

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตารางภาคผนวก	ฅ
สารบัญภาพภาคผนวก	ด
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
ระบบ แบบจำลองและการจำลองระบบ	3
ขั้นตอนการจำลองระบบ	6
แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช	10
การจำลองระยะพัฒนาการ	14
การจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิต	15
แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM	16
โปรแกรมสำหรับการพัฒนาแบบจำลองระบบ “STELLA”	16
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	18
บทที่ 4 โครงสร้างแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM	24
บทที่ 5 ผลการทดลอง	41
บทที่ 6 วิเคราะห์ผลการทดลอง	77
บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง	81
เอกสารอ้างอิง	83
ภาคผนวก	89
ประวัติผู้เขียน	116

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
4.1	ข้อมูลนำเข้า ที่ไม่ใช่สัมประสิทธิ์พันธุกรรม ที่ใช้ในแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว ภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง	39
4.2	ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชัยนาท1 และพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่ปรับได้	40
5.1	ค่าสังเกตจำนวนวันหลังปลูก และค่าอุณหภูมิสะสม ระยะกำเนิดช่อดอก (Panicle initiation) ตั้งท้อง (Booting) ออกรวง (Heading) น้านม (Milking) เมล็ดแข็ง (Hard dough) และระยะสุกแก่ทางสรีระ (Physiological maturity) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกแตกต่างกัน 2 วันปลูกในสภาพกระถาง	42
5.2	ค่าสังเกตจำนวนวันหลังปักดำ และค่าอุณหภูมิสะสม ระยะกำเนิดช่อดอก (Panicle initiation) ตั้งท้อง (Booting) ออกรวง (Heading) น้านม (Milking) เมล็ดแข็ง (Hard dough) และระยะสุกแก่ทางสรีระ (Physiological maturity) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกแตกต่างกัน 2 วันปลูกในสภาพแปลงทดลอง	43
5.3	ค่าสังเกตวันที่ ระยะกำเนิดช่อดอก ตั้งท้อง ออกรวง น้านม เมล็ดแข็ง และระยะสุกแก่ทางสรีระ ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกแตกต่างกัน 2 วันปลูกในสภาพกระถาง	51
5.4	ค่าสังเกตวันที่ ระยะกำเนิดช่อดอก ตั้งท้อง ออกรวง น้านม เมล็ดแข็ง และระยะสุกแก่ทางสรีระ ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกแตกต่างกัน 2 วันปลูกในสภาพแปลงทดลอง	51
5.5	เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกตจำนวนวันหลังปลูก ที่ระยะพัฒนาการต่างๆของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปลูกในกระถาง วันที่ 16 มิถุนายน	54
5.6	เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกตจำนวนวันหลังปลูก ที่ระยะพัฒนาการต่างๆของข้าวพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในกระถาง วันที่ 16 มิถุนายน	55

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
5.7	56
เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกตจำนวนวันหลังปักดำในแปลงทดลอง ที่ระยะพัฒนาการต่างๆของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1	
5.8	57
เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกตจำนวนวันหลังปักดำในแปลงทดลอง ที่ระยะพัฒนาการต่างๆของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
5.9	63
เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกตผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
5.10	65
เปรียบเทียบค่าความแตกต่างจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง และ แบบจำลอง CERES-Rice กับค่าสังเกตจำนวนวันหลังปักดำ ที่ระยะพัฒนาการต่างๆของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1	
5.11	66
เปรียบเทียบค่าความแตกต่างจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง และ แบบจำลอง CERES-Rice กับค่าสังเกตจำนวนวันหลังปักดำ ที่ระยะพัฒนาการต่างๆของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
5.12	73
ค่าความแตกต่างจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง และ แบบจำลอง CERES-Rice กับ ค่าสังเกตผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	
5.13	75
เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าจากการจำลองจากแบบจำลอง CERES-Rice และค่าสังเกตจำนวนเมล็ดต่อพื้นที่ (เมล็ด / ตารางเมตร) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปลูกแตกต่างกัน 2 วันปลูก	
5.14	76
เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าการจำลองจากแบบจำลอง CERES-Rice และค่าสังเกตน้ำหนักเมล็ด (กรัม / เมล็ด) ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปลูกแตกต่างกัน 2 วันปลูก	

