

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตารางภาคผนวก	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	3
2.1 การจัดการธาตุอาหารในการผลิตมันฝรั่ง	3
2.2 ระยะพัฒนาการของมันฝรั่ง	3
2.2.1 ระยะพัฒนาการทางใบและกิ่งก้าน (Vegetative developmental stage)	4
2.2.2 ระยะเริ่มเกิดหัว (Tuber Initiation stage)	4
2.2.3 ระยะการสะสมน้ำหนักหัว (Tuber Bulking stage)	4
2.2.4 ระยะการสุกแก่ (Maturation stage)	4
2.3 การเติบโตของมันฝรั่ง	5
2.4 การดูแลใช้ธาตุอาหารของมันฝรั่ง	5
2.5 การจัดการธาตุอาหารต่างๆ	6
2.5.1 ไนโตรเจน	6
2.5.2 ฟอสฟอรัส	7
2.5.3 โพแทสเซียม	7
2.6 การจัดการปุ๋ยเคมีแก่มันฝรั่ง	8
2.6.1 การจัดการปุ๋ยเคมีแก่มันฝรั่งในอัตราต่างๆ	11
2.6.2 การจัดการปุ๋ยที่ระยะเวลาต่างๆ	12
2.7 แบบจำลองการเจริญเติบโตพืช	15
2.8 แบบจำลองมันฝรั่ง	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8.1 แบบจำลองพัฒนาการของมันฝรั่ง	16
2.8.2 แบบจำลองการเติบโตของมันฝรั่ง	17
2.8.3 การใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตมันฝรั่ง (SUBSTOR-Potato)	18
2.8.4 ความสามารถของแบบจำลองมันฝรั่งในปัจจุบัน	19
2.9 โปแทสเซียมในดิน-พืช	19
2.9.1 หน้าที่ของโปแทสเซียมในพืช	19
2.9.2 แหล่งของโปแทสเซียม	20
2.9.3 รูปของโปแทสเซียมในดิน	20
2.9.4 ความสมดุลระหว่างโปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้และโปแทสเซียมในสารละลาย ดิน (Equilibrium between adsorbed K and solution K)	21
2.9.5 การเติมเต็มโปแทสเซียม (Potassium replenishment)	21
2.9.6 การตรึงโปแทสเซียม (K fixation)	21
2.9.7 ปัจจัยที่มีผลต่อการตรึงโปแทสเซียมและการปลดปล่อย	22
2.10 พลวัตธาตุโปแทสเซียมในดิน	23
2.11 แบบจำลองพลวัตของธาตุโปแทสเซียม	24
2.11.1 การเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนย้ายระหว่างโปแทสเซียมในแหล่งต่างๆ (Transfer between the soil K pools)	25
2.11.2 การให้โปแทสเซียมแก่ดิน (Mineral K applications as fertilizer)	27
2.11.3 การสูญเสียโปแทสเซียม การชะละลาย การไหลบ่า และการไหลสู่ด้านข้าง (K losses-leaching, surface runoff, lateral subsurface flow)	27
2.11.4 การดูดใช้โปแทสเซียมโดยพืช (K uptake by crops)	29
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	32
3.1 งานทดลอง	32
3.1.1 งานทดลองที่หนึ่ง	32
3.1.2 งานทดลองที่สอง	33
3.2 การใช้ปุ๋ยเคมีและต้นทุนและการผลิต	35
3.3 งานทดสอบแบบจำลองการเจริญเติบโตของมันฝรั่ง (SUBSTOR-Potato)	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 วิธีการเก็บข้อมูล	38
3.4.1 ข้อมูลพืช	38
3.4.2 ข้อมูลดิน	38
3.4.3 ภูมิอากาศ	39
3.4.4 ข้อมูลการจัดการ	39
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	39
3.5.1 งานทดลอง	39
3.5.2 การเปรียบเทียบผลการจำลอง	40
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์	42
4.1 การระดมความเห็นจากแต่ละส่วนของม้นฝรั่ง	42
4.1.1 งานทดลองที่หนึ่ง	42
4.1.2 งานทดลองที่สอง	45
4.2 ผลการจำลองด้านพัฒนาการของม้นฝรั่ง	50
4.2.1 งานทดลองที่หนึ่ง	50
4.2.2 งานทดลองที่สอง	51
4.3 ผลการจำลองการเจริญเติบโตของม้นฝรั่ง	52
4.3.1 งานทดลองที่หนึ่ง	52
4.3.2 งานทดลองที่สอง	61
4.4 การปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม	69
4.5 ผลการปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมต่อการพัฒนาการของการเริ่มเกิดหัว ของงานทดลองที่หนึ่ง	70
4.5.1 งานทดลองที่หนึ่ง	70
4.6 ผลการปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมต่อการระดมความเห็นจากส่วนต่างๆ ของงานทดลองที่หนึ่ง	72
4.6.1 งานทดลองที่หนึ่ง	72
4.7 ผลการปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมต่อพัฒนาการของการเริ่มเกิดหัวงานทดลองที่สอง	76
4.7.1 งานทดลองที่สอง	76

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.8 ผลการปรับค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมต่อการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆของงานทดลองที่สอง	78
4.8.1 งานทดลองที่สอง	78
4.9 การเปรียบเทียบการจำลองระยะพัฒนาการของการเริ่มเกิดหัวและการสะสมน้ำหนักแห้งระหว่างงานทดลองที่หนึ่งและงานทดลองที่สอง	81
4.9.1 การจำลองโดยไม่มีปัจจัยของน้ำและธาตุอาหารจำกัด	81
4.9.2 การจำลองโดยมีปัจจัยของน้ำและธาตุอาหารจำกัด	82
4.10 ผลการจำลองพลวัตของธาตุโพแทสเซียมในดิน	83
4.10.1 การจำลองปริมาณของโพแทสเซียมในสารละลายดิน	83
4.10.2 การจำลองปริมาณของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้	84
4.10.3 การจำลองปริมาณของโพแทสเซียมที่ถูกตรึง	85
4.10.3 การจำลองปริมาณการดูดใช้ของโพแทสเซียม	86
4.10.4 การจำลองปริมาณของโพแทสเซียมทั้ง 3 รูป	86
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	88
5.1 งานทดลอง	88
5.2 แบบจำลองมันฝรั่ง	88
5.2.1 ระยะพัฒนาการของการเริ่มเกิดหัวของมันฝรั่ง	88
5.2.2 การเติบโตของมันฝรั่ง	89
5.2.3 ข้อจำกัดของแบบจำลอง	89
5.2.4 ข้อเสนอแนะแบบจำลองมันฝรั่ง	89
5.3 แบบจำลองโพแทสเซียม	90
เอกสารอ้างอิง	91
ภาคผนวก	96
ประวัติผู้เขียน	108

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 การสะสมธาตุอาหารต่างๆ ในแต่ละส่วนของมันฝรั่ง	6
2.2 อัตราธาตุไนโตรเจนที่ต้องให้ ตามผลค่าการวิเคราะห์ดินและผลผลิตมันฝรั่ง	8
2.3 อัตราธาตุไนโตรเจนที่ต้องให้ ตามผลค่าการวิเคราะห์ดินและผลผลิตมันฝรั่ง	9
2.4 อัตราธาตุไนโตรเจนที่ต้องให้ ตามผลค่าการวิเคราะห์ดิน	9
2.5 อัตราธาตุฟอสฟอรัสที่ต้องให้ ตามผลค่าการวิเคราะห์ดิน	9
2.6 อัตราธาตุโพแทสเซียมที่ต้องให้ ตามผลค่าการวิเคราะห์ดิน	9
2.7 อัตราธาตุโพแทสเซียมที่ต้องให้ ตามผลค่าการวิเคราะห์ดิน	10
3.1 คุณสมบัติทางเคมีของดินในงานทดลองที่หนึ่ง	33
3.2 คุณสมบัติทางเคมีของดินในงานทดลองที่สอง	34
3.3 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ใช้ แต่ละการจัดการของงานทดลองที่หนึ่ง	34
3.4 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ใช้ แต่ละการจัดการของงานทดลองที่สอง	35
3.5 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ใช้ และต้นทุนปุ๋ยในแต่ละการจัดการของงานทดลองที่หนึ่ง	36
3.6 เปรียบเทียบชนิดและปริมาณปุ๋ยที่ใช้ และต้นทุนปุ๋ยในแต่ละการจัดการของงานทดลองที่สอง	37
4.1 น้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ แต่ละการจัดการงานทดลองที่หนึ่ง	43
4.2 น้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ ของการเก็บตัวอย่างระยะเก็บเกี่ยวพันธุ์แอตแลนติกและระยะการสะสมน้ำหนักหัวของพันธุ์สปุนต้า	45
4.3 น้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ ของการเก็บตัวอย่างครั้งที่หนึ่ง พันธุ์สปุนต้า (วันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2546)	47
4.4 น้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ ของการเก็บตัวอย่างครั้งที่สอง พันธุ์สปุนต้า (วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2546)	49
4.5 น้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ ของการเก็บตัวอย่างครั้งที่สาม พันธุ์สปุนต้า (วันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2546)	50

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า	
4.6	เปรียบเทียบค่าสังเกตและค่าจำลองของค่าน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และดัชนีพื้นที่ใบ พันธุ์ แอตแลนติกงานทดลองที่หนึ่งจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1	59
4.7	เปรียบเทียบค่าสังเกตและค่าจำลองของค่าน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และดัชนีพื้นที่ใบ พันธุ์ แอตแลนติกงานทดลองที่หนึ่งจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2	59
4.8	เปรียบเทียบค่าสังเกตและค่าจำลองของค่าน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และดัชนีพื้นที่ใบ พันธุ์สปุนต้างานทดลองที่หนึ่งจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1	60
4.9	เปรียบเทียบค่าสังเกตและค่าจำลองของค่าน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และดัชนีพื้นที่ใบ พันธุ์สปุนต้างานทดลองที่หนึ่งจากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2	60
4.10	เปรียบเทียบค่าสังเกตและค่าจำลองค่าน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และดัชนีพื้นที่ใบงานทดลอง ที่สอง จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1	65
4.11	เปรียบเทียบค่าสังเกตและค่าจำลองของค่าน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และดัชนีพื้นที่ใบ งานทดลองที่สอง จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2	65
4.12	เปรียบเทียบค่าสังเกตและค่าจำลองของค่าน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และดัชนีพื้นที่ใบ งานทดลองที่สอง จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3	66
4.13	เปรียบเทียบการจำลองในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ของพันธุ์ต่างๆ ในระบบ การผลิตขั้นสูงสุด	67
4.14	เปรียบเทียบจำนวนวันที่เริ่มเกิดห้วงงานทดลองที่หนึ่ง ในระบบการผลิตที่ต่างกันของ พันธุ์แอตแลนติก	68
4.15	เปรียบเทียบจำนวนวันที่เริ่มเกิดห้วงงานทดลองที่หนึ่ง ในระบบการผลิตที่ต่างกันของ พันธุ์สปุนต้า	68
4.16	เปรียบเทียบจำนวนวันที่เริ่มเกิดห้วงงานทดลองที่สอง ในระบบการผลิตที่ต่างกันของ พันธุ์สปุนต้า	69
4.17	เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกและพันธุ์สปุนต้า	69
4.18	เปรียบเทียบค่าจำลองจำนวนวันที่เริ่มเกิดห้วงงานทดลองที่หนึ่ง ที่ค่าสัมประสิทธิ์ พันธุกรรม P2 และ ที่แตกต่างกันของพันธุ์แอตแลนติกในระบบการผลิตขั้นสูงสุด	70

