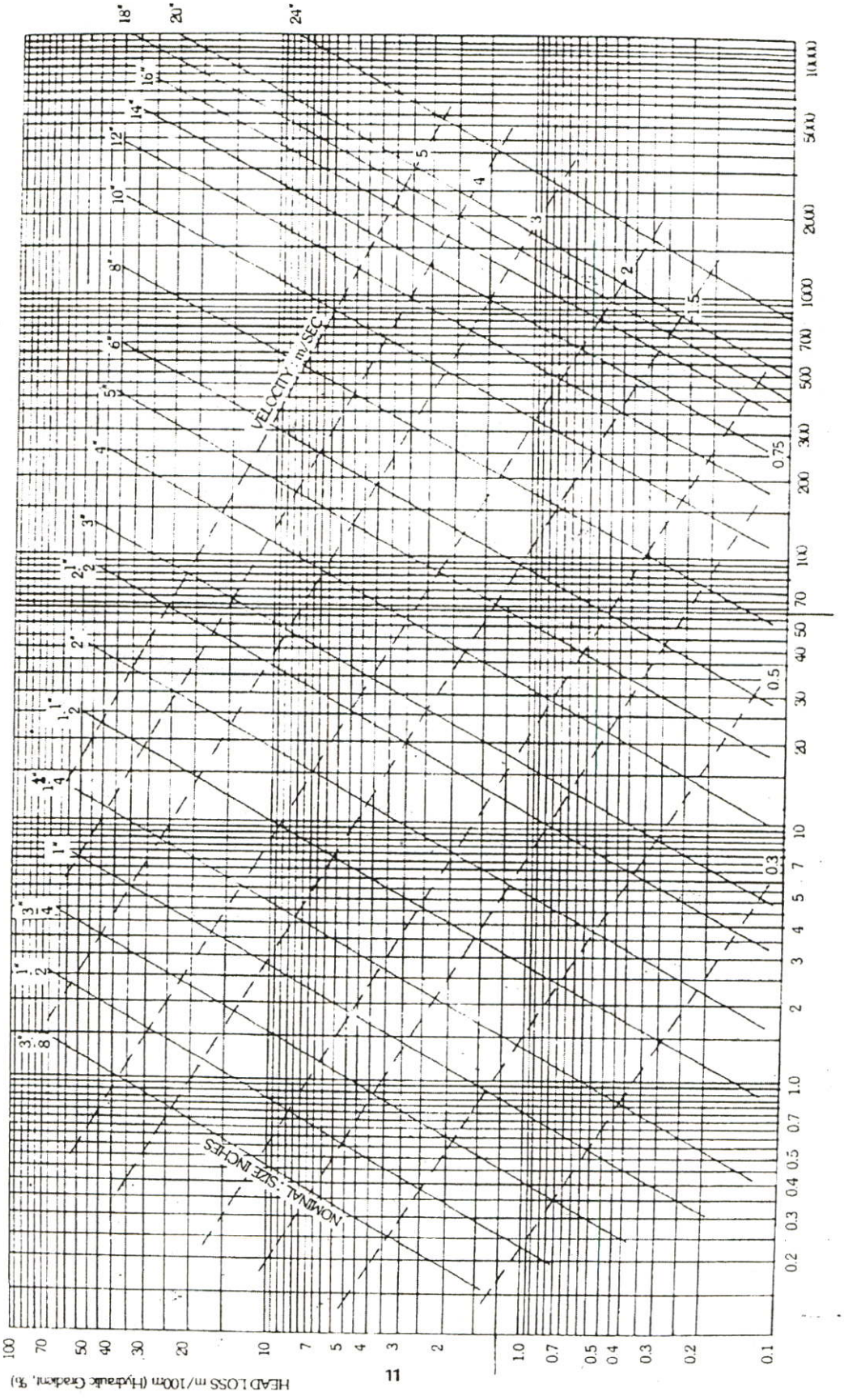
ตารางที่ ก.2 ความชื้นที่จุด Field capacity ของดินที่ใช้ทดลอง

วิธีการให้น้ำ	ความชื้นในดินก่อนให้น้ำ (% โดยน้ำหนัก)				ความชื้นในดินหลังให้น้ำ (% โดยน้ำหนัก)				Field capacity (mm)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
น้ำหยด	19.04	13.56	16.06	17.80	35.72	33.24	36.96	31.45	45.04	53.14	56.43	36.86
ไมโครสปริงเกลอร์	11.36	15.30	26.58	18.69	38.58	38.50	30.77	28.76	73.50	62.64	11.32	27.19
ไมโครสเปรย์	18.34	26.68	11.10	14.23	27.16	22.67	26.10	30.23	23.82	10.83	40.50	43.20
ใช้แรงงาน	11.96	13.69	13.64	29.38	27.75	37.16	33.58	34.73	42.63	63.37	53.84	14.45

ภาคผนวก ข.
ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์



ภาพที่ ข.1 แผนภูมิสำหรับหาค่าเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน (H_L) ของท่อ LDPE



ภาพที่ ข.2 แผนภูมิสำหรับหาค่าเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน (H_L) ของท่อพีวีซี

ตารางที่ ข.1 ปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง สำหรับจังหวัดต่างๆ (มิลลิเมตรต่อวัน)

สถานี	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
เชียงราย	2.99	4.46	4.88	5.63	5.08	4.75	4.35	4.01	4.27	3.92	3.49	2.92
แม่ฮ่องสอน	3.30	4.79	5.35	6.16	5.20	4.62	4.23	3.95	4.15	3.95	3.73	3.12
เชียงใหม่	3.34	4.47	5.29	5.98	5.16	4.79	4.34	3.93	4.13	3.95	3.65	3.11
แม่สะเรียง	3.46	4.96	5.75	6.36	5.34	4.49	4.08	3.85	4.17	4.11	3.90	3.32
ลำปาง	3.50	4.96	5.37	6.14	5.39	5.04	4.63	4.26	4.33	4.03	3.76	3.22
น่าน	3.28	4.75	5.22	5.88	5.10	4.78	4.37	4.00	4.20	4.05	3.71	3.12
แพร่	3.48	4.89	5.48	6.26	5.42	4.82	4.58	4.18	4.26	4.03	3.84	3.3
อุตรดิตถ์	3.67	5.00	5.31	6.01	5.17	4.66	4.30	3.99	4.26	4.26	4.09	3.52
ตาก	3.71	5.25	5.87	6.58	5.37	5.00	4.64	4.33	4.26	3.90	3.73	3.33
พิษณุโลก	3.63	4.93	5.31	5.83	5.13	4.77	4.38	4.05	4.27	4.16	4.02	3.48
แม่สอด	3.76	5.21	5.70	6.31	5.26	4.51	4.12	3.80	4.22	4.20	4.10	3.56
เพชรบูรณ์	3.81	5.11	5.67	6.00	5.15	4.67	4.25	3.93	4.09	4.22	4.13	3.60
เขื่อนภูมิพล	3.75	5.46	5.99	6.57	5.36	4.93	4.60	4.53	4.33	4.04	3.86	3.40
เลย	3.82	5.21	5.53	6.09	5.38	5.16	4.93	4.59	4.64	4.49	4.13	3.53
อุดรธานี	3.61	4.89	5.32	5.79	5.08	4.81	4.50	4.13	4.37	4.31	4.04	3.43
นครพนม	3.66	4.75	5.05	5.53	4.98	4.47	4.24	3.92	4.24	4.25	4.02	3.46
สกลนคร	3.68	4.93	5.26	5.75	4.97	4.76	4.55	4.16	4.40	4.35	4.08	3.48
มุกดาหาร	3.82	5.00	5.37	5.74	5.02	4.71	4.37	4.13	4.50	4.36	4.24	3.67
ขอนแก่น	3.78	5.11	5.41	5.90	5.22	4.93	4.72	4.29	4.39	4.22	4.19	3.63
ร้อยเอ็ด	3.83	5.00	5.32	5.69	5.11	4.90	4.62	4.18	4.30	4.26	4.19	3.69
อุบลราชธานี	4.02	5.18	5.35	5.59	5.01	4.66	4.52	4.15	4.30	4.32	4.40	3.87
สุรินทร์	3.85	4.96	5.22	5.39	4.83	4.56	4.36	4.04	4.13	4.06	3.97	3.56
นครราชสีมา	3.86	5.11	5.25	5.61	5.10	5.03	4.71	4.32	4.40	4.10	4.05	3.62
ชัยบ่วง	3.64	4.68	4.74	5.09	4.68	4.72	4.41	4.03	4.17	3.84	3.72	3.37
ชัยภูมิ	4.04	5.36	5.55	5.97	5.54	4.99	4.63	4.30	4.33	4.34	4.32	3.84
นครสวรรค์	3.95	5.32	5.78	6.22	5.37	5.07	4.63	4.31	4.23	4.06	4.04	3.65
ลพบุรี	4.23	5.43	5.70	5.95	5.20	4.94	4.56	4.25	4.38	4.29	4.35	4.12
สุพรรณบุรี	4.14	5.25	5.60	6.08	5.41	5.16	4.81	4.57	4.47	4.26	4.25	3.91

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

สถานี	เดือน											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ปราจีนบุรี	4.27	5.25	5.19	5.39	4.90	4.52	4.25	5.08	4.23	4.23	4.47	4.11
กาญจนบุรี	4.20	5.39	5.69	6.07	5.27	4.92	4.64	4.36	4.43	4.09	4.04	3.75
ดอนเมือง	4.20	5.29	5.43	5.65	5.10	4.99	4.67	4.29	4.41	4.22	4.21	3.82
กรุงเทพฯ	3.85	4.86	4.92	5.19	4.65	4.57	4.27	4.06	4.09	3.86	3.95	3.63
อรัญประเทศ	4.07	5.29	5.37	5.53	5.08	4.80	4.43	4.16	4.38	4.19	4.18	3.77
ชลบุรี	4.23	5.00	5.40	5.69	4.94	4.97	4.62	4.38	4.37	4.23	4.35	4.18
สัตหีบ	4.52	5.57	5.52	5.68	4.88	5.25	4.88	4.69	4.61	4.29	4.57	4.47
จันทบุรี	4.13	4.79	4.49	4.85	4.27	4.09	3.90	3.72	3.90	3.98	4.26	4.08
คลองใหญ่ (ตราด)	3.99	4.64	4.42	4.56	4.16	4.00	3.84	3.59	3.88	3.90	4.07	3.97
เกาะสีชัง	4.30	5.36	5.36	5.69	5.01	5.06	4.70	4.47	4.46	4.42	4.49	4.24
หัวหิน	4.09	5.18	5.31	5.58	4.90	4.85	4.47	4.27	4.39	4.09	4.16	3.97
ประจวบคีรีขันธ์	4.03	5.04	5.13	5.47	4.96	4.83	4.58	4.41	4.65	4.17	4.27	4.10
ชุมพร	3.77	4.75	4.89	5.13	4.47	4.33	4.10	4.83	4.25	3.91	3.77	3.57
สุราษฎร์ธานี	3.88	5.11	5.11	5.16	4.57	4.53	4.34	4.32	3.79	3.95	3.67	3.45
นครศรีธรรมราช	3.74	4.89	5.06	5.08	4.60	4.67	4.56	4.36	3.35	3.99	3.65	3.45
สงขลา	4.18	5.14	4.94	4.90	4.35	4.42	4.36	4.30	2.64	4.00	3.77	3.73
นราธิวาส	3.89	4.86	4.88	5.14	4.46	4.49	4.36	4.24	3.89	4.08	3.82	3.56
ระนอง	4.18	5.18	5.10	5.09	4.17	3.92	3.78	3.65	3.63	3.70	3.59	3.86
ภูเก็ต	4.61	5.68	5.38	5.17	4.26	4.40	4.27	4.27	2.72	4.06	4.13	4.26
สนามบินภูเก็ต	4.32	5.36	5.07	4.93	4.40	4.24	4.12	4.03	2.92	3.88	4.00	3.95
ตรัง	4.50	5.64	5.35	5.16	4.23	4.03	4.12	3.97	2.41	3.92	3.89	3.96

ที่มา: ดิเรก ทองอร่าม, วิทยา ตั้งก่อสกุล, นาวี จิระชีวีและอิทธิสุนทร นันทกิจ, 2545 [34]

ตารางที่ ข.2 ค่าสัมประสิทธิ์พืชของคะน้า

สัปดาห์ที่	ค่าสัมประสิทธิ์พืช (K_C)						
	Modified Penman	Blaney-Criddle	E-pan	Thornthwaite	Hargreaves	Radiation	Penman-Monteith
1	0.46	0.61	0.61	0.59	0.61	0.56	0.54
2	0.54	0.70	0.70	0.68	0.59	0.63	0.60
3	0.61	0.83	0.72	0.78	0.75	0.74	0.68
4	0.64	0.89	0.85	0.79	0.77	0.77	0.72
5	0.70	0.96	0.80	0.82	0.83	0.85	0.78
6	0.74	1.02	0.86	0.98	0.91	0.91	0.83
7	0.65	0.90	0.73	0.91	0.79	0.80	0.73
8	0.60	0.81	0.67	0.79	0.69	0.74	0.67
เฉลี่ย	0.61	0.84	0.74	0.79	0.74	0.75	0.69

ที่มา: กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน [51]

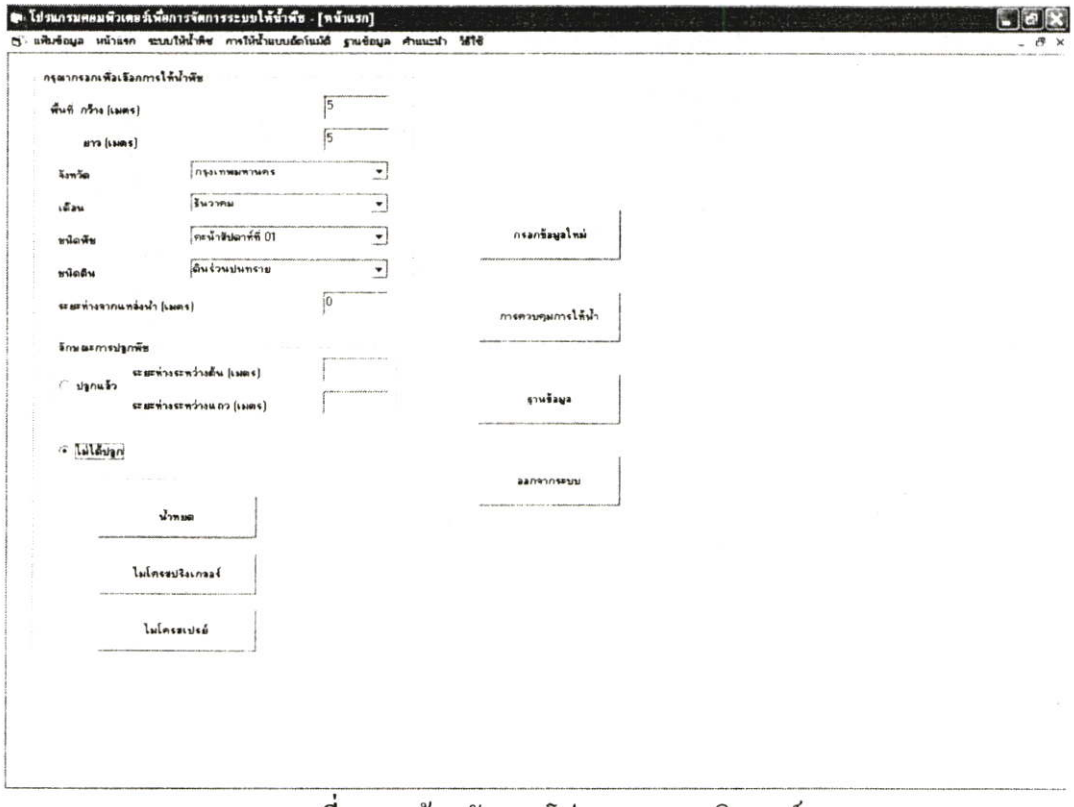
ภาคผนวก ค.
ตัวอย่างการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ตัวอย่าง

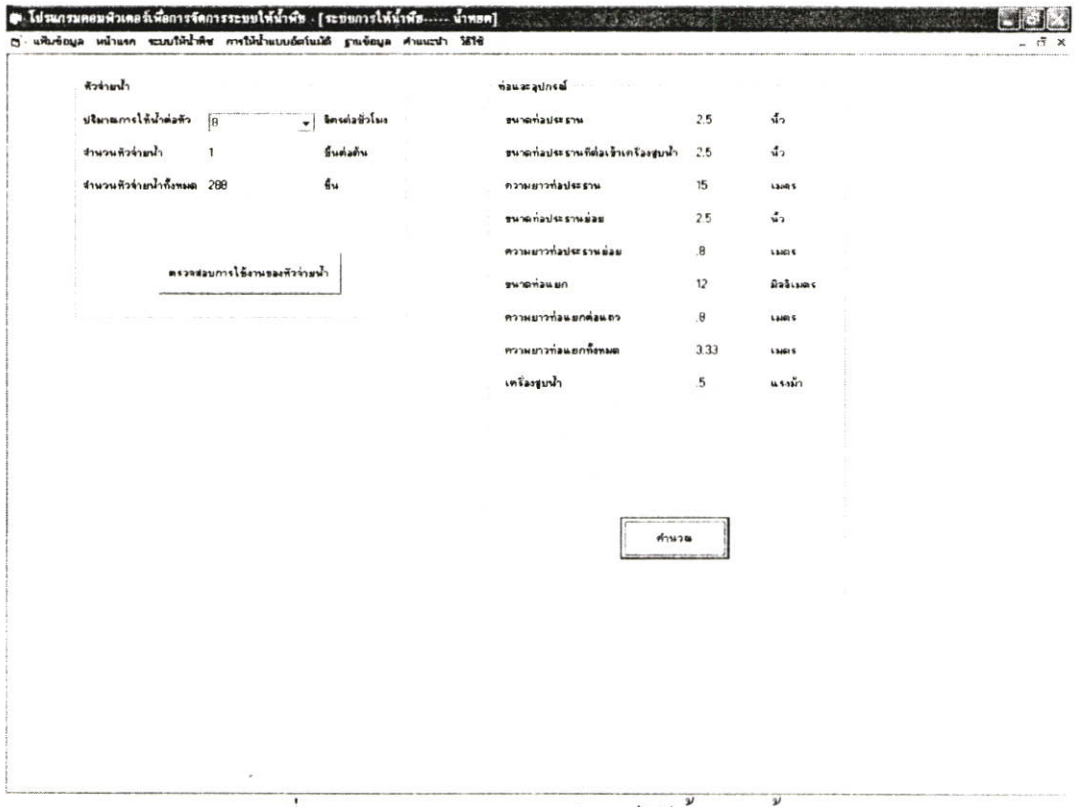
ต้องการปลูกพืชอินทรีย์คือคะน้าในกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกกว้าง 5 เมตรและยาว 5 เมตร สภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย เริ่มปลูกเดือนธันวาคม ใช้น้ำประปาเป็นแหล่งน้ำ ต้องการทราบขนาดอุปกรณ์ที่สำหรับการให้น้ำแบบใช้ความดันต่างๆ และระยะเวลาในการให้น้ำแก่พืช

การทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาขนาดอุปกรณ์ให้น้ำ

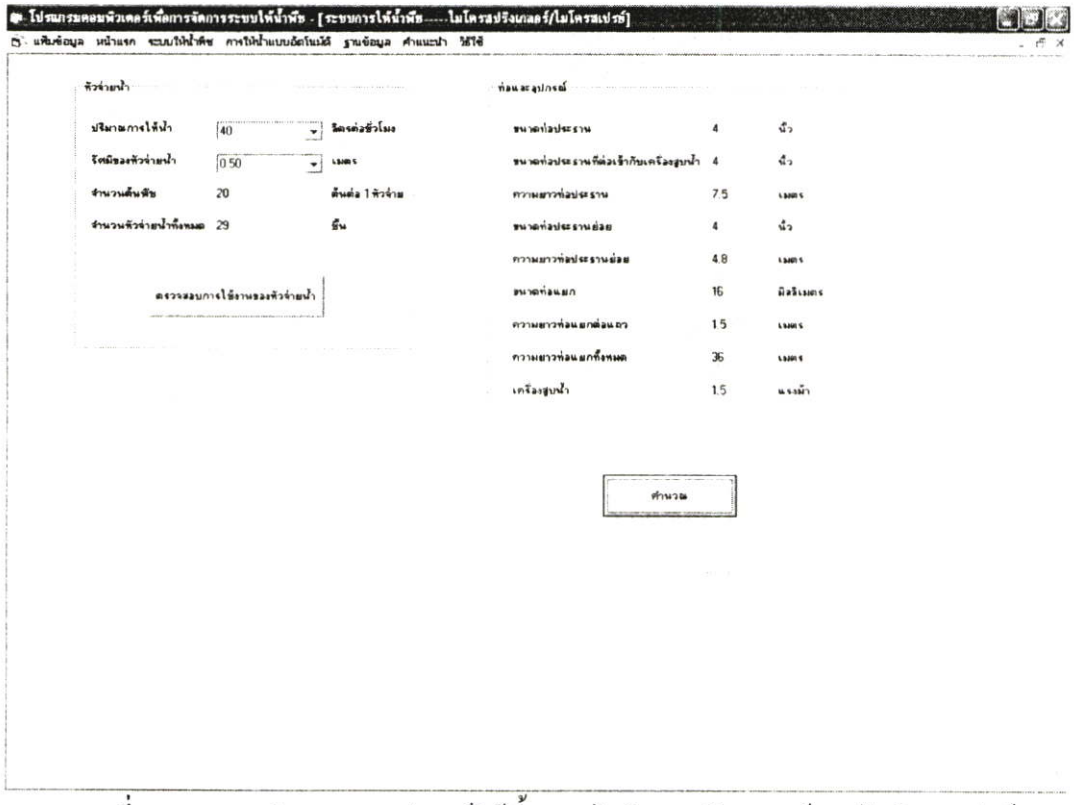
- นำโฟลเดอร์ irrigation ไปติดตั้งไว้ที่โฟลเดอร์ My Documents ใน Drive C:
- เปิดโปรแกรม irrigation_system.exe ขึ้นมาพร้อมทั้งกรอกข้อมูลต่างๆ ได้แก่ ความกว้าง-ยาวของพื้นที่ และระยะห่างจากแหล่งน้ำ เลือกจังหวัดที่เป็นสถานที่ปลูก เดือนที่ต้องการเพาะปลูก ชนิดพืชและอายุพืชที่นำมาปลูก ชนิดดิน และระยะห่างระหว่างต้นและแถว ดังภาพที่ ค.1
- เลือกระบบน้ำได้แก่น้ำหยด ไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์
- ถ้าเลือกน้ำหยดจะปรากฏหน้าต่างขึ้นมาให้เลือกอัตราการไหล ส่วนไมโครสปริงเกลอร์และ ไมโครสเปรย์จะต้องเลือกอัตราการไหลและรัศมีการฉีดน้ำ จากนั้นคลิกปุ่มตรวจสอบการใช้งานของหัวจ่ายน้ำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณจำนวนหัวจ่ายน้ำที่ใช้
- คลิกปุ่มคำนวณ เพื่อหาขนาดอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการติดตั้งระบบน้ำดังภาพที่ ค.2 และ ค.3



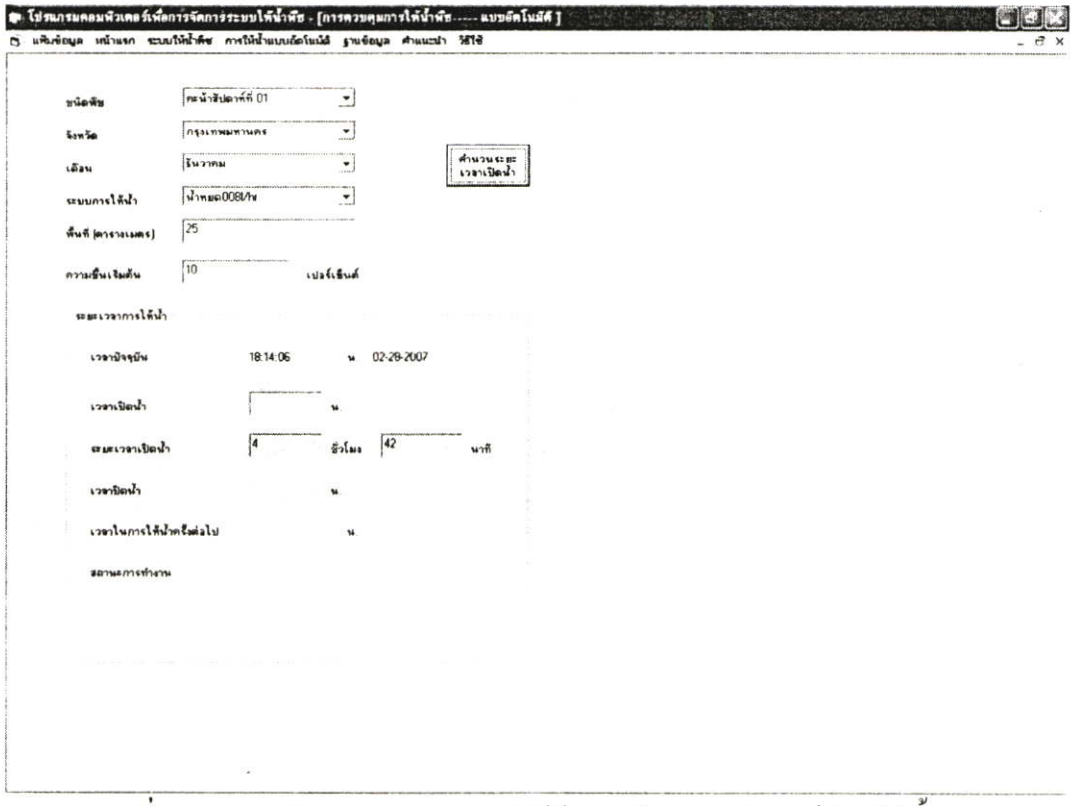
ภาพที่ ค.1 หน้าหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์



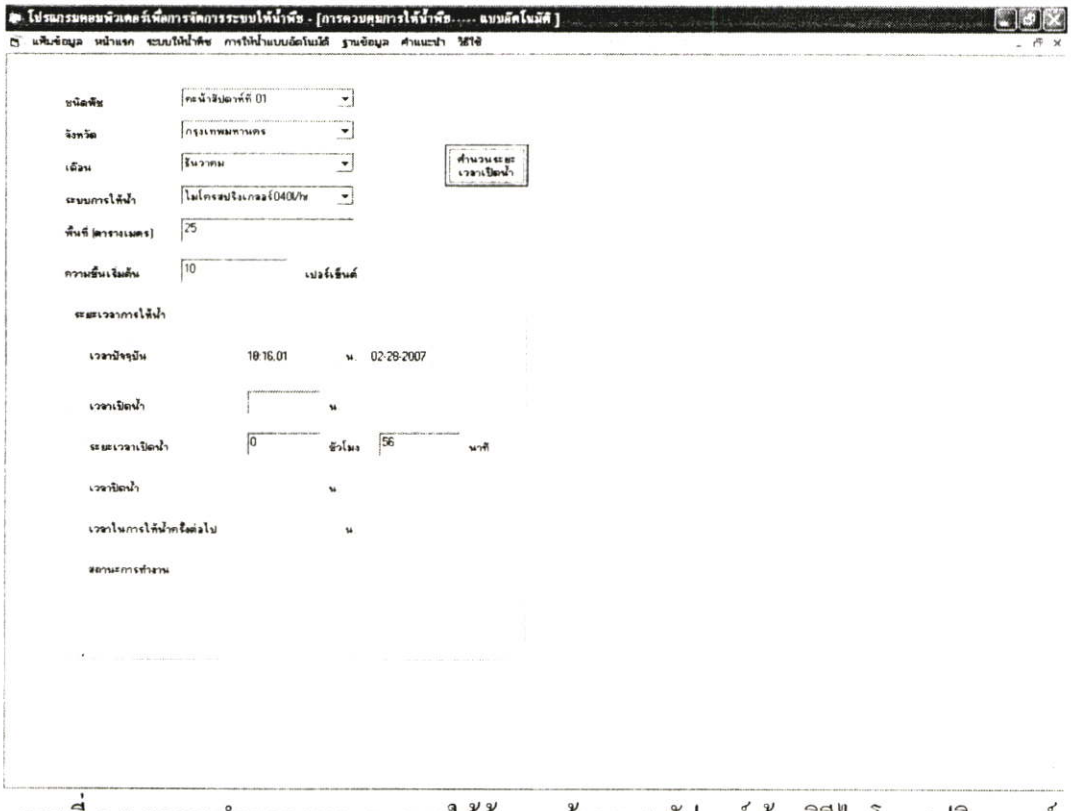
ภาพที่ ค.2 ผลการคำนวณหาอุปกรณ์ให้น้ำแบบน้ำหยด



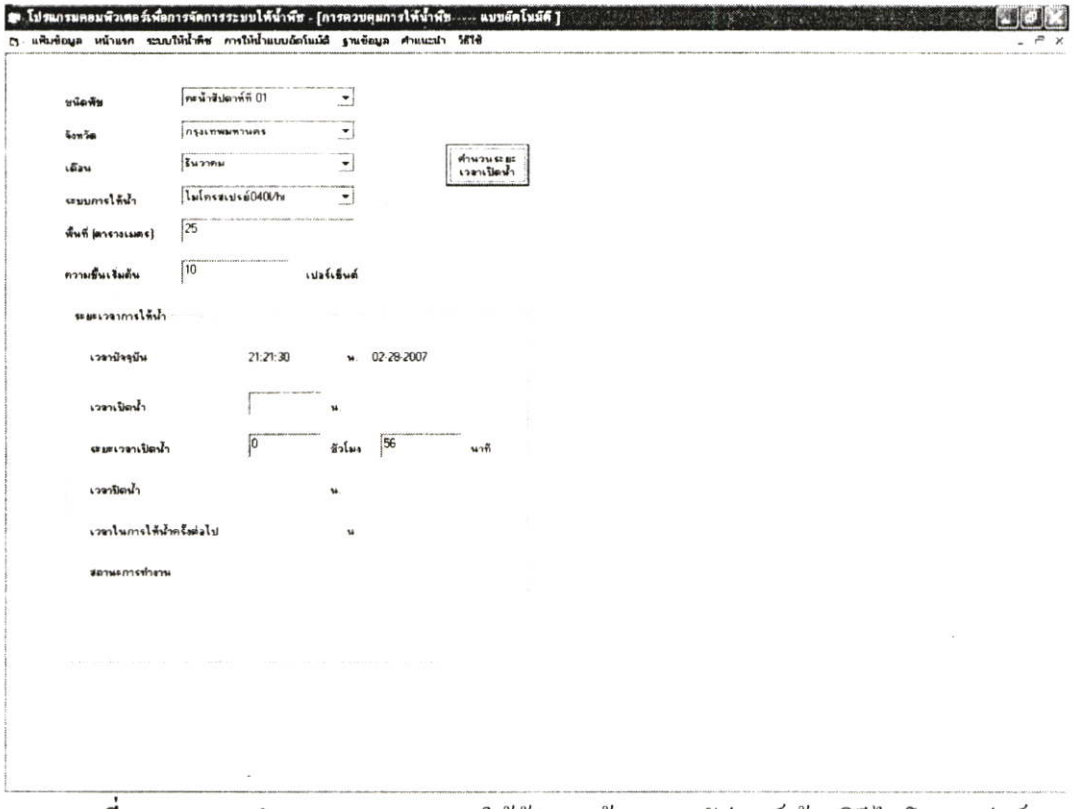
ภาพที่ ค.3 ผลการคำนวณหาอุปกรณ์ให้น้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์และไมโครสเปรย์



ภาพที่ ค.4 ผลการคำนวณหาระยะเวลาให้ด้วยคะน้าอายุ 1 สัปดาห์ ด้วยวิธีน้ำหยด



ภาพที่ ค.5 ผลการคำนวณหาระยะเวลาให้ด้วยคะน้าอายุ 1 สัปดาห์ ด้วยวิธีไมโครสปริงเกลอร์



ภาพที่ ค.6 ผลการคำนวณหาระยะเวลาให้ด้วยคะน้าอายุ 1 สัปดาห์ ด้วยวิธีไมโครสเปรย์

การคำนวณหาเวลาให้น้ำแก่พืช

- คลิกปุ่มการควบคุมการให้น้ำพืชจากหน้าหลัก
- กรอกข้อมูลพื้นที่และความชื้นเริ่มต้นและเลือกชนิดพืช จังหวัดที่เป็นสถานที่ปลูก เดือนที่ต้องการปลูกและระบบให้น้ำพร้อมอัตราการไหล
- คลิกปุ่มคำนวณระยะเวลาเปิดน้ำ
- จะปรากฏเวลาที่ช่องระยะเวลาเปิดน้ำดังภาพที่ ค.4 ค.5 และ ค.6

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชมพูนุช กูลเกตุวงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 16 เมษายน พ.ศ. 2525 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร จากสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2545 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2546