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเขียน Flow Diagram ของระบบ	7
4.1 ภาพแสดงระบบการเกษตรที่ประกอบในแบบจำลองระบบ FARMSIM	24
4.2 แสดงการเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM กับแบบจำลองพัฒนาการ และข้อมูลจากงานทดลอง	25
4.3 แสดงการเชื่อมโยงของกระบวนการต่างๆในการจำลองการเจริญเติบโตและผลผลิต	26
4.4 แผนภาพแสดงการสร้างผลผลิตในแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว ภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง ที่เขียนด้วย STELLA	27
4.5 แผนภาพแสดงการสร้างน้ำหนักรากในแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว ภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง ที่เขียนด้วย STELLA	28
4.6 แผนภาพแสดงการใช้ไนโตรเจนรวม การใช้ไนโตรเจนในใบ และการใช้ในไนโตรเจนในรวง ในแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง ที่เขียนด้วย STELLA	30
4.7 แผนภาพแสดงความต้องการไนโตรเจนรวมจากส่วนต่างๆ ในแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง ที่เขียนด้วย STELLA	31
4.8 แผนภาพแสดงการลดลงจากการใช้และการเสื่อมสลายไปของไนโตรเจน และการนำเข้าปริมาณไนโตรเจน ในแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว ภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง ที่เขียนด้วย STELLA	33
4.9 แผนภาพแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงที่เขียนด้วย STELLA	33
4.10 แผนภาพแบบจำลองระยะพัฒนาการ ของข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง ที่ปลูกด้วยวิธีการหว่าน ที่เขียนด้วย STELLA	35
4.11 แผนภาพแบบจำลองระยะพัฒนาการ ของข้าวพันธุ์ไม่ไวแสง ที่ปลูกด้วยวิธีการปักดำ ที่เขียนด้วย STELLA	36
4.12 แผนภาพแบบจำลองระยะพัฒนาการ ของข้าวพันธุ์ไวแสง ที่ปลูกด้วยวิธีการหว่าน ที่เขียนด้วย STELLA	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
4.13 แผนภาพแบบจำลองระยะพัฒนาการ ของข้าวพันธุ์ไวแสง ที่ปลูกด้วยวิธีการปักดำ ที่เขียนด้วย STELLA	38
5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะพัฒนาการของใบกับค่าอุณหภูมิสะสมของข้าวพันธุ์ชยันนาท 1 ที่ปลูกในวันที่ 16 พฤษภาคม และ 16 มิถุนายน	44
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะพัฒนาการของใบกับค่าอุณหภูมิสะสมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในวันที่ 16 พฤษภาคม และ 16 มิถุนายน	44
5.3 การสะสมน้ำหนักแห้งต้น ใบ และรวง ของข้าวพันธุ์ชยันนาท 1 ที่ปักดำในวันที่ 16 มิถุนายน	46
5.4 การสะสมน้ำหนักแห้งต้น ใบ และรวง ของข้าวพันธุ์ชยันนาท 1 ที่ปักดำในวันที่ 16 กรกฎาคม	47
5.5 การสะสมน้ำหนักแห้งต้น ใบ และรวง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปักดำในวันที่ 16 มิถุนายน	48
5.6 การสะสมน้ำหนักแห้งต้น ใบ และรวง ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปักดำในวันที่ 16 กรกฎาคม	49
5.7 เปรียบเทียบจำนวนวันหลังปลูกในกระถางที่ระยะพัฒนาการต่างๆ จากแบบจำลองการเจริญเติบโต ของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกตของข้าวพันธุ์ชยันนาท 1	52
5.8 เปรียบเทียบจำนวนวันหลังปักดำในแปลงทดลองที่ระยะพัฒนาการต่างๆ จากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกต ของข้าวพันธุ์ชยันนาท 1	52
5.9 เปรียบเทียบจำนวนวันหลังปลูกในกระถางที่ระยะพัฒนาการต่างๆ จากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกต ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	53
5.10 เปรียบเทียบจำนวนวันหลังปักดำในแปลงทดลองที่ระยะพัฒนาการต่างๆ จากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกต ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105	53