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.19 เปรียบเทียบค่าจำลองจำนวนวันที่เริ่มเกิดห้วงงานทดลองที่หนึ่ง ที่ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม P2 และ TC ที่แตกต่างกันของพันธุ์แอตแลนติก ในระบบการผลิตพืชที่มีน้ำ และธาตุอาหารจำกัด	70
4.20 เปรียบเทียบค่าจำลองจำนวนวันที่เริ่มเกิดห้วงงานทดลองที่หนึ่ง ที่ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม P2 และ TC ที่แตกต่างกันของพันธุ์สปุนต้า ในระบบการผลิตพืชขั้นสูงสุด	71
4.21 เปรียบเทียบค่าจำลองจำนวนวันที่เริ่มเกิดห้วงงานทดลองที่หนึ่ง ที่ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม P2 และ TC ที่แตกต่างกันของพันธุ์สปุนต้า ในระบบการผลิตพืชที่มีน้ำและธาตุอาหารจำกัด	71
4.22 เปรียบเทียบค่าจำลองจำนวนวันที่เริ่มเกิดห้วงงานทดลองที่สอง ที่ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม P2 และ TC ที่แตกต่างกันของพันธุ์แอตแลนติก ในระบบการผลิตพืชขั้นสูงสุด	77
4.23 เปรียบเทียบค่าจำลองจำนวนวันที่เริ่มเกิดห้วงงานทดลองที่สอง ที่ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม P2 และ TC ที่แตกต่างกันของพันธุ์แอตแลนติก ในระบบการผลิตพืชที่มีน้ำและธาตุอาหารจำกัด	77
4.24 เปรียบเทียบค่าจำลองจำนวนวันที่เริ่มเกิดห้วงงานทดลองที่สอง ที่ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม P2 และ TC ที่แตกต่างกันของพันธุ์สปุนต้า ในระบบการผลิตพืชขั้นสูงสุด	78
4.25 เปรียบเทียบค่าจำลองจำนวนวันที่เริ่มเกิดห้วงงานทดลองที่สองที่ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรม P2 และ TC ที่แตกต่างกันของพันธุ์สปุนต้า ในระบบการผลิตพืชที่มีน้ำและธาตุอาหารจำกัด	78

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมรูปต่างๆในดิน	23
4.1 จำนวนวันจากวันหลังปลูก ถึงระยะมันฝรั่งเริ่มเกิดหัวของพันธุ์แอตแลนติก	50
4.2 จำนวนวันจากวันหลังปลูก ถึงระยะมันฝรั่งเริ่มเกิดหัวของพันธุ์สปุนต้า	51
4.3 จำนวนวันจากวันหลังปลูก ถึงระยะมันฝรั่งเริ่มเกิดหัวของพันธุ์สปุนต้า	51
4.4 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของค่าน้ำหนักแห้งต้นพันธุ์แอตแลนติกงานทดลองที่หนึ่ง	53
4.5 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของค่าน้ำหนักแห้งใบพันธุ์แอตแลนติกงานทดลองที่หนึ่ง	54
4.6 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของค่าน้ำหนักแห้งหัวพันธุ์แอตแลนติกงานทดลองที่หนึ่ง	54
4.7 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตดัชนีพื้นที่ใบพันธุ์แอตแลนติก งานทดลองที่หนึ่ง	55
4.8 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของค่าน้ำหนักแห้งต้นพันธุ์สปุนต้า งานทดลองที่หนึ่ง	57
4.9 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของค่าน้ำหนักแห้งใบพันธุ์สปุนต้า งานทดลองที่หนึ่ง	57
4.10 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของค่าน้ำหนักแห้งหัวพันธุ์สปุนต้า งานทดลองที่หนึ่ง	58
4.11 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของค่าดัชนีพื้นที่ใบพันธุ์สปุนต้า งานทดลองที่หนึ่ง	58
4.12 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของค่าน้ำหนักแห้งต้นพันธุ์สปุนต้า งานทดลองที่สอง	63
4.13 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของค่าน้ำหนักแห้งใบพันธุ์สปุนต้า งานทดลองที่สอง	63
4.14 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของค่าน้ำหนักแห้งหัวพันธุ์สปุนต้า งานทดลองที่สอง	64
4.15 เปรียบเทียบค่าจำลองและค่าสังเกตของค่าดัชนีพื้นที่ใบพันธุ์สปุนต้า งานทดลองที่สอง	64
4.16 เปรียบเทียบค่าจำลองน้ำหนักแห้งต้นพันธุ์แอตแลนติกของค่า TC ที่ต่างกัน	72
4.17 เปรียบเทียบค่าจำลองน้ำหนักแห้งใบพันธุ์แอตแลนติกของค่า TC ที่ต่างกัน	73
4.18 เปรียบเทียบค่าจำลองน้ำหนักแห้งหัวพันธุ์แอตแลนติกของค่า TC ที่ต่างกัน	73
4.19 เปรียบเทียบค่าดัชนีพื้นที่ใบพันธุ์แอตแลนติกของค่า TC ที่ต่างกัน	74
4.20 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักแห้งต้นพันธุ์สปุนต้าของค่า TC ที่ต่างกัน	75



สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.21 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักแห้งใบพันธุ์สปูนดำของค่า TC ที่ต่างกัน	75
4.22 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักแห้งหัวพันธุ์สปูนดำของค่า TC ที่ต่างกัน	76
4.23 เปรียบเทียบค่าดัชนีพื้นที่ใบพันธุ์สปูนดำของค่า TC ที่ต่างกัน	76
4.24 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักแห้งต้นพันธุ์สปูนดำของค่า TC ที่ต่างกัน	79
4.25 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักแห้งใบพันธุ์สปูนดำของค่า TC ที่ต่างกัน	79
4.26 เปรียบเทียบค่าน้ำหนักแห้งหัวพันธุ์สปูนดำของค่า TC ที่ต่างกัน	80
4.27 เปรียบเทียบค่าดัชนีพื้นที่ใบพันธุ์สปูนดำของค่า TC ที่ต่างกัน	80
4.28 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมในสารละลายดิน	84
4.29 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้	85
4.30 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมที่ถูกตรึง	85
4.31 ผลการจำลองการดูดใช้โพแทสเซียมโดยพืช	86
4.32 ผลการจำลองการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมในดินในรูปแบบต่างๆ	87

## สารบัญตารางภาคผนวก

ตาราง	หน้า
1 ข้อมูลชุดดิน ชุดสัณทราย	96
2 ข้อมูลสัมประสิทธิ์พันธุกรรมมันฝรั่ง	96
3 ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน (JDATE) ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ (SRAD) อุณหภูมิสูงสุด (TMAX) อุณหภูมิต่ำสุด (TMIN) และค่าปริมาณน้ำฝน (RAIN)	97
4 การระสมน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และค่าดัชนีพื้นที่ใบของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกงาน ทดลองที่หนึ่ง ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1	101
5 การระสมน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ ของมันฝรั่งพันธุ์แอตแลนติกงานทดลองที่หนึ่ง ในการเก็บ ตัวอย่างครั้งที่ 2	102
6 การระสมน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และค่าดัชนีพื้นที่ใบของมันฝรั่งพันธุ์สปุ่นทำงานทดลอง ที่หนึ่ง ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1	103
7 การระสมน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และค่าดัชนีพื้นที่ใบของมันฝรั่งพันธุ์สปุ่นทำงานทดลอง ที่หนึ่ง ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2	104
8 การระสมน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และค่าดัชนีพื้นที่ใบของมันฝรั่งพันธุ์สปุ่นทำงานทดลอง ที่สองในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1	105
9 การระสมน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และค่าดัชนีพื้นที่ใบของมันฝรั่งพันธุ์สปุ่นทำงานทดลอง ที่สองในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2	106
10 การระสมน้ำหนักแห้งส่วนต่างๆ และค่าดัชนีพื้นที่ใบของมันฝรั่งพันธุ์สปุ่นทำงานทดลองที่ สองในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3	107