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
5.11 เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวม ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่วันปักดำ 16 มิถุนายน	58
5.12 เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวม ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่วันปักดำ 16 กรกฎาคม	58
5.13 เปรียบเทียบค่าความแตกต่างจากการจำลองของแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวม ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่วันปักดำ 16 มิถุนายน และ 16 กรกฎาคม	59
5.14 เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวม ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปักดำ 16 มิถุนายน	60
5.15 เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวม ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปักดำ 16 กรกฎาคม	60
5.16 เปรียบเทียบค่าความแตกต่างจากการจำลองของแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวม ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปักดำ 16 มิถุนายน และ 16 กรกฎาคม	61
5.17 เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกต ผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่วันปลูกแตกต่างกัน 2 วันปลูก	62
5.18 เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุงและค่าสังเกต ผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปลูกแตกต่างกัน 2 วันปลูก	62
5.19 เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง และ แบบจำลอง CERES-Rice กับ ค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่วันปักดำ 16 มิถุนายน	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
5.20	68
เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง และ แบบจำลอง CERES-Rice กับ ค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่วันปักดำ 16 กรกฎาคม	
5.21	68
เปรียบเทียบค่าความแตกต่างจากการจำลองของแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง และ แบบจำลอง CERES-Rice กับ ค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่วันปักดำ 16 มิถุนายน	
5.22	69
เปรียบเทียบค่าความแตกต่างจากการจำลองของแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง และ แบบจำลอง CERES-Rice กับ ค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่วันปักดำ 16 กรกฎาคม	
5.23	70
เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง และ แบบจำลอง CERES-Rice กับ ค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปักดำ 16 มิถุนายน	
5.24	70
เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง และ แบบจำลอง CERES-Rice กับ ค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปักดำ 16 กรกฎาคม	
5.25	71
เปรียบเทียบค่าความแตกต่างจากการจำลองของแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง และ แบบจำลอง CERES-Rice กับ ค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปักดำ 16 มิถุนายน	
5.26	71
เปรียบเทียบค่าความแตกต่างจากการจำลองของแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง และ แบบจำลอง CERES-Rice กับ ค่าสังเกต น้ำหนักแห้งรวมของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปักดำ 16 กรกฎาคม	

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
5.27 เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลอง CERES-Rice และค่าสังเกตจำนวนเมล็ดต่อพื้นที่ ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปลูกแตกต่างกัน 2 วันปลูก	74
5.28 เปรียบเทียบค่าจากแบบจำลอง CERES-Rice และค่าสังเกตน้ำหนักเมล็ดของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่วันปลูกแตกต่างกัน 2 วันปลูก	76

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตารางภาคผนวก

ตาราง	หน้า
1 ความหมายของคำย่อต่างๆในแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM	95
2 รูปแบบข้อมูลการทดลองที่อยู่ในรูปไฟล์ข้อมูล Experimental File (EXP.LST) ในแบบจำลอง CERES-Rice	112
3 รูปแบบข้อมูลดินสุพรรณ (IBRI910024) ดัดแปลงจาก ไฟล์ข้อมูลดิน (Soil.SOL, DSSAT4.0)	113
4 รูปแบบข้อมูลสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมข้าวของแบบจำลอง DSSAT 4.0	114
5 ข้อมูลภูมิอากาศตลอดฤดูปลูก จากไฟล์ข้อมูลอากาศ	114

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพ		หน้า
1	แสดงการใช้งานแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง ในโปรแกรม STELLA 9.03	90
2	แสดงการใช้งานแบบจำลอง CERES-Rice ในโปรแกรม DSSAT4.0	90
3	แสดงการนำเข้าข้อมูลในแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM ที่ปรับปรุง ในโปรแกรม STELLA 9.03	92
4	แสดงการนำเข้าข้อมูลที่มีลักษณะเป็น Graphical Input Device โดยการนำเข้าจากโปรแกรม Microsoft Exel มาลงในโปรแกรม STELLA 9.03	92
5	แสดงค่าที่ได้จากการจำลองวันออกทรงของข้าว ในลักษณะ Table Pad	94
6	แสดงผลในรูปแบบ Table Pad และ Numeric display ที่ได้จากแบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ระบบ FARMSIM	94

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved