



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

แบบจำลองการระบาดของโรคไหม้และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล
Model of rice blast disease and brown planthopper outbreak

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ขลิบสุวรรณ และคณะ

เมษายน 2555

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

แบบจำลองการระบาดของโรคไหม้และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

Model of rice blast disease and brown planthopper outbreak

คณะผู้วิจัย สังกัด

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. รศ.ดร. วิโรจน์ ขลิบสุวรรณ | คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 2. รศ.ดร. ยุพา หาญบุญทรง | คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 3. ผศ.ดร.เกริก ปั่นเหน่งเพชร | คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 4. อาจารย์ อนันต์ วงเจริญ | คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 5. อาจารย์สถาพร ไพบูลย์ศักดิ์ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 6. วันทนา ศรีรัตนศักดิ์ | กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ |
| 7. วิชิต ศิริสันธนะ | กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ |

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	2
ABSTRACT	3
บทสรุปผู้บริหาร	4
ความเป็นมาและความสำคัญ	5
สมมติฐานการวิจัย และข้อจำกัดของแบบจำลอง	7
แบบจำลองโรคใหม่ของข้าว	8
ความเป็นมาและวัตถุประสงค์	9
1. การพัฒนาแบบจำลองและการหาค่าสัมประสิทธิ์โรคใหม่ของข้าว (ปีที่1)	11
1.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การตอบสนองของโรคใหม่ และการพัฒนาแบบจำลอง	12
1.2 ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้น	14
2. การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองในพื้นที่ลุ่มน้ำชี (ปีที่2)	14
ผลการดำเนินการ	14
1. การพัฒนาแบบจำลองและการหาค่าสัมประสิทธิ์โรคใหม่ของข้าว	14
1.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์โรคใหม่ของข้าว และการพัฒนาแบบจำลอง (ปีที่1)	14
1.2 ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้น	23
2. ผลการทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองในพื้นที่ลุ่มน้ำชี (ปีที่2)	27
สรุป	29
แบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	30
ความเป็นมาและวัตถุประสงค์	31
1. การพัฒนาแบบจำลองและการหาค่าสัมประสิทธิ์เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลของข้าว (ปีที่1)	35
1.1 การพัฒนาแบบจำลองของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	35
1.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	39
1.3 ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้น	40
2. การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองในพื้นที่ศึกษาภาคกลางและลุ่มน้ำชี (ปีที่2)	40
ผลการดำเนินการ	41
1. การพัฒนาแบบจำลองและการหาค่าสัมประสิทธิ์เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลของข้าว (ปีที่1)	41
1.1 การพัฒนาแบบจำลองของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	
การพัฒนาแบบจำลองของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (6 เดือนที่ 1)	41
การพัฒนาแบบจำลองของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (6 เดือนที่ 2-3)	41
การพัฒนาแบบจำลองของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (6 เดือนที่ 4)	53

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
1.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของเพลี่ยกระโดดสีน้ำตาล	60
1.3 ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้น	67
ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้น (6 เดือนที่ 1)	67
ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้น (6 เดือนที่ 2)	68
2. การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองในพื้นที่ศึกษาภาคกลางและลุ่มน้ำชี	
การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองในพื้นที่ศึกษาภาคกลางและลุ่มน้ำชี (ปีที่ 2 หรือ 6 เดือนที่ 3)	75
การจำลองประชากรของเพลี่ยกระโดดสีน้ำตาล ในพื้นที่ศึกษาภาคกลางและลุ่มน้ำชี (ปีที่ 2 หรือ 6 เดือนที่ 4)	79
สรุป	88
ข้อมูลภูมิอากาศในพื้นที่ทดสอบแบบจำลองเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับประเมินประชากรของโรคไหม้และเพลี่ยกระโดดสีน้ำตาล	89
ความเป็นมาและวัตถุประสงค์	90
การวิเคราะห์เขตสภาพอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง	90
การวิเคราะห์ความต่อเนื่องเชิงพื้นที่	94
ผลการดำเนินการ	95
ปริมาณฝนรายวัน	95
พลังงานแสงอาทิตย์รายวัน	97
อุณหภูมิอากาศรายวัน	98
ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ	100
สรุป	102
การสำรวจประชากรโรคไหม้และเพลี่ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพไร่เพื่อใช้ตรวจสอบความแม่นยำในการประเมินผลของแบบจำลอง	103
ความเป็นมาและวัตถุประสงค์	103
1. การสำรวจความรุนแรงของโรคไหม้ ในสภาพไร่	106
2. การสำรวจความรุนแรงการระบาดของเพลี่ยกระโดดสีน้ำตาล ในสภาพไร่	108
3. การจัดการแปลงนา	108

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ผลการดำเนินการ	108
1. การสำรวจความรุนแรงของโรคไหม้	108
ผลการสำรวจโรคไหม้ในนาปี 2553 (6 เดือนที่ 1)	108
ผลการสำรวจโรคไหม้ในนาปี 2554 (6 เดือนที่ 2)	110
ผลการสำรวจโรคไหม้ในฤดูนาปี 2554 (6 เดือนที่ 3)	114
ผลการสำรวจโรคไหม้ในฤดูนาปี 2555 (6 เดือนที่ 4)	115
2. การสำรวจความรุนแรงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	116
ผลการสำรวจการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล นาปี 2553 (6 เดือนที่ 1)	116
ผลการสำรวจการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนาปี 2554 (6 เดือนที่ 2)	118
ผลการสำรวจของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในฤดูนาปี 2554 (6 เดือนที่ 3)	122
ผลการสำรวจการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในฤดูนาปี 2555 (6 เดือนที่ 4)	123
3. การจัดการแปลงนา	126
การสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดิน	136
ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน	136
สรุป	139
บทสังเคราะห์งานวิจัย โครงการแบบจำลองการระบาดของโรคไหม้และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	139
การใช้ประโยชน์จากงานวิจัย	140
ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเชิงเทคนิค	142
เอกสารอ้างอิง	143
ภาคผนวก	146

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1	10
อาการโรคไหม้ของข้าว (rice blast disease) ที่เกิดจากเชื้อ <i>Pyricularia grisea</i> ; อาการที่ใบ (A), อาการที่ลำต้น (B), อาการที่คอรวง (C), อาการที่ข้อของเมล็ด (D)	
ภาพที่ 2	11
ระดับคะแนนความรุนแรงของแผลโรคไหม้บนใบข้าว	
ภาพที่ 3	15
ค่า Cumulative blast unit severity (CBUS) ในฤดูปลูกข้าวนาปี กรกฎาคม ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 (บน) และในฤดูปลูกข้าวนาปรัง ธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2554 (ล่าง)	
ภาพที่ 4	16
ค่า Cumulative blast unit severity (CBUS) ในฤดูปลูกข้าวนาปี มิถุนายน ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2554 (บน) และในฤดูปลูกข้าวนาปรัง พฤศจิกายน พ.ศ. 2554 ถึง เมษายน พ.ศ. 2555 (ล่าง)	
ภาพที่ 5	19
การเจริญเติบโตของเชื้อ <i>Pyricularia grisea</i> บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt extract agar อายุ 14 วัน ที่อุณหภูมิต่างๆ	
ภาพที่ 6	25
ความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลอง (predicted) และจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร (observed) อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ฤดูนาปี 2553	
ภาพที่ 7	25
ความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลอง (predicted) และจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร (observed) อ.เมือง จ.ขอนแก่น ฤดูนาปรัง 2553/2554	
ภาพที่ 8	26
ความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลอง (predicted) และจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร (observed) อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ฤดูนาปรัง 2553/2554	
ภาพที่ 9	26
ความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลอง (predicted) และจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร (observed) อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ฤดูนาปี 2554	
ภาพที่ 10	27
ความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลอง (predicted) และจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร (observed) อ.เมือง จ.ขอนแก่น ฤดูนาปี 2554	
ภาพที่ 11	31
วงจรชีวิตของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ก. ระยะไข่ เป็นกลุ่ม ประมาณ 4-10 ฟอง ข. ตัวอ่อนระยะที่ 5 ค. ตัวเต็มวัยชนิดปีกสั้น (Brachypterastage) ง. ตัวเต็มวัยชนิดปีกยาว (Macroptera)	
ภาพที่ 12	40
การทดสอบอุณหภูมิ (ก) หลอดจับคู่ตัวเต็มวัย (ข) ตัวเต็มวัยเพศเมีย (ค) ไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ง) เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลวัย 1-5	

สารบัญภาพ(ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 13	ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง	67
ภาพที่ 14	ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง	68
ภาพที่ 15	ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง	69
ภาพที่ 16	แสดงความสัมพันธ์และสมการเชิงเส้นของข้อมูลการกระจายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล: จากแบบจำลองและจากการสำรวจ	75
ภาพที่ 17	แสดงโครงสร้างของข้อมูลนำเข้าและผลการจำลองสถานการณ์	75
ภาพที่ 18	ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง	76
ภาพที่ 19	ข้อมูลการกระจายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แสดงความสัมพันธ์และสมการเชิงเส้นที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจ	78
ภาพที่ 20	แสดงโครงสร้างของข้อมูลนำเข้าและผลการจำลองสถานการณ์	79
ภาพที่ 21	การทำนายโดยแบบจำลองของการเจริญของระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในภาคเหนือของประเทศไทย	80
ภาพที่ 22	ข้อมูลการกระจายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แสดงความสัมพันธ์และสมการเชิงเส้นที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจ	82
ภาพที่ 23	เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ใน ภาคเหนือของประเทศไทย	84
ภาพที่ 24	ข้อมูลการกระจายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แสดงความสัมพันธ์และสมการเชิงเส้นที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจ	87
ภาพที่ 25	แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ รายจังหวัด กรมอุตุนิยมวิทยา ทั้ง 27 สถานีแห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ได้นำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์	92
ภาพที่ 26	แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ รายจังหวัด กรมอุตุนิยมวิทยา ทั้ง 11 สถานีแห่งในภาคกลางที่ได้นำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์	93

สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 27 Correlogram และ scaled variogram ของปริมาณฝนรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 27 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	96
ภาพที่ 28 Correlogram และ scaled variogram ของปริมาณฝนรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 11 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคกลาง	97
ภาพที่ 29 Correlogram และ scaled variogram ของพลังแสงอาทิตย์รายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 27 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	98
ภาพที่ 30 Correlogram และ scaled variogram ของอุณหภูมิรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 27 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	99
ภาพที่ 31 Correlogram และ variogram ของอุณหภูมิรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 11 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคกลาง	100
ภาพที่ 32 Correlogram และ scaled variogram ของความชื้นอากาศรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 27 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	101
ภาพที่ 33 Correlogram และ scaled variogram ของความชื้นอากาศรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 11 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคกลาง	102
ภาพที่ 34 พื้นที่ทำการสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้ ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	105
ภาพที่ 35 พื้นที่การสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลภาคภาคกลาง	105
ภาพที่ 36 อาการของโรคไหม้	106
ภาพที่ 37 ก. การปักไม้ในพื้นที่สำรวจโรคไหม้ข. ลักษณะอาการของโรคไหม้ ค. ภาพเปรียบเทียบขนาดแผลโรคไหม้	107
ภาพที่ 38 ภาพเปรียบเทียบขนาดแผลโรคไหม้	107
ภาพที่ 39 วิธีการสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	108

สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 40 ผลการสำรวจความรุนแรงของการระบาดของโรคไหม้ในปี 2553	109
ภาพที่ 41 ผลการสำรวจโรคไหม้ ในเขตจังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่มกราคม – พฤษภาคม 2554	110
ภาพที่ 42 ผลการสำรวจโรคไหม้ ในเขตจังหวัดมหาสารคาม ตั้งแต่มกราคม – พฤษภาคม 2554	111
ภาพที่ 43 ผลการสำรวจโรคไหม้ ในเขตจังหวัดกาฬสินธุ์ ตั้งแต่มกราคม – พฤษภาคม 2554	112
ภาพที่ 44 ผลการสำรวจโรคไหม้ในเขตจังหวัดมหาสารคาม ตั้งแต่เดือนสิงหาคม– ตุลาคม 2554	114
ภาพที่ 45 ผลการสำรวจโรคไหม้ในเขตจังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2554 – มีนาคม 2555	115
ภาพที่ 46 ผลการสำรวจจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลแปลงที่ 1 ทั้ง 7 พื้นที่	117
ภาพที่ 47 ผลการสำรวจจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลแปลงที่ 2 ใน 4 พื้นที่	118
ภาพที่ 48 ผลการสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในเขตจังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่มกราคม – พฤษภาคม 2554	119
ภาพที่ 49 ผลการสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในเขตจังหวัดมหาสารคาม ตั้งแต่มกราคม – พฤษภาคม 2554	120
ภาพที่ 50 ผลการสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในเขตจังหวัดกาฬสินธุ์ ตั้งแต่มกราคม – พฤษภาคม 2554	121
ภาพที่ 51 แสดงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยในนาข้าว (นาปี)	122
ภาพที่ 52 แสดงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัดขอนแก่น (นาปรัง 2555)	123
ภาพที่ 53 แสดงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัดมหาสารคาม (นาปรัง 2555)	124
ภาพที่ 54 แสดงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัด พระนครศรีอยุธยา (นาปรัง 2554)	124
ภาพที่ 55 แสดงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัดชัยนาท	125

สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 56 แสดงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัด ฉะเชิงเทราและจังหวัด นครนายก	125
ภาพที่ 57 แผนที่ดัดแปลงทดลอง	126
ภาพที่ 58 แปลงศึกษา (ก) อ.เมือง จ.ขอนแก่น (ข) อ.น้ำพอง จ. ขอนแก่น (ค) อ.เมือง จ. มหาสารคาม (ง.)อ.เขียงยืน จ.มหาสารคาม (จ) อ. โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม (ฉ) อ.กมลาไสย จ.กาฬสินธุ์ (ช) อ. หนองชัยพัฒนา จ. กาฬสินธุ์	127

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 1	เงื่อนไขของลำดับ (algorithm) การคำนวณค่า BUS (Blast Units of Severity)	12
ตาราง 2	แบบจำลองการพยากรณ์โรคไหม้ของข้าวและค่าทางสถิติ	17
ตาราง 3	การเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Pyricularia grisea</i> อายุ 14 วัน ที่อุณหภูมิต่างๆ	18
ตาราง 4	เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ (r) ของค่าดัชนีความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร	24
ตาราง 5	เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ (r) ของค่าดัชนีความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร ในพื้นที่ จ.กาฬสินธุ์ จ.มหาสารคาม และ จ.ขอนแก่น ในปี 2553/2554	28
ตาราง 6	ตัวแปรสถานะ (State variables) ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่ใช้ในแบบจำลองพลวัต	38
ตาราง 7	ตัวแปรอัตรา (Rate variables) ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่ใช้ในแบบจำลองพลวัต	39
ตาราง 8	ตัวแปรสถานะ (State variables) ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่ใช้ในแบบจำลองพลวัต	54
ตาราง 9	ตัวแปรอัตรา (Rate variables) ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่ใช้ในแบบจำลองพลวัต	54
ตาราง 10	ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาการของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ TN1	61
ตาราง 11	ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาการของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ กข 6	62
ตาราง 12	ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาการของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ กข 15	63
ตาราง 13	ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาการของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ ชัยนาท 1	64
ตาราง 14	ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาการของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 1	65
ตาราง 15	แสดงค่า Degree-Days ของแต่ละระยะการเจริญของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบนข้าวพันธุ์ต่างๆ	66
ตาราง 16	ค่าการทำนาย predicted (P) และค่าการสำรวจ observed (O) ของประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	67
ตาราง 17	เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ในลุ่มน้ำชีตอนที่ 4 จำนวน 11 แห่ง	74
ตาราง 18	เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ในลุ่มน้ำชีตอนที่ 4 จำนวน 4 แห่ง	77

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 19	เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ในลุ่มน้ำชีตอน ที่ 4 จำนวน 4 แห่ง	82
ตาราง 20	เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ในลุ่มน้ำชีตอน ที่ 4 จำนวน 4 แห่ง	87
ตาราง 21	รายชื่อสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา, รหัสสถานี, รหัสของ WMO, จังหวัด, และตำแหน่งที่ตั้ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ได้นำข้อมูล มาใช้ในการวิเคราะห์	91
ตาราง 22	รายชื่อสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา รหัสสถานี, รหัสของ WMO, จังหวัด, และตำแหน่งที่ตั้ง ในภาคกลาง ที่ได้นำข้อมูลมาใช้ในการ วิเคราะห์	92
ตาราง 23	ตารางการจัดการแปลงนาช่วงนาปี ปี 2553 ของเกษตรกรในพื้นที่ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	129
ตาราง 24	ตารางการจัดการแปลงนาช่วงนาปรัง ปี 2554 ของเกษตรกรในพื้นที่ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ	132
ตาราง 25	ตารางการจัดการแปลงนาของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาภาคกลาง นาปรัง 2554	135
ตาราง 26	ตารางผลการวิเคราะห์คุณภาพดิน	138

แบบจำลองการระบาดของโรคไหม้และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

Model of rice blast disease and brown planthopper outbreak

วิโรจน์ ขลิบสุวรรณ¹ ยุพา หาญบุญทรง¹ อนันต์ วงเจริญ¹ เกริก ปั่นเหง่งเพชร¹

สถาพร ไพบูลย์ศักดิ์² วันทนา ศรีรัตนศักดิ์³ และ วิชิต ศิริสันธนะ³

Wirote Khibsuwan¹ Yupa Hanboonsong¹ Anan Wongcharoen¹ Krirk Pannangpetch

¹ Sathaporn Paiboonsak² Wantana Sriratanasak³ and Wichit Sirisantana³

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹ Department of plant science and agriculture resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

² ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

² Department of Computer Science. Faculty of Science, Khon Kaen University Khon Kaen 40002

³ กลุ่มวิชาการ สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

³ Bureau of Rice Research and Development, Rice Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives Bangkok 10900

บทคัดย่อ

การจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากข้อมูลวงจรชีวิตของแมลงและข้อมูลภูมิอากาศ การจำลองใช้วิธีการคำนวณสถานะและอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร และความต้องการความร้อนสะสมในแต่ละระยะการพัฒนากของแมลงเป็นตัวแปรขับเคลื่อน ผลจากการจำลองจะทราบระยะการพัฒนากและจำนวนของแมลง การทดสอบแบบจำลองโดยเปรียบเทียบข้อมูลจากการพยากรณ์กับข้อมูลสำรวจ พบว่าผลการจำลองที่มีความเชื่อมั่นได้พอสมควร (R^2 เท่ากับ 0.71-0.75) การจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจะช่วยเกษตรกรในขบวนการตัดสินใจในการจัดการเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพยากรณ์ด้วยข้อมูลภูมิอากาศล่วงหน้าจะสามารถนำไปคาดการณ์ผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในอนาคตได้

การพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์โรคไหม้ของข้าว (rice blast disease) ที่เกิดจากเชื้อ *Pyricularia grisea* โดยใช้แบบจำลองประเภท empirical regression model ด้วยการอาศัยข้อมูลความรุนแรงของโรคไหม้และสภาพอากาศที่ตรวจวัดโดยตรงในแปลงข้าวของเกษตรกรตัวแปรอิสระที่สำคัญในการนำมาเป็นข้อมูลนำเข้าได้แก่ ค่า Cumulative blast unit of severity (CBUS) ซึ่งเป็นค่าการสะสมของดัชนีสภาพอากาศของ micro climate ที่เหมาะสมต่อการระบาดของโรค จากการศึกษาพบว่าค่า CBUS ของแต่ละพื้นที่ทดลองมีความแตกต่างกันถึงแม้ว่าจะอยู่ในพื้นที่จังหวัดเดียวกันแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.62

คำหลัก: เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล, แบบจำลอง, โรคไหม้

ABSTRACT

The population dynamics of the brown plant hopper, (BPH), was simulated based on insect life cycle and weather data. The computer model followed the state variable approach by using thermal requirements of each insect stage as the driving variables. Subsequently, stages and numbers of insect were predicted. Simulated nymphs and adults of BPH were compared with survey data from the field. The model has reasonable predictive value ($R^2 = 0.71-0.75$). In time forecasting of the BPH population may help farmers in their decision making process. Simulation using future weather patterns and the influence of global warming on population dynamics of BPH can be predicted.

Development of a model predicting blast disease of rice (rice blast disease) caused by *Pyricularia grisea* using the model of empirical regression by relying directly on the severity of the disease, and weather measurements. The independent variables in the input data, including the cumulative blast unit of severity (CBUS), which is the compilation of an index suitable micro climate weather outbreak. The study found that the area of each experiment CBUS is different even in the same province. The model has been developed to determine the coefficients, R^2 was 0.62.

Keywords: brown plant hopper (BPH), model, rice blast

บทสรุปผู้บริหาร

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการเพาะปลูก มากที่สุดในประเทศไทย โดยในแต่ละปีมีเนื้อเพาะปลูกข้าว ประมาณ 56-58 ล้านไร่ และได้ผลผลิตประมาณ 31-32 ล้านตันข้าวเปลือก ซึ่งคิดเป็นมูลค่าประมาณ 200,000 ล้านบาท นอกจากนี้การส่งออกข้าวของประเทศไทยยังมีส่วนแบ่งการตลาดโลกประมาณ 30% ซึ่งคิดเป็นมูลค่ามากกว่า 100,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งเพาะปลูกข้าวมากที่สุดในประเทศ แต่มีปริมาณผลผลิตต่อไร่น้อยที่สุดในประเทศ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2552) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีข้อจำกัดมากกว่าภูมิภาคอื่น ๆ นอกจากนี้ข้าวหอมมะลิเป็นพันธุ์ข้าวหลักที่นำรายได้เข้าสู่ประเทศ และส่วนใหญ่ทำการเพาะปลูกมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การแพร่ระบาดของโรคและแมลงศัตรูเป็นอุปสรรคสำคัญอย่างหนึ่งในการเพาะปลูกข้าว โดยทำความเสียหายทางเศรษฐกิจคิดเป็นมูลค่ามากกว่า 11,000 ล้านบาท กรมการข้าว ได้มีการจัดตั้งศูนย์เตือนภัยเพื่อติดตามสถานการณ์การระบาดของโรคและแมลงศัตรูข้าวอย่างต่อเนื่อง การประเมินการระบาดของศัตรูข้าวในปัจจุบันจำเป็นต้องออกสำรวจพื้นที่บ่อยครั้งซึ่งต้องใช้งบประมาณจำนวนมาก และถ้าการสำรวจมีความล่าช้าเพียงสัปดาห์เดียว การระบาดของศัตรูข้าวอาจเกิดขึ้นอย่างรุนแรงจนถึงขั้นไม่สามารถป้องกันกำจัดได้

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่อย่างรุนแรง (extreme weather) ส่งผลให้การแพร่พันธุ์ของเชื้อสาเหตุโรคและแมลงศัตรูข้าวทวีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการประเมินการระบาดของโรคและแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ โดยการใช้แบบจำลองเพื่อคาดการณ์การระบาดของโรคและแมลงศัตรูข้าวภายใต้สภาพการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลกในอนาคต ซึ่งมีประโยชน์ในการเตรียมรับมือเพื่อจัดการโรคและแมลงศัตรูข้าว

จากผลการวิจัยพบว่าสามารถใช้ state variable approach ทำงานผ่าน software การพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศ (ได้แก่ ความชื้นแสง อุณหภูมิ (ต่ำ) อุณหภูมิ (สูง) ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และ ปริมาณน้ำฝน) และจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลปีกยาวที่พบในช่วงเดือนแรมของการปลูกข้าว จากข้อมูลดังกล่าว สามารถกำหนดการพยากรณ์ได้ว่าจะพยากรณ์ ข้าวพันธุ์ต้านทาน หรือพันธุ์อ่อนแอ ผลการพยากรณ์จะได้เป็น จำนวนไข่ ตัวอ่อน ตัวเต็มวัยของเพลี้ยในพื้นที่ที่เวลาต่างๆ

โปรแกรมสามารถใส่ข้อมูล survey เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลพยากรณ์ได้ โดยแสดงในรูปกราฟและไฟล์ xml

แบบจำลองโรคไหม้ที่พัฒนาขึ้นได้อาศัยปัจจัยสภาพแวดล้อมได้แก่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างสูงต่อการเกิดโรคไหม้ของข้าว แบบจำลองนี้ได้พัฒนาต่อยอดจากแบบจำลองของ วิจิตและคณะ (2547) ซึ่งสามารถคำนวณ อดัชนีความรุนแรงของโรคและระยะเวลาที่จะเกิดโรคได้ จากแบบจำลองโรคไหม้ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำมาใช้เป็นเป็นส่วนหนึ่งของการเตรียมแผนการป้องกันโรคไหม้ได้ก่อนการระบาดของโรคจะมีความรุนแรงจนถึงขั้นทำความเสียหายทางเศรษฐกิจได้

ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

จากพระราชดำรัสของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวเมื่อครั้งเสด็จพระราชดำเนินทอดพระเนตรในโครงการโคกภูแล จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2536 ความตอนหนึ่งว่า “ข้าวต้องปลูก เพราะอีก 20 ปี ประชากรอาจจะ 80 ล้านคน ข้าวจะไม่พอ เราจะต้องซื้อข้าวจากต่างประเทศ เรื่องอะไร ประชากรคนไทยไม่ยอม คนไทยต้องมีข้าว แม้ข้าวที่ปลูกในเมืองไทย จะสู้ข้าวที่ปลูกในต่างประเทศไม่ได้ เราต้องปลูก.....” นับแต่นั้นมาจนถึงปัจจุบัน ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยเป็นสินค้าส่งออกอันดับ 1-3 ของสินค้าเกษตร และนำรายได้เข้าประเทศปีละประมาณ 100,000 ล้านบาท การระบาดของโรคและแมลงศัตรูข้าวเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการผลิตข้าว โรคและแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญได้แก่ โรคไหม้ และโรคขอบใบแห้งซึ่งเชื้อสาเหตุโรคสามารถเข้าทำลายข้าวได้ทุกช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าว หนอนห่อใบข้าวในช่วงข้าวแตกกอและเพลี้ยกระโดดข้าวในช่วงข้าวตั้งท้อง ออกรวงจนถึง เก็บเกี่ยว การระบาดของโรคและแมลงศัตรูข้าวเหล่านี้ส่งผลต่อความเสียหายทางเศรษฐกิจคิดเป็นมูลค่ามหาศาล ตัวอย่างได้แก่ การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถทำความเสียหายได้ถึง 1.1 ล้านตันข้าวเปลือก คิดเป็นมูลค่ากว่า 11,000 ล้านบาท (แหล่งที่มา: มาตรการป้องกันและกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล มติ ค.ร.ม. วันที่ 15 ธันวาคม 2552)

กรมการข้าวได้สร้างเครือข่ายศูนย์ข้าวชุมชนโดยชาวนาชั้นนำ เกษตรตำบล และนักวิชาการ ส่งเสริมการเกษตร ให้เป็นหน่วยปฏิบัติการเคลื่อนที่เร็ว จัดทำแปลงสำรวจ เฝ้าระวังศัตรูข้าว เพื่อสำรวจ เฝ้าระวัง ติดตามสถานการณ์อย่างใกล้ชิด และรายงานประกาศเตือนภัยธรรมชาติและการระบาดของศัตรูข้าว พร้อมให้คำแนะนำ ส่งเสริมองค์ความรู้ให้ชาวนาทั่วไปให้มีความรู้และสามารถนำไปปฏิบัติ เพื่อป้องกันการเกิดภัยธรรมชาติและการระบาดของศัตรูข้าวได้อย่างทั่วถึงและครอบคลุมทุกพื้นที่ แต่จุดอ่อนคือ ต้องทำการสำรวจบ่อยครั้งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง ถ้าทิ้งระยะห่างของการสำรวจออกไปเพียงสัปดาห์เดียวอาจเกิดการระบาด ซึ่งไม่สามารถแก้ไขป้องกันได้ทันการ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลก ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่อย่างรุนแรง (extreme weather) ทำให้การระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืชมีความรุนแรงมากขึ้น ตัวอย่างที่เกิดขึ้นในประเทศไทยได้แก่ ภาวะภัยแล้งที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2534 โดยเกิดปรากฏการณ์ฝนทิ้งช่วง อากาศร้อนและแห้งแล้ง ตามด้วยความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงติดต่อกันยาวนานในภาคเหนือ ส่งผลให้เกิดการระบาดของโรคไหม้ของต้นข้าวระยะคอรวง (neck blast) ในข้าวพันธุ์ กข 6 อย่างรุนแรง (แหล่งที่มา: ผลกระทบจากการเกิดภาวะโลกร้อน)

การระบาดของโรคไหม้และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลขึ้นกับสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นและอุณหภูมิ พืชอาหาร และศัตรูธรรมชาติ นอกจากนี้อัตราการระบาดยังขึ้นอยู่กับจำนวนของประชากรและระยะการพัฒนารูปของโรคและแมลง ณ เวลานั้นๆ ด้วย (Suzuki, 1975) แต่แบบจำลองประเมินการระบาดที่มีอยู่ในปัจจุบันไม่ได้รวมปัจจัยเหล่านี้ไว้อย่างครบถ้วน และส่วนใหญ่เป็นแบบจำลองแบบ empirical ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์และหาทางเลือกในการควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การพัฒนาโมเดลของโรคและแมลงเริ่มจากการใช้ exponential และ logistic functions ซึ่งเป็นโมเดลที่ไม่ซับซ้อน แต่มีข้อจำกัดคือไม่ได้คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและพืชอาหาร นอกจากนี้แบบจำลองดังกล่าวยังไม่ได้แบ่งระยะการพัฒนารูปแบบของโรคและแมลงออกเป็นระยะต่างๆ ทำให้ไม่สามารถระบุศักยภาพของโรคและแมลงที่จะก่อให้เกิดความเสียหายได้ชัดเจน

Cavelro Jr. et al. (1996), Luo et al. (1997) และ Kaundal et al. (2006) ได้พัฒนาแบบจำลองโรคไหม้ของข้าว โดยประเมินความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงของโรคต่อสภาพภูมิอากาศ แต่ขาดผลของสภาพแวดล้อมต่อระยะพัฒนาการต่างๆ ของวงจรโรค ทำให้การประเมินผลอาจมีความคลาดเคลื่อน จากข้อจำกัดดังกล่าว Kim et al. (1987) ได้พัฒนาแบบจำลองโรคไหม้ที่ครอบคลุมถึงผลของสภาพภูมิอากาศต่อระยะต่างๆ ของวงจรโรค ประกอบด้วย ศักยภาพของเชื้อเริ่มต้น (inoculum potential) การสร้างสปอร์ (sporulation) การปลดปล่อยสปอร์ (spore liberation) การแพร่กระจายของสปอร์ (spore dispersion) การสะสมของสปอร์บนใบพืช (spore deposition) การเจริญของแผล (lesion growth) และความรุนแรงของโรค (disease severity) แต่อย่างไรก็ตามความรุนแรงของโรคยังขึ้นอยู่กับความต้านทานของสายพันธุ์ข้าวอีกด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาแบบจำลองให้มีความสอดคล้องกับสายพันธุ์ข้าวได้แก่ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ พันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่เพาะปลูกมากในประเทศไทย และแบบจำลองดังกล่าวยังไม่ได้ประเมินความต้านทานของสายพันธุ์ข้าวเหล่านี้

Leslie (1945) ได้ปรับปรุงแบบจำลองให้สามารถบอกระยะการพัฒนารูปแบบและจำนวนของแมลงได้ ซึ่งสามารถคำนวณประชากรที่ overlap ได้ แต่ก็มีข้อจำกัดคือ ระยะเวลาของแต่ละ stage ของการพัฒนารูปแบบของแมลงมีระยะเวลาที่เท่ากัน ซึ่งไม่เกิดขึ้นภายใต้สภาพธรรมชาติ นอกจากนี้ยังไม่ได้คำนึงถึงผลของสภาพแวดล้อมหรือการจัดการเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ปัญหาดังกล่าวได้รับการแก้ไขในการพัฒนาโมเดลที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า Phenology model เช่น Phenology of Gypsy Moth Flight (Sharov, 1997) ซึ่งได้คำนึงถึงผลของอุณหภูมิ แต่ก็ยังไม่แบ่งการพัฒนารูปแบบของแมลงออกเป็นระยะต่างๆ ทำให้ไม่ทราบระยะเวลาที่วิกฤตในการป้องกันและกำจัด เช่นเดียวกันโมเดลประเภท Correlation (Sharov, 1997) เช่น Time series, Spatial series และ Mixed series ซึ่งเป็น empirical model แม้สามารถประเมินจำนวนของแมลงจากข้อมูล สภาพแวดล้อม แต่ก็ยังไม่ระบุระยะการพัฒนารูปแบบของแมลง ส่วนโมเดลประเภท Parasitism and Biological Control เช่น โมเดลของ Rogers (1972) แม้ได้คำนึงถึงผลของศัตรูธรรมชาติ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดคือไม่ระบุระยะการพัฒนารูปแบบของแมลงและไม่รวมผลจากสภาพแวดล้อม

แบบจำลองเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลที่พัฒนาโดย Heong, 1982 เป็นแบบจำลองแบบ heuristic lines ซึ่งเป็นการจำลองความหนาแน่นของประชากรแมลง แต่ไม่ได้แบ่งระยะการพัฒนารูปแบบของแมลง นอกจากนี้ก็มีแบบจำลองเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาลของ Khor and Chua (1986) ซึ่งใช้หลักการของ delay differential equations (von Foerster equation, 1959) เพื่อประเมินจำนวนประชากรในแต่ละ stage แต่ก็ยังไม่รวมผลของสภาพแวดล้อมต่อการพัฒนารูปแบบของเพื่อยกกระโดดสีน้ำตาล Goudriaan and

Roermund (1989) ได้เพิ่ม function บัญชีทางสภาพแวดล้อมเข้าไปเพื่อประเมินอัตราการพัฒนาการของประชากรแมลง

ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้แบบจำลองของ Goudriaan and Roermund (1989) เป็นพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และแบบจำลองของ Kim et al. (1987) เป็นพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองการระบาดของโรคไหม้

การศึกษานี้เลือกพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำ ชีส่วนที่ 4 (บริเวณเชื่อมต่อระหว่างจังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม) ซึ่งมีการระบาดของโรคไหม้และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลรุนแรง ในทั้ง 2 ระบบนิเวศน์ของการผลิตข้าวคือ ระบบนาข้าว และระบบนาชลประทาน และเมื่อนำไปเชื่อมโยงกับแบบจำลองพืช (crop model) จะสามารถประเมินผลกระทบต่อการผลิตข้าวและวิเคราะห์หาแนวทางการปรับตัวของระบบการผลิตข้าวได้ดีขึ้น

สมมติฐานการวิจัย และข้อจำกัดของแบบจำลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยและข้อจำกัดของแบบจำลองไว้ดังนี้ การระบาดของของโรคและแมลงขึ้นกับสภาพอากาศเท่านั้น โดยที่สภาวะของพืช พันธุ์พืช หรือ ศัตรูธรรมชาติ เช่น มวนตัวห้ำไข่ม้วน ยังไม่มีผลต่อการระบาด

แบบจำลองโรคไหม้ของข้าว (Rice blast models)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์โรคไหม้ของข้าว (rice blast disease) ที่เกิดจากเชื้อ *Pyricularia grisea* โดยใช้แบบจำลองประเภท empirical regression model ด้วยการอาศัยข้อมูลความรุนแรงของโรคไหม้และสภาพอากาศที่ตรวจวัดโดยตรงในแปลงข้าวของเกษตรกร ตัวแปรอิสระที่สำคัญในการนำมาเป็นข้อมูลนำเข้าได้แก่ ค่า Cumulative blast unit of severity (CBUS) ซึ่งเป็นค่าการสะสมของดัชนีสภาพอากาศของ micro climate ที่เหมาะสมต่อการระบาดของโรค จากการศึกษาพบว่าค่า CBUS ของแต่ละพื้นที่ทดลองมีความแตกต่างกันถึงแม้ว่าจะอยู่ในพื้นที่จังหวัดเดียวกัน แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.62 จากการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความรุนแรงของโรคที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจในแปลงนาพบว่า ในฤดูปลูก 2553/2554 มีค่าสหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) เท่ากับ 0.45 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนในฤดูปลูก 2554/2555 มีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.42 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ตลอดการสำรวจ (2553-2555) มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.45 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$)

การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Pyricularia grisea* สาเหตุโรคไหม้ของข้าว (rice blast) จากการเลี้ยงเชื้อ *P. grisea* บนอาหารแข็ง Malt extract agar ที่อุณหภูมิ 10, 15, 20, 25, 28, 30, 35 และ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน พบว่าเชื้อราสาเหตุโรคเจริญได้เพียงเล็กน้อยที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเฉลี่ย 10.8 มิลลิเมตร และเชื้อไม่มีการเจริญตั้งแต่ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสขึ้นไป อุณหภูมิที่เชื้อเจริญเติบโตดีที่สุดได้แก่ 30, 28, 25, 20 และ 15 องศาเซลเซียส โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเฉลี่ย 86.3, 85.3, 81.4, 43.6 และ 29.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังนั้นเชื้อ *P. grisea* สามารถเจริญเติบโตได้ที่ช่วงอุณหภูมิ 15 – 30 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เชื้อเจริญเติบโตดีที่สุดอยู่ในช่วง 25 – 30 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: *Pyricularia oryzae*, *Pyricularia grisea*, แบบจำลอง โรคไหม้ ระบาดวิทยา

Keywords: *Pyricularia oryzae*, *Pyricularia grisea*, model simulation, rice blast, epidemiology

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์

โรคไหม้ของข้าว (Rice blast) เกิดจากเชื้อรา *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc. (Teleomorph: *Magnaporthe grisea* (T. T. Hebert) เป็นโรคที่สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจในพื้นที่เพาะปลูกข้าวทั่วโลก เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเข้าทำลายพืชโรคไหม้สามารถสร้างความเสียหายให้แก่ผลผลิตข้าวได้มากกว่า 50% เชื้อสาเหตุโรคสามารถเข้าทำลายพืชได้เกือบทุกส่วนเช่น ใบ กาบใบ ลำต้น คอรวง และเมล็ด นอกจากนี้เชื้อ ยังเข้าทำลายพืชได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนกระทั่งถึงระยะออกรวงและติดเมล็ด หากโรคเกิดรุนแรงในระยะต้นกล้าส่งผลให้ต้นกล้าพุ่มแห้งตาย ส่วนในระยะออกรวงทำให้คอรวงเน่าและหักพับ ในระยะที่ต้นข้าวสร้างเมล็ดทำให้เมล็ดข้าวลีบไม่ได้คุณภาพ (ภาพที่ 1)

เชื้อ *P. grisea* สามารถอยู่รอดข้ามฤดูในเศษซากของต้นข้าวหรือเมล็ดข้าวที่เป็นโรคซึ่งเป็นแหล่งเชื้อเริ่มต้น (primary inoculum) ในฤดูกาลปลูกถัดไป วงจรของโรคไหม้ของข้าว (disease cycle) สามารถเกิดได้หลายครั้งในหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูกซึ่งจัดเป็น polycyclic disease โดยเชื้อ *P. grisea* เมื่อเข้าทำลายพืชจะสร้างส่วนขยายพันธุ์หรือสปอร์ที่เรียกว่า conidia บนเนื้อเยื่อแผล สภาพแวดล้อมได้แก่ อุณหภูมิและความชื้น เป็นปัจจัยสำคัญต่อการขยายตัวของเนื้อเยื่อแผลและปริมาณการสร้างสปอร์ และการเข้าทำลายพืช (infection) หากสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการแพร่ระบาด สปอร์ของเชื้อราจากเนื้อเยื่อแผลจะแพร่ระบาดไปยังข้าวต้นอื่นหรือแปลงข้าวอื่นโดยมีลมเป็นพาหะ วงจรของโรคสามารถเกิดขึ้นได้ภายใน 7-10 วันต่อหนึ่งวงจร โดยสภาพแวดล้อมที่เป็นปัจจัยกำหนดการเกิดโรค ได้แก่ ช่วงการเกิดน้ำค้าง (dew period) อุณหภูมิ แสงลม และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (relative humidity) นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่พืชในอัตราที่สูงเกินไปยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อความรุนแรงของโรคอีกด้วย (Long และคณะ, 2000)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อพยากรณ์การเกิดโรคพืชโดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อสาเหตุโรคและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเกิดโรคได้ถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยให้เกษตรกรหรือผู้ผลิตพืชสามารถตัดสินใจในการใช้กลยุทธ์การจัดการโรคให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมภายในแปลงปลูก ณ ขณะนั้น การควบคุมโรคพืชโดยใช้สารเคมีเป็นวิธีการที่เกษตรกรมักนิยมปฏิบัติเนื่องจากมีความสะดวก และมีประสิทธิภาพสูง แต่ในทางตรงกันข้ามการใช้สารเคมีเป็นปัจจัยหนึ่งของการเพิ่มต้นทุนการผลิต อีกทั้งเป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม ผู้ผลิตและผู้บริโภค ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำแบบจำลองโรคพืชมาใช้ในการกำหนดเวลา (timing) และความถี่ (frequency) ที่เหมาะสมในการฉีดพ่นสารเคมี

ปัจจุบันได้มีการศึกษาค้นคว้าอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับลักษณะทางชีววิทยาของเชื้อสาเหตุโรคต่อการแพร่ระบาดและความรุนแรงของโรค ซึ่งได้มีการนำข้อมูลดังกล่าวมาพัฒนาเป็นแบบจำลองเพื่อพยากรณ์การเกิดโรค (Calveroและคณะ, 1996; Surin และคณะ, 1991, Pinnschmidt และคณะ, 1995)

แต่ปัญหาในการนำแบบจำลองไปใช้งานได้แก่ 1) แบบจำลองมีความไม่สะดวกในการใช้งาน และ 2) สมการทางคณิตศาสตร์ของแบบจำลองไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อสาเหตุโรคและสภาพแวดล้อมในการเข้าทำลายพืช (infection) ได้ แบบจำลองการพยากรณ์โรคพืชส่วนมากมักพัฒนาขึ้นโดยใช้สมการคณิตศาสตร์แบบการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) ซึ่งปัญหาที่พบคือแบบจำลองอาจมีความคลาดเคลื่อนไปตามภูมิประเทศของแปลงปลูก หรือปี (year) ที่ทำการเพาะปลูกได้เนื่องจากสภาพอากาศของแต่ละพื้นที่ปลูกหรือแต่ละปีอาจมีความผันแปรไม่คงเดิม ดังนั้นการนำเฉพาะปัจจัยสภาพอากาศโดยตรงมาใช้ในแบบจำลองอาจทำให้การพยากรณ์โรคมีความคลาดเคลื่อนได้ (Chakraborty and Billard, 1995)

สำหรับในประเทศไทย วิจิต และคณะ (2547) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองโรคไหม้ของข้าว โดยดัดแปลงจาก Kim et. al (1988) ที่คำนวณหาค่า Blast severity unit (BUS) ซึ่งเป็นค่าของดัชนีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่วิเคราะห์ เฉพาะสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายและการเกิดโรคไหม้เท่านั้นของแต่ละวัน และพบว่าถ้าค่า BUS สูงกว่า 2.25 ต่อเนื่องกันโอกาสที่ข้าวจะเกิดโรคไหม้มีแนวโน้มที่สูง ด้วยเหตุนี้การสะสมของค่า BUS ในแต่ละวันจึงอาจมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดโรคไหม้ได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างการนำข้อมูลสภาพอากาศโดยตรงและค่า BUS เป็นปัจจัยนำเข้าของแบบจำลองในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อการเกิดโรคไหม้ของข้าว



ภาพที่ 1 อาการโรคไหม้ของข้าว (rice blast disease) ที่เกิดจากเชื้อ *Pyricularia grisea*; อาการที่ใบ (A), อาการที่ลำต้น (B), อาการที่คอรวง (C), อาการที่ข้อของเมล็ด (D)

ที่มา: <http://www.padil.gov.au/pbt>

การดำเนินงาน

1. การพัฒนาแบบจำลองและการหาค่าสัมประสิทธิ์โรคไหม้ของข้าว (ปีที่1)

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาได้แก่แปลงข้าวของเกษตรกรในพื้นที่ 3 จังหวัด 7 อำเภอ ดังนี้ 1) จ.กาฬสินธุ์ ได้แก่ อ.กมลาไสย และ อ.ฆ้องชัย 2) จ.มหาสารคาม ได้แก่ อ.เมืองอ.เชียงยืน และ อ.โกสุมพิสัย และ 3) จ.ขอนแก่น ได้แก่ อ.เมือง และ อ.น้ำพอง

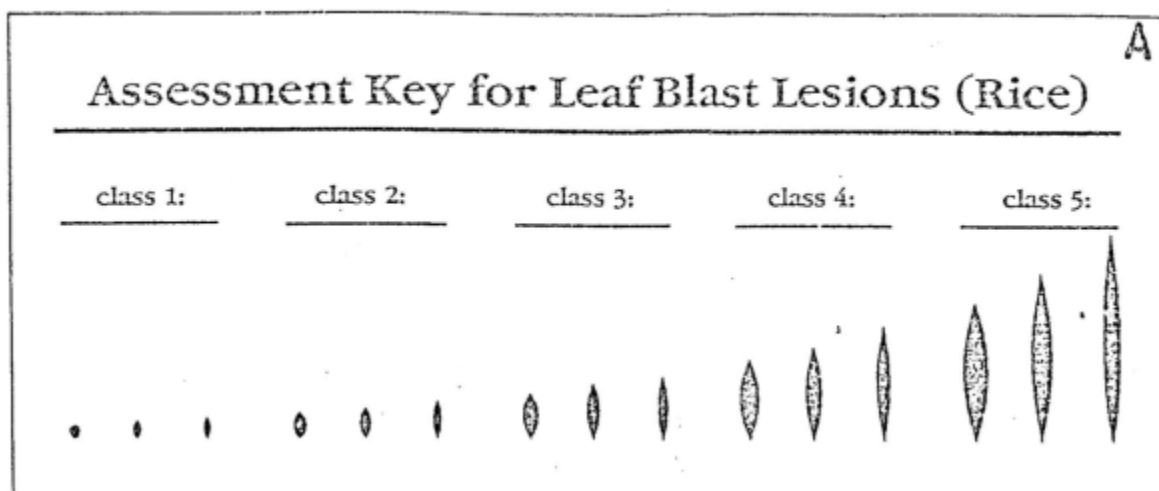
การสำรวจโรคไหม้

ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลความรุนแรงของโรคไหม้ในแปลงข้าวแบบสุ่มจำนวน 20 กอต่อไร่สังเกตและบันทึกระดับความรุนแรงของแผลโดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับคะแนนดังแสดงใน ภาพที่ 2 จากนั้นทำการคำนวณดัชนีความรุนแรงของโรคตามสมการที่ 1 ซึ่งดัดแปลงจาก IRRI (1988) ดังนี้

$$DSI = \frac{(1 \times N_1) + (2 \times N_2) + (3 \times N_3) + (4 \times N_4) + (5 \times N_5)}{X}$$

สมการที่ 1

เมื่อ DSI = ดัชนีความรุนแรงของโรคไหม้ (Disease severity index)
 N_1-N_5 = จำนวนแผลของระดับคะแนน 1-5 ตามลำดับ
 X = จำนวนต้น



ภาพที่ 2 ระดับคะแนนความรุนแรงของแผลโรคไหม้บนใบข้าว

การวิเคราะห์ BUS (Blast unit of severity)

การวิเคราะห์ค่า BUS (Blast Units of Severity) พัฒนาโดย วิจิต และคณะ (2547) (ดัดแปลงจาก Kim et.al, 1988) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เงื่อนไขของสภาพอากาศที่มีความเหมาะสมต่อการเกิดโรคอย่างเป็นลำดับ (algorithm) ดังแสดงในตารางที่ 1 ข้อมูลสภาพอากาศที่นำมาคำนวณค่า BUS ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน ($^{\circ}\text{C}$), จำนวนชั่วโมงที่เกิดน้ำค้างรายวัน, จำนวนชั่วโมงที่เกิดความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่า BUS สะสมของแต่ละวัน (cumulative BUS; CBUS) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ต่อความรุนแรงของโรค (Blast severity index)

ตารางที่ 1 เงื่อนไขของลำดับ (algorithm) การคำนวณค่า BUS (Blast Units of Severity)

ลำดับ	เงื่อนไขสภาพแวดล้อม	ค่า BUS
I	If TEM < 15 $^{\circ}\text{C}$ or TEM > 38 $^{\circ}\text{C}$	0
II	If DEW < 9 hr.	0
III	If TEM > 14 $^{\circ}\text{C}$	LW/4hr.
IV	If RH > 16 hr.	(III) + (RH-12 hr.)/6
V	If TEM < 23 $^{\circ}\text{C}$ or TEM > 26 $^{\circ}\text{C}$	(IV) - 2
VI	If TEM < 19 $^{\circ}\text{C}$ or TEM > 29 $^{\circ}\text{C}$	(V) - 2
VII	If BUS < 0	0

เมื่อ TEM = อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$) (Temperature)
 DEW = จำนวนชั่วโมงที่เกิดน้ำค้าง (ชม.) (Dew period; hr)
 RH = จำนวนชั่วโมงที่เกิดความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 90% (Hours of relative humidity above 90%)

1.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์การตอบสนองของโรคไหม้ และการพัฒนาแบบจำลอง

การทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อ *Pyricularia grisea* ที่อุณหภูมิต่างๆ

ปัจจัยที่สำคัญของการระบาดและความรุนแรงของ เชื้อ *Pyricularia oryzae* สาเหตุโรคไหม้ของข้าว ได้แก่ การเจริญเติบโตและการสร้างสปอร์ของเชื้อราสาเหตุโรค ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ควบคุมคุณสมบัติเหล่านี้ของเชื้อ Suzuki (1975) รายงานว่า ไม่พบการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุโรคไหม้ของข้าวเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 9 องศาเซลเซียส และสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังรายงานว่า ไม่พบการเข้าทางผ่านเส้นใยเข้าสู่เนื้อเยื่อพืช (penetration) เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 34 องศาเซลเซียส Kim และคณะ (1988) ได้พัฒนาระบบพยากรณ์โรคไหม้ของข้าวซึ่งในแบบจำลองพบว่าอุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส และสูงกว่า 38 องศาเซลเซียสไม่เหมาะสมต่อการเกิดโรค

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาแบบจำลองโรคไหม้ ดังนั้นการทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของเชื้อซึ่งมีผลต่อกระบวนการเข้าทำลายพืชและการอยู่รอดของเชื้อสาเหตุโรค วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือเพื่อทดสอบการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. grisea* ที่อุณหภูมิต่างๆ เพื่อใช้ในการเป็นปัจจัยนำเข้าแบบจำลองโรคไหม้ของข้าว

การแยกเชื้อ *P. grisea*

ทำการแยกเชื้อ *P. grisea* จากใบข้าวที่เกิดโรคไหม้ (leaf blast) โดยเลือกแผลที่มีขนาดประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร มาติดบนฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ water agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นทำการแยกสปอร์เดี่ยว (single spore) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ stereo ลงบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA)

การทดสอบการเจริญของเส้นใยเชื้อ *P. grisea* ที่อุณหภูมิต่างๆ

เลี้ยงเชื้อ *P. grisea* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่อุณหภูมิ 28 °C นาน 14 วัน หลังจากนั้นนำเครื่องเจาะ (cork borer) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร มาเจาะขึ้นรู้นบริเวณขอบของโคโลนีเชื้อราซึ่งเป็นเส้นใยเจริญ และย้ายขึ้นรู้นลงบนตำแหน่งกลางของจานอาหารขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 มิลลิเมตร ที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ malt extract agar (MEA) จากนั้นบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 10, 15, 20, 25, 28, 30, 35 และ 40 °C ในแต่ละอุณหภูมิทำการทดสอบจำนวน 4 ซ้ำ ทำการตรวจสอบการเจริญของเชื้อ *P. grisea* ที่อายุ 14 วัน โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี (มิลลิเมตร) จำนวน 2 ด้าน

แบบจำลองการเกิดโรคไหม้ของข้าวพัฒนาด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจมาปรับใช้ในการพัฒนาแบบจำลองด้วยสมการแบบ linear regression (สมการที่ 2) และ exponential regression analysis (สมการที่ 3)

$$Y = a + bX + b_n X_n \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม (Dependent variable)

a = ระยะตัดแกน y (Intercept)

$b_1 - b_n$ = สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient) ตัวที่ 1 - n

$X_1 - X_n$ = ตัวแปรอิสระ (Independent variable) ตัวที่ 1 - n

$$Y = \frac{\text{Exp}(a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n)}{1 + \text{Exp}(a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n)} \times 100$$

สมการที่ 3

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม (Dependant variable)

a = ระยะตัดแกน y (Intercept)

$b_1 - b_n$ = สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression coefficient) ตัวที่ 1 – n

$X_1 - X_n$ = ตัวแปรอิสระ (Independent variable) ตัวที่ 1 – n

1.2 การตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้น เพื่อให้แบบจำลองให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยนำข้อมูลจากการสำรวจมาปรับสมการทางคณิตศาสตร์ ให้มีค่า Coefficient of determination, R^2 สูงขึ้น

2. การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองในพื้นที่ลุ่มน้ำชี (ปีที่2)

นำสมการทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาเป็นแบบจำลองการพยากรณ์โรคไหม้ของข้าวมาวิเคราะห์ความแม่นยำโดยเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความรุนแรงของโรคที่ได้จากการพยากรณ์และค่าที่ได้จากการสำรวจในแปลงของเกษตรกร โดยทำการเปรียบเทียบเป็นรายจังหวัด รายฤดูกาลปลูกข้าว และตลอดฤดูกาลปลูกทั้งหมด เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองโรคไหม้ในพื้นที่ลุ่มน้ำชี

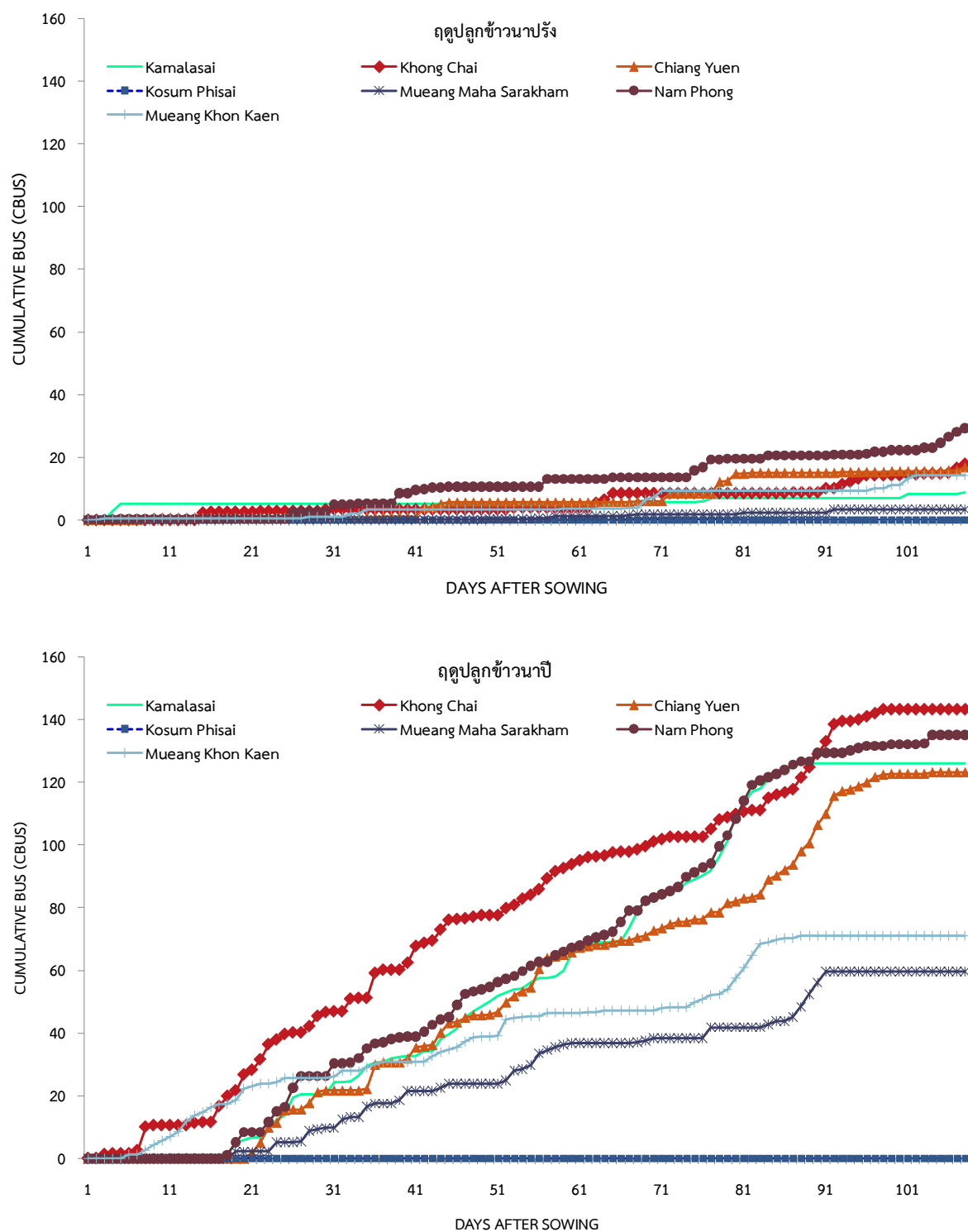
ผลการดำเนินการ

แบบจำลองโรคไหม้ของข้าว

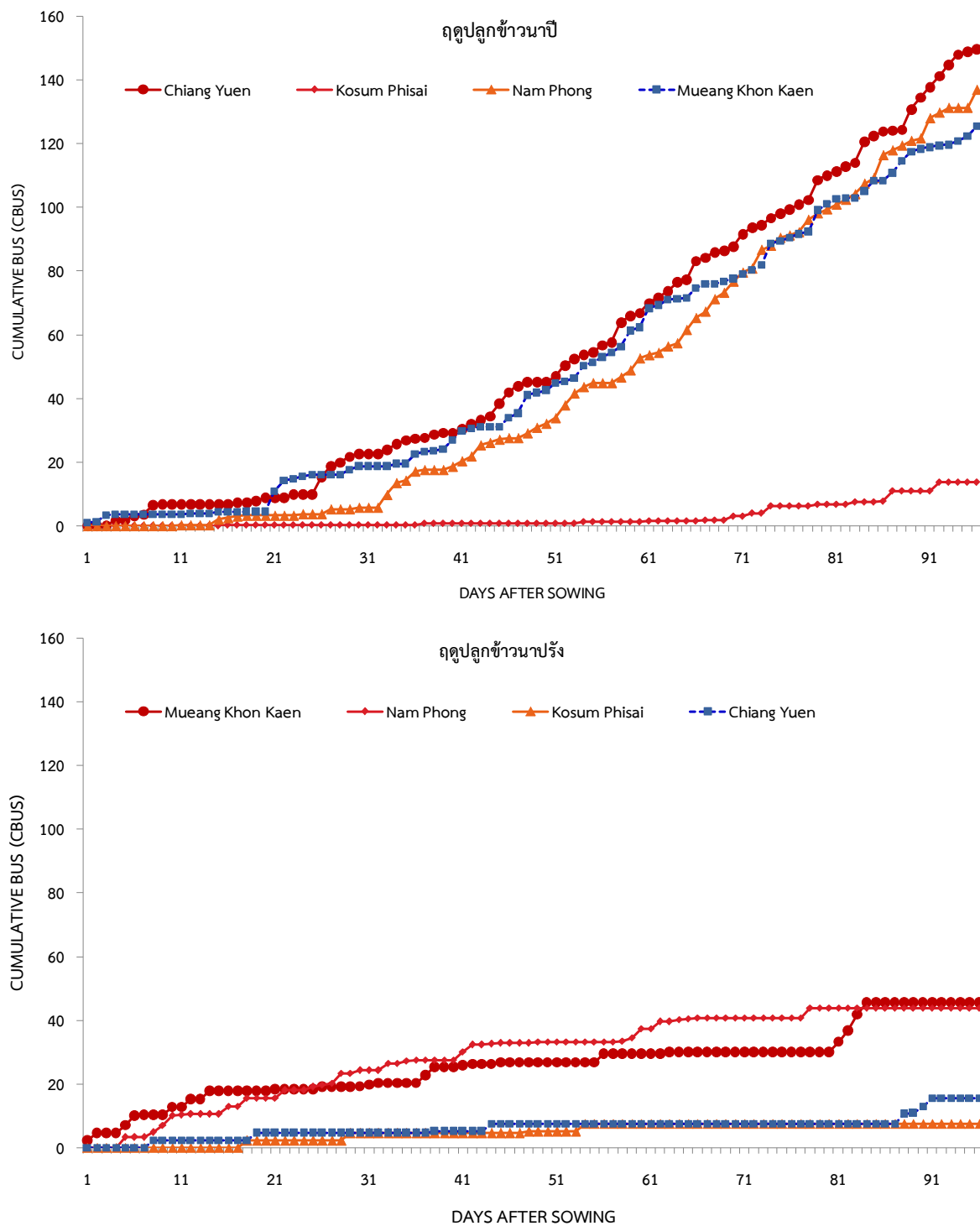
1. การพัฒนาแบบจำลองและการหาค่าสัมประสิทธิ์โรคไหม้ของข้าว

1.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์โรคไหม้ของข้าว และการพัฒนาแบบจำลอง (ปีที่1)

การวิเคราะห์ค่า CBUS เป็นการคำนวณการสะสมของค่า BUS แต่ละวัน โดยค่า BUS เป็นค่าดัชนีของสภาพอากาศ(microclimate) ที่มีความเหมาะสมต่อการเกิดโรค จากการศึกษาพบว่า ค่า CBUS มีความแตกต่างกัน ในแต่ละปีที่ทำการศึกษา อีกทั้งยังมีความแตกต่างกันถึงแม้ว่าจะอยู่ในพื้นที่จังหวัดเดียวกันหรือพื้นที่ใกล้เคียงกัน เช่น ในนาปี 2553 ค่า CBUS ของ อ.น้ำพอง และ อ.เมือง จ.ขอนแก่น เท่ากับ 135 และ 71 ตามลำดับ (ภาพที่ 3) ทำนองเดียวกับฤดูทำนาปี 2554 ค่า CBUS ของ อ.น้ำพอง และ อ.เมือง จ.ขอนแก่น เท่ากับ 137 และ 40 ตามลำดับ (ภาพที่ 4) ดังนั้น ค่า CBUS จึงเป็นตัวแปรที่สำคัญในการพัฒนาแบบจำลอง เนื่องจากค่า CBUS เกิดจาก microclimate ที่มีความเฉพาะในแต่ละพื้นที่ปลูกข้าวซึ่งมีผลต่อความสัมพันธ์ในการเกิดโรคไหม้ของข้าว



ภาพที่ 3 ค่า Cumulative blast unit severity (CBUS) ในฤดูปลูกข้าวนาปี กรกฎาคม ถึง พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 (บน) และในฤดูปลูกข้าวนาปี ธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2554 (ล่าง)



ภาพที่ 4 ค่า Cumulative blast unit severity (CBUS) ในฤดูปลูกข้าวหน้าปี มิถุนายน ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2554 (บน) และในฤดูปลูกข้าวหน้าปี พุศิจิกายน พ.ศ. 2554 ถึง เมษายน พ.ศ. 2555 (ล่าง)

การพัฒนาแบบจำลองโรคไหม้ของข้าว โดยใช้สมการ regression analysis ด้วยการวิเคราะห์ตัวแปรอิสระต่างๆ ที่มีผลต่อการเกิดโรคไหม้ของข้าวได้สมการดังแสดงใน ตารางที่ 2 และคัดเลือกสมการโดยเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of determination, R^2) และ ค่าความคลาดเคลื่อน (Root mean square error, Root MSE)

แบบจำลองที่พัฒนาโดยใช้ exponential regression analysis ได้แก่

แบบจำลองที่ 1 พัฒนาโดยการนำค่า CBUS มาเป็นตัวแปรอิสระสำหรับเป็นข้อมูลนำเข้าสมการ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.44 และค่า Root MSE เท่ากับ 0.68

แบบจำลองที่ 2 พัฒนาโดยนำอายุของต้นข้าวและค่า CBUS เป็นตัวแปรอิสระมีค่า R^2 เท่ากับ 0.34 และมีค่า Root MSE เท่ากับ 0.74

แบบจำลองที่ 3 พัฒนาโดยตัวแปรที่เป็นอิสระได้แก่ อายุพืช (วัน) ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดรายวัน (%) ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดรายวัน (%) อุณหภูมิสูงสุดรายวัน ($^{\circ}\text{C}$) อุณหภูมิต่ำสุดรายวัน ($^{\circ}\text{C}$) และปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.) มีค่า R^2 เท่ากับ 0.21 และมีค่า Root MSE เท่ากับ 0.69

แบบจำลองที่พัฒนาโดยใช้ linear regression analysis ได้แก่

แบบจำลองที่ 4 พัฒนาโดยตัวแปรที่เป็นอิสระได้แก่ ค่า CBUS มีค่า R^2 เท่ากับ 0.66 และมีค่า Root MSE เท่ากับ 0.55

ดังนั้นการศึกษานี้จึงนำแบบจำลองที่ 4 ซึ่งพัฒนาด้วยสมการ linear regression analysis มาใช้ในการพยากรณ์โรคไหม้ของข้าวเนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มากที่สุด และมีค่าความคลาดเคลื่อน (Root MSE) น้อยที่สุด

ตารางที่ 2 แบบจำลองการพยากรณ์โรคไหม้ของข้าวและค่าทางสถิติ

แบบจำลอง (Model)	R^2	Adj. R^2	Root MS E
^a 1. $Y = \frac{\text{Exp}(-5.2584 + 0.0284X_1)}{1 + \text{Exp}(-5.2584 + 0.0284X_1)} \times 100$	0.44	0.45	0.68
^b 2. $Y = \frac{\text{Exp}(-4.9795 - 0.00365X_1 + 0.0285X_2)}{1 + \text{Exp}(-4.9795 - 0.00365X_1 + 0.0285X_2)} \times 100$	0.34	0.33	0.74
^c 3. $Y = \frac{\text{Exp}(3.2649 - 0.00722X_1 - 0.0436X_2 - 0.00334X_3 - 0.0458X_4 - 0.037X_5 - 0.00761X_6)}{1 + \text{Exp}(3.2649 - 0.00722X_1 - 0.0436X_2 - 0.00334X_3 - 0.0458X_4 - 0.037X_5 - 0.00761X_6)} \times 100$	0.21	0.19	0.69
^d 4. $Y = -1.647 + 2.526\ln(X_1)$	0.62	0.60	0.69

^a, Y = ดัชนีความรุนแรงของโรค (Disease severity index); X_1 = ค่า CBUS, ค่า standard error ของ intercept และ X_1 เท่ากับ 0.2251 และ 0.00609 ตามลำดับ

^b, Y = ดัชนีความรุนแรงของโรค (Disease severity index); X_1 = อายุพืช (วัน), X_2 = ค่า CBUS, ค่า standard error ของ intercept และ X_1 และ X_2 เท่ากับ 0.0103 และ 0.00614 ตามลำดับ

^c, Y = ดัชนีความรุนแรงของโรค (Disease severity index); X_1 = อายุพืช (วัน), X_2 = ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดรายวัน (%), X_3 = ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดรายวัน (%), X_4 = อุณหภูมิสูงสุดรายวัน ($^{\circ}\text{C}$), X_5 = อุณหภูมิต่ำสุดรายวัน ($^{\circ}\text{C}$), X_6 = ปริมาณน้ำฝนรายวัน (มม.), ค่า standard error ของ intercept และ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 และ X_6 เท่ากับ 8.9068, 0.00980, 0.0577, 0.0305, 0.1210, 0.2058 และ 0.0140 ตามลำดับ

^d, Y = ดัชนีความรุนแรงของโรค (Disease severity index); X_1 = ค่า CBUS, ค่า standard error ของ intercept และ X_1 เท่ากับ 0.112 และ 0.005 ตามลำดับ

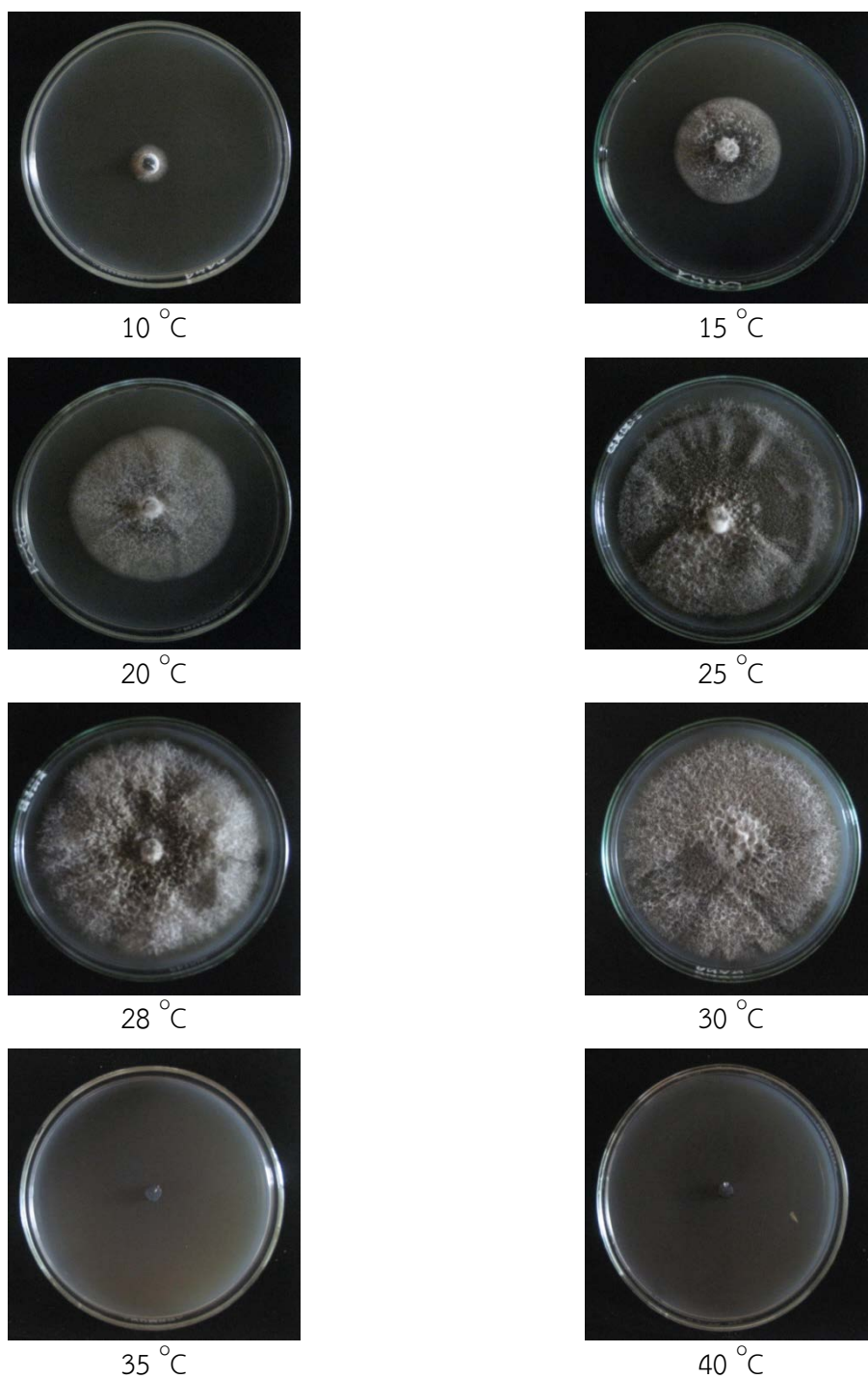
การแยกเชื้อ *Pyricularia grisea*

เส้นใยของเชื้อ *P. grisea* ทุกไอโซเลทที่ใช้ในการทดสอบเจริญเติบโตได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 30, 28 และ 25 องศาเซลเซียส โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี 86.3, 85.3 และ 81.4 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนการเจริญของเส้นใยต่ำที่สุดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (10.8 มิลลิเมตร) นอกจากนี้เชื้อ *P. grisea* ทุกไอโซเลทไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 5)

ตารางที่ 3 การเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Pyricularia grisea* อายุ 14 วัน ที่อุณหภูมิต่างๆ

isolate	เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี (มิลลิเมตร) ที่อุณหภูมิต่างๆ *							
	10 $^{\circ}\text{C}$	15 $^{\circ}\text{C}$	20 $^{\circ}\text{C}$	25 $^{\circ}\text{C}$	28 $^{\circ}\text{C}$	30 $^{\circ}\text{C}$	35 $^{\circ}\text{C}$	40 $^{\circ}\text{C}$
KK	11.3	28.9	41.8	81.1	86.1	86.4	0	0
GS	6.8	25.6	44.8	82.4	83.0	85.8	0	0
MS	14.4	32.9	44.4	80.8	86.9	86.8	0	0
maen	10.8	29.1	43.6	81.4	85.3	86.3	0	0

* ค่าเฉลี่ย 4 ซ้ำ



ภาพที่ 5 การเจริญเติบโตของเชื้อ *Pyricularia grisea* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt extract agar อายุ 14 วัน ที่อุณหภูมิต่างๆ

แบบจำลองของโรคไหม้ของข้าว โดยใช้โปรแกรม Fortran

```
subroutine model
```

```
implicit none
```

```
real :: pdis
```

```
call blast (pdis)
```

```
end
```

```
subroutine blast (pdis)
```

```
implicit none
```

```
real :: pdis
```

```
real :: tmean, de, dew, r93, rh93
```

```
real :: bus
```

```
real :: sumbus, d, index, lag, sma
```

```
real :: dsi,
```

```
integer :: i
```

```
real, dimension(0:20) :: dbus
```

```
real :: LDATE, doy
```

```
real :: step, incon, runtime
```

```
real :: srn, tmn, tmx, rhu, wns, rnf
```

```
calldwthr (srn, tmn, tmx, rhu, wns, rnf)
```

```

call timer (rntime)

call timer (d)

if (step()==1.0) then

    LDATE = incon ('LDATE')

else if (step()==2.0) then

    tmean = (tmx + tmn) / 2.0

    de      = -6.2487 + (0.0535 * rhu) + (0.0130 * tmx) - (0.0248 * tmn)

    dew = exp (de) / (1 + exp (de)) * 100

    r93      = -8.2193 + 0.0662 * rhu + 0.0465 * tmx - 0.0431 * tmn

    rh93 = exp (r93) / (1+ exp (r93)) * 100          ! rh93: hours

    if ((tmean>=15.0 .and. tmean<=38.0) .and. (dew>9.0)) then

        bus = dew/4.0

    if (rh93>16.0) bus = bus+(rh93-12.0)/6.0

        if (tmean<23.0 .or. tmean>26.0) bus = max(0.0, bus-2.0)

        if (tmean<19.0 .or. tmean>29.0) bus = max(0.0, bus-2.0)

    else

        bus = 0.0

    end if

    else if (step()==3.0) then

        lag = 7.0

```

```

    index = mod(d, lag)

    dbus(int(index)) = bus

    sumbus = 0.0

    doi = 0, int(lag-1.0)

    sumbus = sumbus + dbus(i)

enddo

!dsi = Disease severity index

dsi = -1.647 + 2.526*ln (sumbus)

end if

call output ('doy', doy ())

call output ('sumbus', sumbus)

call output (dsi, dsi)

if (doy() >= LDATE) call termination ('LDATE')

en

```

1.2 ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้น

เพื่อให้แบบจำลองให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยนำข้อมูลจากการสำรวจมาปรับสมการทางคณิตศาสตร์ ให้มีค่า Coefficient of determination, R^2 สูงขึ้น เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ (r) ระหว่างค่าดัชนีความรุนแรงของโรคที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่ทดลองเป็นรายปี (ตารางที่ 4) พบว่า

ฤดูนาปี พ.ศ. 2553/2554 มีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.13-0.75 พื้นที่ที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงกว่า 0.5 ได้แก่ อ.กมลาไสย และ อ.ฆ้องชัย จ.กาฬสินธุ์ ในขณะที่พื้นที่ อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น มีค่าสหสัมพันธ์สูงที่สุดเท่ากับ 0.75 และมีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการสำรวจอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.05$) (ภาพที่ 6)

ฤดูนาปรัง พ.ศ. 2553/2554 มีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.19-0.87 พื้นที่ที่มีค่าสหสัมพันธ์สูงกว่า 0.5 ได้แก่ อ.กมลาไสย จ.กาฬสินธุ์ อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม ในขณะที่พื้นที่ อ.เมือง และ อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น มีค่าเท่ากับ 0.87 และ 0.78 โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ $P < 0.01$ และ $P < 0.05$ ตามลำดับ (ภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8)

ฤดูนาปี พ.ศ. 2554/2555 ทุกพื้นที่ที่ทดลองมีค่าสหสัมพันธ์สูงกว่า 0.5 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.61-0.95 โดยพื้นที่ อ.น้ำพอง และ อ.เมือง จ.ขอนแก่น มีค่ามากที่สุดเท่า 0.83 และ 0.93 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.05$) (ภาพที่ 9 และภาพที่ 10)

ฤดูนาปี พ.ศ. 2554/2555 มีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.44-0.65 โดยพื้นที่ อ.เมือง จ.ขอนแก่น มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.65

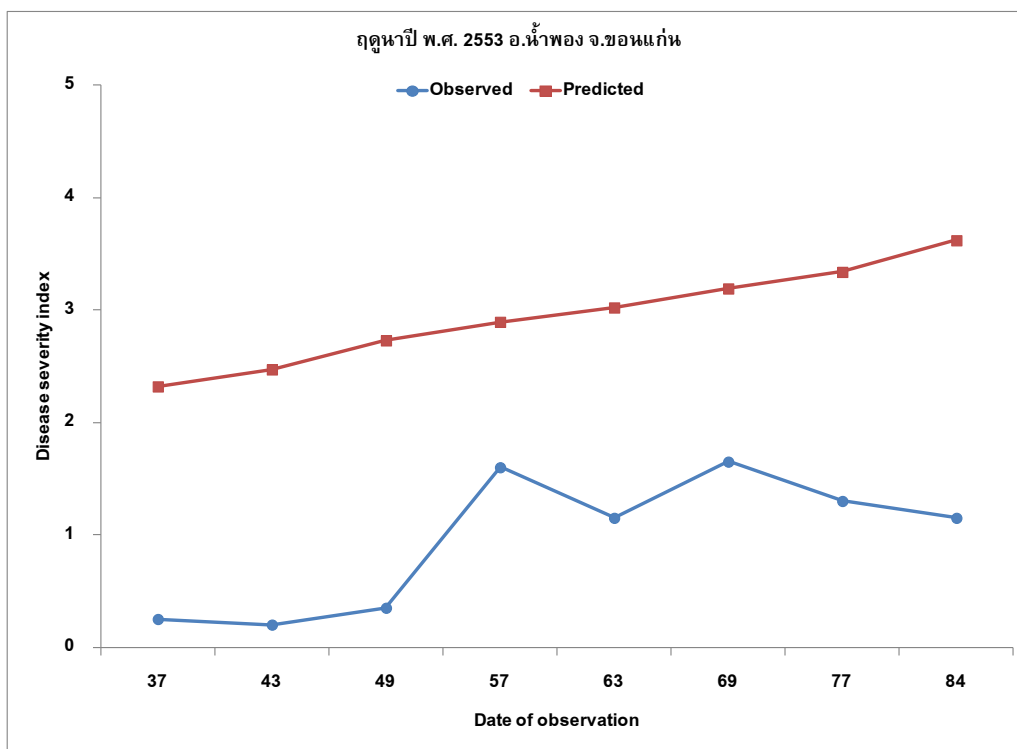
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ (r) ของค่าดัชนีความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร

ปี	นาปี/นาปรัง	สถานที่	r ^{1/}
2553/2554	นาปี	อ.กมลาไสย จ.กาฬสินธุ์	0.54
		อ.ห้วยซัย จ.กาฬสินธุ์	0.52
		อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม	0.20
		อ.เมือง จ.มหาสารคาม	0.13
		อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น	0.75*
		อ.เมือง จ.ขอนแก่น	0.46
	นาปรัง	อ.กมลาไสย จ.กาฬสินธุ์	0.51
		อ.ห้วยซัย จ.กาฬสินธุ์	0.19
		อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม	0.66
		อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม	ND ^{2/}
		อ.เมือง จ.มหาสารคาม	0.28
		อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น	0.78*
		อ.เมือง จ.ขอนแก่น	0.87**
2554/2555	นาปี	อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม	0.61
		อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม	0.64
		อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น	0.93*
		อ.เมือง จ.ขอนแก่น	0.83*
	นาปรัง	อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม	ND ^{3/}
		อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม	ND ^{3/}
		อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น	0.44
		อ.เมือง จ.ขอนแก่น	0.65

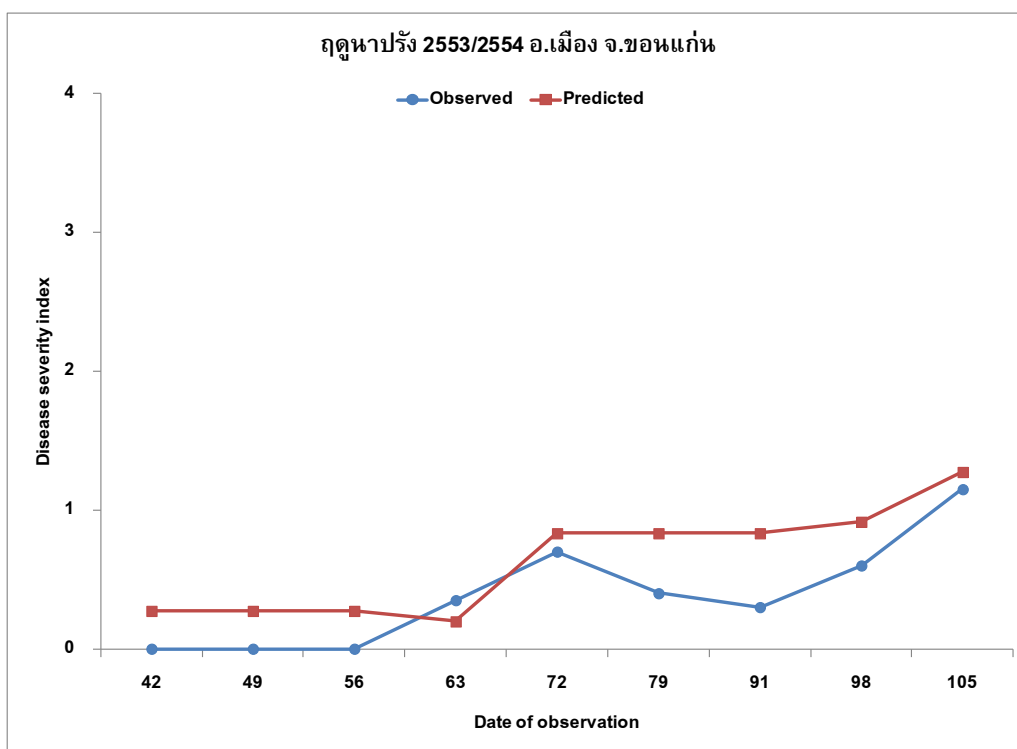
^{1/} * แตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

^{2/} N.D. = (No determination) ไม่สามารถวิเคราะห์ได้เนื่องจากข้อมูลสภาพอากาศไม่สมบูรณ์

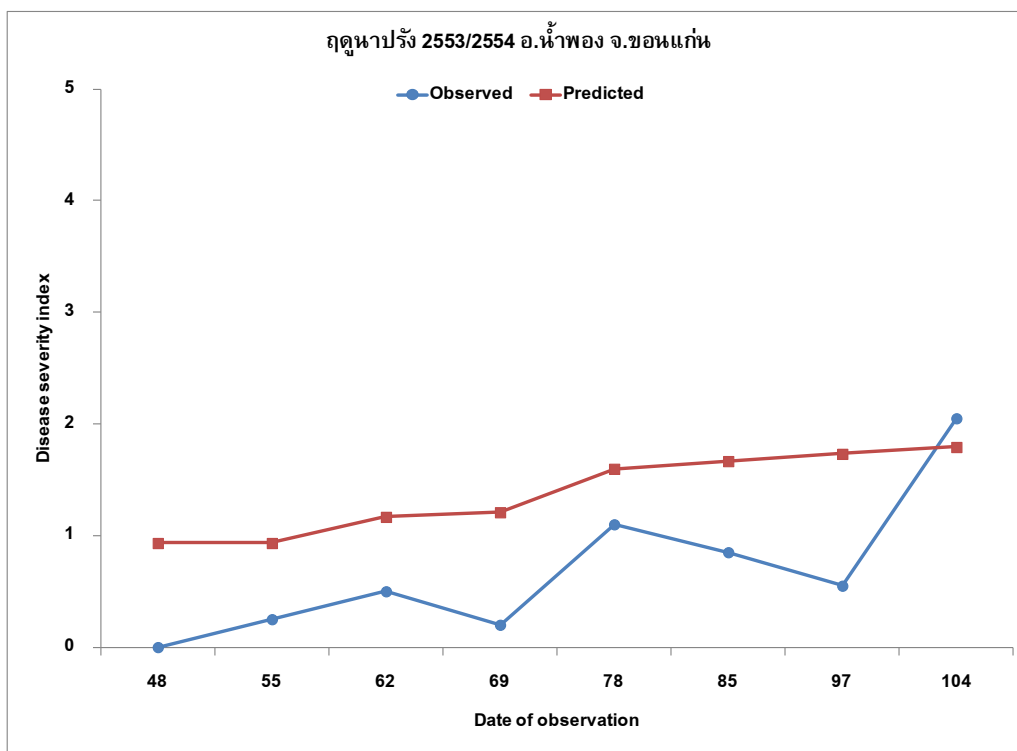
^{3/} N.D. = (No determination) ไม่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้เนื่องจากแบบจำลองไม่พบการระบาดของโรค



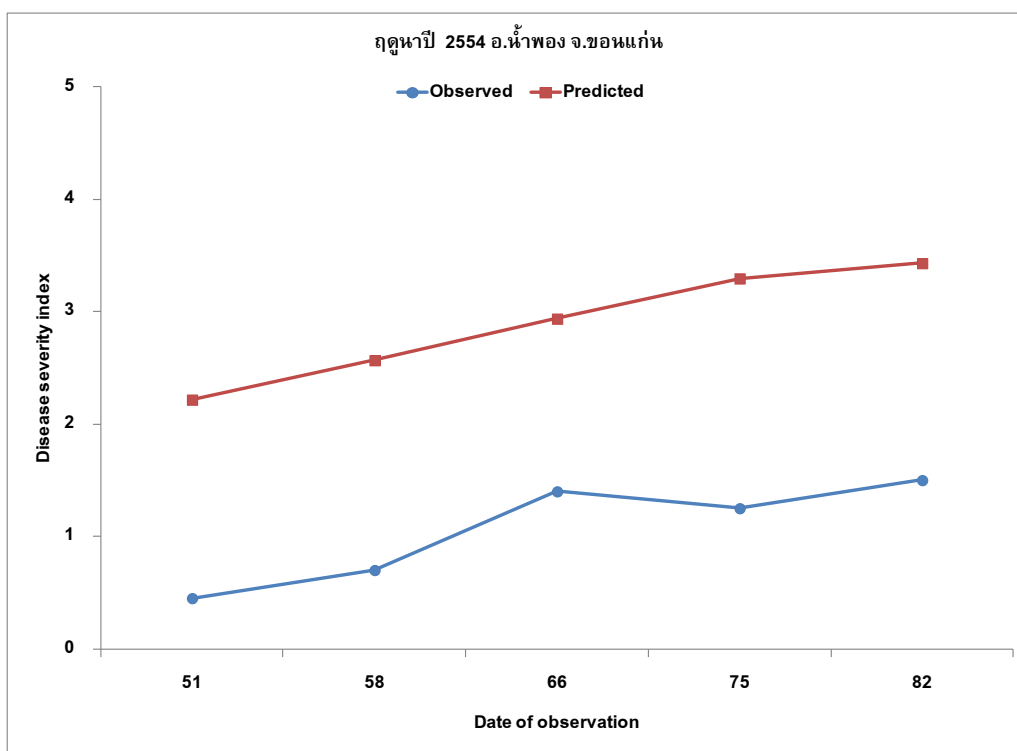
ภาพที่ 6 ความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลอง (predicted) และจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร (observed) อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ฤดูหนาว ปี 2553



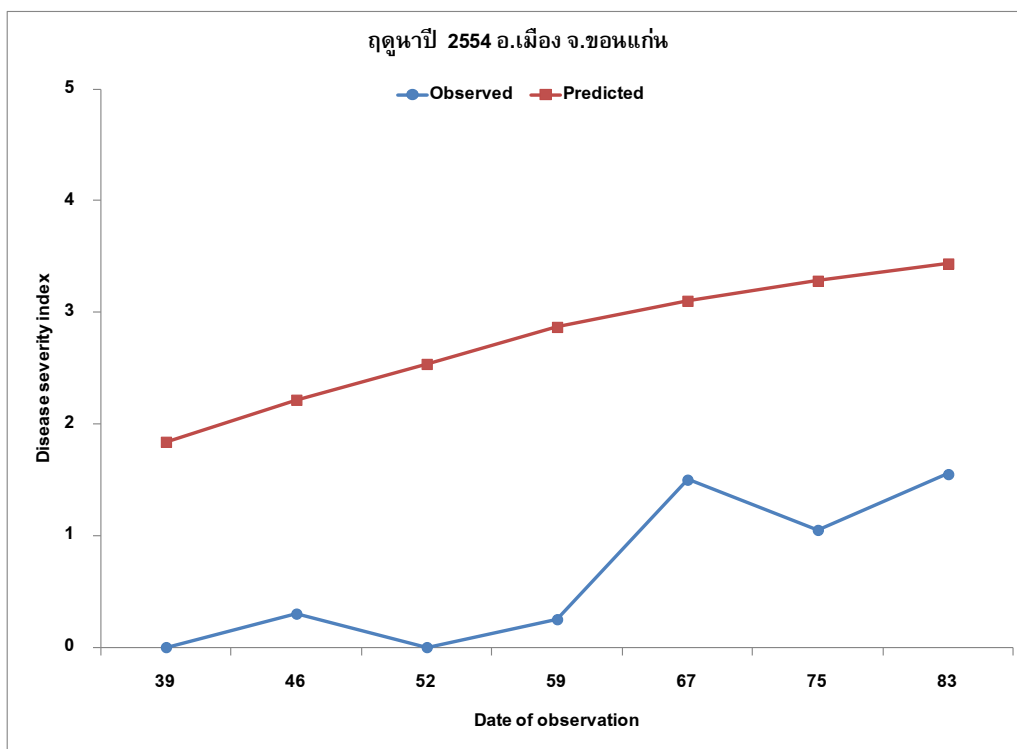
ภาพที่ 7 ความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลอง (predicted) และจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร (observed) อ.เมือง จ.ขอนแก่น ฤดูหนาว ปี 2553/2554



ภาพที่ 8 ความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลอง (predicted) และจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร (observed) อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ฤดูหนาวปี 2553/2554



ภาพที่ 9 ความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลอง (predicted) และจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร (observed) อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น ฤดูหนาวปี 2554



ภาพที่ 10 ความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลอง (predicted) และจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร (observed) อ.เมือง จ.ขอนแก่น ฤดูหนาวปี 2554

2. ผลการทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองในพื้นที่ลุ่มน้ำชี (ปีที่2)

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจในพื้นที่จังหวัดต่างๆ ในลุ่มน้ำชีพบว่า (ตารางที่ 5)

2.1) ฤดูปลูกข้าว 2553/2554 ในฤดูหนาวปีมีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.09-0.16 ส่วนฤดูนาปรัง พื้นที่ จ.ขอนแก่นมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.64 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่พื้นที่ จ.กาฬสินธุ์ และ จ.มหาสารคาม มีค่าที่ใกล้เคียงกันคือ 0.35 และ 0.34 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาทั้งฤดูการทำนาปีและนาปรังพบว่า พื้นที่ จ.ขอนแก่น มีค่าสหสัมพันธ์สูงที่สุดเท่ากับ 0.53 รองมาได้แก่ จ.มหาสารคาม มีค่าเท่ากับ 0.45 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.05$)

เมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ในฤดูปลูก 2553/2554 พบว่า ในฤดูหนาวปีมีค่าเพียง 0.17 ส่วนในนาปรังมีค่า 0.31 แต่เมื่อวิเคราะห์ทั้งฤดูปลูกพบว่ามีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.45 และมีความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$)

2.2) ฤดูปลูกข้าว 2554/2555 ในฤดูหนาวปี จ.ขอนแก่น มีค่าสหสัมพันธ์สูงที่สุดเท่ากับ 0.95 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$)

เมื่อวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ทั้งฤดูการทำนาปีและนาปรังพบว่า จ.มหาสารคามมีค่าเท่ากับ 0.40 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วน จ.ขอนแก่น มีค่าเท่ากับ 0.37

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ในพื้นที่ปลูกทั้ง 3 จังหวัดพบว่า ในฤดูนาปรังมีค่าเท่ากับ 0.45 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อพิจารณาทั้งนาปีและนาปรังพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.42 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$)

2.3) ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจในฤดูปลูกทั้งหมด (2553-2555) พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.45 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ (r) ของค่าดัชนีความรุนแรงของโรคไหม้ที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจในแปลงข้าวเกษตรกร ในพื้นที่ จ.กาฬสินธุ์ จ.มหาสารคาม และ จ.ขอนแก่น ในปี 2553/2554

ปี	นาปี/นาปรัง	สถานที่	$r^{1/}$
2553/2554	นาปี	จ.กาฬสินธุ์	0.16
		จ.มหาสารคาม	0.09
		จ.ขอนแก่น	0.12
	นาปรัง	จ.กาฬสินธุ์	0.35
		จ.มหาสารคาม	0.34
		จ.ขอนแก่น	0.64*
	นาปีและนาปรัง	จ.กาฬสินธุ์	0.34
		จ.มหาสารคาม	0.45*
		จ.ขอนแก่น	0.53*
	นาปี		0.17
	นาปรัง		0.31
	นาปีและนาปรัง		0.45**
2554/2555	นาปี	จ.มหาสารคาม	0.43
		จ.ขอนแก่น	0.95**
	นาปรัง	จ.มหาสารคาม	ND
		จ.ขอนแก่น	0.10
	นาปีและนาปรัง	จ.มหาสารคาม	0.40*
		จ.ขอนแก่น	0.37
	นาปี		0.19
	นาปรัง		0.45**
	นาปีและนาปรัง		0.42**
	ฤดูปลูกทั้งหมด		0.45**

^{1/} * แตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$), ** แตกต่างทางสถิติ ($P < 0.01$)

สรุป

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. grisea* โดยอุณหภูมิที่เชื้อเจริญเติบโตได้ดีที่สุดอยู่ในช่วง 25 – 30 องศาเซลเซียส ในขณะที่เชื้อ *P. grisea* เจริญได้เพียงเล็กน้อยที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และเชื้อไม่สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการพัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์โรคไหม้ของข้าวโดยใช้แบบจำลองประเภท empirical regression analysis ด้วยวิธีสมการถดถอยแบบ linear regression analysis โดยนำตัวแปรอิสระได้แก่ ค่า CBUS เป็นข้อมูลนำเข้ามีแนวโน้มในการนำมาใช้ในการพยากรณ์การเกิดโรคไหม้ของข้าวในสภาพแปลงเกษตรกรในเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ เนื่องจากค่า BUS เป็นค่าที่ได้มาจากการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการเกิดโรคไหม้ ดังนั้นเมื่อค่า BUS สะสม (CBUS) เพิ่มขึ้นโอกาสในการเกิดโรจึงมีมากขึ้นซึ่งการศึกษานี้มีการเชื่อมโยงและพัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยของ วิจิต (2547) ที่ได้สร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์โรคไหม้ของข้าวโดยใช้ค่า CBUS แต่ยังไม่ได้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างค่า CBUS ต่อการเกิดความรุนแรงของโรค

แบบจำลองนี้เป็นพัฒนาโดยนำข้อมูลความรุนแรงและข้อมูลภูมิอากาศจากสภาพจริงในแปลงเกษตรกรมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง และได้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.62 ทั้งนี้อาจยังมีปัจจัยด้านอื่นที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับความรุนแรงของโรคได้แก่ ปริมาณของเชื้อสาเหตุโรคเริ่มต้น (initial inoculum) ดังนั้นแนวทางการศึกษาต่อไปในอนาคตคือ การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อเริ่มต้นและภูมิอากาศ

แบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Brown Planthopper Model)

บทคัดย่อ

การเลี้ยงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพื่อทดสอบอุณหภูมิต่างๆ ในข้าวทั้งหมด 5 พันธุ์ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มไม่ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ประกอบด้วยพันธุ์ TN1 ที่เป็นพันธุ์อ่อนแอมาตรฐาน และอีก 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ กข 6 และ กข 15 กลุ่มที่ 2 กลุ่มต้านทานคือพันธุ์ ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 เป็นพันธุ์ที่ปลูกในนาปรัง ที่อุณหภูมิ 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส ในการเลี้ยงอุณหภูมิต่ำ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลใช้เวลาในการเจริญเติบโตนานกว่าอุณหภูมิที่สูงคือที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ระยะเวลาประมาณ 14 -16 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการฟักเพียง 7-8 วัน และมีการใช้เวลาน้อยลงในอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่วนระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อคำนวณอุณหภูมิสะสมในการเจริญเติบโต ในกลุ่มข้าวพันธุ์ไม่ต้านทานได้อุณหภูมิสะสมรวมมากกว่าคือเท่ากับ 586.81 องศาเซลเซียส ในกลุ่มข้าวพันธุ์ต้านทานได้อุณหภูมิสะสมรวมเท่ากับ 525.06 องศาเซลเซียส

การจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจากข้อมูลวงจรชีวิตของแมลงและข้อมูลภูมิอากาศ การจำลองใช้วิธีการคำนวณสถานะและอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร และความต้องการความร้อนสะสมในแต่ละระยะการพัฒนารวมของแมลงเป็นตัวแปรขับเคลื่อน ผลจากการจำลองจะทราบระยะการพัฒนารวมและจำนวนของแมลง การทดสอบแบบจำลองโดยเปรียบเทียบข้อมูลจากการพยากรณ์กับข้อมูลสำรวจ พบว่าผลการจำลองที่มีความเชื่อมั่นได้พอสมควร การจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจะช่วยเกษตรกรในขบวนการตัดสินใจในการจัดการเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพยากรณ์ด้วยข้อมูลภูมิอากาศล่วงหน้าจะสามารถนำไปคาดการณ์ผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในอนาคตได้

คำสำคัญ: ความร้อนสะสม แบบจำลองสถานการณ์ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

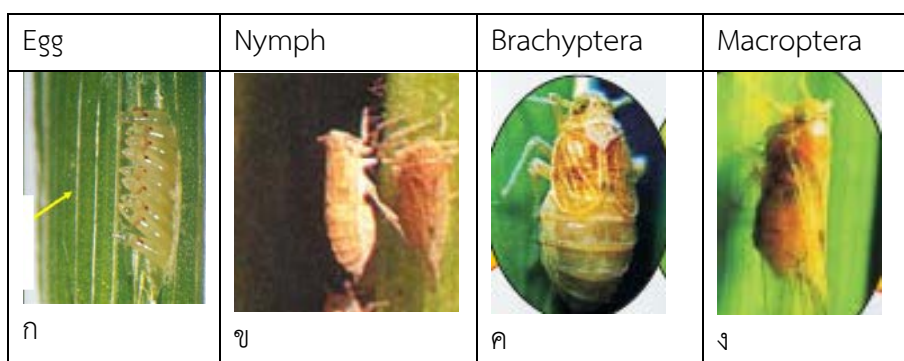
Keywords: thermal constant, simulation model, brown planthopper

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *Nilaparvata lugens* เป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญของการเพาะปลูกข้าวในประเทศไทย สถานการณ์การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens*) (Brown Planthopper: BPH) ปี 2551 ช่วงเดือนเมษายนในเขตภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และ จังหวัดใกล้เคียง ทำให้เกิดความเสียหายแก่ชาวนา ช่วงฤดูนาปรัง และปี 2552 ช่วงฤดูนาปี มีพื้นที่การระบาดเพิ่มขึ้นเป็น 18 จังหวัด รวมพื้นที่ 1,958,845 ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (BPH) ทั้งตัวอ่อน และตัวเต็มวัย เข้าทำลายข้าวโดยการดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณโคนต้นข้าวระดับเหนือผิวน้ำ ทำให้ต้นข้าวมีอาการใบเหลือง เหี่ยว โดยทั่วไปพบอาการในระยะข้าวแตกกอถึงระยะออกรวง (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวกำแพงเพชร, 2553) และการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เกิดจากสาเหตุที่เกษตรกรไม่สามารถทราบล่วงหน้าว่ามีการระบาด ทำให้ไม่ได้เตรียมการป้องกัน จึงได้มีแนวคิดในการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Mechanistic model สำหรับพยากรณ์และเตือนการระบาด เพื่อใช้แก้ไขปัญหาได้ทันการ

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens*) (Brown Planthopper: BPH)

เป็นแมลงจำพวกปากดูด อยู่ในอันดับ Homoptera วงศ์ Delphacidae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Nilaparvata lugens* ตัวเต็มวัยมีลำตัวสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลปนดำ มีรูปร่าง 2 ลักษณะ คือ ชนิดปีกยาว (macropterous form) และชนิดปีกสั้น (brachypterous form) ชนิดมีปีกยาวสามารถเคลื่อนย้ายและอพยพไปในระยะทางไกลและไกล โดยอาศัยกระแสลมช่วย ตัวเต็มวัยเพศเมียจะวางไข่เป็นกลุ่ม ส่วนใหญ่วางไข่ที่กาบใบข้าว หรือเส้นกลางใบ โดยวางไข่เป็นกลุ่มเรียงแถวตามแนวตั้งฉากกับกาบใบข้าว บริเวณที่วางไข่จะมีรอยซ้ำเป็นสีน้ำตาล ไข่มีลักษณะรูปกระสวยโค้งคล้ายกล้วยหอม มีสีขาวขุ่น ตัวอ่อนมี 5 ระยะ ระยะตัวอ่อน 16-17 วัน ตัวเต็มวัยเพศเมียชนิดปีกยาวมีขนาด 4-4.5 มิลลิเมตร วางไข่ประมาณ 100 ฟอง เพศผู้มีขนาด 3.5-4 มิลลิเมตร เพศเมียชนิดปีกสั้นวางไข่ประมาณ 300 ฟอง ตัวเต็มวัยมีชีวิตประมาณ 2 สัปดาห์ ในหนึ่งฤดูปลูกข้าวเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถเพิ่มปริมาณได้ 2-3 อายุขัย (generation) (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 วงจรชีวิตของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ก. ระยะไข่ เป็นกลุ่ม ประมาณ 4-10 ฟอง ข. ตัวอ่อนระยะที่

5 ค.ตัวเต็มวัยชนิดปีกสั้น (Brachypterastage) ง.ตัวเต็มวัยชนิดปีกยาว (Macroptera)

ที่มา : ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวกำแพงเพชร, 2553

การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นแมลงศัตรูข้าวที่พบระบาดในช่วงอากาศร้อน และความชื้นค่อนข้างสูง ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง ปี พ.ศ. 2553 ในเขตนาชลประทานภาคกลาง และภาคเหนือตอนล่าง มีการระบาดรุนแรง ส่งผลให้ผลผลิตลดลง 1.5-1.8 ล้านตันข้าวเปลือก คิดเป็นมูลค่าประมาณ 5,000 - 6,000 ล้านบาท และปี พ.ศ. 2551 พบการแพร่ระบาดรุนแรงใน อ.สามโก้ จ.อ่างทอง มีพื้นที่นาเสียหายทั้งหมดประมาณ 1,000 ไร่ และพบการระบาดกว่า 70-80 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด 40,000 ไร่ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล มีปากแทงดูดกินน้ำเลี้ยงจากกาบใบและคอรวงต้นข้าว ตัวเต็มวัยสีน้ำตาลทำลายต้นข้าว ในทุกระยะการเจริญเติบโต โดยเฉพาะแปลงนาที่ปลูกข้าวติดต่อกันนานโดยไม่เว้นช่วงพัก รวมทั้งการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชผิดประเภทในนาข้าว ทำให้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระบาดมากขึ้น เนื่องจากแมลงตัวห้ำศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลถูกทำลาย ในขณะที่เพลี้ยปรับตัวได้ ต้นข้าวที่ถูกเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลทำลายจะเหี่ยวแห้งเป็นสีน้ำตาลแก่ในระยะกล้า ต้นข้าวที่ออกรวงมีเมล็ดไม่สมบูรณ์และมีน้ำหนักเบา (ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ, 2553)

การปลูกข้าวในพื้นที่เขตร้อน ปัญหาแมลงรบกวนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ปัจจุบันปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการใช้ปัจจัยการผลิตที่มากเกินไป ได้แก่ ปุ๋ยเคมี สามารถเป็นสาเหตุให้แมลงเข้าทำลายได้ ทั้งการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ เช่น ความชื้นและอุณหภูมิที่สูงมาก ทำให้แมลงระบาดได้เช่นกัน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของแมลงประกอบไปด้วย

พืชอาหาร พืชที่ไม่สามารถทนทานหรือต้านทานต่อการเข้าทำลายของศัตรูพืชจะได้รับความเสียหายและสูญพันธุ์ไป การพิจารณาพันธุ์พืชจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญประการแรก

สภาพอากาศ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ มีความสัมพันธ์กับฤดูกาลมาก เช่น ในฤดูฝนพบว่ามี ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าฤดูกาลอื่นๆ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิน 80% ส่งผลให้เกิด การระบาดของแมลงมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ลมมีผลต่อการแพร่ระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยสามารถพัดพาจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง และเนื่องจากแมลงเป็น สัตว์เลือดเย็น อุณหภูมิของร่างกายเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของแมลง

จากเหตุผลดังกล่าวจึงจำเป็นต้องหาสัมประสิทธิ์การตอบสนองของอุณหภูมิ ต่อพัฒนาการและการขยายพันธุ์ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

แบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลขึ้นกับสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้นและอุณหภูมิ พืชอาหาร และศัตรูธรรมชาติ นอกจากนี้อัตราการระบาดยังขึ้นอยู่กับจำนวนของประชากรและระยะการพัฒนาการของแมลง ณ เวลานั้นๆ ด้วย จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ามีแบบจำลองพลวัตของแมลงศัตรูพืชอยู่หลายแบบ มีนักวิชาการทางการเกษตรจำนวนมากเกี่ยวข้องในการใช้แบบจำลองเหล่านี้ อย่างไรก็ตามแบบจำลองประเมินการระบาดที่มีอยู่ในปัจจุบันมี เพียงไม่กี่แบบที่มีการพัฒนาในหมู่ผู้ใช้ และส่วนใหญ่เป็นแบบจำลองแบบ empirical ซึ่งเป็นแบบจำลองง่าย ๆ ไม่ได้รวมปัจจัยต่างๆไว้อย่างครบถ้วน

การพัฒนาโมเดลของแมลงเริ่มจากการใช้ exponential และ logistic functions ซึ่งเป็นโมเดลที่ไม่ซับซ้อน แต่มีข้อจำกัดคือไม่ได้คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมและพืชอาหาร นอกจากนี้แบบจำลองดังกล่าวยังไม่ได้แบ่งระยะการพัฒนากการของแมลงออกเป็นระยะต่างๆ ทำให้ไม่สามารถระบุศักยภาพของแมลงที่จะก่อให้เกิดความเสียหายได้ชัดเจน

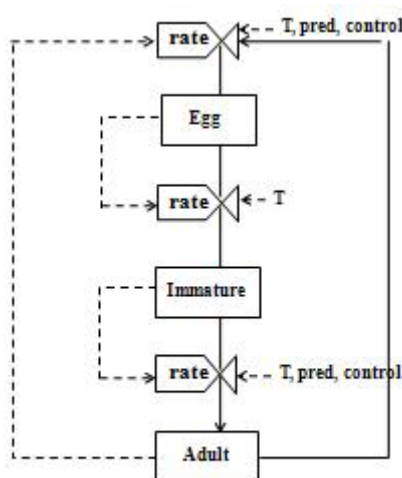
Leslie (1945) ได้ปรับปรุงแบบจำลองให้สามารถบอกระยะการพัฒนากการและจำนวนของแมลงได้ ซึ่งสามารถคำนวณประชากรในระยะที่คาบเกี่ยวได้ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดคือ ระยะเวลาของแต่ละระยะ (stage) ของการพัฒนากการ ของแมลงมีระยะเวลาที่เท่ากัน ซึ่งเป็นไปไม่ได้ในสภาพธรรมชาติ นอกจากนี้ยังไม่ได้คำนึงถึงผลของสภาพแวดล้อมหรือการจัดการเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ปัญหาดังกล่าวได้รับการแก้ไขในการพัฒนาโมเดลที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า Phenology model เช่น Phenology of Gypsy Moth Flight (Sharov, 1997) ซึ่งได้คำนึงถึงผลของอุณหภูมิ แต่ก็ยังไม่แบ่งการพัฒนากการของแมลงออกเป็นระยะต่างๆ ทำให้ไม่ทราบระยะเวลาที่วิกฤตในการป้องกันและกำจัด เช่นเดียวกันโมเดลประเภท Correlation (Sharov, 1997) เช่น Time series, Spatial series และ Mixed series ซึ่งเป็น empirical model แม้สามารถประเมินจำนวนของแมลงจากข้อมูลสภาพแวดล้อม แต่ก็ยังไม่ระบุระยะการพัฒนากการของแมลง ส่วนโมเดลประเภท Parasitism and Biological Control เช่น โมเดลของ Lotka (1925) Volterra (1926) และโมเดลของ Rogers (1972) แม้ได้คำนึงถึงผลของศัตรูธรรมชาติ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดคือไม่ระบุระยะการพัฒนากการของแมลงและไม่รวมผลจากสภาพแวดล้อม

แบบจำลองแมลงที่พัฒนาโดย Heong, 1982 เป็นแบบจำลองแบบ heuristic lines ซึ่งเป็นการจำลองความหนาแน่นของประชากรแมลง แต่ไม่ได้แบ่งระยะการพัฒนากการของแมลง มีการศึกษาความสัมพันธ์ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลกับปัจจัยทางสภาพอากาศ (Isichaiikul และ Ichikawa, 1993) ซึ่งจัดเป็นแบบจำลองประเภท empirical อย่างไรก็ตาม แบบจำลองประเภทนี้มีจุดอ่อนคือ ค่าคงที่ทางสถิติของปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองอาศัยพื้นฐานจากการทดลองในพื้นที่ที่ไม่ได้อาศัยการประเมินบนพื้นฐานของการเลียนแบบกลไกทางธรรมชาติ ส่งผลให้การใช้แบบจำลองนี้ไม่สามารถอธิบายเหตุผลถึงที่มาได้ จึงมีความจำเป็นที่ต้องพัฒนา แบบจำลอง ประเภท Mechanistic model ซึ่งเป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นโดยหลักการพื้นฐานและกลไกย่อยของระบบ (Hilbert, 1995) แบบจำลองของ Khor and Chua (1986) ซึ่งประยุกต์ใช้สมการ differential equations ของ von Foerster (1959) เพื่อประเมินจำนวนประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแต่ละระยะการพัฒนากการ ซึ่งก็ยังไม่ได้รวมผลของสภาพแวดล้อมต่อการพัฒนากการของแมลงเข้าในแบบจำลอง

Goudriaan and Roermund (1989) ใช้หลักการของ distributed delay function ในการเชื่อมต่อ differential equations และผลของปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ในการคำนวณระยะและอัตราการพัฒนากการของประชากรแมลง

ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้แบบจำลองของ Khor and Chua (1986) และ Goudriaan and Roermund (1989) เป็นพื้นฐานในการพัฒนาแบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเปรียบเทียบความสอดคล้องของข้อมูลระหว่างแบบจำลองและข้อมูลในสภาพไร่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

การศึกษานี้เลือกพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำชี ส่วนที่ 4 (บริเวณเชื่อมต่อระหว่างจังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ และมหาสารคาม) ซึ่งมีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลรุนแรง ในทั้ง 2 ระบบนิเวศน์ของการผลิตข้าว คือ ระบบนาข้าว และระบบนาชลประทาน และเมื่อนำไปเชื่อมโยงกับแบบจำลองพืช (crop model) จะสามารถประเมินผลกระทบต่อการผลิตข้าวและวิเคราะห์หาแนวทางการปรับตัวของระบบการผลิตข้าวได้ดีขึ้น



Flowchart of brown planthopper

แผนภาพแสดงกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง

การดำเนินงาน

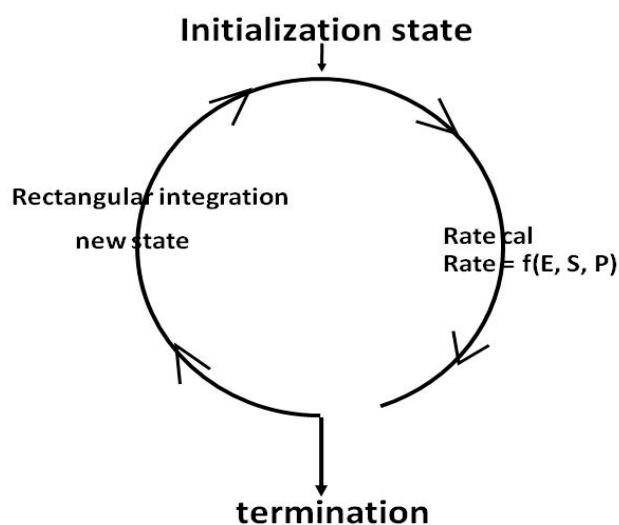
แบบจำลองเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลของข้าว

1. การพัฒนาแบบจำลองและการหาค่าสัมประสิทธิ์เพื่อยกระโดดสีน้ำตาลของข้าว (ปีที่1)

1.1 การพัฒนาแบบจำลองของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล

วิธีการสร้างแบบจำลอง (simulation methodology)

การจำลองการระบาดของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลจากข้อมูลวงจรชีวิตของแมลงและข้อมูลภูมิอากาศด้วยวิธีการคำนวณสถานะและอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร และความต้องการความร้อนสะสมในแต่ละระยะการพัฒนากการของแมลงเป็นตัวแปรขับเคลื่อน (Goudriaan and Roermund, 1989; Goudriaan and van Laar, 1994) เขียนด้วยโปรแกรม Fortran การปรับปรุงในส่วนของแบบจำลองพลวัตของแมลงศัตรูพืชโดยเพิ่มปัจจัยของแมลงศัตรูธรรมชาติที่สำคัญ (Lotka, 1925 and Volterra, 1926) และapplication ที่เป็นส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้ เขียนด้วยโปรแกรม c-sharp



แผนภาพแสดง state approach ของแบบจำลองแมลง

Equation:

$$\begin{aligned}\frac{dNne_{(t)}}{dt} &= Rne - Mne - Dne \\ &= (ta * na) * MF - te * ne - de * ne \\ ne_t &= \int_{t_0}^t dNne_{(t)} = \int_{t_0}^t (Rne - Mne - Dne) * dt \\ &= (Rne - Mne - Dne) * t + ne_0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{dNnn_{(t)}}{dt} &= Rnn - Mnn - Dnn \\ &= te * ne - tn * nn - dn * nn \\ nn_t &= \int_{t_0}^t dNnn_{(t)} = \int_{t_0}^t (Rnn - Mnn - Dnn) * dt \\ &= (Rnn - Mnn - Dnn) * t + nn_0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{dNna_{(t)}}{dt} &= Rna - Mna - Dna \\ &= tn * nn - ta * na - da * na \\ na_t &= \int_{t_0}^t dNna_{(t)} = \int_{t_0}^t (Rna - Mna - Dna) * dt \\ &= (Rna - Mna - Dna) * t + na_0\end{aligned}$$

การเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองพืชกับแบบจำลองเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล

1. แบบจำลองข้าว โครงการนี้ได้เลือกใช้แบบจำลองข้าวที่พัฒนาโดย อ.เกริก ปั่นแห่งเพชร ประกอบด้วยข้อมูลหลักที่จะส่งให้กับแบบจำลองเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล ได้แก่ ปริมาณน้ำตาล และปริมาณพื้นที่ใบที่ข้าวสร้างขึ้นในแต่ละวัน

2. แบบจำลองเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล ประกอบด้วยข้อมูล จำนวนเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย ปริมาณน้ำตาลที่เพื่อยกระโดดสีน้ำตาลใช้เป็นอาหาร (Sogawa, 1994) และปริมาณพื้นที่ใบที่ถูกทำลายโดยแมลงหรือโรคพืชในแต่ละวัน

3. โมดูลเชื่อมโยง โดยเรียกแบบจำลองซ้ำกับแบบจำลองเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล ให้แบบจำลองส่งข้อมูลแลกเปลี่ยนเพื่อคำนวณผลลัพธ์ในแต่ละวัน

คำนิยามในตารางที่ 6 และ 7 ใช้อธิบายสัมมนาการด้านบน

ตารางที่ 6 ตัวแปรสถานะ (State variables) ของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล ที่ใช้ในแบบจำลองพลวัต

Variable	Description
ne	number of eggs
nn	number of nymphs
na	number of adults
t1e2n,t1n2a, and t1a2d	lower development threshold temperature in degree Celsius for egg, nymphs, and adults, respectively
t2e2n,t2n2a, and t2a2d	upper development threshold temperature in degree Celsius for egg, nymphs, and adults, respectively
e2n,n2a,a2d	thermal constant (degree-day) for egg, nymphs, and adults, respectively
tmin and tmax	daily minimum and maximum temperature, respectively
tbar	daily mean temperature
dd	degree days
tdd	cumulative degree days (=tdd+dd)
ls	cumulative thermal constant (degree-day) for eggs to adults (=e2n+n2a+a2d)
te, tn, ta	the flow rate in distributed delay is equal the number of stages, n. required divide by the time to complete a life stage

ตารางที่ 7 ตัวแปรอัตรา (Rate variables) ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่ใช้ในแบบจำลองพลวัต

Variable	Description
Rne,Mne,Dne	use for calculate dNne, rate calculation of egg
Rnn,Mnn,Dnn	use for calculate dNnn, rate calculation of nymph
Rna,Mna,Dna	use for calculate dNna, rate calculation of adult
pf	proportion of females in the population
MF	number of egg laid per day per adults
dN	= in-out-dead or = $r - m - d \cdot n$
dNne, dNnn dNna	rate for eggs, nymph, and adults,respectively

1.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

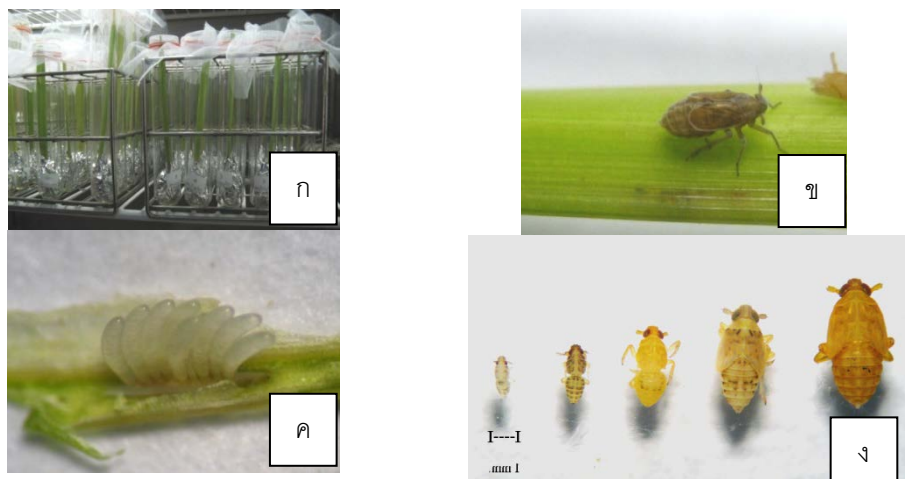
การทดสอบอัตราการรอดชีวิตเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในอุณหภูมิ ต่างๆ

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ ส่งผลให้การแพร่พันธุ์ของแมลงศัตรูข้าวทวีความรุนแรงมากขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการทดสอบการอัตราการรอดชีวิต ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในอุณหภูมิ ต่างๆเพื่อศึกษาว่าเมื่ออุณหภูมิของสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลกระทบต่อจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลไปในทิศทางใด จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าความร้อนคงที่ (Degree day) โดยคำนวณดังนี้

อุณหภูมิต่ำสุดที่เจริญเติบโตได้ (Base Devel)– ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิประจำวัน $\times$ ระยะเวลาของการพัฒนาการ

ทำการทดสอบในข้าวพันธุ์ 5 สายพันธุ์ โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ต้านทาน ได้แก่ พันธุ์ TN1 เป็นพันธุ์ควบคุม กข. 6 กข. 15 และพันธุ์ต้านทาน ได้แก่ ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี1 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่สำรวจ ในอุณหภูมิต่างๆ 4 อุณหภูมิ ได้แก่ 20 25 30 35 องศาเซลเซียส โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

1. จับคู่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพศผู้เพศเมีย 1:1 นำมาปล่อยบนต้นข้าวที่เตรียมไว้ในหลอดทดลอง เพื่อให้วางไข่ จากนั้นนำไปวางไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ
2. ตรวจสอบการวางไข่ จากนั้นบันทึกเวลาที่ไข่ฟัก
3. เมื่อตัวอ่อนฟักออกจากไข่ นับจำนวนตัวอ่อนที่ฟักออกมา จากนั้นย้ายตัวอ่อนใส่ในต้นกล้าข้าวหลอดละ 2 ตัว สังเกต และจดบันทึกการเจริญเติบโต ช่วงเปลี่ยนวัยในแต่ละหลอดจนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัย โดยสังเกตจากรอยลอกคราบทำทั้งหมด 100 ซ้ำ (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 การทดสอบอุณหภูมิ (ก) หลอดจับคู่ตัวเต็มวัย (ข) ตัวเต็มวัยเพศเมีย (ค) ไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ง) เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลวัย 1 -5

1.3 ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้น

การจำลองประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

การใช้งานแบบจำลอง มีข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง ($\text{mj}/\text{m}^2/\text{d}$) ค่าอุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน (องศาเซลเซียส) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที) ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตรต่อวัน) และค่าการอพยพเข้า (immigrant) ในแปลงของตัวเต็มวัยเพศเมียปีกยาว

2. การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองในพื้นที่ศึกษาภาคกลางและลุ่มน้ำชี (ปีที่2)

การทดสอบความสอดคล้อง (Model validation)

สำหรับการวิเคราะห์สอดคล้อง คำนวณได้จากค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับข้อมูลในสภาพไร่ ของแต่ละพื้นที่ คำนวณจาก

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ X = ข้อมูลในสภาพไร่

Y = ข้อมูลที่ได้จากการจำลอง

ผลการดำเนินการ

แบบจำลองเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลของข้าว

1. การพัฒนาแบบจำลองและการหาค่าสัมประสิทธิ์เพื่อยกระโดดสีน้ำตาลของข้าว (ปีที่1)

1.1 การพัฒนาแบบจำลองของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล (6 เดือนที่ 1)

สมการแบบจำลองที่สอดคล้องกับแบบจำลองการเจริญเติบโตของ เพื่อยกระโดดสีน้ำตาล (ตารางที่ 8-9) ภายใต้โปรแกรม แสดงดังต่อไปนี้

implicit none

real :: e2n, n2a, tle2n, the2n, tln2a, thn2a, a2d, tla2d, tha2d, ls

real :: tbar, tl, th

real :: dd, tdd

real :: srn, tmn, tmx, rhu, wns, rnf

real :: step

real :: de, dn, da

real :: ne, nn, na, me, mn, ma, re, rn, ra

real :: dne, dnn, dna

real :: gen

call dwthr(srn, tmn, tmx, rhu, wns, rnf)

if (step()==1.0) then ! system initialization: parameterization, initialize state

e2n = 98.4

tle2n = 12.3

the2n = 35.0

n2a = 146.4

tln2a = 9.4

thn2a = 35.0

a2d = 111.6

tla2d = 10.0

tha2d = 38.0

ls = e2n + n2a + a2d

tdd = e2n + n2a ! initial developmental state

de = 0.0845

dn = 0.0845

```

        da = 0.124
re = 0.0          ! initial pop
        rn = 0.00
        ra = 0.01
        ne =0.0
        nn =0.01
        na = 0.0
        me = 0.0
        mn = 0.0
        ma = 0.0
        gen = 0.0
else if (step()==2.0) then ! rate calculation
        tbar = (tmx+tmn)/2.0
if (tdd <= e2n) then
        call develop (tbar, tle2n, the2n, dd)
                me = na
                re = me * 74.0
                call pop (re, me, de, ne, dne)
na = 0.0
        dna = 0.0
else if (tdd > e2n .and. tdd <= (e2n + n2a)) then
        call develop (tbar, tln2a, thn2a, dd)
me = ne
        rn = me
        call pop (rn, mn, de, nn, dnn)
        ne = 0.0
        dne = 0.0
else if (tdd > (e2n + n2a) .and. tdd <= (e2n + n2a + a2d)) then
        call develop (tbar, tla2d, tha2d, dd)
mn = nn
        ra = mn
        call pop (ra, ma, da, na, dna)

```

```

        nn = 0.0
        dnn = 0.0
    else
    end if
    else if (step()==3.0) then ! integration to update new state
    tdd = tdd + dd * 1.0  ! time step = 1.0 day
    if (tdd >= ls ) then
        tdd = 0.0
        gen = 1.0 + gen
    end if
    na = na + dna
        ne = ne + dne
        nn = nn + dnn
    end if
    call output ('CCd', tdd)
        call output ('Cd', dd)
        call output ('ne', ne)
        call output ('nn', nn)
        call output ('na', na)
    call output ('gen', gen)
        if (gen > 3.0) call termination ('3 generation')
    end

SUBROUTINE develop (tbar, TL, TH, DD) ! calculation the rate of development (dd)
implicit none
real :: tbar, tl, th, dd
if (tbar < tl) then
    dd = 0.0
else if (tbar > th) then
    dd = 0.0
else
    dd = tbar-tl
end if

```

```

end

      subroutine pop(r, m, d, n, dn) ! calculation of the rate of change of population
      implicit none
      real:: dn, r, m, d, n
      dn = r - m - d*n
      end

```

การพัฒนาแบบจำลองของเพร็ลยกระโดดสีน้ำตาล (6 เดือนที่ 2-3)

สมการแบบจำลองที่สอดคล้องกับแบบจำลองการเจริญเติบโตของ เพร็ลยกระโดดสีน้ำตาล ภายใต้อัลกอริทึม Fortran แสดงดังต่อไปนี้

```

subroutine model
implicit none
real :: e2n, n2a, tle2n, the2n, tln2a, thn2a, a2d, tla2d, tha2d, ls
real :: tbar, tl, th
real :: dd, tdd
real :: mra
real :: srn, tmn, tmx, rhu, wns, rnf
real :: step, param, incon, intpl, doy, LDATE, rntime

real :: de, dn, da, te, tn, ta
real :: ne, nn, na, me, mn, ma, re, rn, ra, mf
real :: Rne, Rnn, Rna, Mne, Mnn, Mna, dNne, dNnn, dNna, Dne, Dnn, Dna
real :: gen

call dwthr(srn, tmn, tmx, rhu, wns, rnf)
call timer(rntime)

if (step()==1.0) then    ! system initialization: parameterization, initialize state
  e2n = 98.4
  tle2n = 12.3
  the2n = 35.0

  n2a = 146.4

```

tln2a = 9.4

thn2a = 35.0

a2d = 111.6

tla2d = 10.0

tha2d = 38.0

ls = e2n + n2a + a2d

! tdd = e2n + n2a now define in rnspec.sys initial developmental state

de = 0.0845

dn = 0.0845

da = 0.124

MF = 74.8

tdd = incon ('tdd')

ne = incon ('ne')

nn = incon ('nn')

na = incon ('na')

gen = 0.0

te = 0.1

tn = 0.1

ta = 0.1

LDATE = incon ('LDATE')

else if (step()==2.0) then ! rate calculation

 tbar = (tmx+tmn)/2.0

 if (tdd <= e2n) then

 call develop (tbar, tle2n, the2n, dd)

$R_{ne} = (t_a * n_a) * MF$

$dN_{na} = -t_a * n_a$! this term use for integration in step3

$M_{ne} = t_e * n_e$

$dN_{nn} = M_{ne}$! this term use for integration in step3

$D_{ne} = d_e * n_e$

call pop (Rne, Mne, Dne, dNne)

else if (tdd > e2n .and. tdd <= (e2n + n2a)) then

call develop (tbar, tln2a, thn2a, dd)

$R_{nn} = t_e * n_e$

$dN_{ne} = -R_{nn}$! (-)minus because dNne will decrease with Rnn

$M_{nn} = t_n * n_n$

$dN_{na} = M_{nn}$! (+)plus because dNna will increase with Mnn

$d_{nn} = d_n * n_n$

call pop (Rnn, Mnn, Dnn, dNnn)

else if (tdd > (e2n + n2a) .and. tdd <= (e2n + n2a + a2d)) then

call develop (tbar, tla2d, tha2d, dd)

$R_{na} = t_n * n_n$

$dN_{nn} = -R_{na}$

$M_{na} = t_a * n_a$

$dN_{ne} = M_{na} * MF$

$D_{na} = d_a * n_a$!

$d_{nna} = r_{na} - m_{na} - d_{na}$

else

end if

mra = intpl('pmr', doy()) ! mra = migration rate, pmr is table's name

```
else if (step()==3.0) then    ! integration to update new state
```

```
    if ((ne+nn+na) == 0.0) then
```

```
        tdd = 244.8
```

```
    else
```

```
        tdd = tdd + dd * 1.0    ! time step = 1.0 day
```

```
    end if
```

```
    if (tdd >= ls ) then
```

```
        tdd = 0.0
```

```
        gen = 1.0 + gen
```

```
    end if
```

```
!    na = max(0.0, na + dNna)
```

```
    na = max(0.0, na + dNna + mra)
```

```
!    ne = ne + dNne
```

```
!    nn = nn + dNnn
```

```
    ne = max(0.0, ne + dNne)
```

```
    nn = max(0.0, nn + dNnn)
```

```
end if
```

```
!    call output ('doy', doy())
```

```
    call output ('CCd', tdd)
```

```
    call output ('Cd', dd)
```

```
    call output ('ne', ne)
```

```
    call output ('nn', nn)
```

```
    call output ('na', na)
```

```
!    call output ('rne', rne)
```

```
!    call output ('mne', mne)
```

```
!    call output ('dne', dne)
```

```
!    call output ('dNne', dNne)
```

```
!    call output ('mna', mna)
```

```
!    call output ('dNna', dNna)
```

```
    call output ('gen', gen)
```

```
!    call output ('mra', mra)
```

```
    if (gen > 3.0) call termination ('3 generation')
```

```
!    if (doy() >= LDATE) call termination ('LDATE')
```

```
    if (rntime >= LDATE) call termination ('LDATE')
```

```
end
```

```
SUBROUTINE develop (tbar, TL, TH, DD) ! calculation the rate of development (dd)
```

```
implicit none
```

```
real :: tbar, tl, th, dd
```

```
if (tbar < tl) then
```

```
    dd = 0.0
```

```
else if (tbar > th) then
```

```
    dd = 0.0
```

```
else
```

```
    dd = tbar-tl
```

```
end if
```

```
end
```

```
subroutine pop(in, out, dead, dn) ! calculation of the rate of change of population
```

```
implicit none
```

```
real:: dn, in, out, dead
```

```
dn = in - out - dead
```

```
end
```

Definition of type

Type;	G	generic used by several subroutines
	C	control
	L	local
	I	Input
	C	Input constant
	O	Output
	F	Function
	S	Subroutine

Name	Description	unit	Type	Origin	Used by
------	-------------	------	------	--------	---------

Model components

Subroutine Model

Structuring model components

syntax: model

variables:

none

module use:

none

Function call:

none

subroutine call:

Name	Description	unit	Type	Origin	Used by
Develop	calculate rate of development (dd)				
Pop	calculate rate of change of population				

Subroutine Develop

Calculate rate of development (dd)

syntax: develop

variables:

Name	Description	unit	Type	Origin	Used by
tl	base temperature for development	C	I	rnspec.sys	Develop
th	temperature upper for development	C	I	rnspec.sys	Develop
tbar	daily mean temperature	C	I		Develop
hr	hour of day.	h	L		Develop
j	date.	day of year	O	Develop/doy	inter_var/dl
tmin	daily minimum temperature.	C	I	rnspec.wth	
tmax	daily maximum temperature.	C	I	rnspec.wth	

Function call:

param reading input parameter from rnspec.sys
 incon reading input initial condition from rnspec.sys
 step controlling simulation step
 intgrl rectangular integration

Subroutine call:

doy. return the doy of year, *j*
 dwthr return daily weather variables, including *tmin* and *tmax*

subroutine Pop

Calculate rate of change of population

syntax: pop

variables:

Name	Description	unit	Type	Origin	Used by
in	recruitment from the previous stage	-	I	-	pop
out	the number of maturing out of the stage	-	I	-	pop
dead	death rate per day	-	I	-	pop

Module use:

none

Function call

param	reading input parameter from rnspec.sys
incon	reading input initial condition from rnspec.sys
step	controlling simulation step
intgrl	rectangular integration
intpl	linear interpolation

Subroutine call

None

Basic functions and subroutines

Function intpl

Calculate migration rate

Syntax: intpl

Variables:

pmr	pmr is table's name	-	O	rnspec.sys	-
mra	migration rate	-	I	-	-

Driver subroutines

Subroutine doy

Return the current day of year

syntax: doy (j)

j	the current day of year	-	O
---	-------------------------	---	---

Subroutine dwthr

Passing 6 daily weather variables from rnspec.wth to the calling routine

Syntax: dwthr (rs, tmin, tmax, rh, u2, rain)

rs	daily solar radiation.	MJ/m2-d	O	rnspec.wth
----	------------------------	---------	---	------------

tmin	daily minimum temperature.	C	O	rnspec.wth
tmax	daily maximum temperature.	C	O	rnspec.wth
rh	daily relative humidity	%	O	rnspec.wth
u2	daily wind speed at 2m height.	m/s	O	rnspec.wth
rain	daily rainfall.	mm	O	rnspec.wth

Function param

Passing the value of variable from rnspec.sys to the calling routine

Syntax: param ('variableName')

Note: case sensitive

Function intpl

Perform linear Interpolation using co-ordinates given in rnspec.sys

Syntax: intpl ('Co-ordinateTableName', x value)

Note: case sensitive

Function intgl

Perform rectangular integration

Syntax: intgl(StateVariable, RateVariable)

Input file; rnspec.sys

sdate	starting date of model simulation	doy	C	rnspec.sys	driver
output	output interval	day	C	rnspec.sys	driver

การพัฒนาแบบจำลองของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล (6 เดือนที่ 4)

Equation:

$$\frac{dNne_{(t)}}{dt} = Rne - Mne - Dne - (a * ne * P)$$

$$= (ta * na) * MF - te * ne - de * ne$$

$$\begin{aligned} ne_t &= \int_{t_0}^t dNne_{(t)} = \int_{t_0}^t (Rne - Mne - Dne - (a * ne * P)) * dt \\ &= (Rne - Mne - Dne - (a * ne * P)) * t + ne_0 \end{aligned}$$

$$\frac{dP_{(t)}}{dt} = b * P * ne - m * P$$

$$\begin{aligned} P_t &= \int_{t_0}^t dP_{(t)} = \int_{t_0}^t (b * P * ne - m * P) * dt \\ &= (b * P * ne - m * P) * t + P_0 \end{aligned}$$

$$\frac{dNnn_{(t)}}{dt} = Rnn - Mnn - Dnn$$

$$= te * ne - tn * nn - dn * nn$$

$$\begin{aligned} nn_t &= \int_{t_0}^t dNnn_{(t)} = \int_{t_0}^t (Rnn - Mnn - Dnn) * dt \\ &= (Rnn - Mnn - Dnn) * t + nn_0 \end{aligned}$$

$$\frac{dNna_{(t)}}{dt} = Rna - Mna - Dna$$

$$= tn * nn - ta * na - da * na$$

$$\begin{aligned} na_t &= \int_{t_0}^t dNna_{(t)} = \int_{t_0}^t (Rna - Mna - Dna) * dt \\ &= (Rna - Mna - Dna) * t + na_0 \end{aligned}$$

คำนิยามในตารางที่ 8 ใช้อธิบายสมการด้านบน

ตารางที่ 8 ตัวแปรสถานะ (State variables) ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่ใช้ในแบบจำลองพลวัต

Variable	Description
ne	number of eggs
nn	number of nymphs
na	number of adults
P	density of egg predaceous bug, <i>Cyrtorhinus lividipennis</i> , an important predator of the brown planthoppers
t _{le2n} , t _{ln2a} , and t _{la2d}	lower development threshold temperature in degree Celsius for egg, nymphs, and adults, respectively
t _{he2n} , t _{hn2a} , and t _{ha2d}	upper development threshold temperature in degree Celsius for egg, nymphs, and adults, respectively
e _{2n} , n _{2a} , a _{2d}	thermal constant (degree-day) for egg, nymphs, and adults, respectively
t _{mn} and t _{mx}	daily minimum and maximum temperature, respectively
t _{bar}	daily mean temperature
dd	degree days
tdd	cumulative degree days (=tdd+dd)
ls	cumulative thermal constant (degree-day) for eggs to adults (=e _{2n} +n _{2a} +a _{2d})
te, tn, ta	the flow rate in distributed delay is equal the number of stages, n. required divide by the time to complete a life stage

ตารางที่ 9 ตัวแปรอัตรา (Rate variables) ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่ใช้ในแบบจำลองพลวัต

Variable	Description
R _{ne} , M _{ne} , D _{ne}	use for calculate dN _{ne} , rate calculation of egg
R _{nn} , M _{nn} , D _{nn}	use for calculate dN _{nn} , rate calculation of nymph
R _{na} , M _{na} , D _{na}	use for calculate dN _{na} , rate calculation of adult
p _f	proportion of females in the population
MF	number of egg laid per day per adults
dN	= in-out-dead or = r - m- d*n
dN _{ne} , dN _{nn} dN _{na}	rate for eggs, nymph, and adults, respectively
a	predation rate coefficient
b	reproduction rate of predators per 1 prey eaten
m	predator mortality rat

สมการแบบจำลองที่สอดคล้องกับแบบจำลองการเจริญเติบโตของ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ภายใต้
โปรแกรม Fortran แสดงดังต่อไปนี้

```
subroutine pests
```

```
use inter_modules
```

```
implicit none
```

```
real :: e2n, n2a, tle2n, the2n, tln2a, thn2a, a2d, tla2d, tha2d, ls
```

```
real :: tbar, tl, th
```

```
real :: dd, tdd
```

```
real :: mra
```

```
real :: srn, tmn, tmx, rhu, wns, rnf
```

```
real :: step, param, incon, intpl, doy, LDATE, rntime
```

```
real :: de, dn, da, te, tn, ta
```

```
real :: ne, nn, na, me, mn, ma, re, rn, ra, mf
```

```
real :: Rne,Rnn,Rna, Mne, Mnn, Mna, dNne, dNnn, dNna, Dne, Dnn, Dna
```

```
real :: gen
```

```
real :: ch2o, pop
```

```
real :: nnpop, napop, fooddemand, s2d, rel_effect, dNna_max
```

```
call dwthr(srn, tmn, tmx, rhu, wns, rnf)
```

```
call timer(rntime)
```

```
ch2o = cho
```

```
if (step()==1.0) then ! system initialization: parameterization, initialize state
```

```
! e2n = 98.4
```

```
! tle2n = 12.3
```

```
! the2n = 35.0
```

```
! n2a = 146.4
```

```
! tln2a = 9.4
```

```
! thn2a = 35.0
```

```
! a2d = 111.6
```

```
! tla2d = 10.0
```

```

!   tha2d = 38.0
      e2n = incon ('e2n')
      tle2n = incon ('tle2n')
      the2n = incon ('the2n')

      n2a = incon ('n2a')
      tln2a = incon ('tln2a')
      thn2a = incon ('thn2a')

      a2d = incon ('a2d')
      tla2d = incon ('tla2d')
      tha2d = incon ('tha2d')

      ls = e2n + n2a + a2d
      ! tdd = e2n + n2a      now define in rnspec.sys initaial developmental state
!      de = 0.0845
!      dn = 0.0845
!      da = 0.124
      !      MF = 74.8
      de = incon ('de')
      dn = incon ('dn')
      da = incon ('da')

      MF = incon ('MF')
      tdd = incon ('tdd')
      ne = incon ('ne')
      nn = incon ('nn')
      na = incon ('na')
      te = incon ('te')
      tn = incon ('tn')
      ta = incon ('ta')
      gen = 0.0
!   te = 0.1
!   tn = 0.1
!   ta = 0.1
!   plant density hills/m2 = 16.0
      nnpop = 16.0 * nn

```

```

napop = 16.0 * na

LDATE = incon ('LDATE')
else if (step()==2.0) then ! rate calculation
    fooddemand = (6.0/4) * (nnpop) + (6.0/4) * (napop)
!    assume 1 mg bph biomass      consume 6 mg of ch2o
    s2d = ch2o/fooddemand
!    y = relative effect, value between -1.0 to 1.0
!    y = minimum + (maximum/(1 + EXP(slope*(center-x))))
rel_effect = -1.385338882 + (2.574796825/(1+EXP(1.799155892*(1.799155892-s2d))))

tbar = (tmx+tmn)/2.0
if (tdd <= e2n) then
    call develop (tbar, tle2n, the2n, dd)

Rne = (ta * na) * MF
dNna = -ta*na      !-Rne ! this term use for integration in step3
Mne = te * ne
dNnn = Mne         ! this term use for integration in step3
Dne = de * ne

!    call pop (Rne, Mne, Dne, dNne)
    dNne = Rne - Mne - Dne

else if (tdd > e2n .and. tdd <= (e2n + n2a)) then
    call develop (tbar, tln2a, thn2a, dd)
    Rnn = te * ne
    dNne = -Rnn      ! (-)minus because dNne will decrease with Rnn
    Mnn = tn * nn
    dNna = Mnn       ! (+)plus because dNna will increase with Mnn
    dnn = dn * nn

!    call pop (Rnn, Mnn, Dnn, dNnn)
    dNnn = Rnn - Mnn - Dnn

else if (tdd > (e2n + n2a) .and. tdd <= (e2n + n2a + a2d) ) then
    call develop (tbar, tla2d, tha2d, dd)

```

```

    Rna = tn * nn
    dNnn = -Rna
    Mna = ta * na
    dNne = Mna * MF
    Dna = da * na
!   call pop (Rna, Mna, Dna, dNna
        dNna_max = Rna - Mna - Dna
        dNna = dNna_max * rel_effect
    else

end if

mra = intpl('pmr', doy()) ! mra = migration rate, pmr is table's name

choloss = min(fooddemand, ch2o)

else if (step()==3.0) then    ! integration to update new state

    if ((ne+nn+na) == 0.0) then
        tdd = 244.8
    else
        tdd = tdd + dd * 1.0    ! time step = 1.0 day
    end if

    if (tdd >= ls ) then
        tdd = 0.0
        gen = 1.0 + gen
    end if

!   na = max(0.0, na + dNna)
        na = max(0.0, na + dNna + mra)
!   ne = ne + dnne
!   nn = nn + dnna

    ne = max(0.0, ne + dNne)
    nn = max(0.0, nn + dNnn)

```

```

nnpop = 16.0 * nn
napop = 16.0 * na
fooddemand = (6.0/4) * (nnpop) + (6.0/4) * (napop)

end if
! call output ('doy', doyear)

call output ('CCd', tdd)
call output ('Cd', dd)
call output ('ne', ne)
call output ('nn', nn)
call output ('na', na)
call output ('gen', gen)
call output ('s2d', s2d)
call output ('rel_effect', rel_effect)
call output ('fooddemand', fooddemand)
call output ('choloss', choloss)
! call output ('rne', rne)
! call output ('mne', mne)
! call output ('dne', dne)
! call output ('dnne', dnne)
! call output ('mna', mna)
! call output ('dNna', dNna)
! call output ('mra', mra)

if (gen > 3.0) call termination ('3 generation')
! if (doy() >= LDATE) call termination ('LDATE')
if (rntime >= LDATE) call termination ('LDATE')
end

SUBROUTINE develop (tbar, TL, TH, DD) ! calculation the rate of development (dd)
implicit none
real :: tbar, tl, th, dd

if (tbar < tl) then
  dd = 0.0
else if (tbar > th) then
  dd = 0.0

```

```

else
    dd = tbar-tl
end if
end

subroutine pop(in, out, dead, dn) ! calculation of the rate of change of population
implicit none
real:: dn, in, out, dead

dn = in - out - dead
end

```

1.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์ของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล

กลุ่มพันธุ์ไม่ต้านทาน เราใช้พันธุ์ TN1 เป็นพันธุ์ควบคุม และทำการทดสอบในข้าวพันธุ์ กข 6 และ กข 15 โดยได้มาจากเกษตรกรที่ปลูกในพื้นที่สำรวจ ความรุนแรงของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล ซึ่งได้ผลดังต่อไปนี้

ผลการเลี้ยงเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ TN1 ที่อุณหภูมิ 20, 25, 30, 35 องศาเซลเซียส พบว่า ในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเจริญเติบโตมากที่สุด คือระยะไข่ใช้เวลาเฉลี่ย 12.54 ± 0.86 วัน ส่วนใน อุณหภูมิ 25, 30, 35 องศาเซลเซียส ใช้เวลาไม่แตกต่างกันมาก คือ 6.75 ± 1.49 7.21 ± 0.53 และ 6.18 ± 1.02 วัน ตามลำดับ แต่เมื่อเข้าระยะตัวอ่อนจนเป็นตัวเต็มวัยใช้เวลาในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ระยะเวลาจากไข่ถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ยลดลง คือ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 46.55 ± 4.52 วัน อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 44.12 ± 1.10 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 43.13 ± 0.12 วัน และ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 41.56 ± 2.05 วัน ดังเห็นได้ใน ตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาการของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ TN1

Varieties	Growth stages	20 Degree C		25 Degree C		30 Degree C		35 Degree C	
		Average ±SD (Day)	Rang e (Day)	Average ±SD (Day)	Rang e (Day)	Average ±SD (Day)	Rang e (Day)	Average ±SD (Day)	Rang e (Day)
TN1	Egg	12.54±0.86	10-14	6.75±1.49	5-8	7.21±0.53	7-9	6.18±1.02	5-8
	Nymph State								
	1	5.16±1.52	3-6	5.08±0.29	5-6	3.75±0.28	3-5	3.55±0.88	2-4
	2	4.33±3.12	3-8	3.00±0.43	3-4	3.39±0.52	2-5	3.01±1.05	2-5
	3	5.43±2.84	3-8	2.58±0.67	2-4	5.56±0.68	4-7	3.48±0.85	2-4
	4	4.07±2.12	3-7	2.50±0.52	2-3	4.02± 0.78	2-5	3.65±0.96	3-4
	5	5.02±2.51	4-7	3.51±1.62	5-6	7.12±3.12	5-10	3.25±1.05	2-6
	Male	10.16±1.01	8-11	13.12±1.21	11-15	14.11±1.60	12-15	14.44±1.45	10-16
	Female	13.02±1.12	10-14	16.11±2.13	13-18	18.12±2.11	16-19	16.88±2.05	14-20
	Egg- Adult	46.55±4.52	44-48	44.12±1.10	42-49	43.13±0.12	42-46	41.56±2.05	28-45
	Sex Ratio (Male:Female)	1:1.3		1:1.51		1:1.58		1:1.52	

ผลการเลี้ยงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ กข 6 ที่อุณหภูมิ 20, 25, 30, 35 องศาเซลเซียส พบว่า ในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเจริญเติบโตมากที่สุด คือระยะไข่ใช้เวลาเฉลี่ย 16.04±2.10วัน ส่วนใน อุณหภูมิ 25 30 35 องศาเซลเซียส ใช้เวลาไม่แตกต่างกันมาก คือ 7.54±0.86 7.44±1.04 และ 6.30±1.10วัน ตามลำดับ แต่เมื่อเข้าระยะตัวอ่อนจนเป็นตัวเต็มวัยใช้เวลาในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน และเมื่อรวมตั้งแต่ระยะไข่ถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ยลดลง คือ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 48.77±3.48 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้เวลา อุณหภูมิ 41.56±1.51 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 43.11±1.14 วัน และ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 42.18±1.81 วันดังเห็นได้ใน ตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาการของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ กข 6

Varieties	Growth stages	20 Degree C		25 Degree C		30 Degree C		35 Degree C	
		Average ±SD (Day)	Range (Day)	Average ±SD (Day)	Range (Day)	Average ±SD (Day)	Range (Day)	Average ±SD (Day)	Range (Day)
RD 6	Egg	16.04±2.10	12-20	7.54±0.86	7-10	7.44±1.04	5-8	6.30±1.10	6-8
	Nymph State								
	1	5.81±1.25	2-9	2.33±0.70	2-4	3.45±1.25	3-5	2.95 ± 1.23	2-4
	2	4.32±1.31	3-8	4.77±0.4	3-5	2.10±1.44	3-4	3.03 ± 2.94	3-8
	3	4.26±1.14	3-7	2.66±0.5	3-4	2.30±0.89	3-5	3.28 ± 2.51	3-8
	4	5.14±1.14	2-7	2.55±0.52	2-3	4.60±1.46	4-5	3.21 ± 1.38	3-6
	5	6.28±1.18	3-8	2.44±0.72	1-2	4.30±0.65	3-5	4.14 ± 1.28	3-5
	Male	16.14±1.08	6-10	12.80±0.70	11-15	12.19±0.11	11-13	15.5 ± 2.1	12-17
	Female	17.84±3.44	13-19	16.12±0.70	12-18	16.33±1.23	14-18	16.0 ± 2.2	15-19
	Egg- Adult	48.77±3.48	42-50	41.56±1.51	37-47	43.11±1.14	41-48	42.18±1.81	39-45
	Sex Ratio (Male:Female)	1:1.24		1:1.60		1:1.45		1: 1.56	

ผลการเลี้ยงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ กข 15 ที่อุณหภูมิ 20, 25, 30, 35 องศาเซลเซียส พบว่า ในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเจริญเติบโตมากที่สุด คือระยะไข่ใช้เวลาเฉลี่ย 14.15 ± 1.51 วัน ส่วนใน อุณหภูมิ 25, 30, 35 องศาเซลเซียส ใช้เวลาไม่แตกต่างกันมาก คือ 8.54 ± 0.86 , 7.40 ± 0.15 และ 6.40 ± 1.20 วัน ตามลำดับ แต่เมื่อเข้าระยะตัวอ่อนจนเป็นตัวเต็มวัยใช้เวลาในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน และเมื่อรวมตั้งแต่ระยะไข่ถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ยลดลง คือ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 48.19 ± 8.11 วัน 25 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 45.58 ± 1.75 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 44.71 ± 1.41 วัน และ ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 42.12 ± 2.10 วันดังเห็นได้ใน ตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาการของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ กข 15

Varieties	Growth stages	20 Degree C		25 Degree C		30 Degree C		35 Degree C	
		Average		Average		Average		Average	
		±SD	Range (Day)	±SD	Range (Day)	±SD	Range (Day)	±SD	Range (Day)
		(Day)		(Day)		(Day)		(Day)	
RD 15	Egg	14.15±1.51	10-18	8.54±0.86	7-10	7.40±0.15	6-8	6.40±1.20	6-8
	Nymph State								
	1	5.49±0.69	3-7	2.44±0.70	2-4	2.60±1.20	3-5	2.88 ± 1.23	3-4
	2	3.54±1.28	2-7	4.17±0.9	3-5	2.88±1.70	3-4	2.85 ± 2.84	4-6
	3	4.55±1.35	2-9	2.16±0.7	3-4	2.01±0.85	3-5	3.47 ± 3.56	4-8
	4	4.80±0.96	3-7	2.23±0.52	2-3	5.80±1.40	4-5	4.14 ± 5.43	3-5
	5	6.17±0.62	5-7	2.71±0.72	1-2	4.00±0.60	3-5	5.10 ± 3.52	4-6
	Male	14.11±2.44	11-18	12.31±0.75	11-15	12.98±0.18	11-15	17.10 ± 2.9	16-20
	Female	17.70±3.10	12-19	15.44±0.70	12-17	16.23±1.64	14-19	16.21 ± 2.8	17-21
	Egg- Adult	48.19±8.11	45-52	45.58±1.75	41-47	44.71±1.41	41-47	42.12±2.10	41-46
	Sex Ratio								
	(Male:Female)	1:1.55		1:1.88		1:1.40		1:1.41	

ในพันธุ์ด้านทานนี้ได้ทำการทดสอบในพันธุ์ ชัยนาท 1 และสุพรรณบุรี 1 ซึ่งใช้เป็นตัวแทนในกลุ่มพันธุ์ข้าวด้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ซึ่งทั้ง 2 พันธุ์นี้ได้ให้เกษตรกรปลูกในพื้นที่ที่สำรวจความรุนแรงของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเช่นกัน ซึ่งในทั้ง 2 พันธุ์นี้ไม่สามารถเลี้ยงในอุณหภูมิ 35 ได้สำเร็จเพราะไข่ไม่สามารถฟักได้ และตัวอ่อนก็ไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้ ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการเลี้ยงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ ชัยนาท 1 ที่อุณหภูมิ 20, 25, 30 ใน อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสไม่สามารถเจริญเติบโตจนครบวงจร ชีวิต ในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเจริญเติบโตมากที่สุด คือระยะไข่ใช้เวลา เฉลี่ย 15.11 ± 1.88 วัน ส่วนใน อุณหภูมิ 25 30 องศาเซลเซียส ใช้เวลาไม่แตกต่างกันมาก คือ 7.11 ± 1.50 7.35 ± 0.11 วัน ตามลำดับ แต่เมื่อเข้าระยะตัวอ่อนจนเป็นตัวเต็มวัยใช้เวลาในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน และเมื่อรวมตั้งแต่ระยะไข่ถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ยลดลง คือ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 48.27 ± 8.11 วัน 25 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 47.14 ± 0.12 วัน ที่อุณหภูมิ 30

องศาเซลเซียส 44.88 ± 1.98 วัน แต่ในอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ไข่ไม่สามารถฟักได้ แต่ตัวอ่อนสามารถเจริญเติบโตได้ แต่ไม่เป็นตัวเต็มวัย โดยแสดงผลดังใน ตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาการของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ ชัยนาท 1

Varieties	Growth stages	20 Degree C		25 Degree C		30 Degree C		35 Degree C	
		Average $\pm$ SD (Day)	Range (Day)	Average $\pm$ SD (Day)	Range (Day)	Average $\pm$ SD (Day)	Range (Day)	Average $\pm$ SD (Day)	Range (Day)
Chai nat 1	Egg	15.11 ± 1.88	11-17	7.11 ± 1.50	5-8	7.35 ± 0.11	6-8		
	Nymph State								
	1	4.60 ± 0.95	4-7	3.40 ± 1.00	3-6	3.60 ± 1.20	3-5		
	2	4.45 ± 1.38	3-7	3.40 ± 2.30	4-6	2.40 ± 1.40	3-4		
	3	4.30 ± 1.19	3-7	3.60 ± 2.10	3-7	2.90 ± 0.80	3-5	Not complete their life cycle and eventually death.	
	4	3.47 ± 1.71	3-8	3.00 ± 2.50	4-7	4.80 ± 1.40	4-5		
	5	3.21 ± 1.84	3-7	4.50 ± 1.60	4-6	4.20 ± 0.60	3-5		
	Male	16.14 ± 1.08	6-10	16.12 ± 3.01	11-18	12.16 ± 0.11	11-14		
	Female	19.42 ± 2.15	8-14	18.00 ± 0.51	15-19	16.13 ± 1.34	14-17		
	Egg- Adult	48.27 ± 8.11	41-47	47.14 ± 0.12	45-48	44.88 ± 1.98	41-47		
	Sex Ratio (Male:Female)	1:1.04		1:2.16		1:1.91			

ผลการเลี้ยงในข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 1 ที่อุณหภูมิ 20 25 30 ใน อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสไม่สามารถเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตเช่นกัน ในอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเจริญเติบโตมากที่สุด คือระยะไข่ใช้เวลาเฉลี่ย 16.14 ± 1.06 วัน ส่วนใน อุณหภูมิ 25 30 องศาเซลเซียส ใช้เวลาไม่แตกต่างกันมาก คือ 7.81 ± 1.03 6.87 ± 1.11 วัน ตามลำดับ แต่เมื่อเข้าระยะตัวอ่อนจนเป็นตัวเต็มวัยใช้เวลาในการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน และเมื่อรวมตั้งแต่ระยะไข่ถึงตัวเต็มวัยใช้เวลาเฉลี่ยลดลง คือ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 46.18 ± 1.38 วัน 25 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 43.33 ± 1.85 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 43.33 ± 1.85 วัน แต่ในอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ไข่ไม่สามารถฟักได้ แต่ตัวอ่อนสามารถเจริญเติบโตได้ แต่ไม่เป็นตัวเต็มวัย โดยแสดงผลดังใน ตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลของอุณหภูมิต่อการพัฒนาการของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 1

Varieties	Growth stages	20 Degree C		25 Degree C		30 Degree C		35 Degree C	
		Average ±SD (Day)	Range (Day)	Average ±SD (Day)	Range (Day)	Average ±SD (Day)	Range (Day)	Average ±SD (Day)	Range (Day)
	Egg	16.14±1.06	14-19	7.81±1.03	6-8	6.87±1.11	5-8		
	Nymph State								
	1	6.11±1.05	5-10	5.98±0.76	5-7	3.51±0.69	2-5		
	2	4.52±1.21	3-8	3.24±0.50	2-4	4.40±1.23	3-7		
	3	4.88±0.85	3-8	4.68±1.00	3-7	4.53±0.79	4-6	Not complete their life cycle and eventually death.	
Supan buree 1	4	4.11±0.96	3-8	3.20±0.69	2-4	3.75±0.79	3-5		
	5	4.05±0.75	3-7	3.21±0.71	2-4	3.28±0.48	3-5		
	Male	16.22±1.35	12-18	14.55±1.50	12-17	12.55±1.33	12-15		
	Female	19.69±1.56	15-20	17.11±1.26	15-19	16.28±1.66	14-19		
	Egg- Adult	46.18±1.38	42-48	45.66±2.01	42-49	43.33±1.85	36-47		
	Sex Ratio (Male:Female)	1:1.33		1:1.20		1:1.40			

จากนั้นนำผลการทดสอบอุณหภูมิมาหาค่าอุณหภูมิสะสม โดยอุณหภูมิสะสม คือวิธีที่นับค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันสะสมซึ่งจะมีผลกระทบต่อการพัฒนาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับพื้นที่ในแต่ละแห่ง ซึ่งสามารถนำมาคาดหมายเหตุการณ์เกี่ยวกับวงจรชีวิตของแมลง ในระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก โดยการตรวจวัดการเจริญเติบโตของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในของอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องกับเวลาในช่วงเวลาการที่เพาะปลูกข้าว

ในการการคำนวณค่าอุณหภูมิสะสมได้ใช้อุณหภูมิต่ำสุด ที่ 14 องศาเซลเซียส เพราะจากการเลี้ยงทดสอบอุณหภูมิพบว่า ไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลไม่สามารถฟักได้ ซึ่งการคำนวณพบว่า ในกลุ่มข้าวพันธุ์ไม่ต้านทาน ในระยะไข่ใช้อุณหภูมิสะสมเฉลี่ยทั้งหมด 104.73 องศาเซลเซียส ระยะตัวอ่อน 253.93 องศาเซลเซียสและระยะตัวเต็มวัยใช้อุณหภูมิสะสมเฉลี่ยใช้อุณหภูมิสะสมเฉลี่ย 288.05 องศาเซลเซียส

ส่วนในกลุ่มพันธุ์ต้านทาน ในระยะไข่ใช้อุณหภูมิสะสมเฉลี่ยทั้งหมด 96.52 องศาเซลเซียส ระยะตัวอ่อน 213.40 องศาเซลเซียสและระยะตัวเต็มวัยใช้อุณหภูมิสะสมเฉลี่ย 215.14 องศาเซลเซียส เมื่อรวมทุกระยะ ในกลุ่มข้าวพันธุ์ไม่ต้านทานได้อุณหภูมิสะสมรวม 586.81 องศาเซลเซียส ดังใน ในกลุ่มข้าวพันธุ์ต้านทานได้อุณหภูมิสะสมรวม 525.06 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 แสดงค่า Degree-Days ของแต่ละระยะการเจริญของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบนข้าวพันธุ์ต่างๆ

Rice varieties	Egg to Nymph				Nymph to Adult				Adult to death			
	Base	Upper	Degree-	Day	Base	Upper	Degree-	Day	Base	Upper	Degree-	
	Devel.	Devel.	day	range	Devel.	Devel.	day	range	Devel.	Devel.	day	Day
	temp	temp			temp	temp			temp	temp		range
	(C)	(C)	DD (C)	(25 C)	(C)	(C)	DD (C)	(25 C)	(C)	(C)	DD (C)	(25 C)
Non Resistance												
TN 1	14		98.65	5-8	14		210.80	17-23	14		272.40	18-20
RD 6	14		107.63	7-10	14		233.48	19-28	14		240.22	9-11
RD 15	14		107.91	7-10	14		240.49	11-28	14		249.19	9-15
Average			104.73				228.25				253.93	
Resistance												
Chai nat 1	14		95.49	5-8	14		201.16	18-32	14		235.36	10-22
Supanburee 1	14		97.55	6-8	14		225.65	14-36	14		194.93	12-22
Average			96.52				213.40				215.14	

1.3 ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้น (6 เดือนที่ 1)

ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้นระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลอง ของ การศึกษาครั้งนี้ กับผลจากแบบจำลองของ Khor และ Chua (1986) โดยการซ้อนทับกราฟ แสดงค่าสูงสุด ของตัวอ่อน และตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ข้าวรุ่นอายุที่สอง และสาม เกิดขึ้นในช่วงอายุข้าว ใกล้เคียงกัน

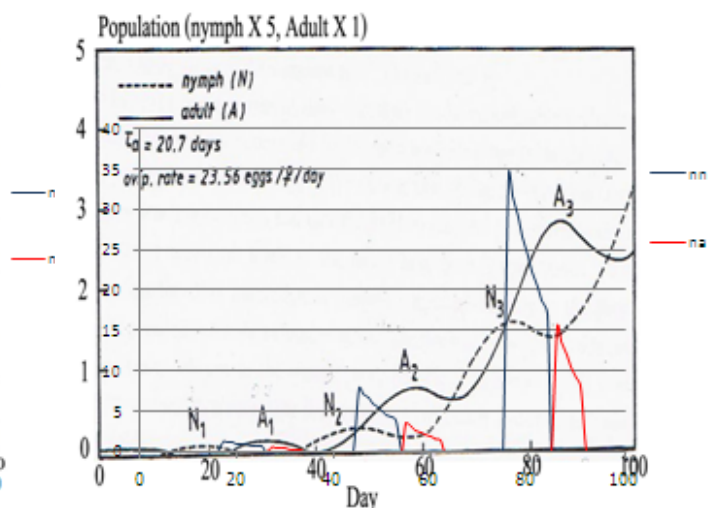
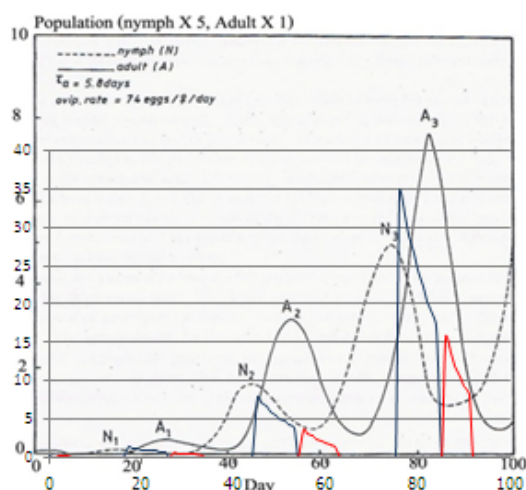
เปรียบเทียบผลจากสภาพไร่กับแบบจำลองจากการศึกษาครั้งนี้ แสดงค่าสูงสุดของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ข้าวรุ่นอายุที่สอง และค่าสูงสุดของตัวอ่อนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ข้าวรุ่นอายุที่สาม มีค่าใกล้เคียงกัน และอายุข้าวในช่วงค่าสูงสุดของตัวอ่อน (ในข้าวรุ่นที่สองและสาม) และตัวเต็มวัย (ในข้าวรุ่นที่สอง) มีค่าใกล้เคียงกัน(ตารางที่ 16 ภาพที่ 13 และ 14)

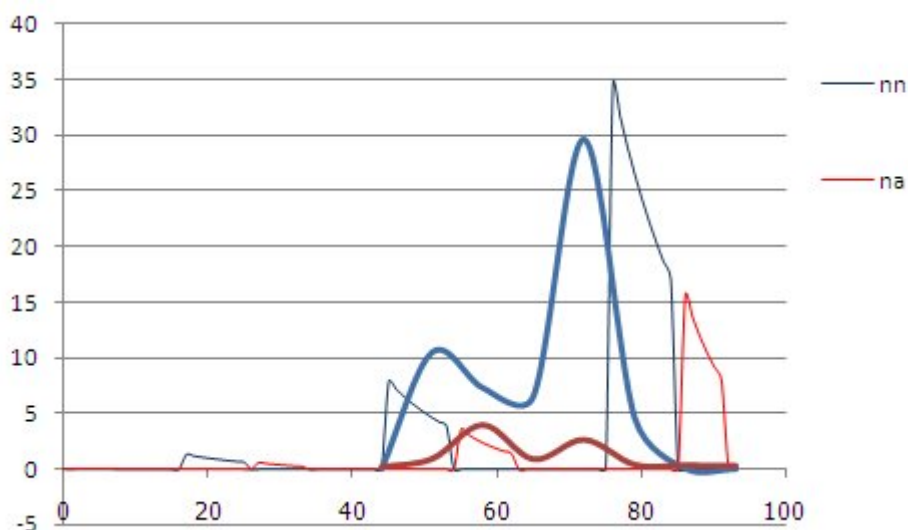
ตารางที่ 16 ค่าการทำนาย predicted (P) และค่าการสำรวจ observed (O) ของประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

Item		Immigrant	Generation					
			First		Second		Third	
			N	A	N	A	N	A
Mean no. insectst/hill	P	0.08	1.3	0.6	7.9	3.6	34.6	15.7
	O	0.08	-	-	10.5	2.6	29.7	-
Rice Age	P		18	30	45	55	76	86
	O		-	-	51	58	74	-

N= no. of nymphs, A = no. of adults

ภาพที่ 13 ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง





ภาพที่ 14 ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง

ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้น (6เดือนที่ 2)

ผลการตรวจสอบแบบจำลองและค่าสัมประสิทธิ์เบื้องต้นระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับข้อมูลในสภาพไร่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

การใช้งานแบบจำลอง มีข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง ($\text{mj}/\text{m}^2/\text{d}$) ค่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน (องศาเซลเซียส) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที) ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตรต่อวัน) และค่าการอพยพเข้า (immigrant) ในแปลงของตัวเต็มวัยเพศเมียปีกยาว แบบจำลองสามารถแสดงลักษณะกราฟของชั่วอายุต่างๆของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ มีความสมเหตุสมผล และสามารถพิสูจน์ได้ภายใต้ปัจจัยการนำเข้า (Input) และนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ (Output) ที่ระบบประมวลออกมา (ภาพที่ 17)

จากผลการจำลอง ข้อมูลเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในแต่ละแหล่งปลูกในกลุ่มน้ำชี แบ่งตามฤดูการปลูกเป็น 2 ช่วง คือ ฤดูนาปี 2553 และฤดูนาปรัง 2553 ผลการศึกษา เปรียบเทียบผลจากสภาพไร่ กับแบบจำลองจากการศึกษาครั้งนี้ (ตารางที่ 17) โดยการซ้อนทับกราฟในพื้นที่สำรวจ 11 แห่ง (ภาพที่ 15) การวิเคราะห์สอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับข้อมูลในสภาพไร่ของ 11 พื้นที่ที่สำรวจ พบว่าค่าสหสัมพันธ์มีค่า R-squar เป็น 59.36 % ค่า intercept เป็น -0.77431 ค่า slope เป็น 1.59 (ตารางที่ 17 และ ภาพที่ 16) ความแตกต่างจากค่าสำรวจอาจเป็นผลจากพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองยังไม่สมกับแบบจำลอง จำเป็นต้องมีการ calibrate ค่าพารามิเตอร์

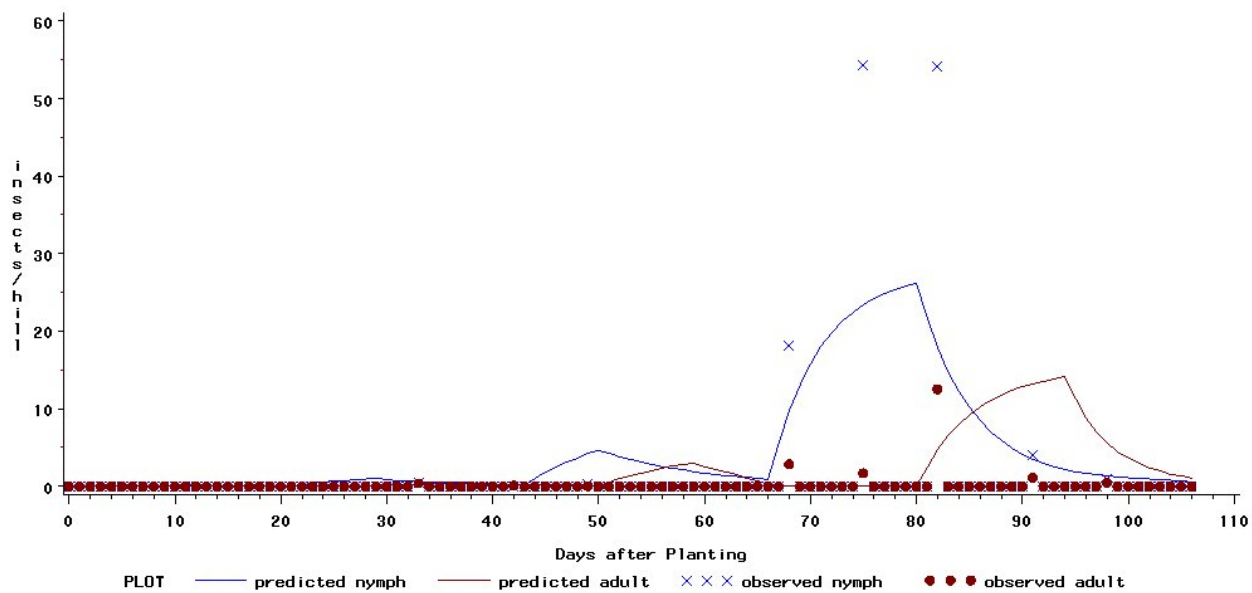


Figure: Model for the population dynamics of the brown planthopper

Khon Kaen 2010

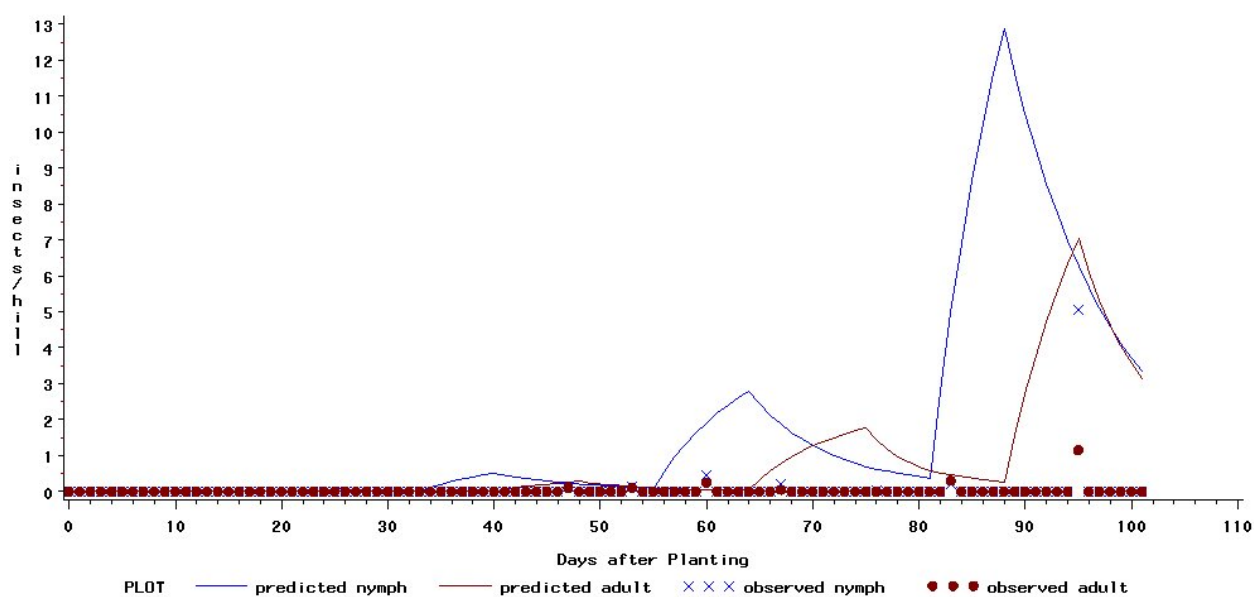
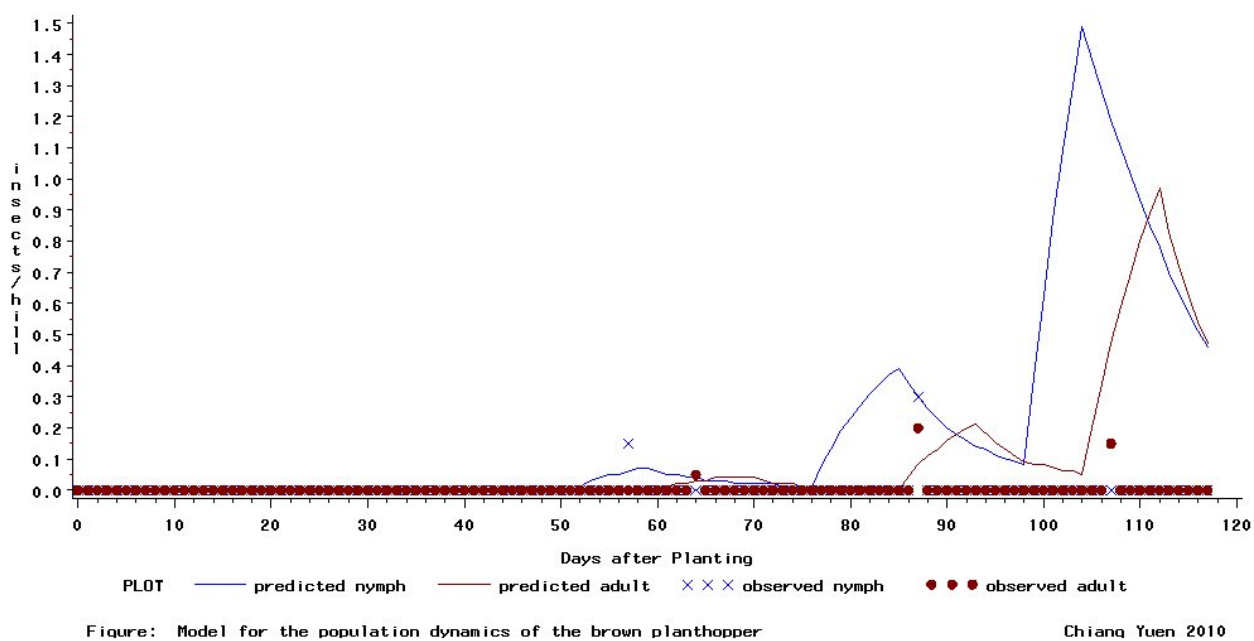
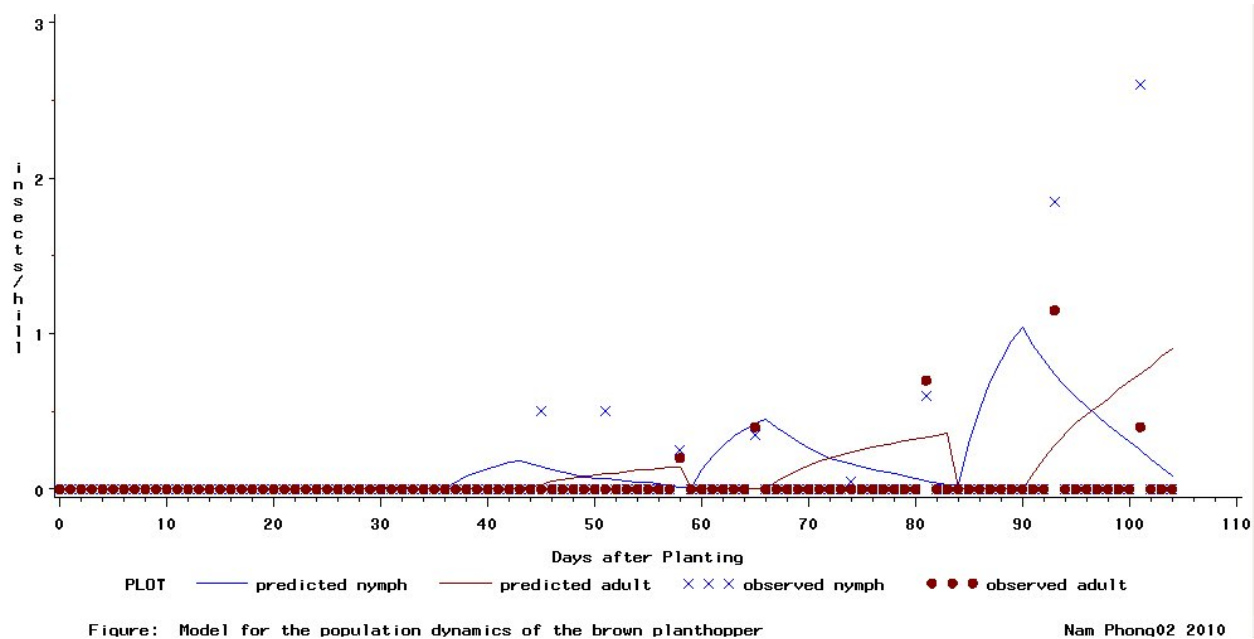


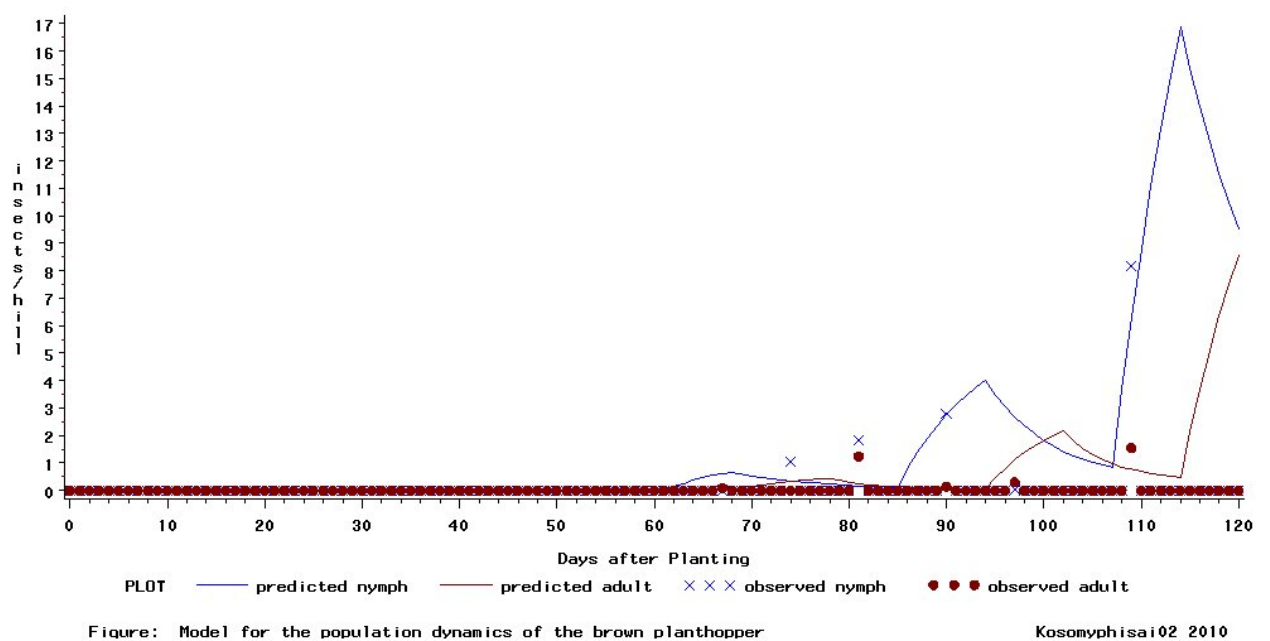
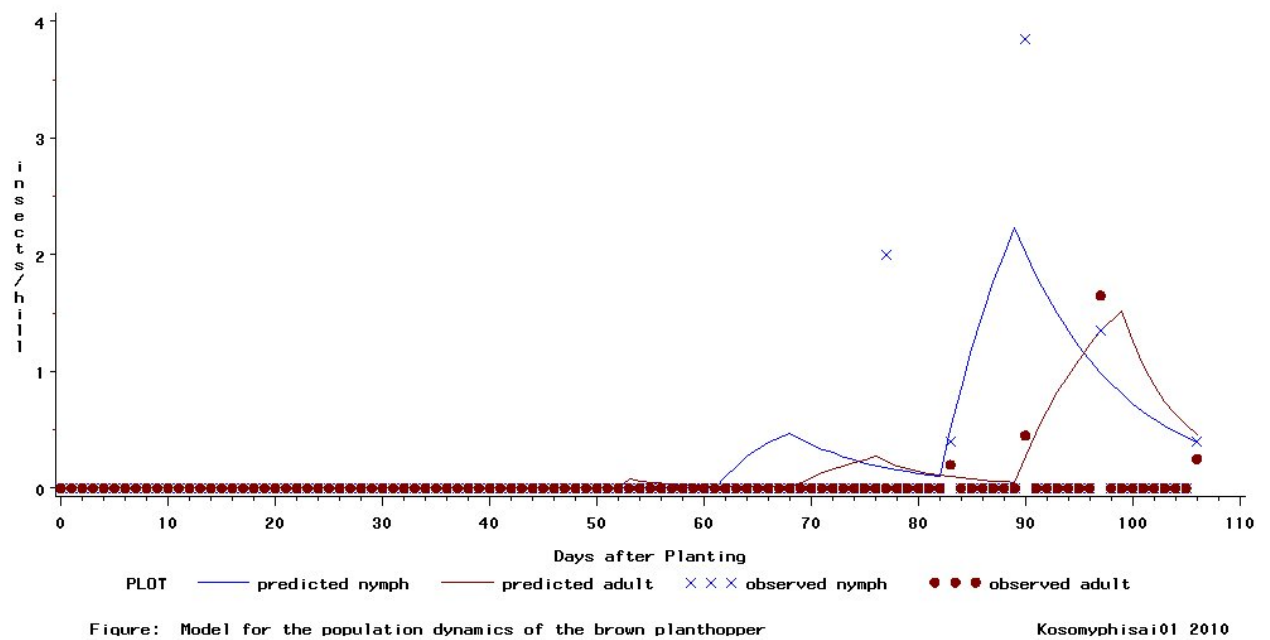
Figure: Model for the population dynamics of the brown planthopper

Nam Phong01 2010

ภาพที่ 15 ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง



ภาพที่ 15 ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยายากรณโดยใช้แบบจำลอง (ต่อ)



ภาพที่ 15 ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง (ต่อ)

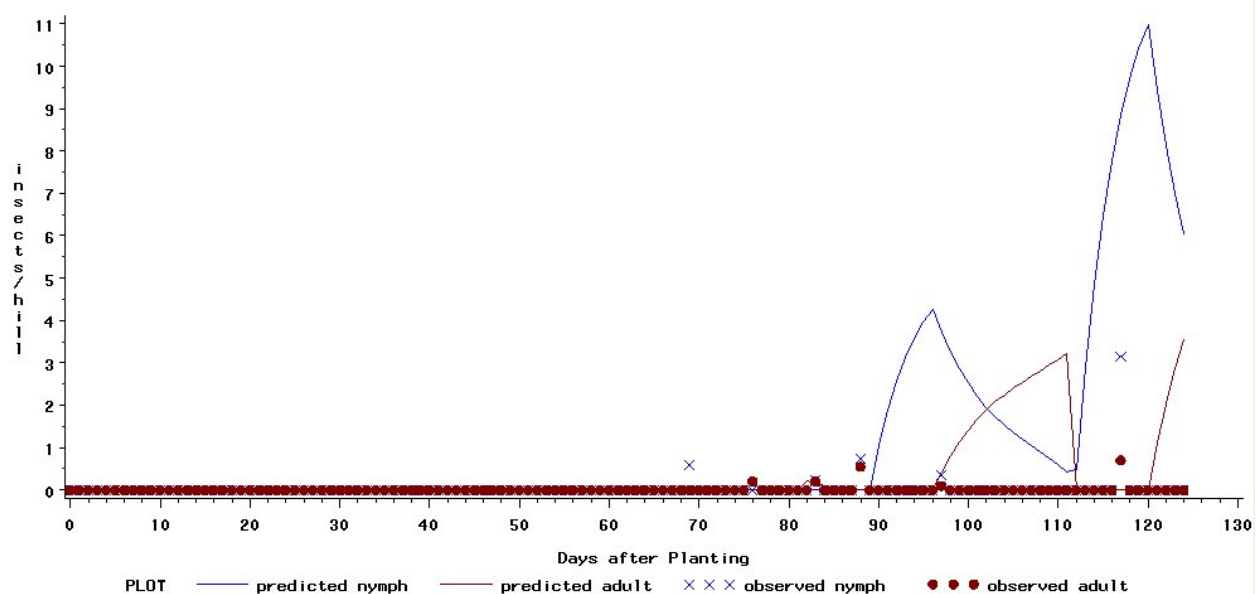


Figure: Model for the population dynamics of the brown planthopper

Kamalasai01 2010

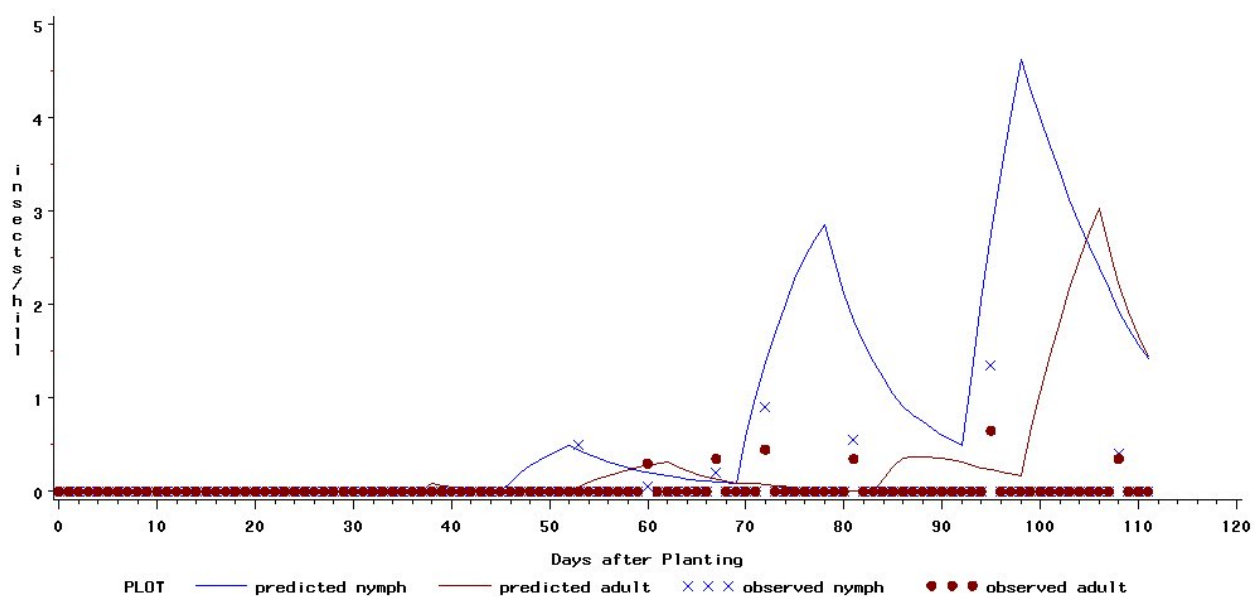
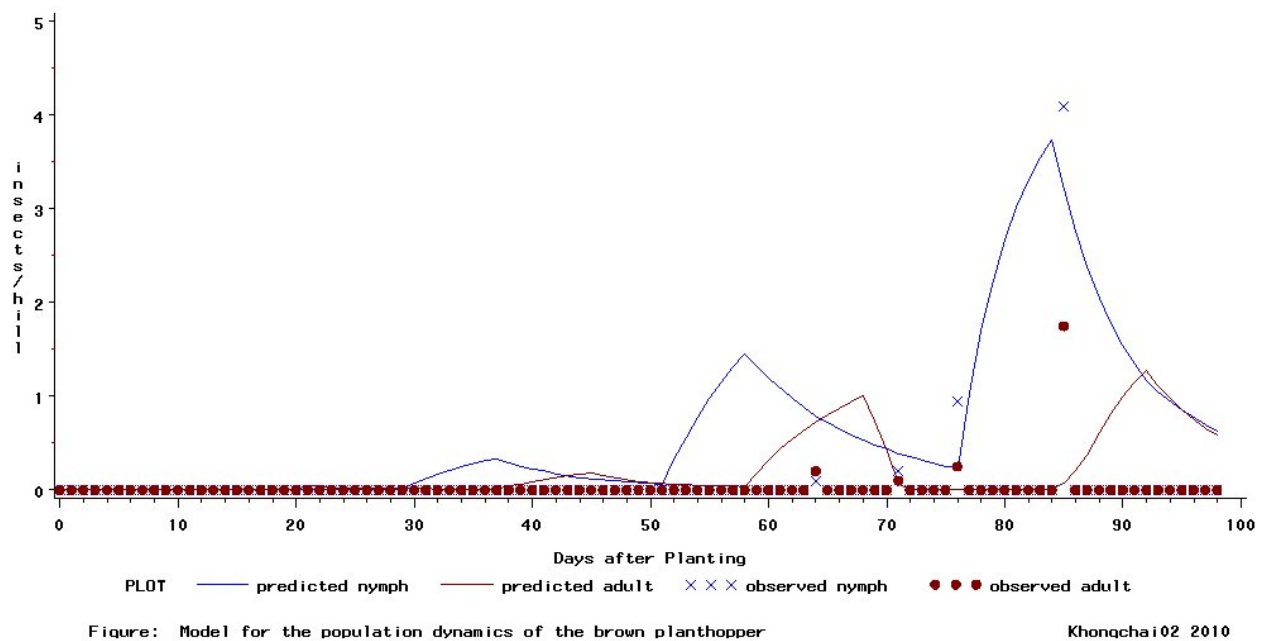
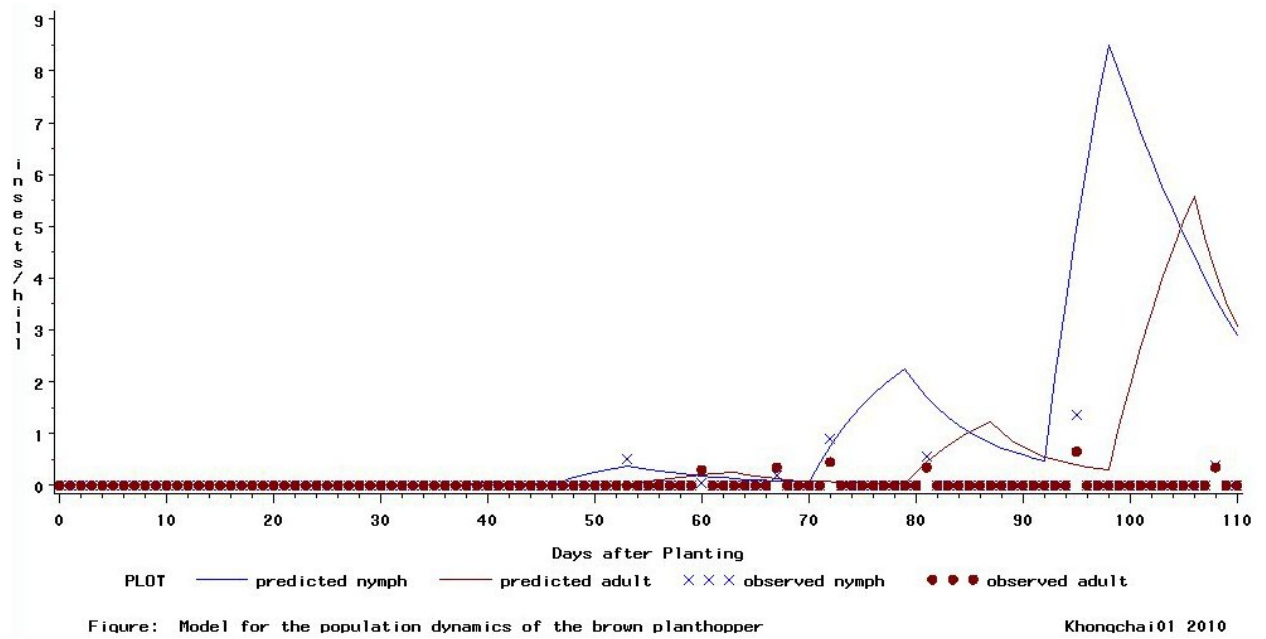


Figure: Model for the population dynamics of the brown planthopper

Kamalasai02 2010

ภาพที่ 15 ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง (ต่อ)

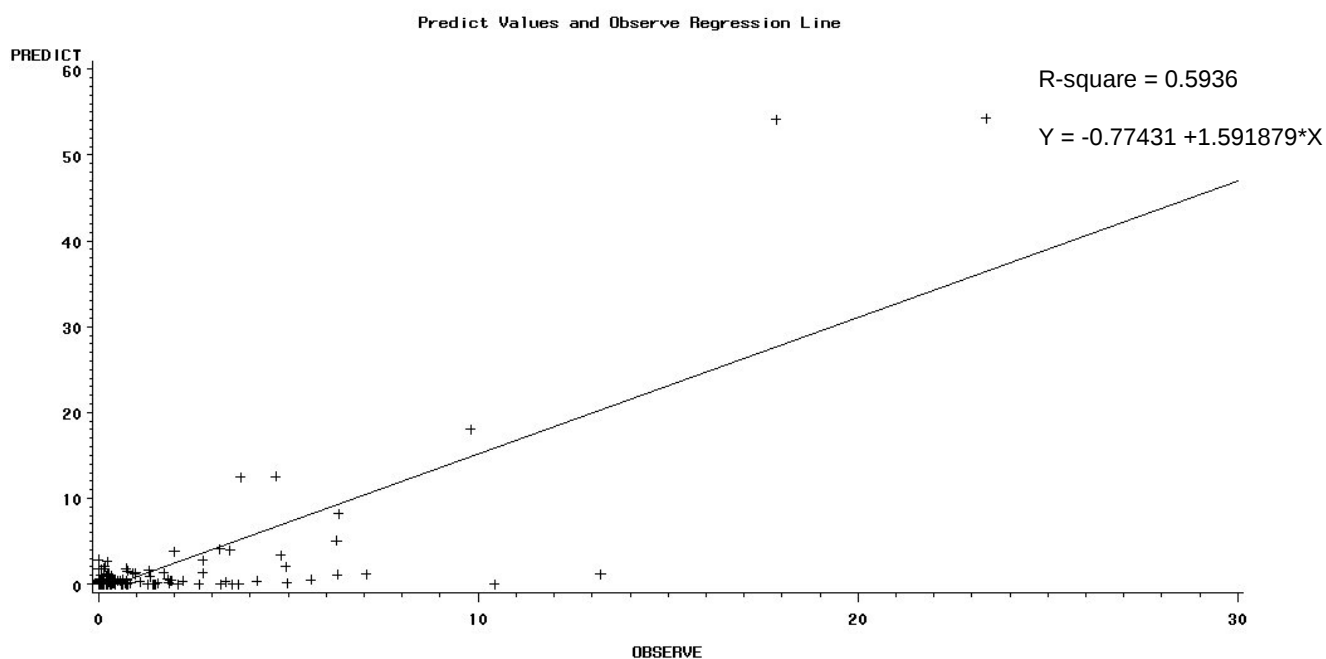


ภาพที่ 15 ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง (ต่อ)

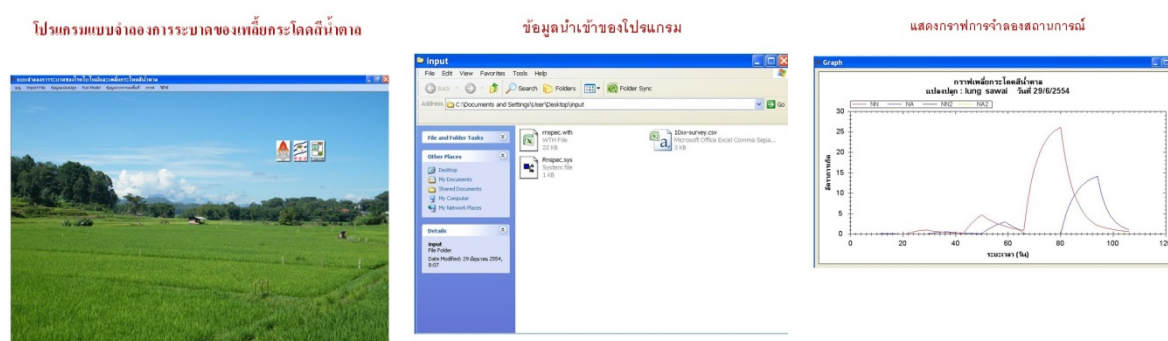
ตารางที่ 17 เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ใน กลุ่มน้ำชีตอนที่ 4 จำนวน 11 แห่ง

Site	Province	Linear Regression and Correlation Coefficient		
		INT	SLOPE	R-square
Muang	Khon Kaen	-1.778742	2.171040	0.7748
Namphong 01	Khon Kaen	-0.082307	0.357914	0.4298
Namphong 02	Khon Kaen	-0.089513	1.135066	0.3269
Muang	Mahah	0.694152	0.364602	0.6687
Salakhan				
chiang Yuen	Mahah	0.088854	-0.054884	0.0431
Salakhan				
Kosomyphisai 01	Mahah	-0.024422	1.624420	0.6850
Salakhan				
Kosomyphisai 02	Mahah	0.054147	1.072064	0.7435
Salakhan				
Kamalasai 01	Kalasin	0.467082	1.917752	0.3077
Kamalasai 02	Kalasin	0.266738	0.094599	0.0896
Khong Chai 01	Kalasin	0.219372	0.045926	0.0805
Khong Chai 02	Kalasin	0.208073	0.583414	0.5850
Sum Locations		-0.77431	1.591879	0.5936

INT Interception; SLOPE Slope of generated data versus observed; R₂ Correlation squared



ภาพที่ 16 แสดงความสัมพันธ์และสมการเชิงเส้น ของข้อมูลการกระจายของเพ็ลลิกเรโดสีน้ำตาล : จากแบบจำลองและจากการสำรวจ



ภาพที่ 17 แสดงโครงสร้างของข้อมูลนำเข้าและผลการจำลองสถานการณ์

2. การทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองในพื้นที่ศึกษาภาคกลางและลุ่มน้ำชี (ปีที่ 2 หรือ 6 เดือนที่ 3)

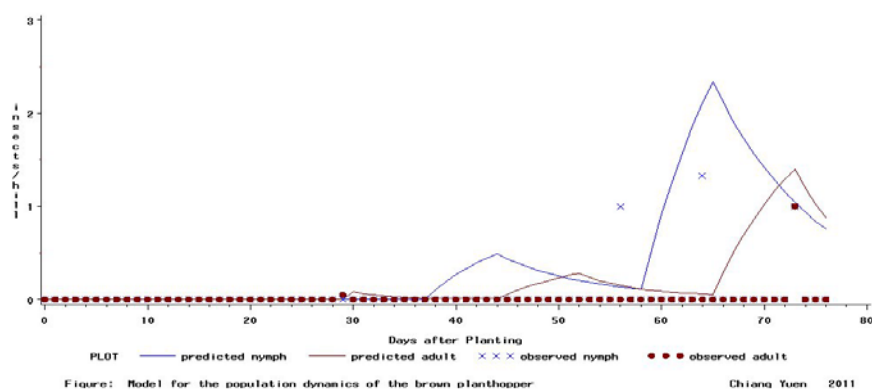
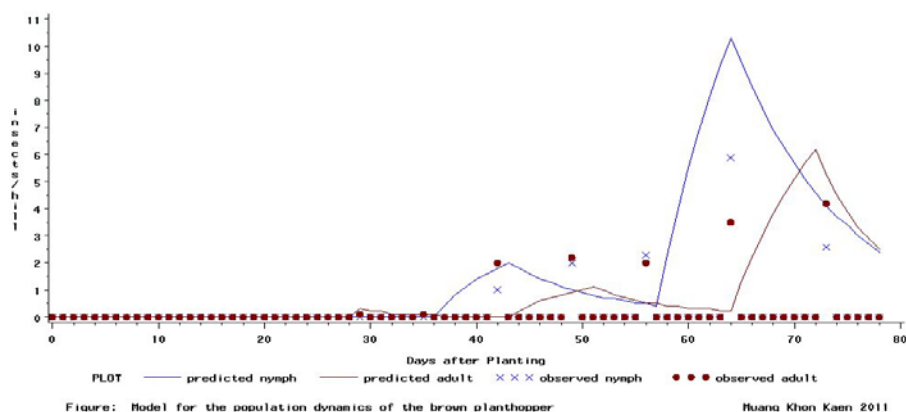
การจำลองประชากรของเพ็ลลิกเรโดสีน้ำตาล

การใช้งานแบบจำลอง มีข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง ($\text{mj}/\text{m}^2/\text{d}$) ค่าอุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน (องศาเซลเซียส) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที) ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตรต่อวัน) และค่าการอพยพเข้า (immigrant) ในแปลงของตัวเต็มวัยเพศเมียปีกยาว

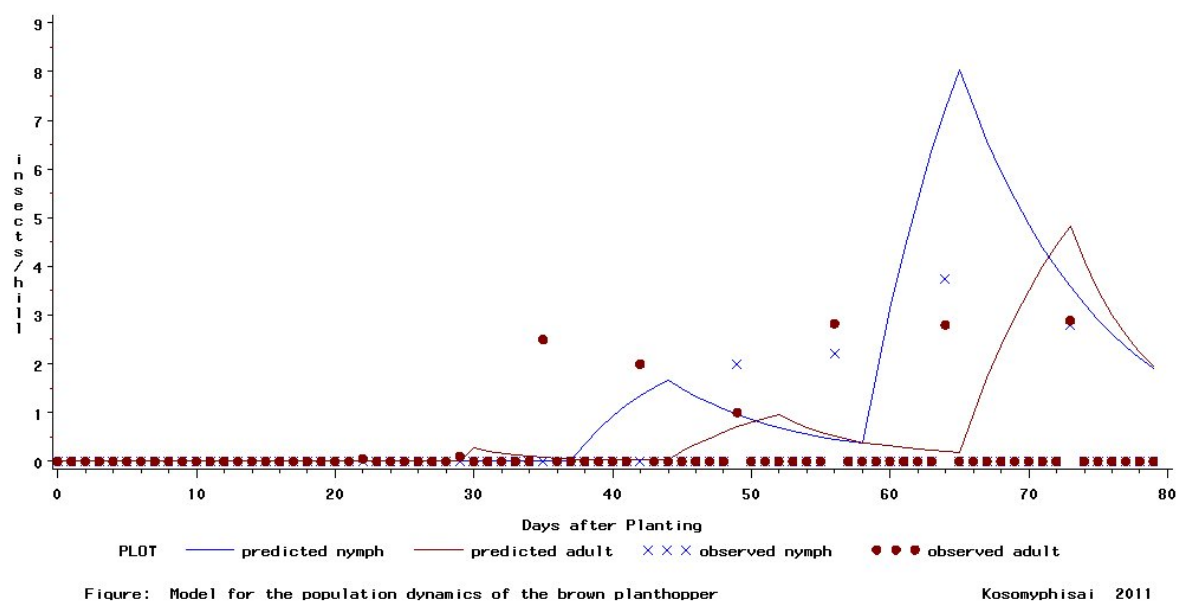
การจำลองประชากรของแมลงพาหะด้วยวิธีการคำนวณสถานะและอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร และความต้องการความร้อนสะสมในแต่ละระยะการพัฒนาก่อนการของแมลงเป็นตัวแปรขับเคลื่อน สามารถจำลองประชากรของแมลงพาหะได้ แบบจำลองสามารถแสดงลักษณะกราฟของชั่วอายุต่างๆของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ มีความสมเหตุสมผลและสามารถพิสูจน์ได้ภายใต้ปัจจัยการนำเข้า (Input) และนำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ (Output) ที่ระบบประมวลออกมา (ภาพที่ 20)

ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับข้อมูลในสภาพไร่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

การวิเคราะห์สอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับข้อมูลในสภาพไร่ แหล่งปลูกในลุ่มน้ำชีฤดูนาปี 2554 ของ 4 พื้นที่ที่สำรวจคือ อำเภอเมืองขอนแก่น และอำเภอน้ำพอง จังหวัด ขอนแก่น (แปลงที่ 1 และ 2) อำเภอเขียงยืน (แปลงที่ 3) และ อำเภอโกสุมพิสัย (แปลงที่ 4) จังหวัด มหาสารคาม พบว่าค่าสหสัมพันธ์ของแต่ละแปลงมีค่า R-square เป็น 63.26, 60.90, 70.44 และ 53.87 % ค่า intercept เป็น -0.86, -0.94, 0.07 และ -0.21 ค่า slope เป็น 1.34, 1.10, 1.06 และ 1.22 ตามลำดับ (ตารางที่ 18) และค่าสหสัมพันธ์รวมทั้ง 4 พื้นที่ มีค่า R-square เป็น 58.82 % ค่า intercept เป็น -0.34 ค่า slope เป็น 1.13 (ภาพที่ 18 และ 19)



ภาพที่ 18 ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง

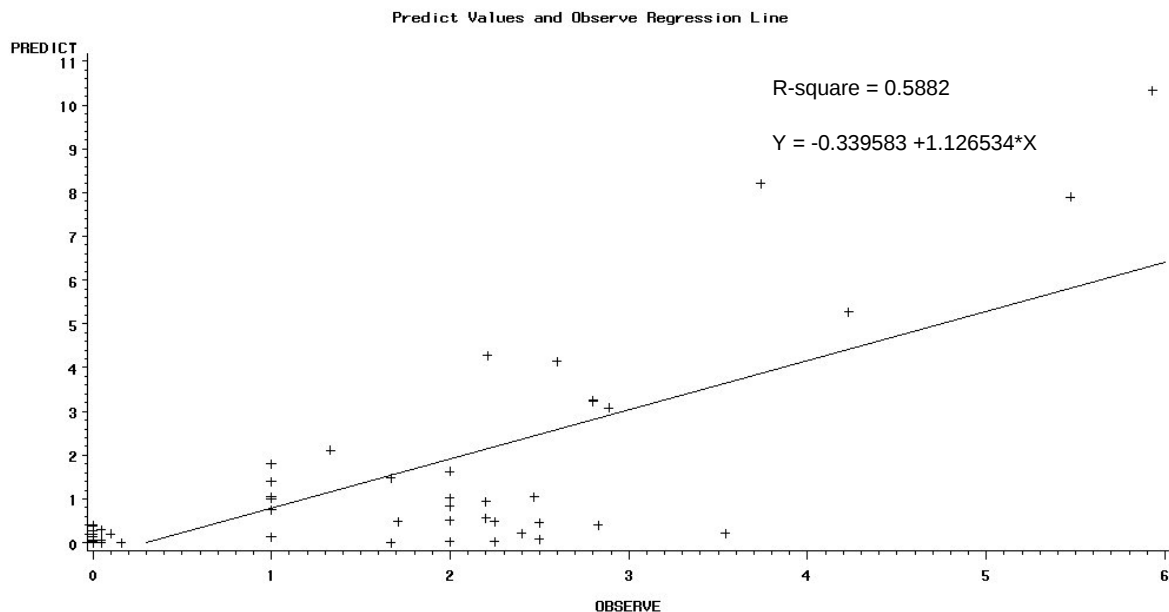


ภาพที่ 18 ประชากรตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง (ต่อ)

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ในลุ่มน้ำชีตอนที่ 4 จำนวน 4 แห่ง

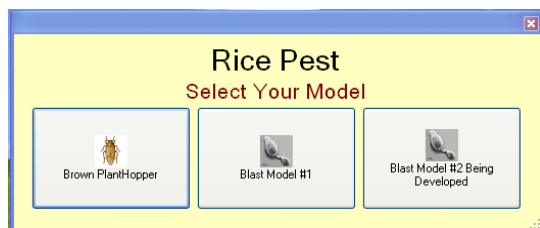
Site	Province	Linear Regression and Correlation Coefficient		
		INT	SLOPE	R-square
Muang	Khon Kaen	-0.862031	1.335671	0.6326
Nam phong	Khon Kaen	-0.948749	1.099255	0.6090
Chiang Yuen	Mahah Salakhan	0.071350	1.061279	0.7044
Kosomyphisai	Mahah Salakhan	-0.208144	1.217508	0.5387
Sum Locations		-0.339583	1.126534	0.5882

INT Interception; SLOPE Slope of generated data versus observed; R2 Correlation squared



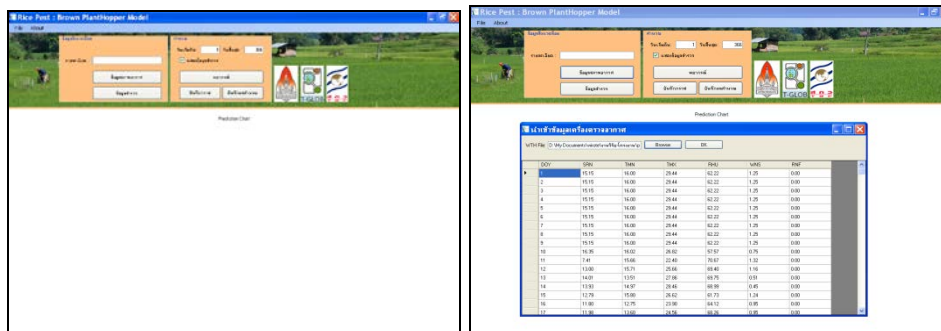
ภาพที่ 19 ข้อมูลการกระจายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แสดงความสัมพันธ์และสมการเชิงเส้นที่ได้จากแบบจำลองและการสำรวจ

การปรับปรุงในส่วนของ application ที่เป็นส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้ application ที่เป็นส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้เพื่อ ความสะดวก มีประสิทธิภาพ และเพิ่มการยอมรับของผู้ใช้ เขียนด้วยโปรแกรม c-sharp (Figure 9)

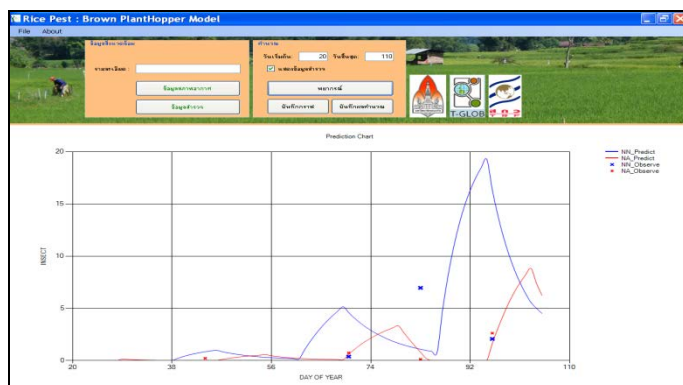


โปรแกรมแบบจำลองการระบาดของเพลี้ย

ข้อมูลนำเข้าของโปรแกรม



แสดงกราฟการจำลองสถานการณ์



ภาพที่ 20 แสดงโครงสร้างของข้อมูลนำเข้าและผลการจำลองสถานการณ์

การจำลองประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในพื้นที่ศึกษาภาคกลางและลุ่มน้ำชี (ปีที่ 2 หรือ 6 เดือนที่ 4)

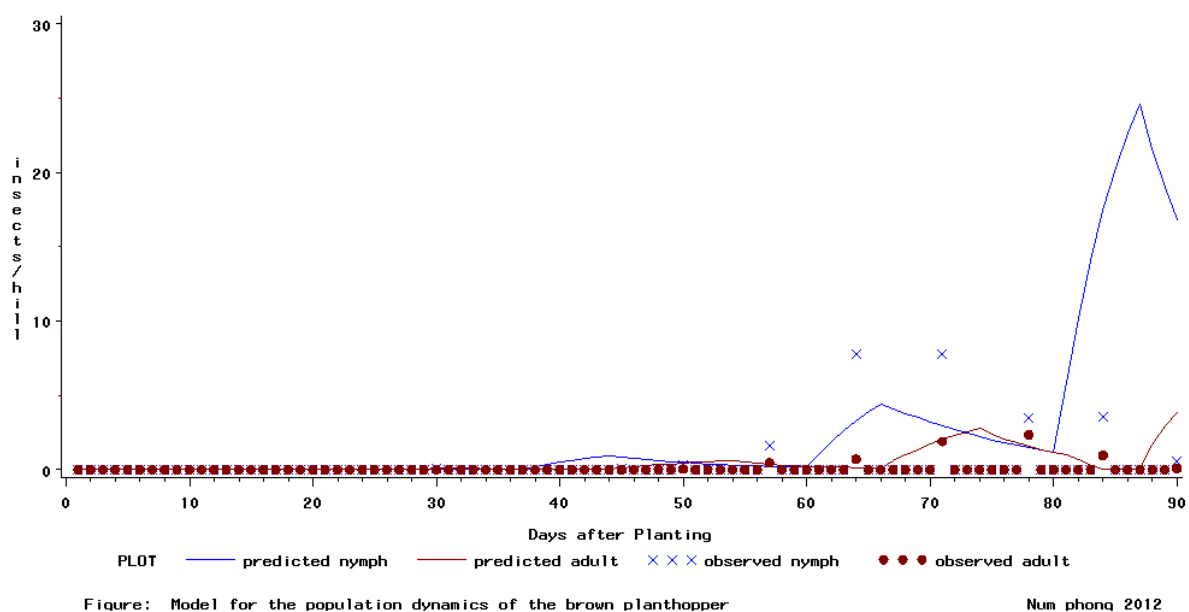
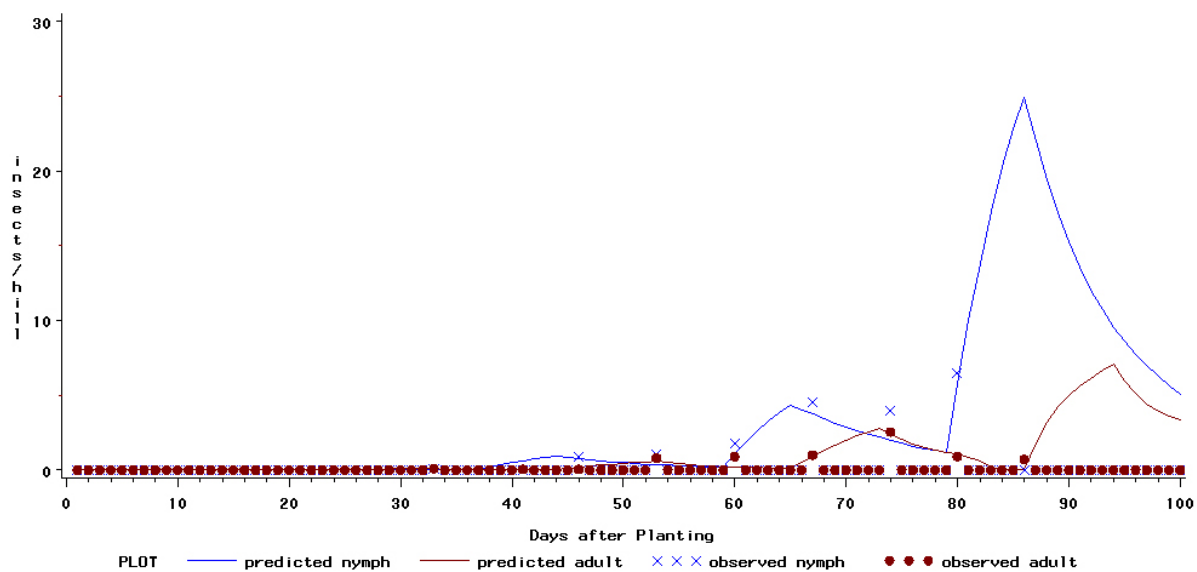
การจำลองประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

การใช้งานแบบจำลอง มีข้อมูลนำเข้า ได้แก่ ค่าความเข้มแสง ($\text{mj/m}^2/\text{d}$) ค่าอุณหภูมิสูงสุด และ อุณหภูมิต่ำสุดรายวัน (องศาเซลเซียส) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที) ปริมาณ น้ำฝน (มิลลิเมตรต่อวัน) และค่าการอพยพเข้า (immigrant) ในแปลงของตัวเต็มวัยเพศเมียปีกยาว

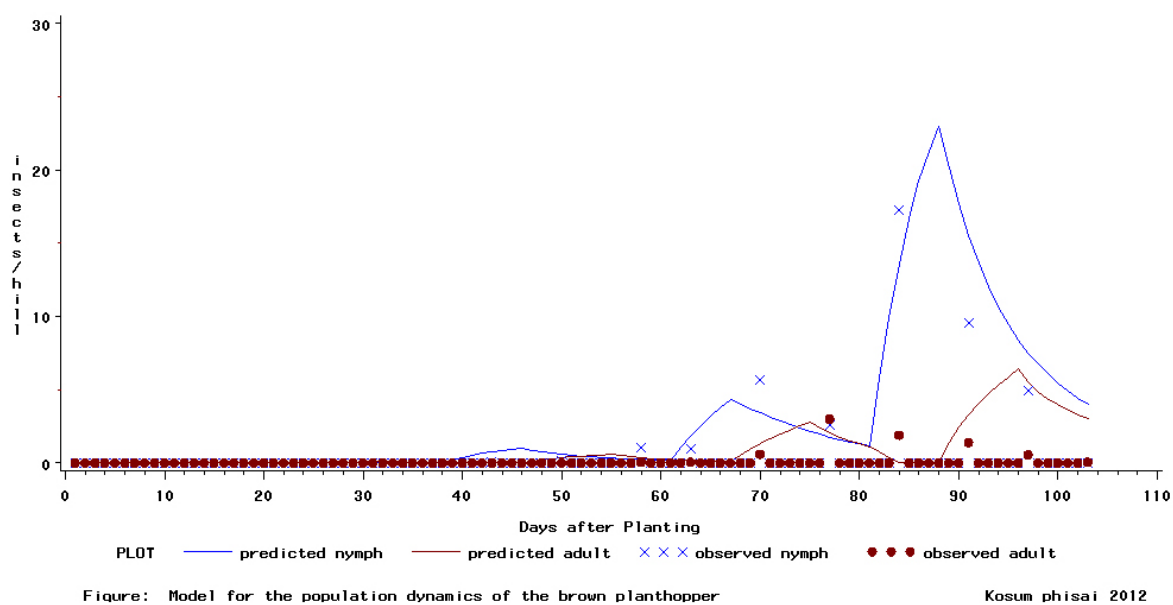
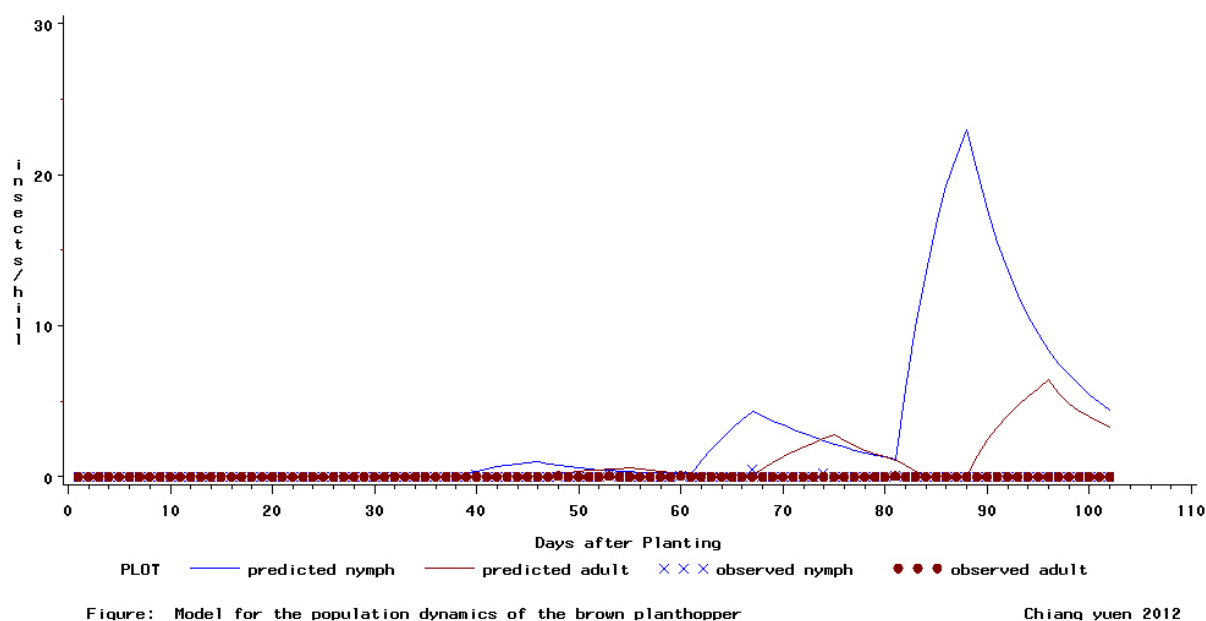
การจำลองประชากรของแมลงพาหะด้วยวิธีการคำนวณสถานะและอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัว แพร และความต้องการความร้อนสะสมในแต่ละระยะการพัฒนาก่อนการของแมลงเป็นตัวแปรขับเคลื่อน สามารถจำลองประชากรของแมลงพาหะได้ แบบจำลองสามารถแสดงลักษณะ กราฟของชั่วอายุต่างๆของ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ มีความสมเหตุสมผลและสามารถพิสูจน์ได้ภายใต้ปัจจัยการนำเข้า (Input) และ นำมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ (Output) ที่ระบบประมวลออกมา

ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับข้อมูลในสภาพไร่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

การวิเคราะห์สอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับข้อมูลในสภาพไร่ แหล่งปลูกในลุ่มน้ำชีฤดู นาปี 2554 ของ 4 พื้นที่ที่สำรวจคือ อำเภอเมืองขอนแก่น และอำเภอน้ำพอง จังหวัด ขอนแก่น (แปลงที่ 1 และ 2) อำเภอเขียงยืน และ อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัด มหาสารคาม (แปลงที่ 3 และแปลงที่4) พบว่าค่า สหสัมพันธ์รวมทั้ง 4 พื้นที่ มีค่า R-square เป็น 70.70 % ค่า intercept เป็น 0.145644 ค่า slope เป็น 0.815713 (ภาพที่ 21 และ 22 ตารางที่ 19)



ภาพที่ 21 การทำนายโดยแบบจำลองของการเจริญของระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในภาคเหนือของประเทศไทย



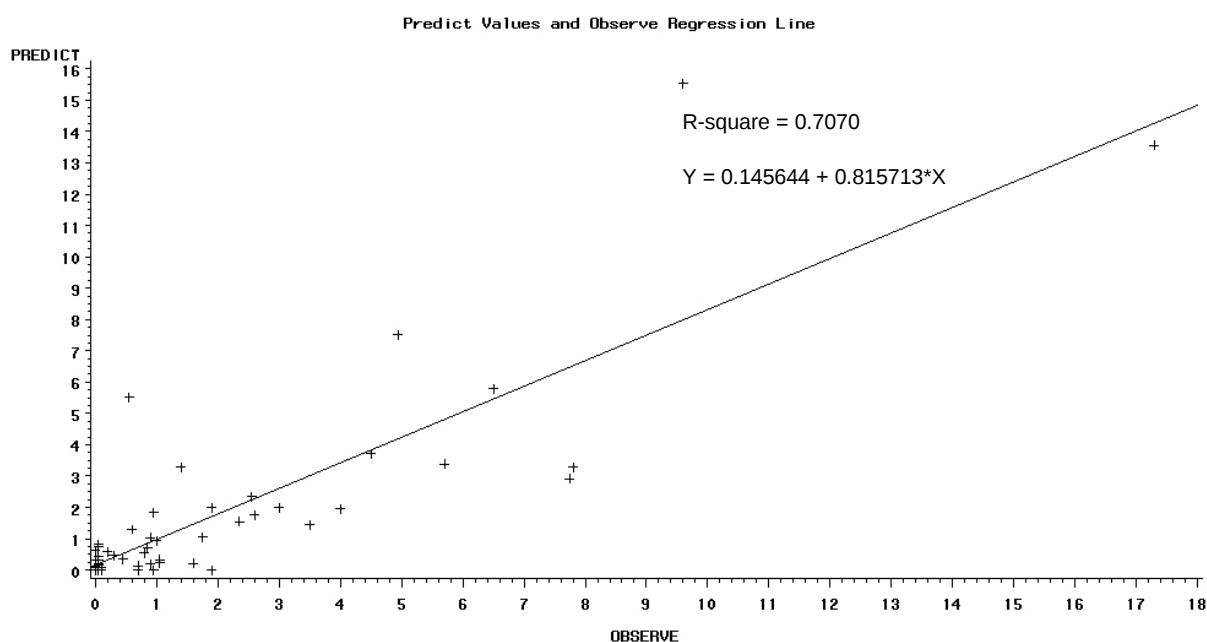
ภาพที่ 21 การทำนายโดยแบบจำลองของการเจริญของระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในภาคเหนือของประเทศไทย (ต่อ)

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ในลุ่มน้ำชีตอนที่ 4 จำนวน 4 แห่ง

Site	Province	Linear Regression and Correlation Coefficient		
		INT	SLOPE	R-square
Muang	Khon Kaen	-0.071496	0.804839	0.9110
Namphong	Khon Kaen	0.233623	0.376695	0.8357
Chiang Yuen	Mahah Salakhan	n/a	n/a	n/a
Kosum phisai	Mahah Salakhan	0.731961	0.898788	0.7495
Sum Locations		0.145644	0.815713	0.7070

INT Interception; SLOPE Slope of generated data versus observed; R2 Correlation squared

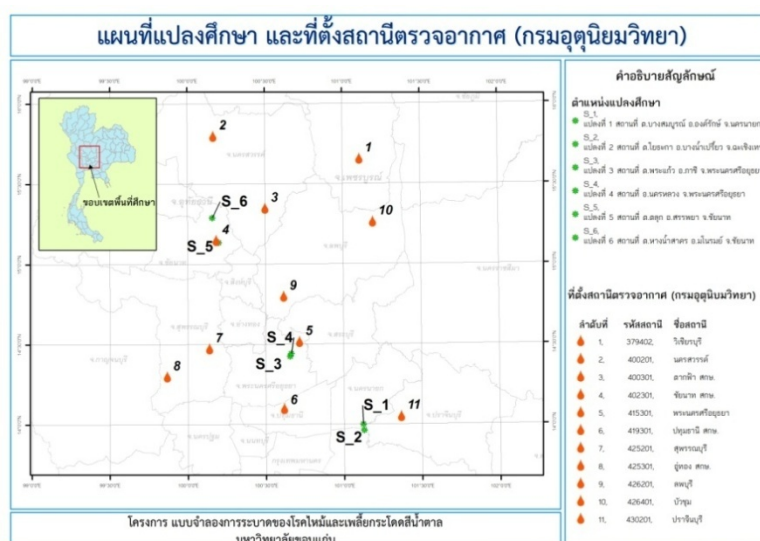
n/a = Not Available because of low density of bph



ภาพที่ 22 ข้อมูลการกระจายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แสดงความสัมพันธ์และสมการเชิงเส้นที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจ

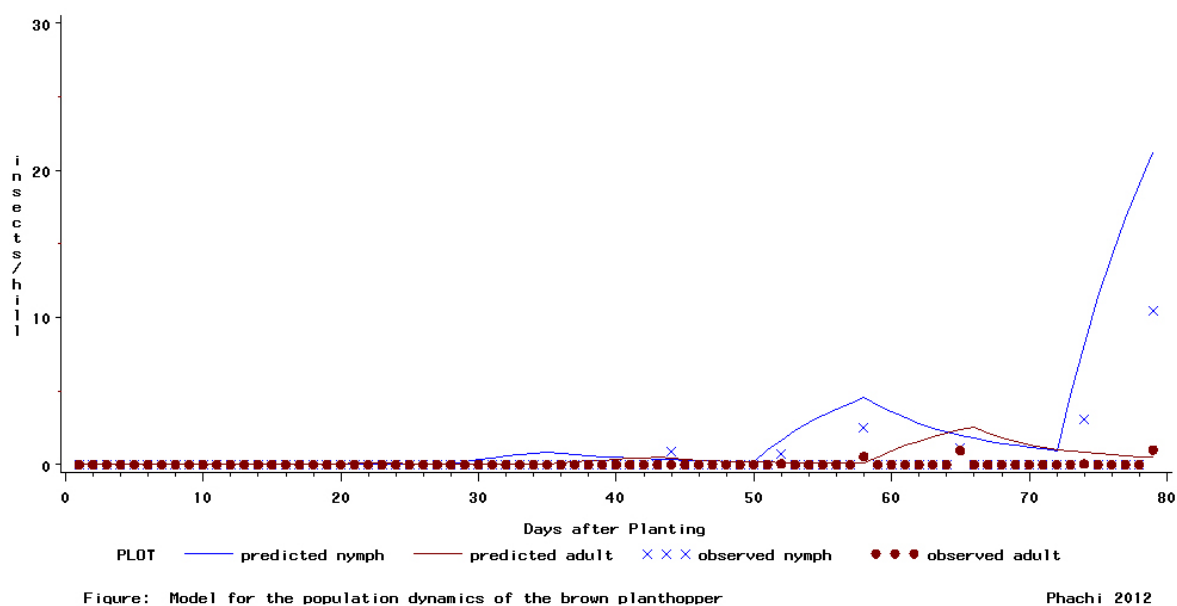
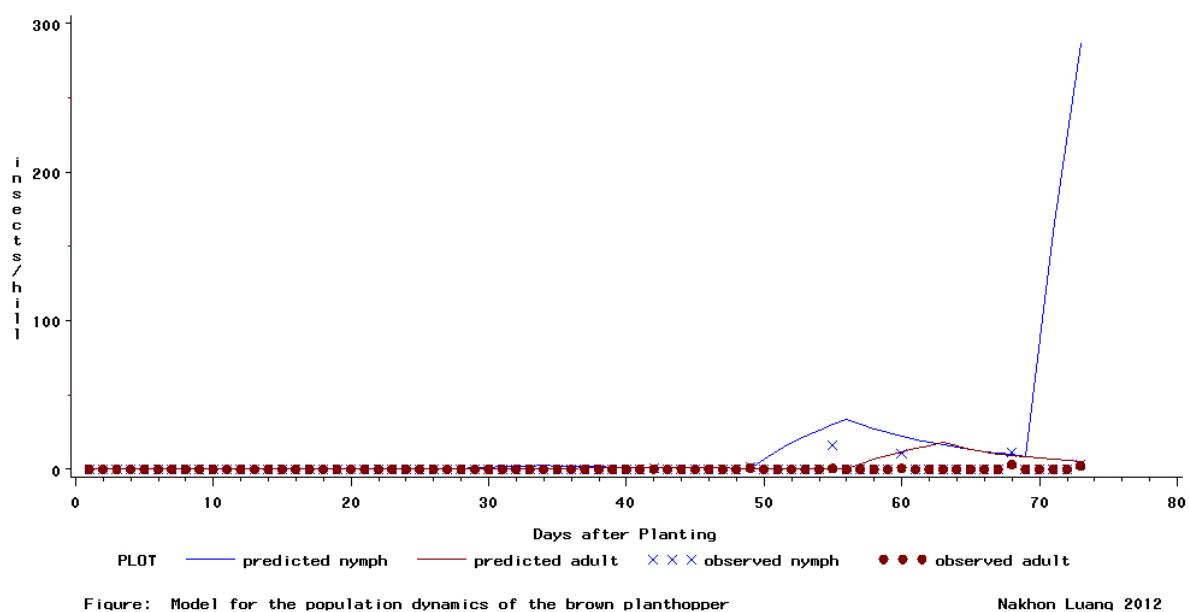
การวิเคราะห์สอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการจำลองกับข้อมูลในสภาพไร่ แหล่งปลูกภาคกลาง ฤดูนาปี 2554 ของ 4 พื้นที่ที่สำรวจคือ อำเภอเมืองนครหลวง และอำเภอภาชีจังหวัด ออยุธยา (แปลงที่1และ2) อำเภอมนรมย์และ อำเภอสรรพยา จังหวัด ชัยนาท (แปลงที่ 3 และแปลงที่ 4) อำเภอองครักษ์ จังหวัด นครนายก (แปลงที่5) และ อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัด ฉะเชิงเทรา (แปลงที่6) พบว่าค่าสหสัมพันธ์รวมทั้ง 6 พื้นที่ มีค่า R-square เป็น 75.51 % ค่า intercept เป็น 2.344224 ค่า slope เป็น 0.694961 (ภาพที่ 23 และ 24 ตารางที่ 20)

แผนที่ศึกษาภาคกลาง



ข้อมูลอากาศภาคกลางใช้ค่าเฉลี่ย 4 ปี (2550-2554) จากสถานีตรวจวัดอากาศที่อยู่ใกล้เคียงสำรวจมากที่สุด ดังนี้

ข้อมูลสำรวจที่แปลงนาในอำเภอ	ใช้ข้อมูลอากาศจากสถานีตรวจวัดอากาศ
อ.นครหลวง จ.อยุธยา	อยุธยา
อ.ภาชี จ.อยุธยา	อยุธยา
อ.มนรมย์ จ.ชัยนาท	ชัยนาท
อ.สรรพยา จ.ชัยนาท	ชัยนาท
อ.องครักษ์ จ.นครนายก	ปทุมธานี
อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา	ปทุมธานี



ภาพที่ 23 เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ในภาคเหนือของประเทศไทย

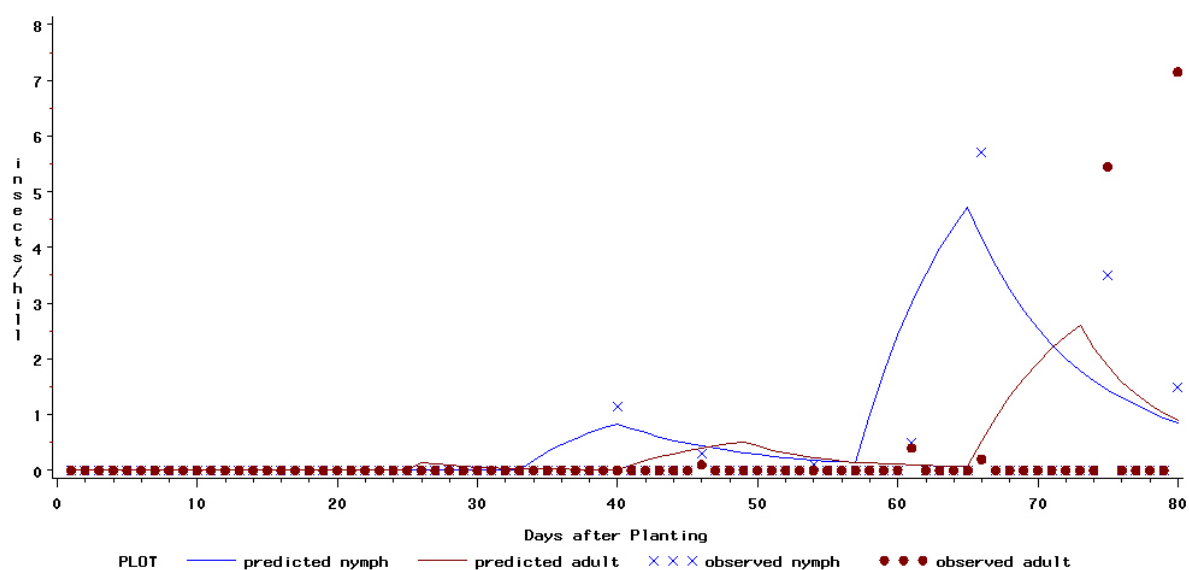


Figure: Model for the population dynamics of the brown planthopper

Manorom 2012

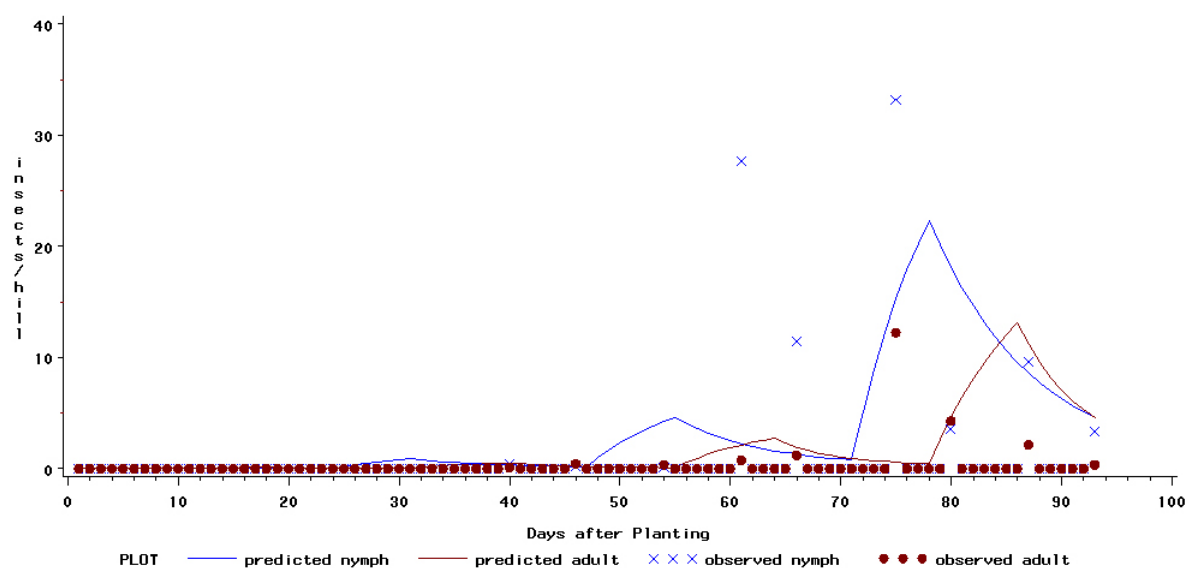


Figure: Model for the population dynamics of the brown planthopper

Sapphaya 2012

ภาพที่ 23 เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ใน ภาคเหนือของประเทศไทย
(ต่อ)

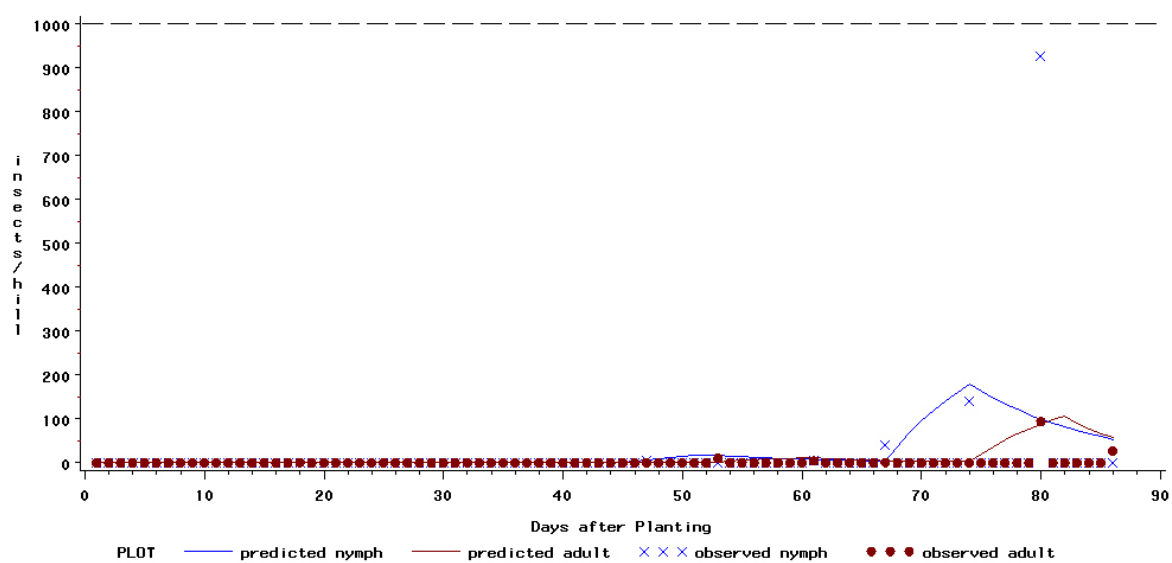


Figure: Model for the population dynamics of the brown planthopper

Ongkharak 2012

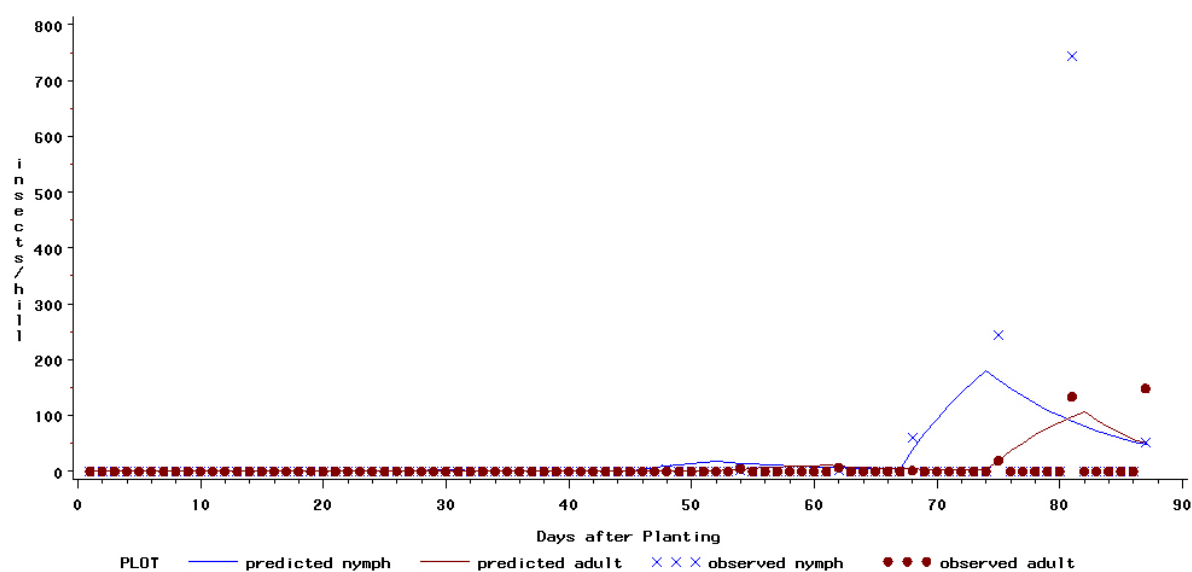


Figure: Model for the population dynamics of the brown planthopper

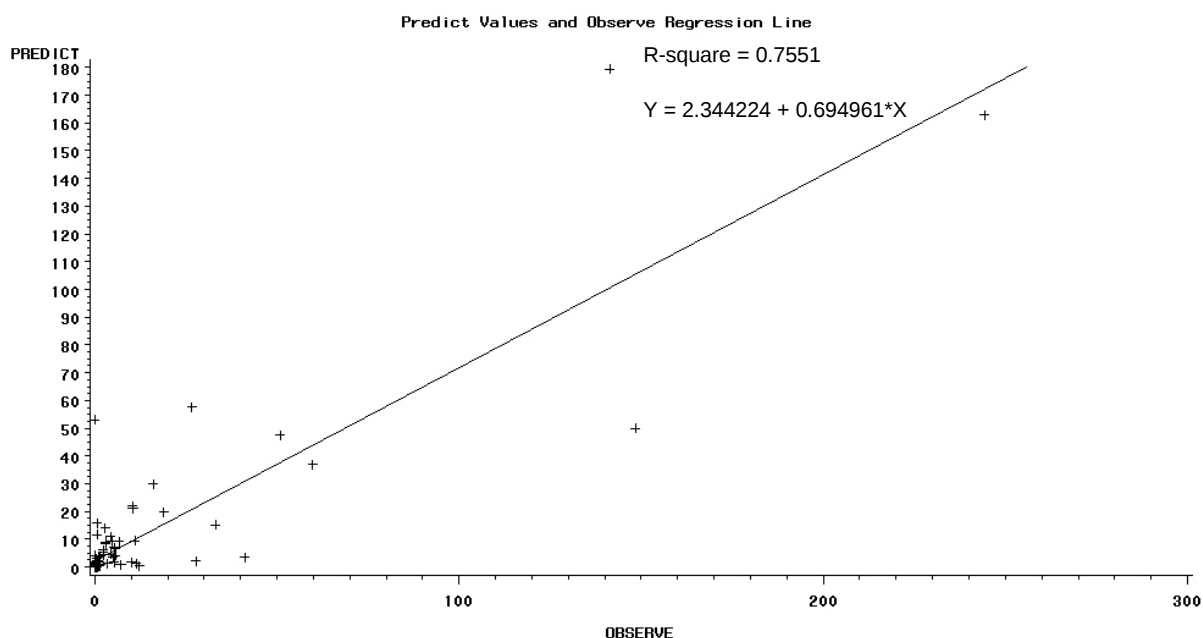
Banq Nam Piao 2012

ภาพที่ 23 เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ใน ภาคเหนือของประเทศไทย (ต่อ)

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้แบบจำลองและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ ในลุ่มน้ำชีตอนที่ 4 จำนวน 4 แห่ง

Site	Province	Linear Regression and Correlation Coefficient		
		INT	SLOPE	R-square
Nakhon Luang	Ayutthaya	1.189157	1.597463	0.7974
Phachi	Ayutthaya	-0.159338	2.056804	0.9744
Manorom	Chai Nat	0.571440	0.265467	0.3018
Sapphaya	Chai Nat	0.803639	0.248060	0.4649
Ongkharak	Nakhon Nayok	3.310442	1.170392	0.8219
Bang Nam Priao	Chachoengsao	2.582836	0.577194	0.9141
Sum Locations		2.344224	0.694961	0.7551

INT Interception; SLOPE Slope of generated data versus observed; R2 Correlation squared



ภาพที่ 24 ข้อมูลการกระจายของเพ็ญกระโดสีน้ำตาล แสดงความสัมพันธ์และสมการเชิงเส้นที่ได้จากแบบจำลองและจากการสำรวจ

สรุป

การเลี้ยงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพื่อทดสอบอุณหภูมิต่างๆ ได้เลี้ยงในข้าวทั้งหมด 5 พันธุ์ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มไม่ต้านทานประกอบด้วยพันธุ์ TN 1 ที่เป็นพันธุ์อ่อนแอมาตรฐาน และอีก 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ กข 6 และ กข 15 ซึ่งปลูกในนาปีเขตพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และกลุ่มที่ 2 คือ พันธุ์ ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 เป็นพันธุ์ที่ปลูกในนาปรัง ที่อุณหภูมิ 20, 25, 30 และ 35 องศาเซลเซียส แต่ในพันธุ์ต้านทานไม่สามารถเลี้ยงจนครบวงจรชีวิตได้ใน 35 องศาเซลเซียส ในการเลี้ยงอุณหภูมิต่ำ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลใช้เวลาในการเจริญเติบโตนานกว่าอุณหภูมิสูงโดยเห็นได้ชัดในระยะไข่ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 14-16 วัน แต่ในขณะที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการฟักเพียง 7 วัน และมีการใช้น้อยลงในอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่วนระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยไม่แตกต่างกันมากนักซึ่งเมื่อนำมาคำนวณอุณหภูมิสะสมในการเจริญเติบโตแต่ละระยะนั้น ในกลุ่มข้าวพันธุ์ไม่ต้านทานได้อุณหภูมิสะสมรวมมากกว่าคือเท่ากับ 586.81 องศาเซลเซียส ในกลุ่มข้าวพันธุ์ต้านทานได้อุณหภูมิสะสมรวมเท่ากับ 525.06 องศาเซลเซียส

แบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล แสดงผลเป็นจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยในแต่ละวัน การทดสอบแบบจำลองโดยเปรียบเทียบข้อมูลจากการพยากรณ์กับข้อมูลสำรวจ พบว่าผลการจำลองที่มีความเชื่อมั่นได้พอสมควร ส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้ (user interface) ของแบบจำลองนี้อธิบายความสะดวกให้ผู้ใช้ สามารถทำการจำลองสถานการณ์การภายใต้เงื่อนไขที่สนใจ การจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจะช่วยเกษตรกรในขบวนการตัดสินใจในการจัดการเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพยากรณ์ด้วยข้อมูลภูมิอากาศล่วงหน้าจะสามารถนำไปคาดการณ์ผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในอนาคตได้

การผสมผสานการทำงานของระบบจำลองข้าวเข้ากับแบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ด้วยโมดูลชื่อ inter_module โดยแบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ส่งข้อมูลปริมาณน้ำตาลที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลใช้เป็นอาหารไปยังแบบจำลองข้าว เพื่อทำการจำลอง

แล้วนำปริมาณน้ำตาล และปริมาณพื้นที่ใบที่ข้าวสร้างขึ้นในแต่ละวันจากแบบจำลองข้าวเชื่อมโยงกลับไปยังแบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล สามารถใช้คาดการณ์ ผลผลิตข้าวที่มีผลกระทบจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลรวมอยู่ด้วย เป็นข้อมูลพื้นฐานนำไปสู่ในการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในพื้นที่อื่นๆ ของประเทศ รวมไปถึงการวิเคราะห์ เติบโตภายในพื้นที่เป้าหมายที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ ” โดยสะดวกและรวดเร็วในอนาคต

ข้อมูลภูมิอากาศในพื้นที่ทดสอบแบบจำลองเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับประเมิน ประชากรของโรคไหม้และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

การวิเคราะห์เขตสภาพอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง Spatial analysis of weather in the Northeast and the Central Region

บทคัดย่อ

ข้อมูลสภาพอากาศเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับวิเคราะห์ระบบการผลิตพืชและการจัดการ
ทรัพยากรธรรมชาติ ดังนั้นจึงศึกษาความต่อเนื่องเชิงพื้นที่ของสภาพอากาศ เพื่อหาความหนาแน่น
(ระยะห่าง) ที่เหมาะสมของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ การดำเนินการได้ใช้ข้อมูลสภาพอากาศรายวันจาก
สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง จากกรมอุตุนิยมวิทยา ผลการ
วิเคราะห์ จาก correlogram และ variogram ชี้ว่าสำหรับอุณหภูมิอากาศและความชื้นอากาศ อาจไม่
จำเป็นที่จะต้องมีระยะห่างระหว่างสถานีตรวจวัดต่ำกว่า 100 กม และสามารถใช้อุณหภูมิอากาศจาก
สถานีตรวจวัดหลัก รายจังหวัด ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสถานีไม่เกิน 123 กม เพื่อประเมิน
(interpolate) หาค่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นอากาศได้ แต่สำหรับ ปริมาณฝนรายวันและพลังงานรังสี
ดวงอาทิตย์รายวันสถานีตรวจวัดควรมีระยะห่างน้อยกว่า 50 กม และหากต้องการประเมินปริมาณฝนราย
ชั่วโมงระยะห่างระหว่างสถานีควรต่ำกว่า 20 กม

คำสำคัญ: สภาพอากาศ ความต่อเนื่องเชิงพื้นที่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง

Keywords: weather, spatial continuity, Northeast region

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์

ข้อมูลสภาพอากาศเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและการผลิตพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการประเมินผลผลิตพืช และการระบาดของโรคและแมลง โดยใช้แบบจำลอง แต่ปัจจุบัน ข้อมูลสภาพอากาศที่มีใช้ในประเทศยังมีค่อนข้างจำกัด ทั้งในแง่ความถี่ของการเก็บข้อมูล และความหนาแน่นของจุดที่ทำการตรวจวัดข้อมูล ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลรายจังหวัด ซึ่งระยะห่างระหว่างสถานีตรวจวัดแต่ละแห่งอาจมากเกินไป ทำให้การประเมินโดยใช้แบบจำลอง ในพื้นที่ๆ ห่างจากสถานีตรวจวัด เกิดความผิดพลาดสูงได้ ในทางตรงกันข้าม หากจุดตรวจวัดหนาแน่นเกินความจำเป็น แม้ความผิดพลาดจะต่ำ แต่ก็เป็นการสิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศกับระยะทาง จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญเพื่อใช้ในการกำหนดความหนาแน่น และตำแหน่งที่เหมาะสมของ สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ

การดำเนินงาน

การวิเคราะห์เขตสภาพอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง

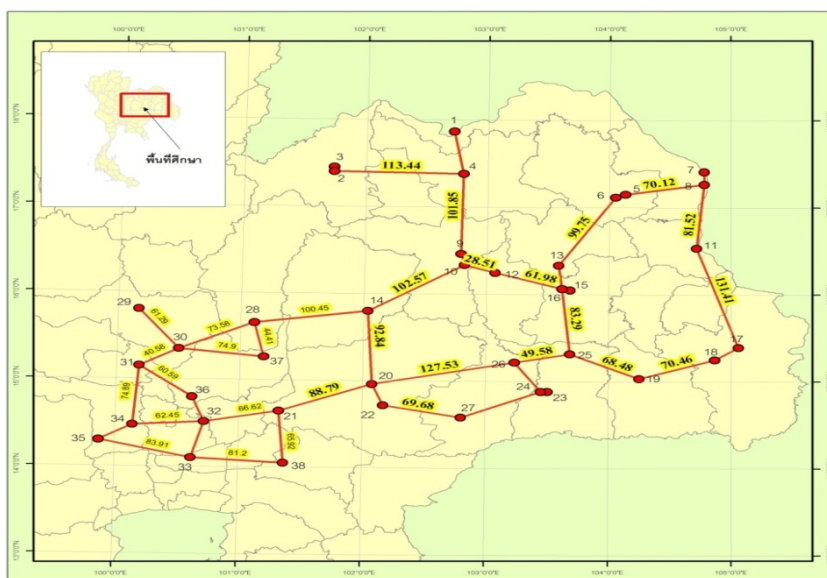
ได้ใช้ข้อมูลสภาพอากาศรายวันจากสถานีตรวจวัดหลักรายจังหวัดของกรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบด้วยข้อมูลจากปี 2544 ถึง ปี 2553 จากสถานีตรวจวัด 27 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 21 และภาพที่ 25 สำหรับพื้นที่ภาคกลางได้ใช้ข้อมูลจากปี 2534 ถึง ปี 2554 จากสถานีตรวจวัด 11 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 22 และภาพที่ 26 อย่างไรก็ตามข้อมูลที่เหมาะสม สามารถใช้ในการวิเคราะห์ได้นั้น จะต้องเป็นข้อมูลในช่วงเวลาที่ทุกๆสถานี มีข้อมูลตรงกันเท่านั้น ข้อกำหนดดังกล่าวจึงทำให้จำนวนข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้มีจำนวนน้อย โดยเฉพาะภาคกลาง ซึ่งจะเห็นได้ชัดในกราฟแสดงผลการวิเคราะห์

ตารางที่ 21 รายชื่อสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา, รหัสสถานี, รหัสของ WMO, จังหวัด, และตำแหน่งที่ตั้ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ได้นำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์

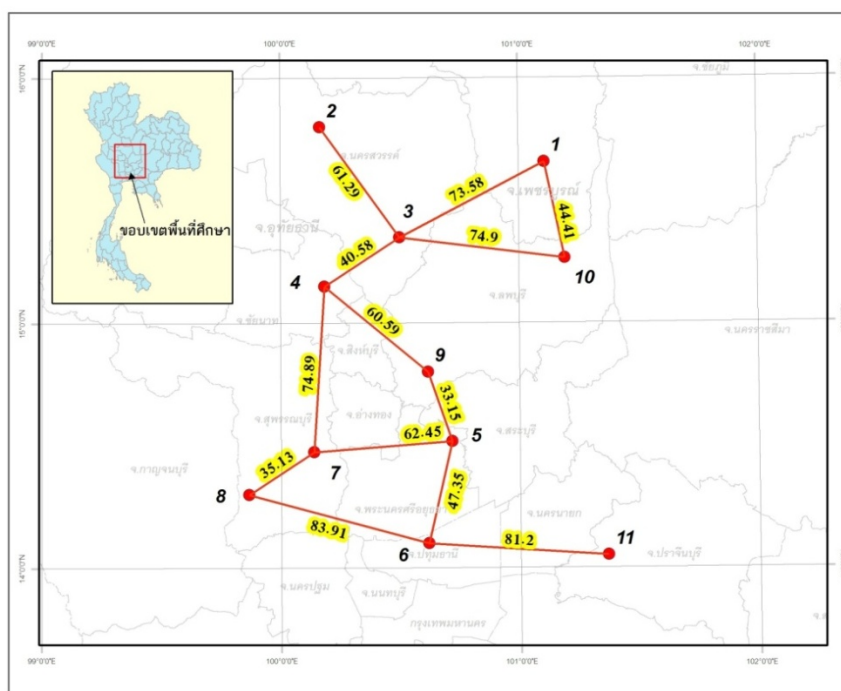
ลำดับ	รหัส		ชื่อสถานี	จังหวัด	เส้นรุ้ง	เส้นแวง
	รหัสสถานี	WMO				
1	352201	48352	หนองคาย	หนองคาย	17.52.0	102.43.0
2	353201	48353	เลย	เลย	17.27.0	101.44.0
3	353301	48350	เลย สกษ.	เลย	17.24.0	101.44.0
4	354201	48354	อุดรธานี	อุดรธานี	17.23.0	102.48.0
5	356201	48356	สกลนคร	สกลนคร	17.9.0	104.8.0
6	356301	48355	สกลนคร สกษ.	สกลนคร	17.7.0	104.3.0
7	357201	48357	นครพนม	นครพนม	17.25.0	104.47.0
8	357301	48358	นครพนม สกษ.	นครพนม	17.26.0	104.47.0
9	381201	48381	ขอนแก่น	ขอนแก่น	16.27.48	102.47.12
10	381301	48384	ท่าพระ สกษ.	ขอนแก่น	16.20.0	102.49.0
11	383201	48383	มุกดาหาร	มุกดาหาร	16.32.0	104.43.0
12	387401	48382	มหาสารคาม	มหาสารคาม	16.14.50	103.4.5
13	388401	48390	กาฬสินธุ์	กาฬสินธุ์	16.19.57	103.35.18
14	403201	48403	ชัยภูมิ	ชัยภูมิ	15.48.0	102.2.0
15	405201	48405	ร้อยเอ็ด	ร้อยเอ็ด	16.3.0	103.41.0
16	405301	48404	ร้อยเอ็ด สกษ.	ร้อยเอ็ด	16.4.0	103.37.0
17	407301	48408	อุบลราชธานี สกษ.	อุบลราชธานี	15.23.33	105.3.33
18	407501	48407	อุบลราชธานี (ศูนย์ฯ)	อุบลราชธานี	15.15.0	104.52.0
19	409301	48409	ศรีสะเกษ	ศรีสะเกษ	15.2.0	104.15.0
20	431201	48431	นครราชสีมา	นครราชสีมา	14.57.46	102.4.36
21	431301	48435	ปากช่อง สกษ.	นครราชสีมา	14.38.38	101.19.15
22	431401	48434	โชคชัย	นครราชสีมา	14.43.8	102.10.7
23	432201	48432	สุรินทร์	สุรินทร์	14.53.0	103.30.0
24	432301	48433	สุรินทร์ สกษ.	สุรินทร์	14.53.0	103.27.0
25	432401	48416	ท่าตูม	สุรินทร์	15.19.0	103.41.0
26	436201	48437	บุรีรัมย์	บุรีรัมย์	15.13.0	103.14.0
27	436401	48436	นางรอง	บุรีรัมย์	14.35.0	102.48.0

ตารางที่ 22 รายชื่อสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา รหัสสถานี, รหัสของ WMO, จังหวัด, และตำแหน่งที่ติดตั้ง ในภาคกลาง ที่ได้นำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์

ลำดับ	รหัสสถานี	รหัส WMO	ชื่อสถานี	จังหวัด	เส้นรุ้ง	เส้นแวง
1	379402	48413	วิเชียรบุรี	เพชรบูรณ์	15.39.25	101.6.30
2	400201	48400	นครสวรรค์	นครสวรรค์	15.48.0	100.10.0
3	400301	48401	ตากฟ้า สกษ.	นครสวรรค์	15.21.0	100.30.0
4	402301	48402	ชัยนาท สกษ.	ชัยนาท	15.9.0	100.11.0
5	415301	48415	พระนครศรีอยุธยา	พระนครศรีอยุธยา	14.31.0	100.43.0
6	419301	48419	ปทุมธานี สกษ.	ปทุมธานี	14.6.0	100.37.0
7	425201	48425	สุพรรณบุรี	สุพรรณบุรี	14.28.28	100.8.20
8	425301	48427	อู่ทอง สกษ.	สุพรรณบุรี	14.18.0	99.52.0
9	426201	48426	ลพบุรี	ลพบุรี	14.48.0	100.37.0
10	426401	48418	บัวชุม	ลพบุรี	15.15.50	101.11.30
11	430201	48430	ปราจีนบุรี	ปราจีนบุรี	14.3.0	101.22.0



ภาพที่ 25 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ รายจังหวัด กรมอุตุนิยมวิทยา ทั้ง 27 สถานี แห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ได้นำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์



ภาพที่ 26 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ รายจังหวัด กรมอุตุนิยมวิทยา ทั้ง 11 สถานี แห่งในภาคกลางที่ได้นำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์

สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระยะห่างระหว่างสถานีใดสถานีหนึ่งกับสถานีที่อยู่รอบๆมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 100 กม ระยะใกล้ที่สุดเท่ากับ 5 กม และไกลที่สุดเท่ากับ 481 กม สำหรับภาคกลางมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76 กม ระยะใกล้ที่สุดเท่ากับ 33 กม และไกลที่สุดเท่ากับ 233 กม รายละเอียดของระยะห่างระหว่างสถานีต่างๆ ทั้งหมดได้แสดงไว้ใน ตารางภาคผนวกที่ 1 และตารางภาคผนวกที่ 2

การวิเคราะห์ความต่อเนื่องเชิงพื้นที่

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสภาพอากาศกับระยะทางประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก

1. คำนวณค่า autocorrelation $\rho(\mathbf{h})$ และ semivariance $\gamma(\mathbf{h})$ โดยใช้สมการที่ 1 และ 2

$$\rho(\mathbf{h}) = \frac{c(\mathbf{h})}{c(0)} \quad (1)$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_i^{N(\mathbf{h})} [z(\mathbf{u}_i + \mathbf{h}) - z(\mathbf{u}_i)]^2 \quad (2)$$

เมื่อ

$$c(\mathbf{h}) = \frac{1}{N(\mathbf{h})} \sum_i^{N(\mathbf{h})} [z(\mathbf{u}_i + \mathbf{h}) z(\mathbf{u}_i) - m_0 m_{+\mathbf{h}}]$$

$$c(0) = \left[\frac{1}{N(\mathbf{h})} \sum_i^{N(\mathbf{h})} [z(\mathbf{u}_i) - m_0]^2 \frac{1}{N(\mathbf{h})} \sum_i^{N(\mathbf{h})} [z(\mathbf{u}_i + \mathbf{h}) - m_{+\mathbf{h}}]^2 \right]^{1/2}$$

$$m_0 = \frac{1}{N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} Z(\mathbf{u}_i)$$

$$m_{+\mathbf{h}} = \frac{1}{N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} Z(\mathbf{u}_i + \mathbf{h})$$

2. สร้าง correlogram, variogram และ scaled climatological mean semivariogram (Bastin et al., 1984) ซึ่งจะเรียกสั้นๆว่า scaled variogram เพื่อวิเคราะห์ความต่อเนื่องเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนรายวัน พลังงานแสงอาทิตย์รายวัน อุณหภูมิอากาศรายวัน และความชื้นอากาศรายวัน กับระยะทาง โดยสร้างกราฟการเปลี่ยนแปลงของ $\rho(\mathbf{h})$ $\gamma(\mathbf{h})$ และ $\gamma(\mathbf{h})/c(0)$ กับระยะห่างระหว่างสถานี $\mathbf{h}$

3. ในกรณีที่ค่า semivariance เพิ่มขึ้นกับระยะทางและแสดงให้เห็นถึงระยะห่าง (range) ที่ค่า semivariance เริ่มคงที่ (sill) อย่างชัดเจนก็จะ fit curve ของ positive definite model เข้ากับ transitive variogram ดังกล่าว เพื่อประเมินค่า ของ sill, range และ nugget โดยมีสมมุติฐานคือ การกระจายตัวของสภาพอากาศเป็นแบบ stationary และ isotropy ค่า parameters ดังกล่าวของ variogram นอกจะใช้ในการพิจารณาหาระยะห่างที่เหมาะสมระหว่างของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศแล้วยังสามารถใช้ประเมินหาสภาพอากาศในพื้นที่ๆ ห่างจากสถานีตรวจวัดได้โดยวิธีการ kriging

จากการทดสอบ model ต่างๆ เพื่อใช้หาค่า parameter ทั้ง 3 ของ variogram โดยพิจารณาจากค่าของ coefficient of determination (R^2) และ root mean square error RMSE

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)^2}$$

ประกอบกับการพิจารณาจากรูปแบบของ variogram พบว่า exponential model (3) และ spherical model (4)

$$\gamma(h) = c_0 + c_1(1 - e^{-3h/a}) \quad (3)$$

$$\gamma(h) = \begin{cases} c_0 + c_1 \left(\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right) & \text{if } h \leq a \\ c_0 + c_1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

ให้ผลลัพธ์ดีและใกล้เคียงกัน เนื่องจากค่า determination coefficient R^2 ระหว่างค่าที่ได้จากการประเมินโดยใช้ basic model ทั้ง 2 กับค่าของ empirical variogram ที่สร้างจากข้อมูลภาคสนาม โดยรวมมีค่าที่สูงพอ จึงไม่จำเป็นที่จะต้องผสมผสาน theoretical model เหล่านี้เข้าด้วยกัน (nested model) เพื่อใช้ประเมินหา parameter ดังกล่าว

ส่วนในกรณีของ non-transitive variogram ซึ่ง semivariance เพิ่มขึ้นต่อเนื่องและไม่แสดงให้เห็น sill ชัดเจน ก็ได้ใช้ linear model

$$\gamma(h) = c_0 + c_1 h \quad (5)$$

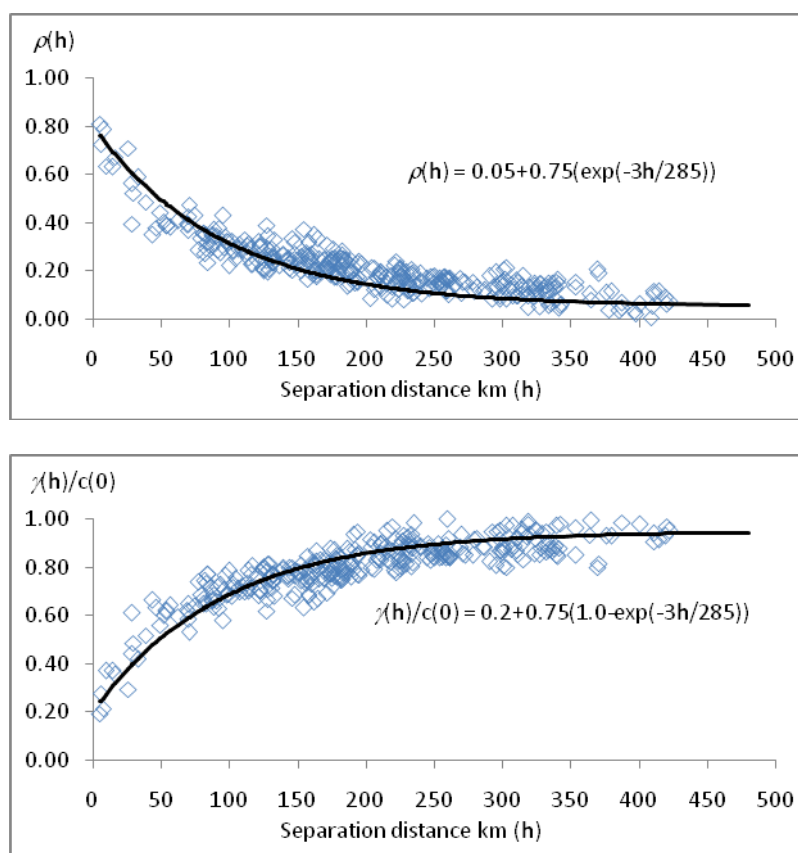
fit curve เข้ากับ empirical variogram ดังกล่าว

ผลการดำเนินการ

ปริมาณฝนรายวัน

ในการวิเคราะห์ปริมาณฝนจะใช้ข้อมูลของวันที่มีฝนตกที่ 1 สถานีเป็นอย่างน้อย จากการวิเคราะห์ค่า $\rho(h)$ และ $\gamma(h)$ ของปริมาณฝนรายวันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า $\rho(h)$ จะลดลงจาก 0.8 ถึง 0.4 ภายในระยะห่างเพียง 60 กม จากนั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่อง จนมีค่าต่ำกว่า 0.1 เช่นเดียวกันค่าของ $\gamma(h)/c(0)$ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นอิสระจากกันของฝนรายวันในพื้นที่ทั้งสอง จะเพิ่มขึ้นค่อนข้างรวดเร็วเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 60 กม จากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ดังแสดงในภาพที่ 27 จากการประเมินหาค่าของ range โดยใช้ exponential model และ spherical model พบว่ามีค่าประมาณ 130 กม ผลจากการวิเคราะห์ดังกล่าวชี้ว่าเมื่อระยะห่างระหว่างสถานีตรวจวัดสภาพอากาศเพิ่มขึ้นความสัมพันธ์ของปริมาณฝนรายวันระหว่างสถานีจะลดลง และความสัมพันธ์จะสิ้นสุดลงเมื่อระยะห่าง

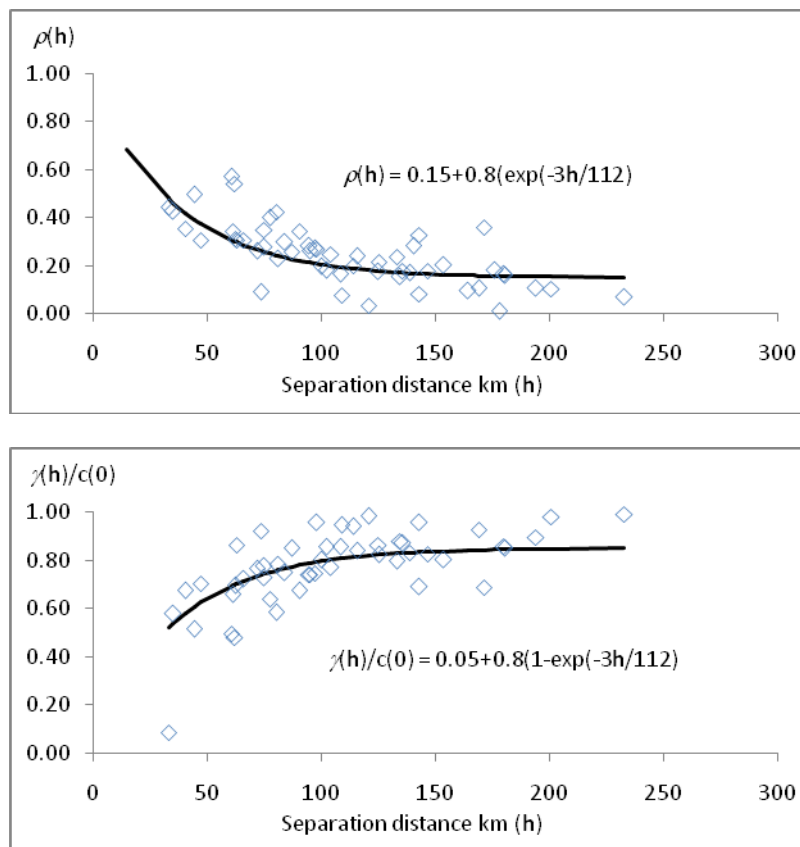
เพิ่มขึ้นถึง 130 กม นั้นคือฝนที่ระยะห่าง 130 กม หรือมากกว่าจะเป็นอิสระจากกัน และแสดงความสัมพันธ์แบบ random เมื่อเปรียบเทียบกับระยะห่างของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศรายจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีระยะห่างโดยเฉลี่ย ประมาณ 83 กม อาจกล่าวได้ว่าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศรายจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังมีความหนาแน่นไม่เพียงพอที่จะทำให้สามารถทำการประเมินหาค่าปริมาณฝนรายวัน ณ พื้นที่ต่างๆ ระหว่างสถานีตรวจวัดสภาพอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้อย่างได้อย่างมั่นใจ เพราะข้อมูลที่ใช้ในการ interpolate นั้นเป็นข้อมูลที่เป็นอิสระจากกัน และหากต้องการใช้ข้อมูลรายชั่วโมงเพื่อประเมินถึง intensity ของฝน คาดว่าระยะห่างระหว่างสถานีอาจต้องต่ำกว่า 20 กม



ภาพที่ 27 Correlogram และ scaled variogram ของปริมาณฝนรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจาก สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 27 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากการวิเคราะห์รูปแบบปริมาณฝนในภาคกลางพบว่าค่า $\rho(h)$ และ $\gamma(h)/c(0)$ จะเปลี่ยนแปลงกับระยะทางรวดเร็วกว่าที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่า $\rho(h)$ จะลดลงจาก 0.8 ถึง 0.4 ภายในระยะห่างเพียง 47 กมเท่านั้น จากนั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่อง จนมีค่าต่ำกว่า 0.1 เช่นเดียวกันค่าของ $\gamma(h)/c(0)$ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของรูปแบบของฝนรายวันในพื้นที่ทั้งสอง จะเพิ่มขึ้นค่อนข้างรวดเร็วเมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้นจนถึงประมาณ 47 กม จากนั้นจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ดังแสดงในภาพที่ 28 จากการ

ประเมินค่าของ range โดยใช้ exponential model และ spherical model พบว่ามีค่าประมาณ 100 กม เมื่อเปรียบเทียบกับระยะห่างของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศรายจังหวัดในภาคกลาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76 กม ระยะใกล้ที่สุดเท่ากับ 33 กม และไกลที่สุดเท่ากับ 169 กม กล่าวได้ว่า สถานีตรวจวัดสภาพอากาศรายจังหวัดในภาคกลางมีความหนาแน่นไม่เพียงพอที่จะทำให้สามารถทำการประเมินค่าปริมาณฝนรายวัน ณ พื้นที่ต่างๆ ระหว่างสถานีตรวจวัดสภาพอากาศในภาคกลางได้อย่างได้อย่างมั่นใจ และอาจมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มเติมมากกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



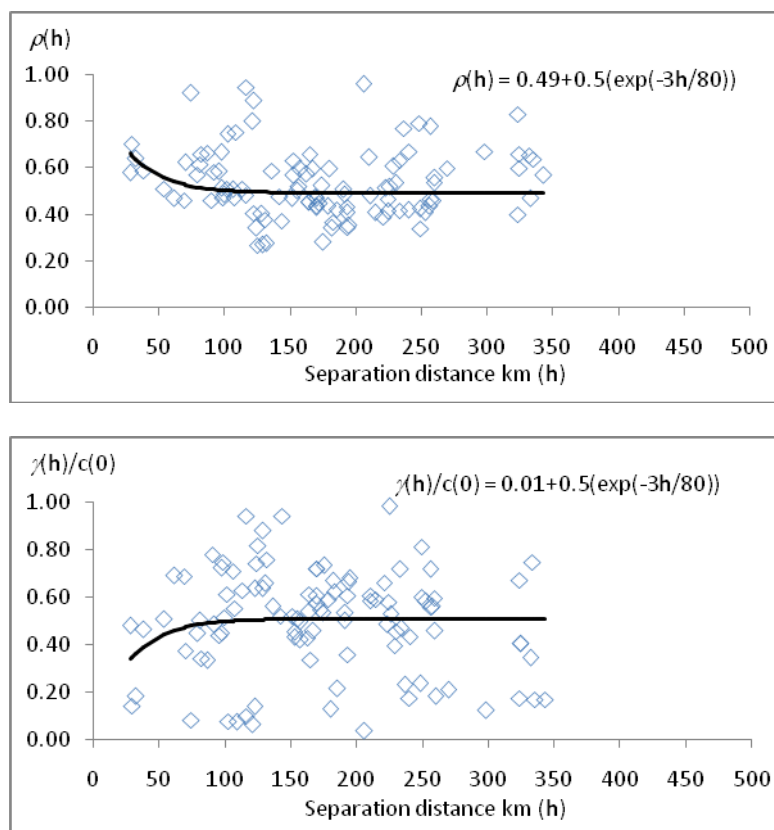
ภาพที่ 28 Correlogram และ scaled variogram ของปริมาณฝนรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจาก สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 11 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคกลาง

พลังงานแสงอาทิตย์รายวัน

เมื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าของ $\rho(h)$ และ $\gamma(h)/c(0)$ พบว่าการเปลี่ยนแปลงยังมีลักษณะที่เป็นแบบ transitive ที่เห็นได้ ดังแสดงในภาพที่ 29 เป็นที่น่าสังเกตว่า range ที่ได้จาก exponential model มีค่าเพียง 75 กม เท่านั้น ต่ำกว่าค่า range ของปริมาณฝนชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโดยรวมจะเห็นได้ว่าที่ระยะห่างดังกล่าวค่าเฉลี่ยของ $\rho(h)$ ยังมีค่าที่ค่อนข้างสูง มากกว่า 0.5 แต่มีการกระจายตัวของค่า semivariance ที่ได้จากการวัด ออกจากเส้นของ exponential model ค่อนข้างสูง และมีค่า R^2 เพียง 0.027 เท่านั้นสำหรับ correlogram และ 0.026 สำหรับ scaled variogram จาก

ข้อมูลดังกล่าวทำให้สรุปได้ว่าความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่มีอยู่ ณ ปัจจุบันไม่เพียงพอสำหรับการประเมินหาพลังงานแสงอาทิตย์ที่จุดต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สำหรับภาคกลาง ข้อมูลที่มีอยู่ ณ ปัจจุบันไม่เพียงพอที่นำมาใช้วิเคราะห์หา correlogram และ variogram ได้

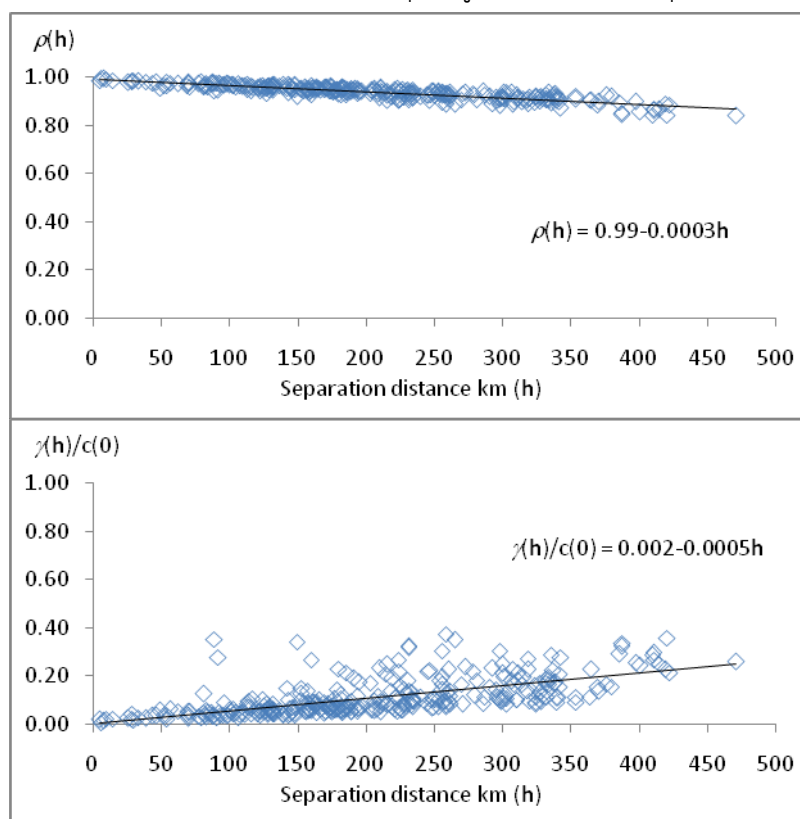


ภาพที่ 29 Correlogram และ scaled variogram ของพลังแสงอาทิตย์รายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจาก สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 27 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อุณหภูมิอากาศรายวัน

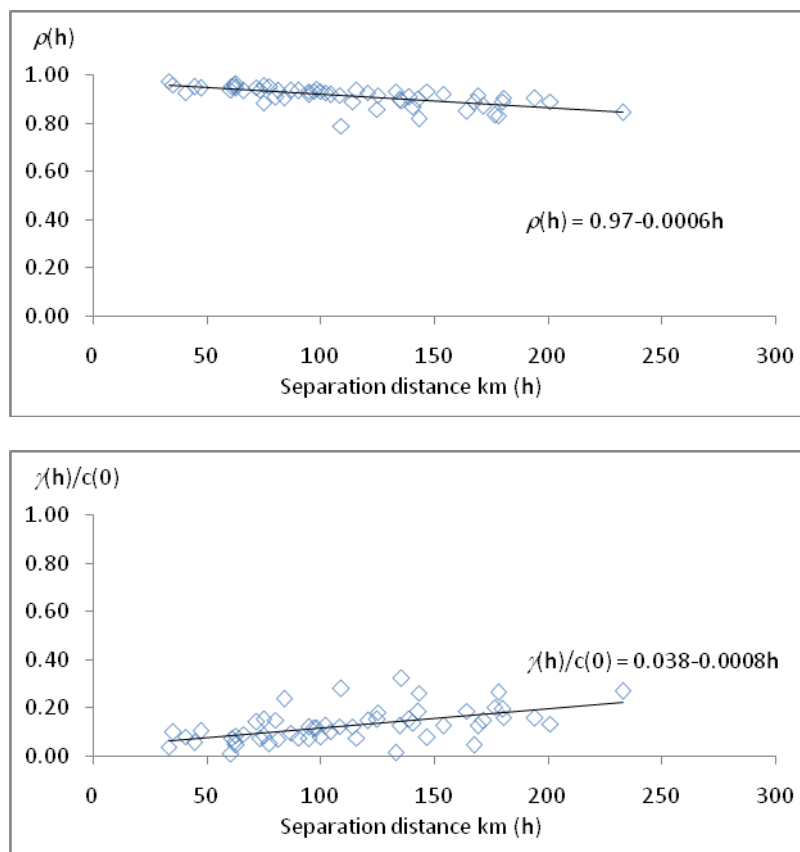
เมื่อนำข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้ง 27 สถานี มาวิเคราะห์หาค่าของ $\rho(h)$ และ $\gamma(h)/c(0)$ พบว่าค่าทั้งสองมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากกับระยะทาง และมีลักษณะเป็น non-transitive ดังแสดง ในภาพที่ 30 ค่าของ $\rho(h)$ มีค่าที่สูงกว่า 0.8 ที่ระยะห่างมากกว่า 400 กม. และมีความเบี่ยงเบนออกจากเส้นตรงน้อย โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.79 แต่เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในรูปของ $\gamma(h)/c(0)$ จะเห็นได้ว่ามีความเบี่ยงเบนที่สูงมากกว่า และค่า R^2 ลดลงเหลือเท่ากับ 0.42 เท่านั้น นอกจากนี้ลักษณะของ scaled variogram หรือ variogram ไม่ได้เป็นภาพสะท้อน (mirror) ที่สมบรูณ์กับ correlogram ความเบี่ยงเบนเริ่มปรากฏชัดเจนที่ระยะห่างมากกว่า 150

กม อย่างไรก็ตามสามารถสรุปเบื้องต้นว่าความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่มีอยู่ ณ ปัจจุบันน่าจะเพียงพอสำหรับการประเมินหาอุณหภูมิอากาศรายวันที่จุดต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 30 Correlogram และ scaled variogram ของอุณหภูมิรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 27 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

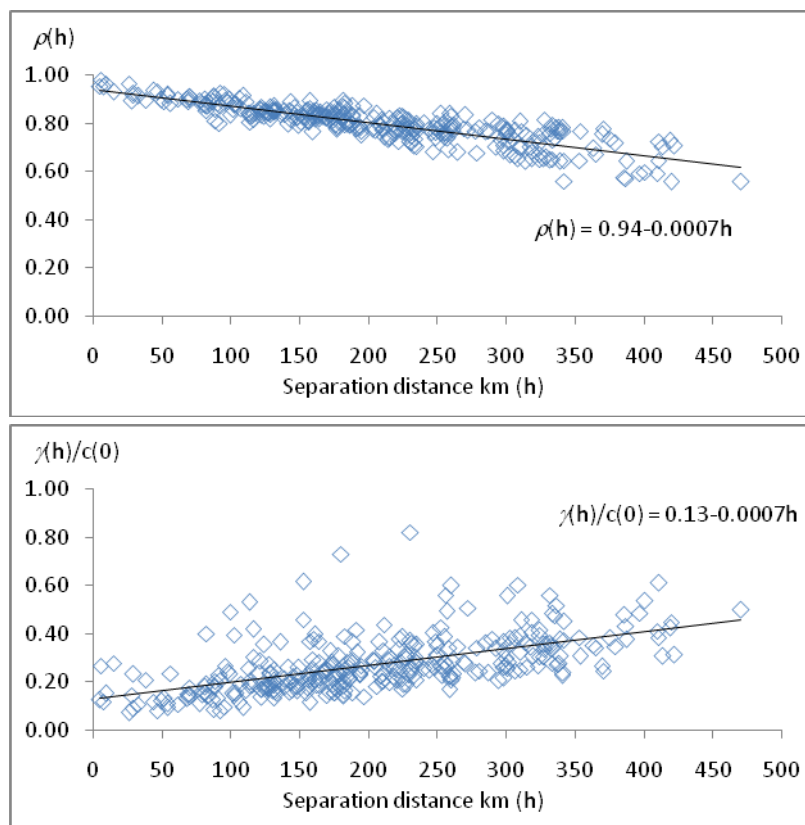
ส่วนสภาพอุณหภูมิอากาศรายวันของภาคกลาง พบว่าค่าของ $\rho(h)$ มีการเปลี่ยนแปลงกับระยะทางน้อยมาก และมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่เป็น non-transitive ดังแสดงในภาพที่ 31 เช่นเดียวกันกับที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่า $\rho(h)$ ที่ต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.79 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างสถานีชัยนาท กับสถานีบัวชุม อย่างไรก็ตามพบว่าความแปรปรวนจากเส้นตรงมีค่าสูง กว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่า R^2 มีค่าเพียง 0.44 เท่านั้น การเปลี่ยนแปลงของ $\gamma(h)/c(0)$ กับระยะทางในภาคกลาง ก็มีความแปรปรวนที่สูง โดยมีค่า R^2 เพียง 0.22 เมื่อเปรียบเทียบกับ 0.45 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากความแปรปรวนจะเริ่มเห็นชัดจากระยะห่างประมาณ 100 กม เป็นต้นไป ดังนั้นจึงสรุปเบื้องต้นว่าความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่มีอยู่ ณ ปัจจุบันน่าจะเพียงพอสำหรับการประเมินหาอุณหภูมิอากาศรายวันที่จุดต่างๆ ในภาคกลาง



ภาพที่ 31 Correlogram และ variogram ของอุณหภูมิรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 11 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคกลาง

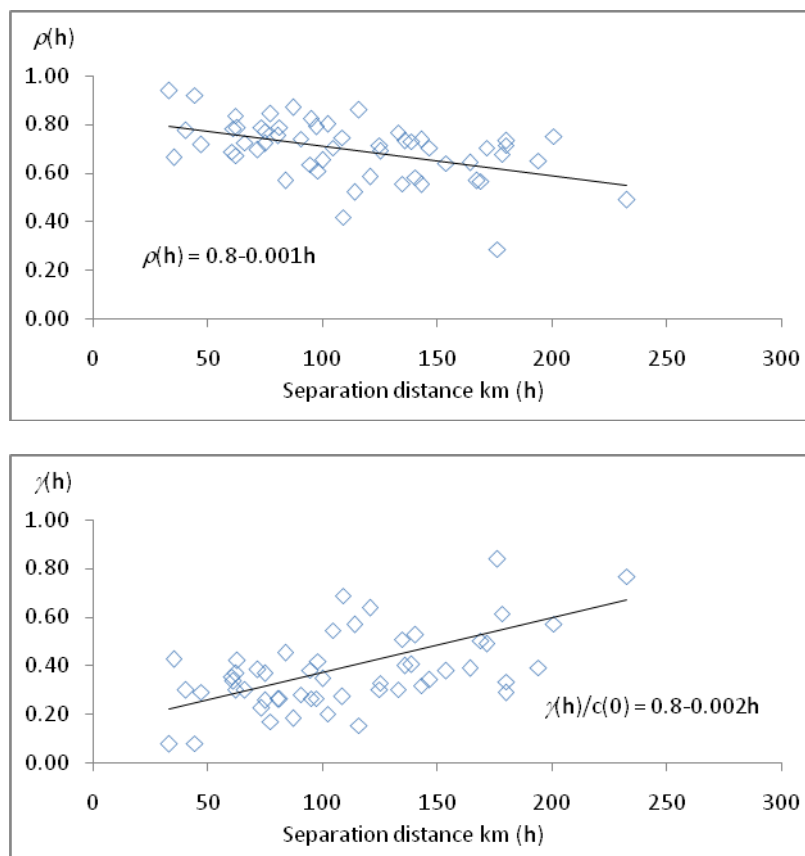
ความขึ้นสัมพันธ์อากาศ

เมื่อวิเคราะห์ผลของระยะห่างต่อค่า $\rho(h)$ และ $\gamma(h)/c(0)$ ของความขึ้นสัมพันธ์อากาศรายวันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า $\rho(h)$ มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อย และมีลักษณะเป็น non-transitive เช่นเดียวกับกับอุณหภูมิ ดังแสดงในภาพที่ 32 เมื่อระยะห่างเพิ่มขึ้นถึง 200 กม ค่าของ $\rho(h)$ ก็ยังสูงกว่า 0.75 มาก และมีการกระจายตัวออกจากเส้นตรงต่ำ ค่าของ R^2 เท่ากับ 0.74 เช่นเดียวกับค่าของ $\gamma(h)/c(0)$ เพิ่มขึ้นอย่างช้า แต่มีความเบี่ยงเบนจากเส้นตรงสูงกว่า $\rho(h)$ โดยมีค่าของ R^2 เท่ากับ 0.34 จุดที่กระจายตัวออกจากเส้นตรงที่ชัดเจนนั้นมีจำนวนไม่มาก ดังนั้นจึงสรุปว่าสำหรับความขึ้นอากาศรายวัน ความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศรายจังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความหนาแน่นเพียงพอ เพื่อใช้ประเมินค่าความขึ้นอากาศ ณ พื้นที่ต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้



ภาพที่ 32 Correlogram และ scaled variogram ของความเข้มข้นอากาศรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจาก สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 27 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สำหรับภาคกลางนั้นค่า $\rho(h)$ และ $\gamma(h)/c(0)$ ของความเข้มข้นสัมพัทธ์อากาศรายวัน มีการเปลี่ยนแปลงกับระยะทางค่อนข้างต่ำ และมีลักษณะเป็น non-transitive ดังแสดงในภาพที่ 33 แต่เป็นที่น่าสังเกตว่ามีการกระจายตัวออกจากเส้นตรงสูง ค่าของ R^2 เท่ากับ 0.23 สำหรับ $\rho(h)$ และเท่ากับ 0.28 สำหรับ $\gamma(h)/c(0)$ ความเบี่ยงเบนที่สูงนี้ อาจชี้ว่าการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นกับระยะทางนั้นขึ้นกับทิศทาง ไม่ได้เป็น isotropic ดังที่ได้ตั้งสมมุติฐานไว้ แม้ว่าจะมีความแปรปรวนสูง แต่ด้วยภาพรวมแล้ว ค่า $\rho(h)$ ยังคงค่อนข้างสูงและยังไม่แสดงให้เห็นถึง range ดังนั้นจึงสรุปว่าสำหรับความเข้มข้นอากาศรายวัน ความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศรายจังหวัด ในภาคกลาง มีความหนาแน่นเพียงพอ เพื่อใช้ประเมินค่าความเข้มข้นอากาศ ณ พื้นที่ต่างๆ ได้



ภาพที่ 33 Correlogram และ scaled variogram ของความขึ้นอากาศรายวัน ที่ประเมินโดยใช้ข้อมูลจาก สถานีตรวจวัดสภาพอากาศ 11 สถานี ของกรมอุตุนิยมวิทยา ในภาคกลาง

สรุป

สำหรับอุณหภูมิอากาศความขึ้นอากาศ ไม่จำเป็นที่จะต้องมียะห่างระหว่างสถานีตรวจวัดต่ำกว่า 100 กม และสามารถใช้อุณหภูมิอากาศจากสถานีตรวจวัดหลัก รายจังหวัด กรมอุตุนิยมวิทยา ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสถานีไม่เกิน 123 กม เพื่อประเมิน (interpolate) หาค่าอุณหภูมิอากาศและความขึ้นอากาศ ณ พื้นที่ต่างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้

แต่สำหรับสำหรับปริมาณฝนรายวัน และพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ สถานีตรวจวัดหลัก รายจังหวัด ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ยังมีความหนาแน่นไม่เพียงพอ อย่างน้อยสถานีตรวจ วัดควรมีระยะห่างไม่เกิน 50 กม และหากต้องการประเมินข้อมูลฝนรายชั่วโมง ซึ่งจะมีความแปรปรวนทั้งในเชิงเวลาและพื้นที่ที่สูงกว่ารายวัน ก็จำเป็นที่จะต้องมีความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดเพิ่มขึ้นอีก

การสำรวจประชากรโรคไหม้และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพไร่เพื่อใช้ตรวจสอบความ แม่นยำในการประเมินผลของแบบจำลอง

การสำรวจ โรคไหม้ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในสภาพไร่และการจัดการแปลง

บทคัดย่อ

จากการสำรวจโรคไหม้นั้นได้ทำการสำรวจเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเนื่องจากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพอากาศไม่เพียงพอ ซึ่งจากการสำรวจทั้ง 4 ฤดูกาลปลูกพบว่าจะสามารถพบโรคไหม้ได้ในชวงนาปีเป็นส่วนใหญ่ แต่ในแปลงทดลองที่ทำการสำรวจพบน้อยมากโดยจะพบได้ในบริเวณใต้ต้นไม้หรือริมหนองน้ำในช่วงข้าวแตกกอ แต่เมื่อต้นข้าวมีอายุมากขึ้นอาการก็จะหายไป แต่อาจพบได้บ้างในระยะออกรวงซึ่งพบในพื้นที่อำเภอเมืองขอนแก่นเป็นส่วนใหญ่ ส่วนของการสำรวจความรุนแรงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 4 ฤดูกาลปลูก ตั้งแต่นาปี ปี 2553 นาปรัง-นาปี ปี 2554 และนาปรัง ปี 2555 พบว่าการระบาดส่วนใหญ่มีกระบาดรุนแรงในช่วงการทำนาปรัง โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการระบาดไม่รุนแรงเท่ากับภาคกลาง ซึ่งจะเห็นได้ว่าการปลูกข้าวต่อเนื่องกันเป็นผลทำให้มีอาหารเพียงพอต่อการแพร่ระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและการใช้เมล็ดพันธุ์มากเกินไปทำให้ต้นข้าวหนาแน่นเหมาะสำหรับการหลบซ่อน และยากต่อการป้องกันกำจัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งนาในพื้นที่ภาคกลางที่เกิดการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงจนทำให้เกิดการระบาดรุนแรงในหลายปีที่ผ่านมา

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์

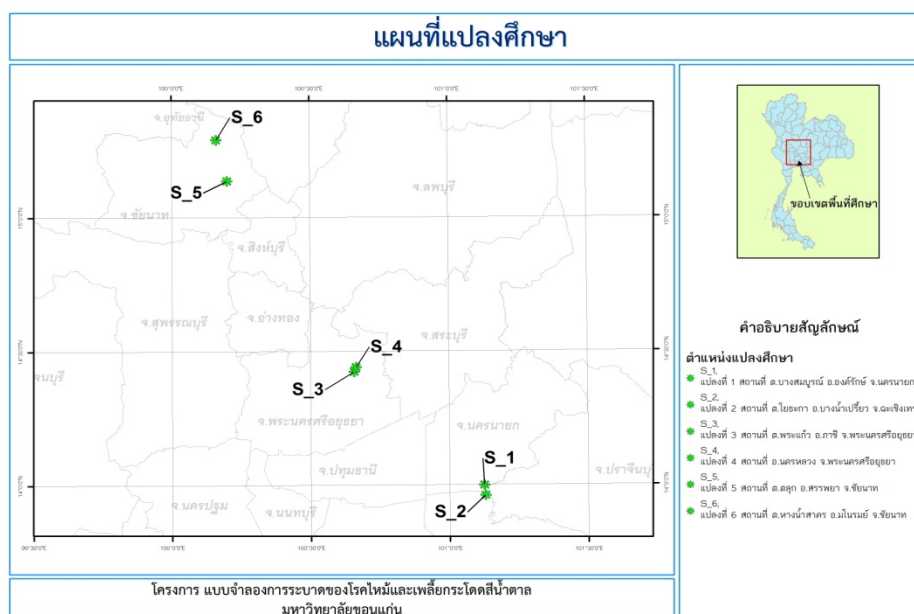
การศึกษานี้ได้แบ่งพื้นที่การสำรวจเป็น 2 แห่ง คือบริเวณลุ่มน้ำชี -แม่น้ำพอง คือในจังหวัดขอนแก่น มหาสารคามและกาฬสินธุ์ และลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา คือในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ชัยนาท ปทุมธานี ฉะเชิงเทราและนครนายก ซึ่งมีการระบาดของโรคไหม้และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลรุนแรง ทั้งในระบบนาข้าว และระบบนาชลประทานในการสำรวจตลอดโครงการนี้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำรวจทั้งหมด 4 ฤดูปลูก คือ นาปี 2553 นาปรัง 2554 นาปี 2554 นาปรัง 2555 และในภาคกลางสำรวจ 2 ฤดูปลูก คือนาปี 2554 และนาปรัง 2555 แต่ในช่วงนาปี2554 ในภาคกลางได้เกิดน้ำท่วมอย่างหนักจึงได้ผลสำรวจเฉพาะ นาปรัง 2555

พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรปลูกในแต่ละฤดูกาลและในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันไปคือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือช่วงการทำนาปรังใช้ข้าวพันธุ์ ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 ในช่วงการทำนาปีจะใช้ข้าวหลากหลายพันธุ์ เช่น กข6, กข15, มะลิ105, สกลนคร1 ส่วนในภาคกลางมีพันธุ์ ปทุมธานี 1, สุพรรณบุรี 1, กข31 และ กข41 นอกจากนี้ได้สำรวจการจัดการแปลงนา เก็บข้อมูลสถานภาพการผลิตได้แก่ พันธุ์ข้าว ระบบการปลูก การไถ สowing การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช การดูแลและจัดการแปลงนา การจัดการระบบน้ำ ประวัติการใช้พื้นที่และการระบาดของศัตรูข้าว โดยในการสำรวจได้ทำการสำรวจการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้

การสำรวจเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทั้งหมด 7 อำเภอคือ จังหวัดขอนแก่น ที่อำเภอเมืองและอำเภอน้ำพอง จังหวัดมหาสารคาม ที่อำเภอเมือง อำเภอเชียงยืน และอำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่อำเภอกมลาไสยและอำเภอฆ้องชัย เขตภาคกลางได้ทำการสำรวจ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ใน อำเภอภาชี และอำเภอนครหลวง จังหวัดชัยนาท ใน อำเภอสรรพยา และอำเภอมโนรมย์ จังหวัดนครนายกใน อำเภอองครักษ์ และสุดท้ายจังหวัดฉะเชิงเทรา ในอำเภอบางน้ำเปรี้ยว (ภาพที่ 34-35)



ภาพที่ 34 พื้นที่ทำการสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้ ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 35 พื้นที่การสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลภาคภาคกลาง

การดำเนินงาน

1. การสำรวจความรุนแรงของโรคไหม้ในสภาพไร่

โรคไหม้เกิดจากเชื้อรา *Pyricularia oryzae* cav ซึ่งสามารถทำลายข้าวได้ทุกระยะตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว โรคไหม้จะเกิดขึ้นและแพร่ระบาดได้รุนแรง ถ้ามีสภาพแวดล้อมเหมาะสม คือ

1. ใช้พันธุ์ข้าวอ่อนแอต่อโรค เช่น ขาวตาแห้ง เหนียวอุบล เหนียวสันป่าตอง กข 6 และ กข 23
2. ความชื้นค่อนข้างสูง ตั้งแต่ 80% ขึ้นไป โดยเฉพาะในช่วงบ่ายถึงเช้าวอร์งขึ้น
3. อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ ระหว่าง 22-28 องศาเซลเซียส

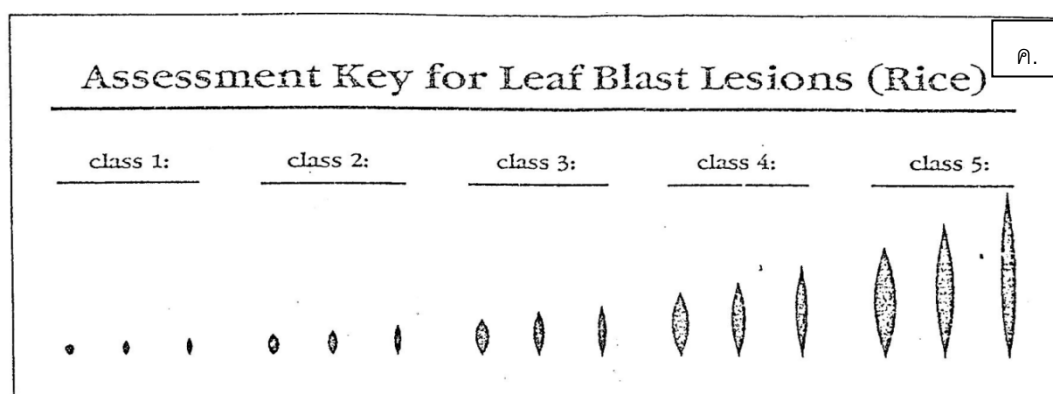
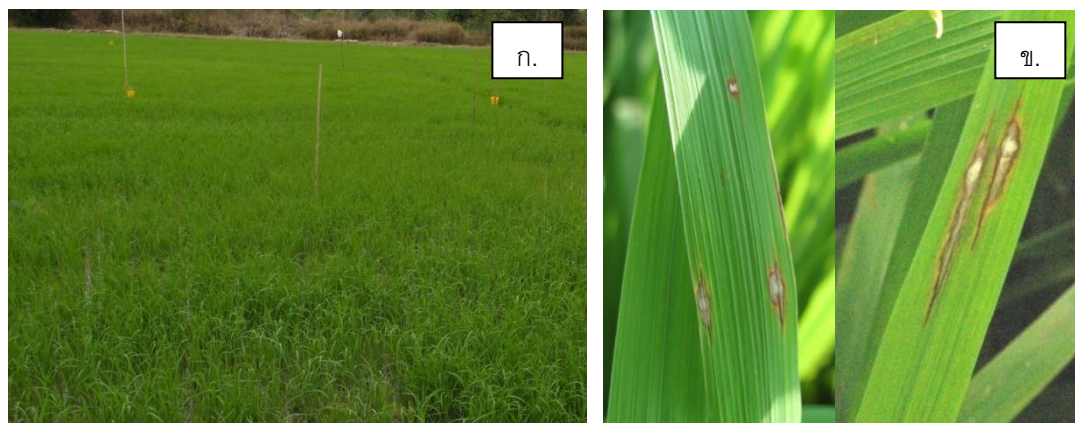
ในอดีตพบช่วงระบาดอยู่ระหว่างเดือนมิถุนายน- สิงหาคม ปัจจุบันในแหล่งที่มีการทำนาเกินกว่าปีละครั้ง พบเห็นโรคนี้แพร่ระบาดเป็นประจำ โดยเฉพาะในแปลงนาหวานที่ใช้ข้าวหนาแน่น อับลม ใส่ปุ๋ยสูง และมีสภาพแห้งแล้งในตอนกลางวัน และชื้นจัดในตอนกลางคืนเชื้อราสาเหตุโรค สามารถติดไปกับเมล็ดข้าวแพร่กระจายไปตามดิน น้ำ ลม และเศษฟางข้าว แม้ว่าจะมีข้าวบางพันธุ์ที่มีคุณสมบัติค่อนข้างต้านทานโรค แต่เชื้อราชนิดนี้ก็สามารถสร้างเชื้อสาย (races) ใหม่ที่รุนแรง สามารถทำลายพันธุ์ต้านทานเพิ่มขึ้นได้

4. กำหนดจุดสำรวจโดยใช้ไม้ไผ่สุมปักเป็นกากบาท แปลงละ 20 จุด สำรวจจากต้นข้าวในแต่ละจุดสำรวจ 3 ซ้ำต่อ 1 จุด

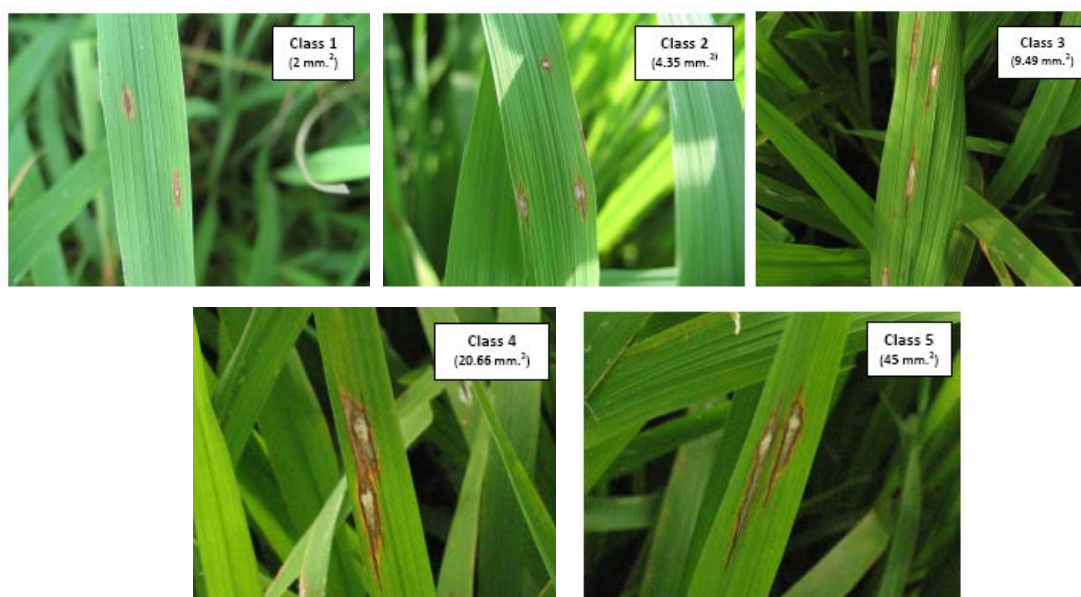
5. สังเกตรอยแผลที่ปรากฏบนใบข้าว ใช้ปากกาเคมีทำสัญลักษณ์เขียนกำกับหมายเลข 1- 3 เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงขนาดของบาดแผลโรคไหม้โดยเปรียบเทียบกับ แผ่นภาพ และจดบันทึกเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของระดับของบาดแผลในสัปดาห์ถัดไป (ภาพที่ 36-38)



ภาพที่ 36 อาการของโรคไหม้



ภาพที่ 37 ก. การปักไม้ในพื้นที่สำรวจโรคไหม้ ข. ลักษณะอาการของโรคไหม้
ค. ภาพเปรียบเทียบขนาดแผลโรคไหม้



ภาพที่ 38 ภาพเปรียบเทียบขนาดแผลโรคไหม้

2. การสำรวจความรุนแรงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพไร่

สุ่มสำรวจแปลงข้าว แปลงละ 20 จุด เดินเป็นรูปกากบาท ในพื้นที่ประมาณ 1 ไร่ บันทึกจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พบในแต่ละวัย สำรวจสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ในระยะตั้งแต่ข้าวมีอายุ 20 วัน โดยเมื่อข้าวยังต้นเล็กสามารถโอบด้วยสวิง โอบไป-กลับ นับ 1 ครั้ง โอบ 20 ครั้งเป็นแนวทแยงมุม ในข้าวที่อายุไม่เกิน 1 เดือน (ภาพที่ 39)



ภาพที่ 39 วิธีการสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

3. การจัดการแปลงนา

ผลการดำเนินการ

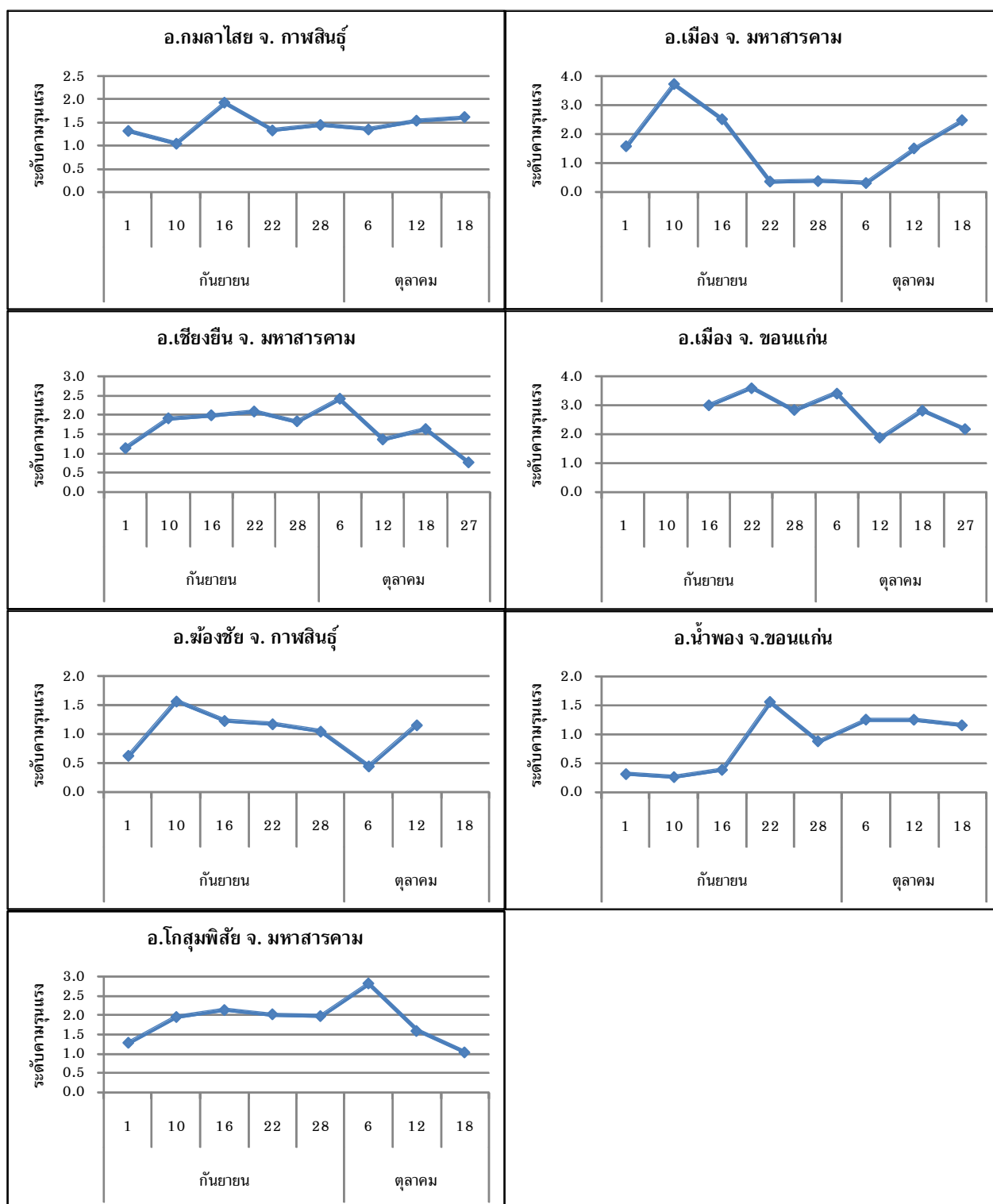
1. การสำรวจความรุนแรงของโรคไหม้

ผลการสำรวจโรคไหม้ในนาปี 2553 (6เดือนที่ 1)

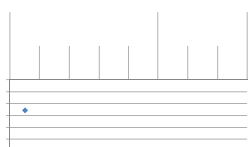
ในอำเภอเมืองมหาสารคามและอำเภอเมืองขอนแก่นมีการระบาดของโรคไหม้มากที่สุดในจำนวนพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ความรุนแรงของอาการเฉลี่ยมากกว่า ระดับ 3

ข้อมูลความรุนแรงโรคไหม้ในสภาพไร่ในพื้นที่ต่างๆ ที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบแบบจำลองแสดงภาพที่ 40

หมายเหตุ อ.เมือง จ.มหาสารคาม น้ำท่วมแปลงข้าววันที่ 26 ตุลาคม 2553 ทำให้ไม่สามารถสำรวจข้อมูลได้ และเกษตรกรอำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่น มีการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช

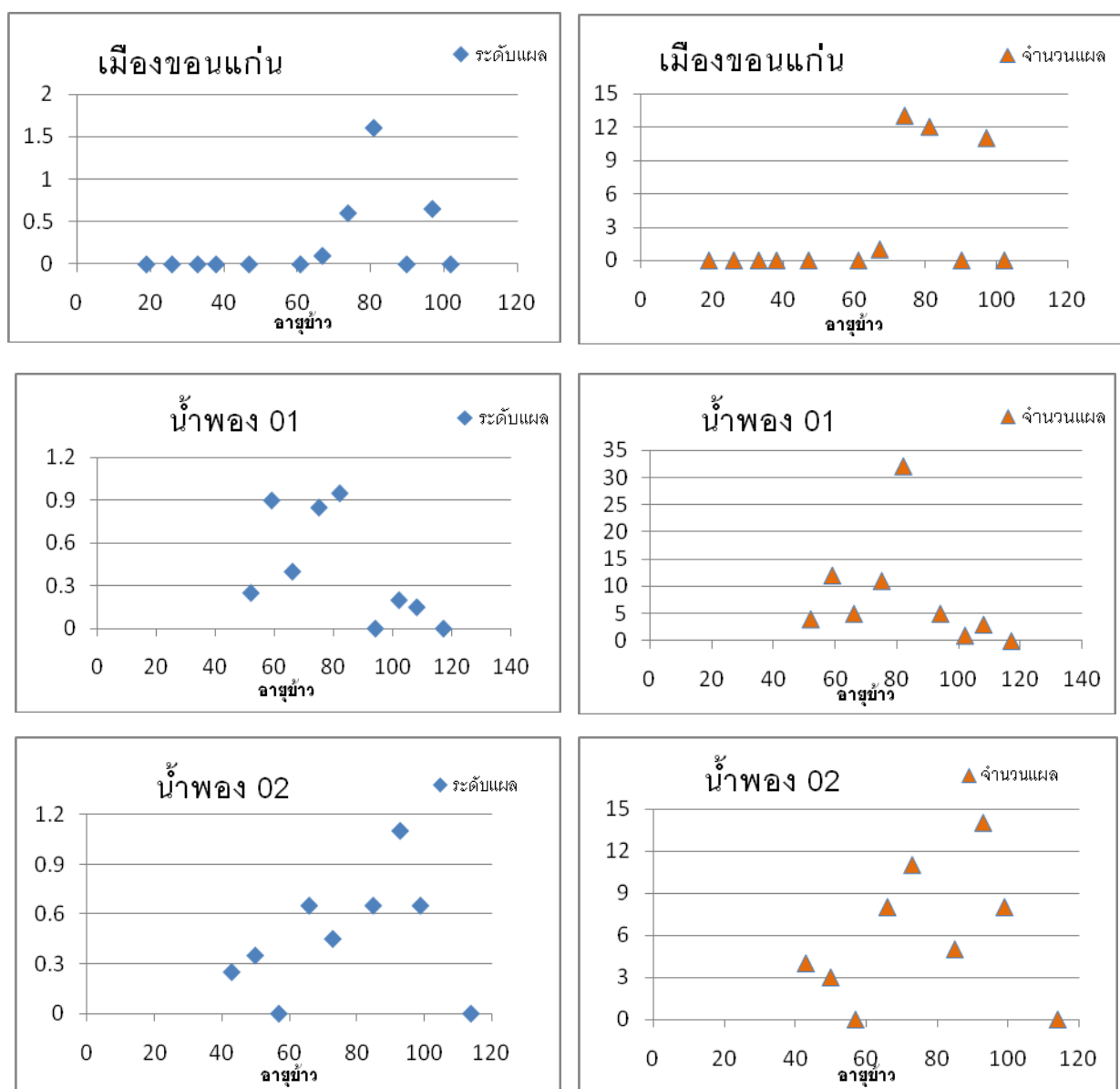


ภาพที่ 40 ผลการสำรวจความรุนแรงของการระบาดของโรคไทม์นาปี 2553



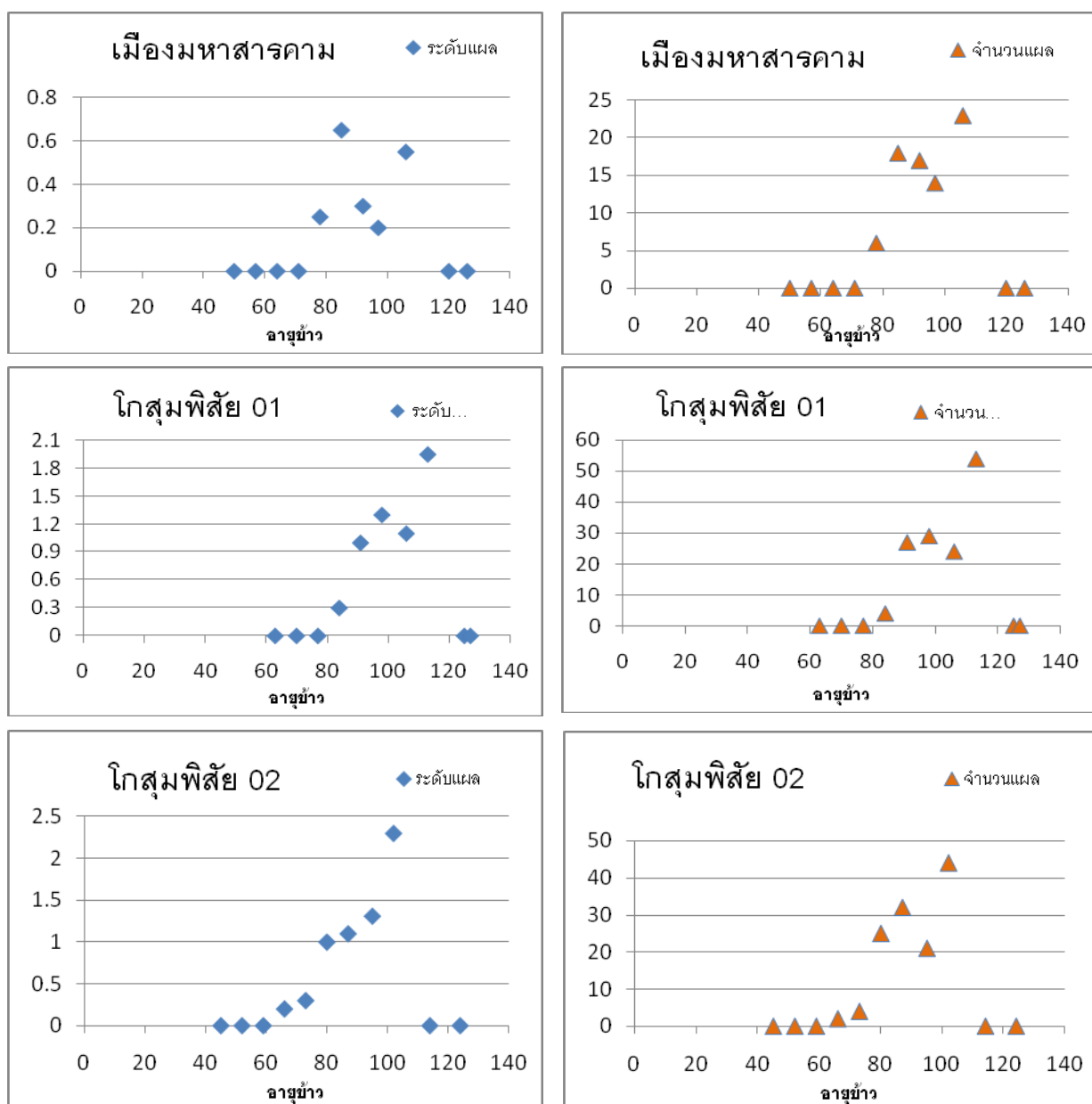
ผลการสำรวจโรคไ้มน้ำปรง ปี 2554 (6เดือนที่ 2)

เขตจังหวัดขอนแก่นมีพื้นที่สำรวจทั้งหมด 3 แปลง คือที่อำเภอเมือง 1 แปลง และที่อำเภอน้ำพอง 2 แปลง โดยในแปลงพื้นที่อำเภอเมืองขอนแก่น ระดับอาการที่พบอยู่ระหว่าง 1-3 ในช่วงข้าวอายุ 60-100 วัน ซึ่งอยู่ในระยะแตกกอ และระยะ ตั้งท้อง โดยในระยะแรกจำนวนแผลของโรคไ้มน้ำจะพบ 1-2 แผล ต่อจุด จนเมื่อข้าวมีอายุประมาณ 60 วันเริ่มพบมากขึ้น 12-13 แผล/ จุด พื้นที่สำรวจอำเภอน้ำพองแปลงที่ 1 พบอาการของโรคไ้มน้ำ อยู่ระหว่างระดับ 1- 5 ในช่วงที่ข้าวอายุ 52-108วัน บริเวณที่พบจะพบอาการเป็น กลุ่มแต่ละจุดพบตั้งแต่ 1-32 แผล แปลงที่ 2 ของอำเภอน้ำพอง พบอาการของโรคไ้มน้ำที่ระดับ 1-5 เช่นกัน เริ่มพบอาการของโรคไ้มน้ำตั้งแต่ข้าวอายุ 43-100 วัน ดังในภาพที่ 41

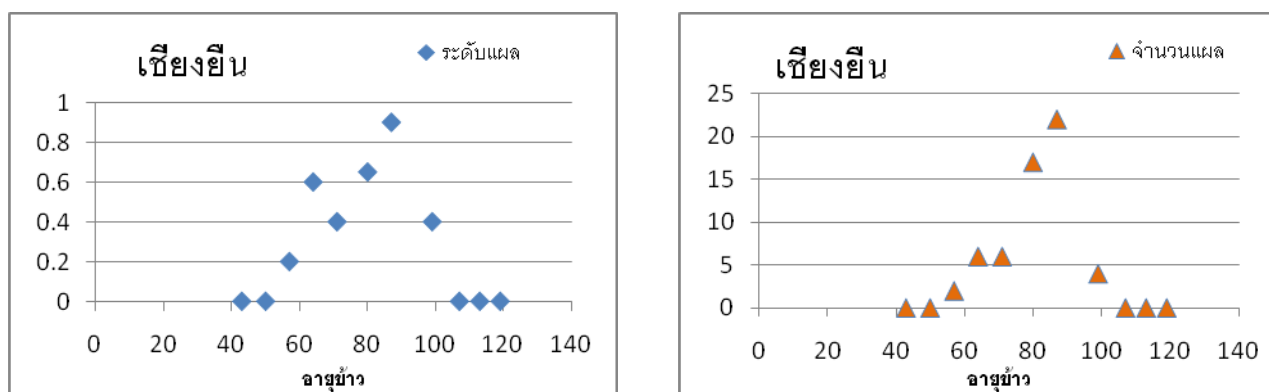


ภาพที่ 41 ผลการสำรวจโรคไ้มน้ำ ในเขตจังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่ มกราคม – พฤษภาคม 2554

เขตจังหวัดมหาสารคามมีพื้นที่สำรวจทั้งหมด 3 อำเภอ แปลง คือที่อำเภอเมือง 1 แปลง อำเภอเชียงยืน 1 แปลง อำเภอโกสุมพิสัย 2 แปลง แปลงในพื้นที่ อำเภอเมือง พบอาการโรคไหม้ในระดับ 1-5 ในช่วงข้าวอายุ 78-108 วันโดยมีจำนวนผลตั้งแต่ 1-23 ผลต่อจุด อำเภอเชียงยืน พบอาการอยู่ในระดับ 1-4 อยู่ในช่วงข้าวอายุ 57-99 วันซึ่งจุดที่พบผลอยู่ระหว่าง 1-22 ผล/จุด พื้นที่อำเภอโกสุมพิสัย มีแปลงสำรวจ 2 แปลง แปลงที่ 1 พบอาการอยู่ในระดับ 1-4 ในช่วงข้าวอายุ 90-115 วัน ซึ่งจุดที่พบผลอยู่ระหว่าง 1-50 ผล/จุด ในแปลงนี้ที่พบอาการมากกว่าแปลงอื่นเนื่องจากใบข้าวมีการแสดงอาการใบจุดคล้ายโรคไหม้ทั้งแปลง และแปลงโกสุมพิสัยแปลงที่ 2 พบอาการอยู่ในระดับ 1-5 ในช่วงข้าวอายุ 60-110 วัน ซึ่งจุดที่พบผลอยู่ระหว่าง 2-44 ผล/จุด ดังในภาพที่ 42

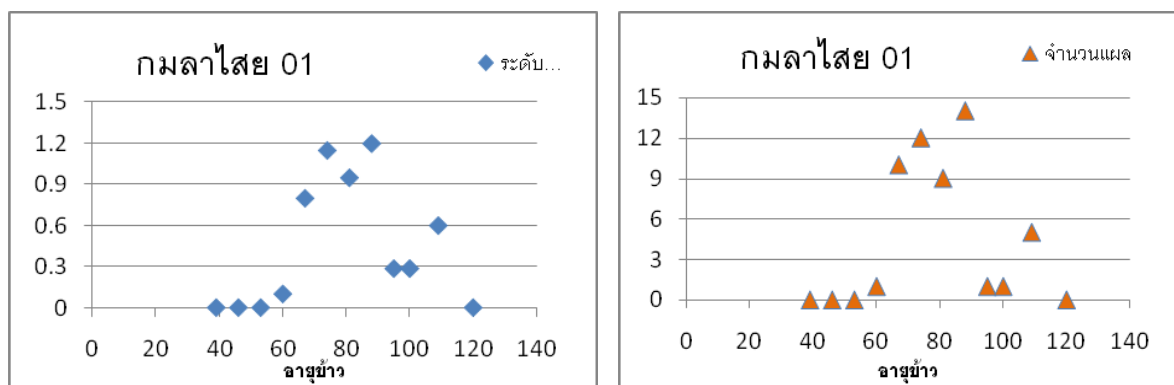


ภาพที่ 42 ผลการสำรวจโรคไหม้ ในเขตจังหวัดมหาสารคาม ตั้งแต่มกราคม – พฤษภาคม 2554

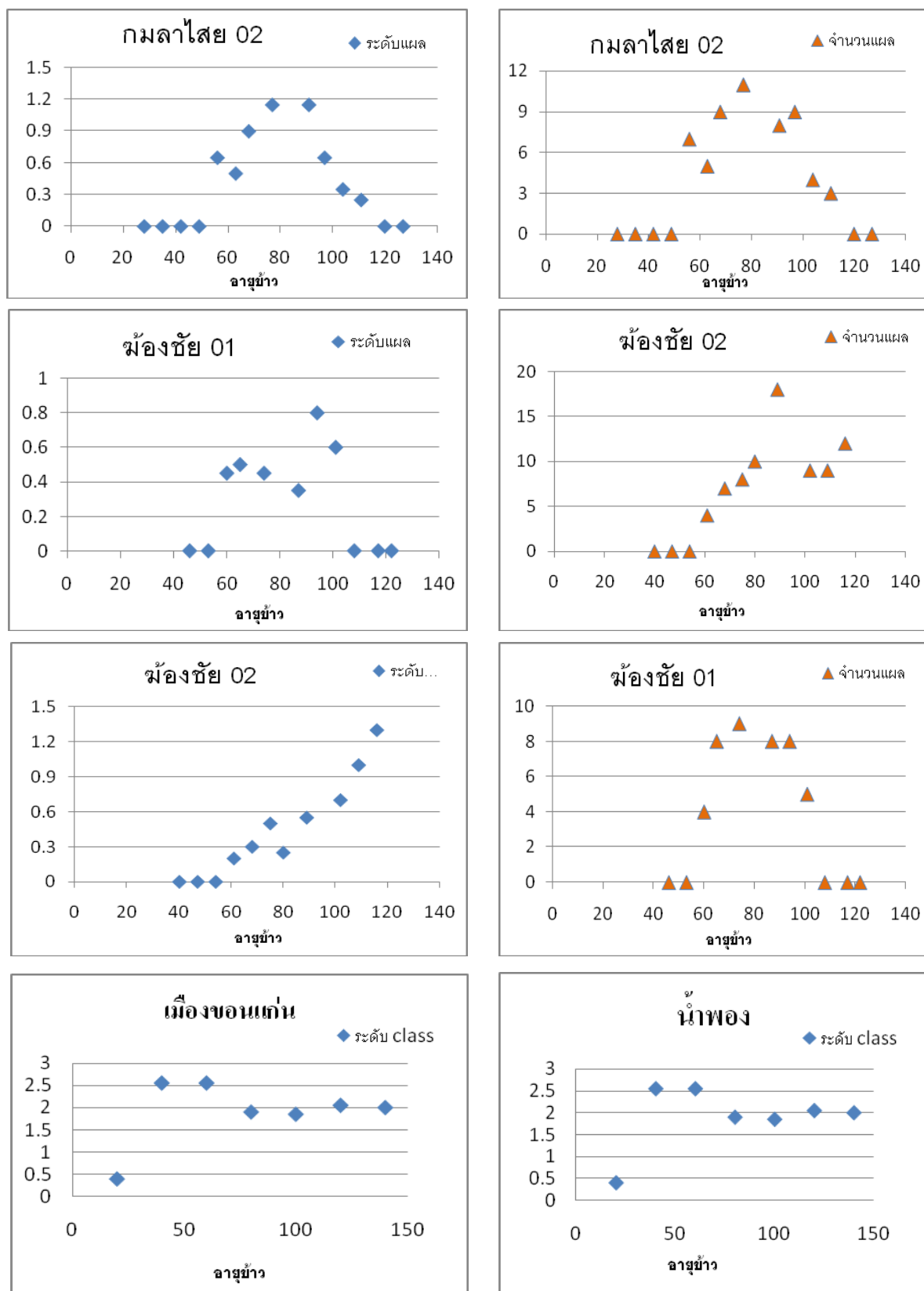


ภาพที่ 42 (ต่อ) ผลการสำรวจโรคไหม้ ในเขตจังหวัดมหาสารคาม ตั้งแต่มกราคม – พฤษภาคม 2554

เขตจังหวัดกาฬสินธุ์มีพื้นที่สำรวจทั้งหมด 2 อำเภอ 4 แปลง คือที่อำเภอกมลาไสย 2 แปลง อำเภอน้ำขุ่น 2 แปลงโดยมีผลการสำรวจดังนี้ แปลงในอำเภอกมลาไสยแปลงที่ 1 พบอาการโรคไหม้ในระดับ 1-4 ในช่วงข้าวอายุ 60-109 วันโดยมีจำนวนแผลตั้งแต่ 1-14 แผลต่อจุด และกมลาไสยแปลงที่ 2 พบอาการโรคไหม้ในระดับ 1-5 ในช่วงข้าวอายุ 63-111 วันโดยมีจำนวนแผลตั้งแต่ 3-11 แผลต่อจุด ส่วนอำเภอน้ำขุ่นแปลงที่ 1 พบอาการโรคไหม้ในระดับ 1-5 ในช่วงข้าวอายุ 60-101 วันโดยมีจำนวนแผลตั้งแต่ 4-9 แผลต่อจุด และแปลงที่ 2 พบอาการโรคไหม้ในระดับ 1-5 ในช่วงข้าวอายุ 61-116 วันโดยมีจำนวนแผลตั้งแต่ 4-18 แผลต่อจุด ซึ่งในจังหวัดกาฬสินธุ์พบโรคไหม้ในนาข้าวน้อยมากดังในภาพที่ 43



ภาพที่ 43 ผลการสำรวจโรคไหม้ ในเขตจังหวัดกาฬสินธุ์ ตั้งแต่มกราคม – พฤษภาคม 2554

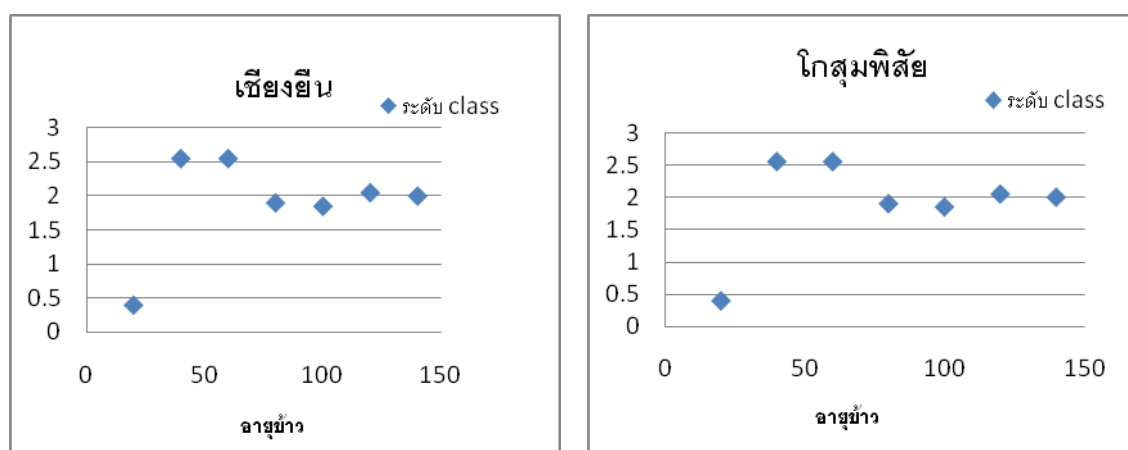


ภาพที่ 43 (ต่อ) ผลการสำรวจโรคไหม้ ในเขตจังหวัดกาฬสินธุ์ ตั้งแต่ มกราคม – พฤษภาคม 2554

ผลการสำรวจโรคไหม้ในฤดูนาปี 2554 (6เดือนที่ 3)

เขตจังหวัดขอนแก่นมีพื้นที่สำรวจทั้งหมด 2 แปลง คือ อำเภอเมือง 1 แปลง และอำเภอน้ำพอง 1 แปลง โดยแปลงในพื้นที่อำเภอเมืองขอนแก่น พบอาการโรคไหม้ในระดับ 1 ในช่วงข้าวอายุ 46-95 วัน ซึ่งอยู่ในระยะแตกกอ และระยะ ตั้งท้อง พบระดับ class เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.25-1.85 และมีจำนวนต้นข้าวเฉลี่ย 50 ตร.ชม. อยู่ระหว่าง 45.8-136 ต้น และพื้นที่สำรวจอำเภอน้ำพอง พบอาการของโรคไหม้ในระดับ 1 ในช่วงที่ข้าวอายุ 37-107 วัน พบระดับ class เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.2-1.7 และมีจำนวนต้นข้าวเฉลี่ย 50 ตร.ชม. อยู่ระหว่าง 97.6-120.4 ต้น (ภาพที่ 43)

เขตจังหวัดมหาสารคามมีพื้นที่สำรวจทั้งหมด 2 อำเภอ คือ อำเภอเชียงยืน 1 แปลง และอำเภอโกสุมพิสัย 1 แปลง แปลงในพื้นที่อำเภอเชียงยืน พบอาการอยู่ในระดับ 1 อยู่ในช่วงข้าวอายุ 37-100 วัน พบระดับ class เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.5-1.9 และมีจำนวนต้นข้าวเฉลี่ย 50 ตร.ชม. อยู่ระหว่าง 36.5-100.6 ต้น และแปลงพื้นที่อำเภอโกสุมพิสัย ไม่พบระดับอาการของโรคไหม้ แต่พบระดับ class เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.4-2.55 และมีจำนวนต้นข้าวเฉลี่ย 50 ตร.ชม. อยู่ระหว่าง 80.2-138.9 ต้น (ภาพที่ 44)

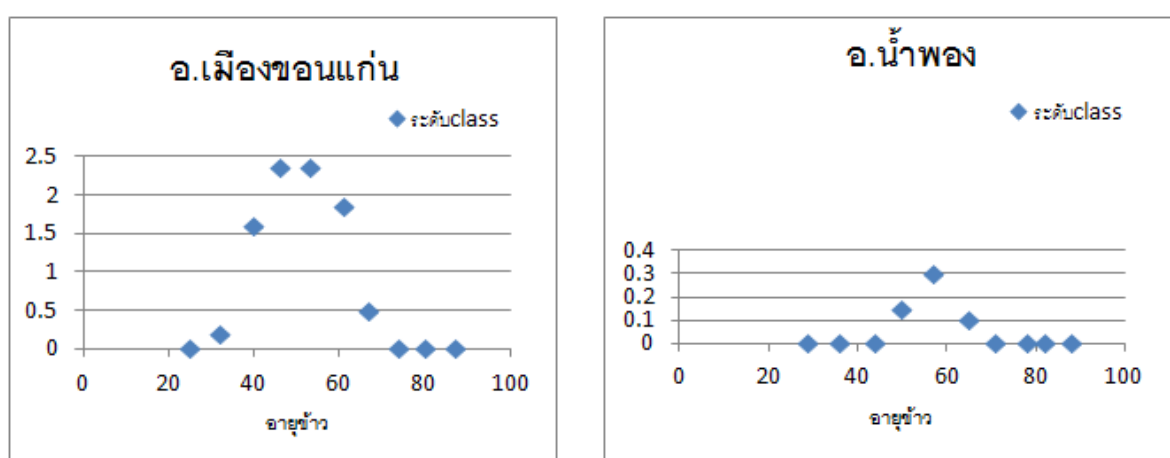


ภาพที่ 44 ผลการสำรวจโรคไหม้ในเขตจังหวัดมหาสารคาม ตั้งแต่เดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2554

ผลการสำรวจโรคไหม้ในฤดูนาปรัง 2555 (6เดือนที่ 4)

ในการสำรวจการระบาดของโรคไหม้ในนาปรังนี้ได้สำรวจเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากในภาคกลางมีปัญหาด้านการเดินทาง และไม่มีผู้เชี่ยวชาญด้านโรคไหม้ในข้าวมากนักพอ และอีกทั้งเรื่องเครื่องมือตรวจวัดสภาพอากาศไม่มีมากพอจะไปติดตั้งที่เขตภาคกลางได้

ผลการสำรวจโรคไหม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงนาปรังนี้พบอาการโรคไหม้น้อยมาก และพบแต่ในเขตจังหวัดขอนแก่น โดยใน อ.เมืองขอนแก่น พบอาการของโรคไหม้สูงที่สุดในช่วงข้าวอายุ 47 วัน คือพบเฉลี่ยทั้งแปลง อาการอยู่ใน ระดับ class 2 ส่วนใน อ.น้ำพอง พบอาการไหม้น้อยมาก คือพบเฉลี่ยทั้งแปลง อาการอยู่ในระดับ ไม่ถึงระดับ class 1 ส่วนในจังหวัดมหาสารคามไม่พบอาการของโรคไหม้ พบแต่อาการของโรคใบขีด และใบจุด (ภาพที่ 45)

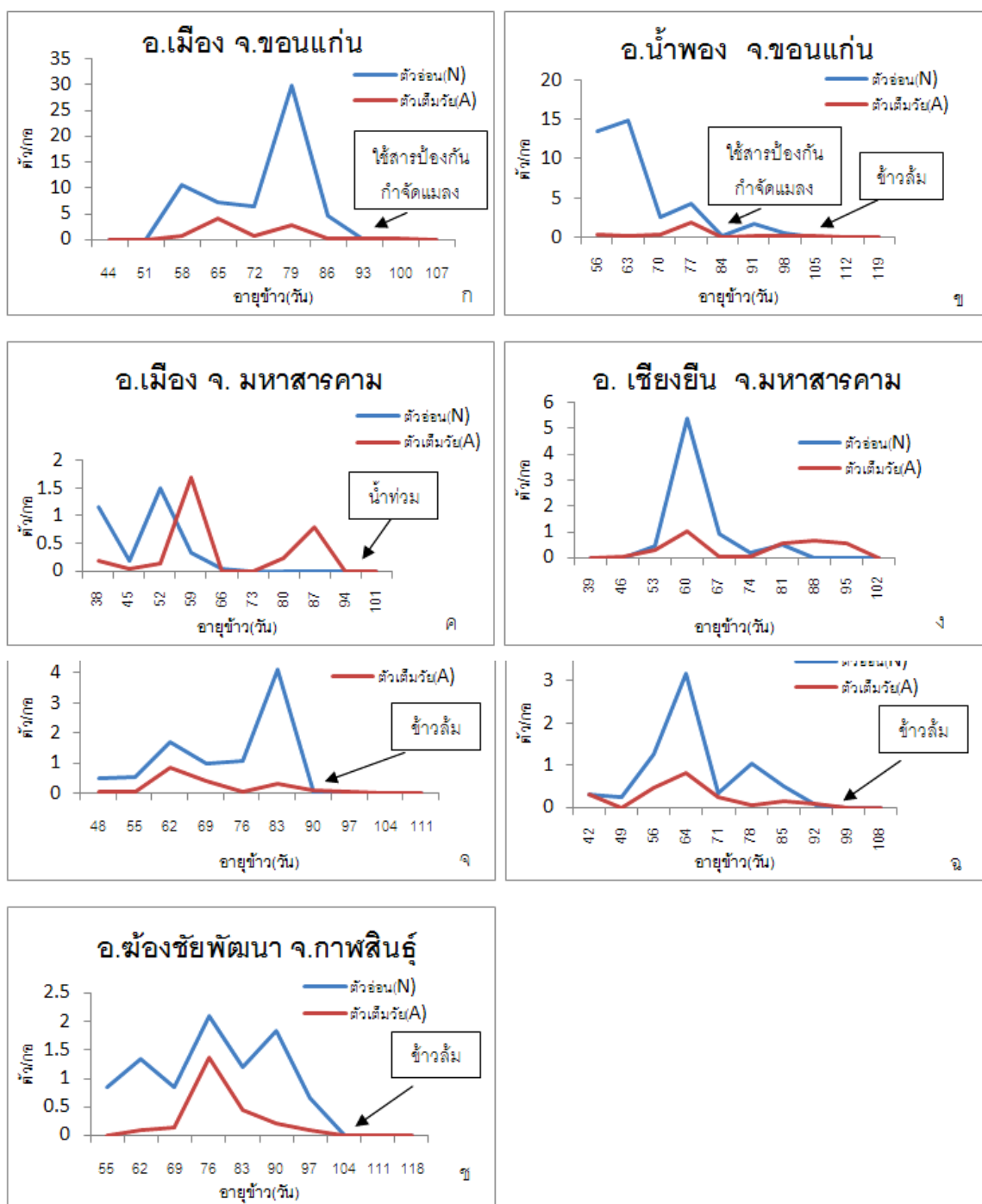


ภาพที่ 45 ผลการสำรวจโรคไหม้ในเขตจังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2554 – มีนาคม 2555

2. การสำรวจความรุนแรงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

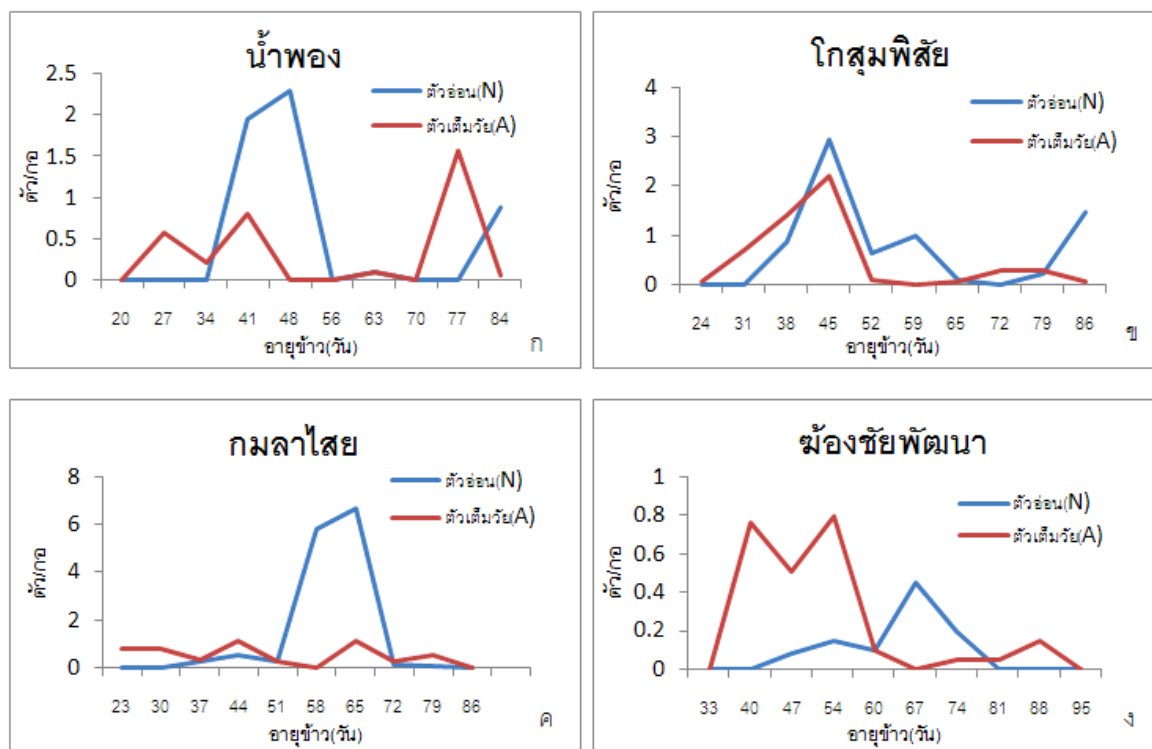
ผลการสำรวจการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล นาปี 2553 (6เดือนที่ 1)

จากการสำรวจแปลงในอำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่นซึ่งเป็นนาหว่าน ปลุกข้าวพันธุ์ กข .6 สำรวจครั้งแรกข้าวมีอายุ 44 วัน พบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตัวเต็มวัยเฉลี่ย 0.1 ตัวต่อกอ แต่เมื่อข้าวอายุ 58 วัน สามารถพบตัวอ่อนเฉลี่ย 10.5 ตัวต่อกอ และพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากที่สุดในครั้งที่ 6 ช่วงต้นข้าวมีอายุ 79 วัน สามารถพบเฉลี่ย 29.65 ตัวต่อกอ ดังในภาพที่ 46 อำเภอโนนพอง จังหวัดขอนแก่น เป็นนาหว่าน ปลุกข้าวพันธุ์ กข .15 สำรวจครั้งแรกข้าวมีอายุ 56 วัน สามารถพบตัวอ่อนเฉลี่ย 13.65 ตัวต่อกอ และพบมากที่สุดในการสำรวจครั้งที่ 2 เฉลี่ย 14.95 2 ตัวต่อกอ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับจังหวัดอื่นๆ จังหวัดขอนแก่นมีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากที่สุด เมื่อข้าวมีอายุประมาณ 90-100 วันซึ่งอยู่ระยะข้าวออกรวงหรือเริ่มติดเมล็ดแล้ว ประกอบกับเป็นช่วงฤดูฝนมีลมกระโชกแรงจึงทำให้ต้นข้าวล้มในหลายพื้นที่ คือพื้นที่ อ.โนนพอง จ.ขอนแก่น อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม อ.กมลาไสย อ.ฆ้องชัยพัฒนา จ.กาฬสินธุ์ และ ใน อ.เมือง จ.มหาสารคามประสบปัญหาน้ำท่วมช่วงที่ข้าวมีอายุได้ประมาณ 70 วัน แต่ยังสามารถสำรวจได้ แต่ต่อมาในช่วงปลายเดือนตุลาคม (26 ต.ค.)ประสบปัญหาน้ำท่วมหนักจนไม่สามารถลงสำรวจต่อได้ ส่วนในจังหวัดมหาสารคามและจังหวัดกาฬสินธุ์การระบาดไม่รุนแรงเท่ากับจังหวัดขอนแก่น โดยพบที่อำเภอเชียงยืนมากที่สุดเท่ากับ 5.5 ตัวในช่วงข้าวอายุ 60 วัน และจังหวัดกาฬสินธุ์พบการระบาดมากที่สุดในอำเภอกมลาไสย และในฤดูนาปีนี้ได้มีฝนตกรุนแรงจนเกิดน้ำท่วมในแปลงทดลองที่อำเภอเมืองมหาสารคามส่วนแปลงอื่นๆ เกิดการหักล้มของต้นข้าวจนไม่สามารถลงเก็บข้อมูลได้จนถึงการเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 46 ผลการสำรวจจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลแปลงที่ 1 ทั้ง 7 พื้นที่

ส่วนแปลงสำรวจที่หาเพิ่มเติมในอำเภอน้ำพอง โกสุมพิสัย กมลาไสย และหม่องชัยฯ พันธุ์ข้าวที่ปลูกเป็นพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งมีอายุเก็บเกี่ยว ประมาณ 121-130 วัน ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว เมื่อสำรวจพบว่าความรุนแรงของการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พบน้อยกว่า ในแปลงสำรวจกลุ่มแรก โดยแปลงที่พบการระบาดมากที่สุดคือแปลงใน อ. กมลาไสย พบสูงสุดเฉลี่ย 6.65 ตัวต่อกอตั้งในภาพที่ 47



ภาพที่ 47 ผลการสำรวจจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลแปลงที่ 2 ใน 4 พื้นที่

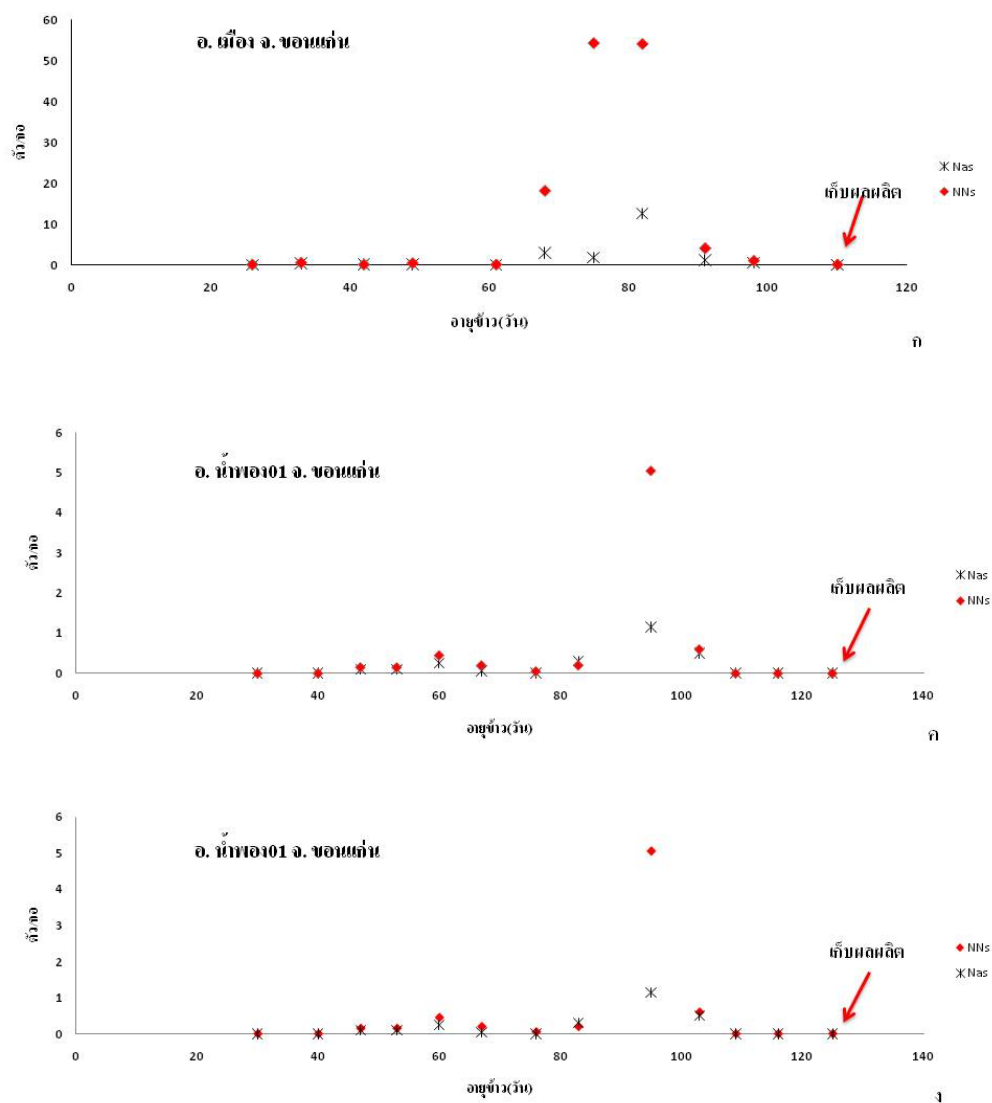
ผลการสำรวจการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนาปรัง 2554 (6เดือนที่ 2)

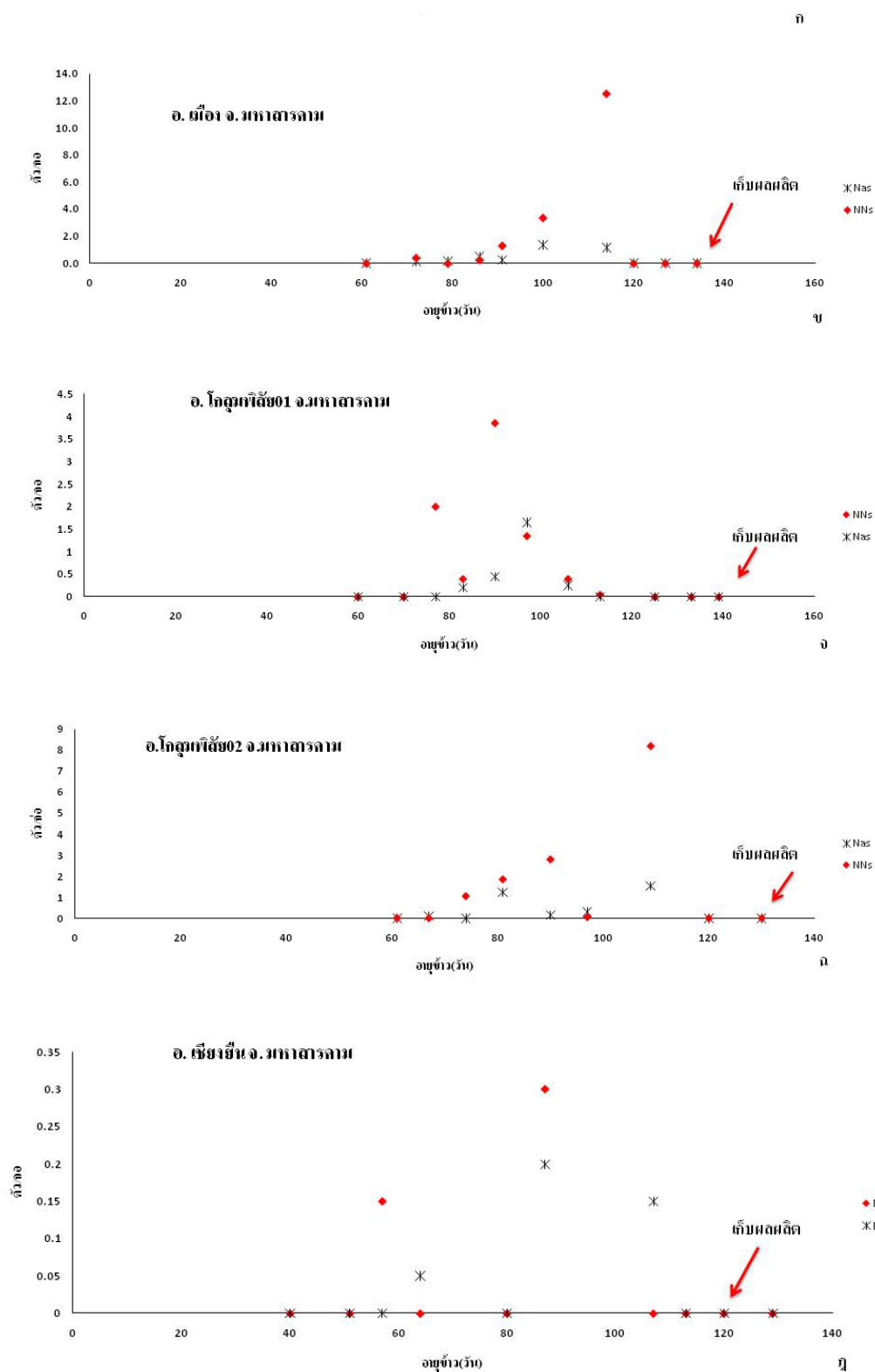
จากการสำรวจในทุกพื้นที่ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาทแบบนาหว่าน 1 และเมื่อสำรวจจำนวนประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในแต่ละพื้นที่แล้วพบว่า ในเขตจังหวัดขอนแก่น อำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่นมีจำนวนประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากที่สุด คือจากการสำรวจครั้งแรกพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเมื่อข้าวมีอายุ 33 วัน พบตัวเต็มวัย เฉลี่ย 0.4 ตัวต่อกอ และช่วงต้นข้าวเริ่มตั้งท้องมีอายุ 75 วัน มีจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตัวอ่อนมากที่สุด เฉลี่ย 54.35 ตัวต่อกอ ดังในภาพที่ 48 ซึ่งมากกว่าจังหวัดอื่นเช่นกัน

จังหวัดมหาสารคาม แปลงอำเภอเมือง มีจำนวนประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากที่สุด พบตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเมื่อข้าวมีอายุ 85 วัน พบตัวเต็มวัย เฉลี่ย 12.5 ตัวต่อกอ ดังใน ภาพที่ 49 รองลงมาคือแปลงอำเภอโกสุมพิสัย 01 ช่วงข้าวอายุ 79 วัน พบตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เฉลี่ย 3.85 ตัวต่อกอ

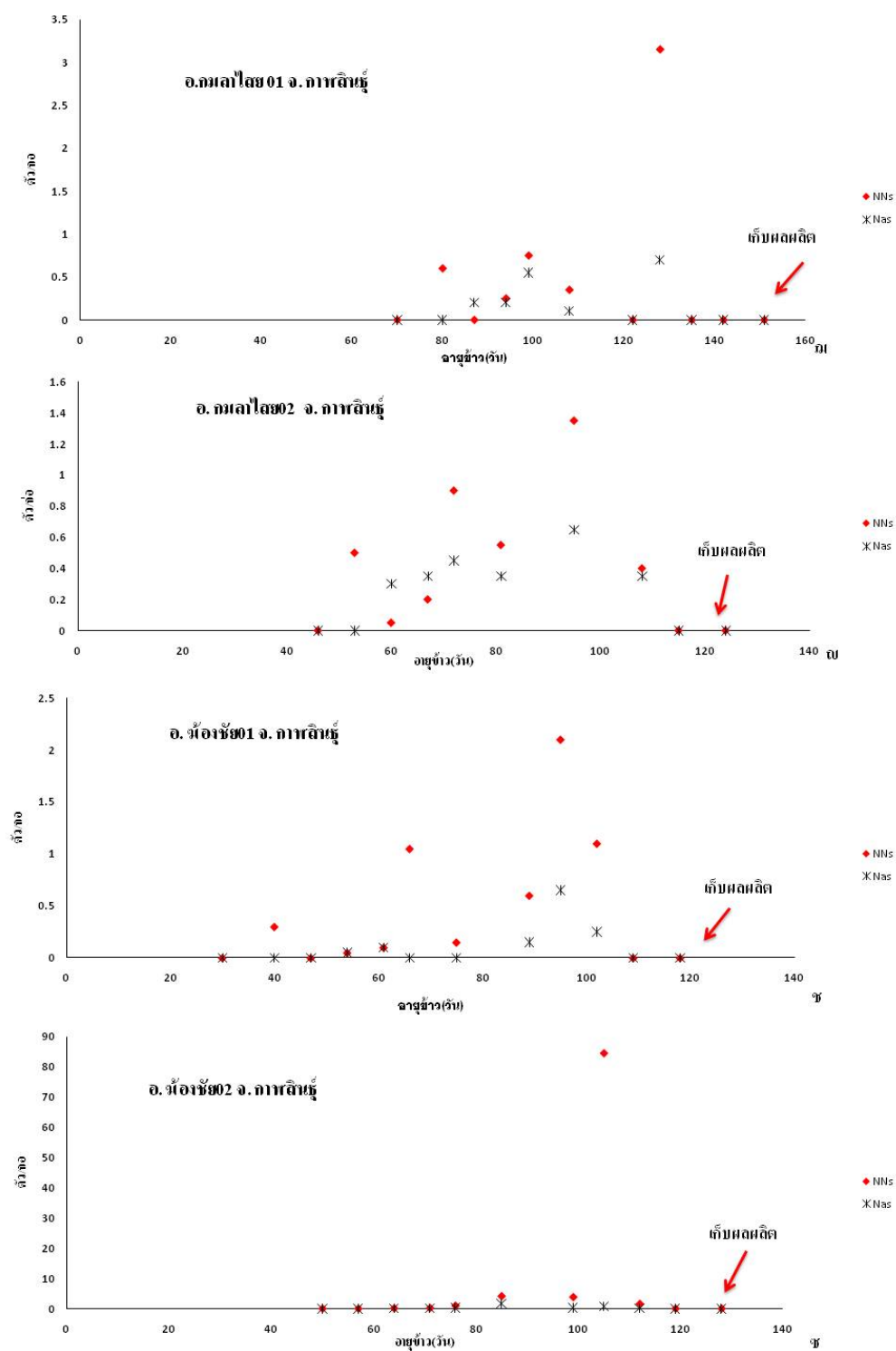
จังหวัดกาฬสินธุ์อำเภอเมืองชัย มีจำนวนตัวอ่อนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากที่สุด ช่วงข้าวมีอายุ 114 วัน พบตัวเต็มวัย เฉลี่ย 4.4 (ภาพที่ 50) ตัวต่อกอโดยประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พบมากที่สุดจะอยู่เมื่อข้าวมีอายุประมาณ 70-110 วันซึ่งอยู่ระยะข้าวออกรวงหรือเริ่มติดเมล็ดแล้ว แต่จำนวนของตัวอ่อนที่

พบรังนั้นจะพบในช่วงข้าวมีอายุประมาณ 30 วัน แต่มีจำนวนน้อย แต่ในการสำรวจครั้งนี้พบตัวเต็มวัยน้อย และเข้าเกินไปคาดว่าเกิดจากจำนวนข้าวของจุดการสำรวจน้อยเกินไป





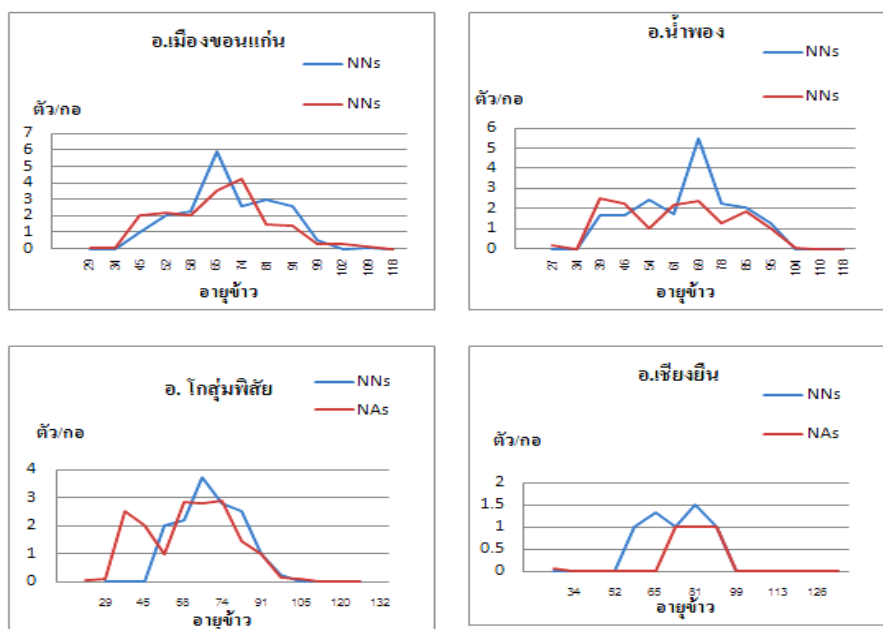
ภาพที่ 49 ผลการสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในเขตจังหวัดมหาสารคาม ตั้งแต่ มกราคม – พฤษภาคม 2554



ภาพที่ 50 ผลการสำรวจเฉลี่ยกระโดดสีน้ำตาลในเขตจังหวัดกาญจนบุรี ตั้งแต่ มกราคม – พฤษภาคม 2554

ผลการสำรวจของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในฤดูนาปี 2554 (6เดือนที่ 3)

จากการสำรวจพื้นที่ อำเภอเมืองขอนแก่น , อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น และ อำเภอเขียงยืน ,อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือน กรกฎาคม ถึง ตุลาคม พ .ศ. 2554 ซึ่งเป็น นาหว่านปลูกข้าวพันธุ์ ข้าวหอมสกลนคร 1, ชัยนาท 1 และ กข. 6 และนาดำ ปลูกข้าวพันธุ์ กข . 6 (อ.เขียงยืน) สํารวจพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลครั้งแรกในอำเภอน้ำพอง และ อำเภอโกสุมพิสัย เมื่อข้าวมีอายุ 24 และ 25 วัน พบตัวเต็มวัยปีกยาวเฉลี่ย 0.16 และ 0.05 ตัวต่อกอตามลำดับ และในพื้นที่ อำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่นและ อำเภอเขียงยืน เมื่อข้าวมีอายุ 19 และ 48 วัน พบตัวเต็มวัยปีกยาวเฉลี่ย 0.05 และ 0.05 ตัวต่อกอตามลำดับ เมื่อทั้ง 4 พื้นที่ มีอายุข้าว 39, 51, 68 และ 52 วัน สามารถพบตัวอ่อนเฉลี่ย 2.00, 2.47, 1.00 และ 2.00 ตัวต่อกอ ตามลำดับ และพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากที่สุด ช่วงข้าวเริ่มตั้งท้องและออกรวง ทั้ง 4 พื้นที่ มีอายุข้าว 54, 63, 83 และ 63 วัน สามารถพบตัวอ่อนเฉลี่ย 5.93, 5.47, 1.33 และ 3.74 ตัวต่อกอ ตามลำดับ (ภาพที่ 51) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 4 พื้นที่ พบว่าพื้นที่ อำเภอเมืองขอนแก่น มีการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากที่สุด รองลงมาคืออำเภอน้ำพอง , อำเภอโกสุมพิสัยและ อำเภอเขียงยืน ซึ่งพบทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย เท่ากับ 37.24, 33.24, 31.37 และ 8.88 ตัวต่อกอตามลำดับ โดยประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลที่พบในการสำรวจครั้งแรกคาดว่าเป็นประชากรในรุ่นแรก และเมื่อข้าวมีอายุประมาณ 60 -80 วัน ซึ่งอยู่ระยะข้าวออกรวงหรือเริ่มติดเมล็ดแล้วเป็นประชากรในรุ่นที่สองประกอบกับเป็นช่วงปลายฤดูฝนมีลมแรงและเกิดอุทกภัยในพื้นที่สำรวจเขต อำเภอเมืองขอนแก่นและ อำเภอเขียงยืน ทำให้การสำรวจในครั้งหลังพบจำนวนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลน้อยลงและพบตัวเต็มวัยปีกยาวมากกว่าตัวอ่อนประกอบด้วยเกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิต



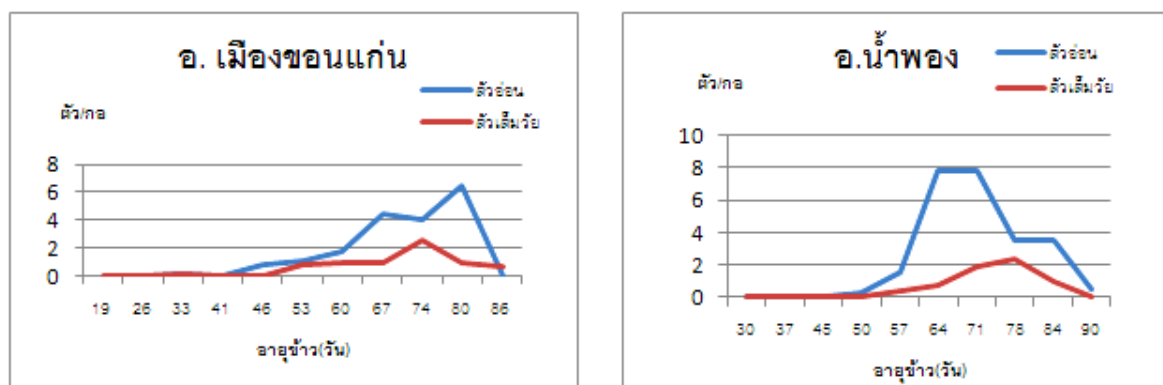
*** NNs คือ ตัวอ่อน วัย 1-5 และ NAs คือ ตัวเต็มวัยปีกสั้นและปีกยาว

ภาพที่ 51 แสดงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยในนาข้าว (นาปี)

ผลการสำรวจการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในฤดูนาปรัง 2555 (6 เดือนที่ 4)

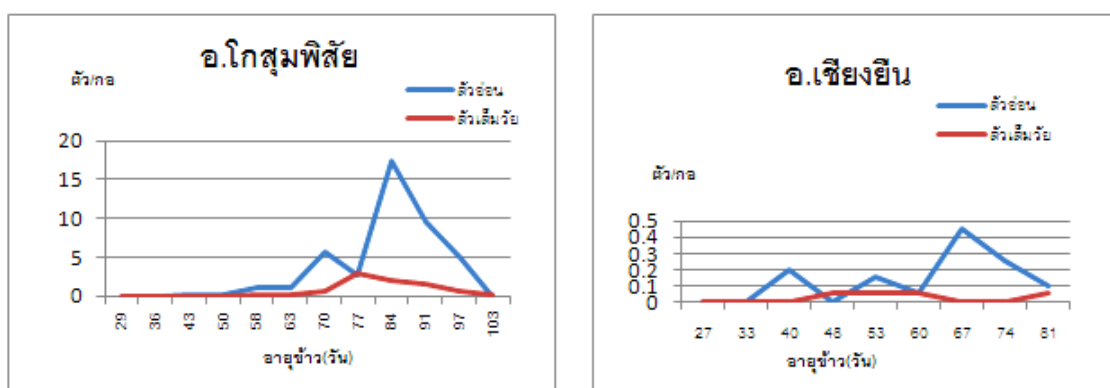
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ในการสำรวจฤดูปลูกนี้ได้ทำการสำรวจในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง โดยการสำรวจที่อำเภอเมือง, อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น และ อำเภอเขียงยืน อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ระหว่างเดือน ธันวาคม 2554 ถึง มีนาคม 2555 เป็น นาปรังในระบบนาหว่าน ปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ทั้ง 4 พื้นที่ โดยในแปลงจังหวัดขอนแก่น อ. เมืองขอนแก่น พบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลครั้งแรกเมื่อข้าวอายุได้ 33 วัน และพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากที่สุดในช่วงข้าวอายุ 60-80 วันคือ ตัวอ่อนพบมากที่สุดที่ข้าวอายุ 80 วัน คือ 6.5 ตัวต่อกอ ตัวเต็มวัยพบมากที่สุดที่ข้าวอายุ 74 วัน คือเท่ากับ 2.55 ตัวต่อกอ อำเภอน้ำพองพบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลครั้งแรกเมื่อข้าวอายุได้ 30 วัน และพบประชากรเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากที่สุดในช่วงข้าวอายุ 57-84 วันแต่ช่วงที่พบตัวอ่อนมากที่สุดคือช่วงข้าวอายุ 71 วัน คือพบตัวอ่อนเฉลี่ย 7.75 ตัวต่อกอ ตัวเต็มวัยพบมากในข้าวอายุ 78 วัน คือเท่ากับ 2.35 ตัวต่อกอ (ภาพที่ 52)



ภาพที่ 52 แสดงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัดขอนแก่น (นาปรัง 2555)

ในจังหวัดมหาสารคามที่ อ. โกสุมพิสัย พบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลครั้งแรกเมื่อข้าวอายุได้ 43 วัน และพบประชากรมากที่สุดในช่วงข้าวอายุ 84-97 วัน แต่ช่วงที่พบตัวอ่อนมากที่สุดคือช่วงข้าวอายุ 84 วัน พบตัวอ่อนเฉลี่ย 17.30 ตัวต่อกอ และตัวเต็มวัย เท่ากับ 1.19 ตัวต่อกอ และ อ.เขียงยืน พบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลน้อยที่สุด พบครั้งแรกเมื่อข้าวอายุได้ 40 วัน พบตัวอ่อนมากที่สุดคือช่วงข้าวอายุ 67 วัน พบตัวอ่อนเฉลี่ย 0.45 ตัวต่อกอ (ภาพที่ 53)

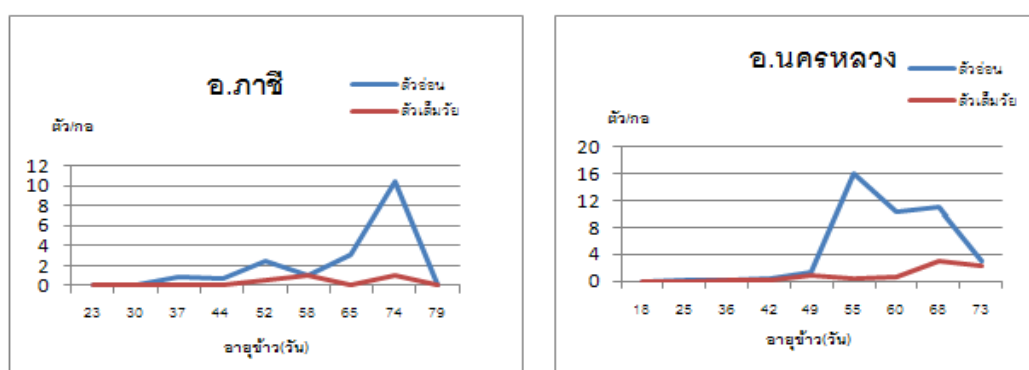


ภาพที่ 53 แสดงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัดมหาสารคาม (นาปรัง 2555)

ภาคกลาง

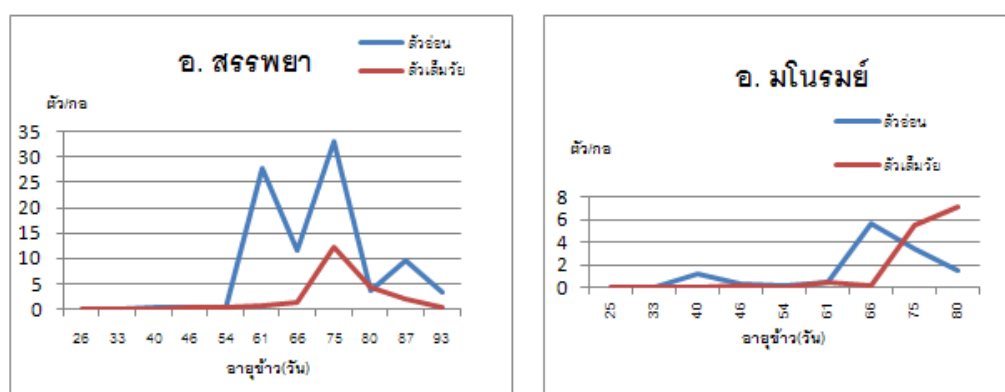
การสำรวจในพื้นที่ภาคกลางได้สำรวจใน 4 จังหวัด คือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในอ.ภาชี และอ.นครหลวง จังหวัดชัยนาท ในอ.สรรพยา และอ.มโนรมย์ จังหวัดนครนายกในอ.องครักษ์ และสุดท้าย จังหวัดฉะเชิงเทรา ในอ.บางน้ำเปรี้ยว โดยเริ่มสำรวจตั้งแต่ เดือน ธันวาคม 2554 ถึง มีนาคม 2555 เช่นเดียวกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา แปลงพื้นที่อ.ภาชี ปลุกข้าวพันธุ์ กข31 พบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลครั้งแรกเมื่อข้าวอายุได้ 37 วัน และพบประชากรมากที่สุดในช่วงข้าวอายุ 58-74 วัน แต่ช่วงที่พบตัวอ่อนมากที่สุดคือช่วงข้าวอายุ 74วัน พบตัวอ่อน เฉลี่ย 10.50 ตัวต่อกอ และตัวเต็มวัย เท่ากับ 1.00 ตัวต่อกอ ในพื้นที่แปลงอ.นครหลวง ปลุกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 พบเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลครั้งแรกเมื่อข้าวอายุได้ 25 วัน และพบประชากรมากที่สุดในช่วงข้าว วอายุ 49-73 วัน แต่ช่วงที่พบตัวอ่อนมากที่สุดคือช่วงข้าวอายุ 55วัน พบตัวอ่อน เฉลี่ย 16.05 ตัวต่อกอ และตัวเต็มวัยพบมากที่สุดคือช่วงข้าวอายุ 68 วัน เท่ากับ 3.05 ตัวต่อกอ (ภาพที่ 54)



ภาพที่ 54 แสดงการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา (นาปรัง 2554)

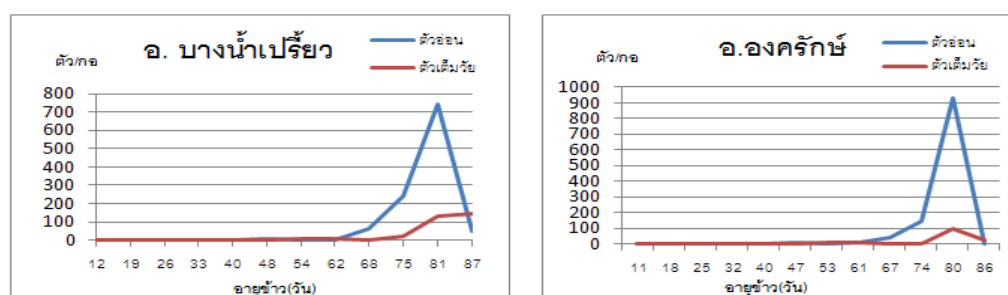
ในจังหวัดชัยนาท แปลงพื้นที่ ปลุกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ทั้ง 2 แปลง พื้นที่แปลงใน อ. สรรพยาพบ เพี้ยกระโดดสีน้ำตาลครั้งแรกเมื่อข้าวอายุได้ 40 วัน และพบประชากรมากที่สุดในช่วงข้าวอายุ 58-74 วัน แต่ช่วงที่พบตัวอ่อนมากที่สุดคือช่วงข้าวอายุ 75 วัน พบตัวอ่อน น เฉลี่ย 33.25 ตัวต่อกอ และตัวเต็มวัย เท่ากับ 12.25 ตัวต่อกอ ในพื้นที่แปลงอ.มโนรมย์ พบเพี้ยกระโดดสีน้ำตาลครั้งแรกเมื่อข้าวอายุได้ 40 วัน และพบประชากรมากที่สุดในช่วงข้าวอายุ 66-80 วัน แต่ช่วงที่พบตัวอ่อนมากที่สุดคือช่วงข้าวอายุ 66 วัน พบตัวอ่อน เฉลี่ย 5.7 ตัวต่อกอ และตัวเต็มวัยพบมากที่สุดคือช่วงข้าวอายุ 80 วัน เท่ากับ 7.15 ตัวต่อกอ (ภาพที่ 55)



ภาพที่ 55 แสดงการระบาดของเพี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัดชัยนาท

ในจังหวัดฉะเชิงเทรา พื้นที่แปลงปลูกอยู่ใน อ. บางน้ำเปรี้ยว พบเพี้ยกระโดดสีน้ำตาลครั้งแรกเมื่อข้าวอายุได้ 12 วัน และพบประชากรมากที่สุดในช่วงข้าวอายุ 48-เก็บเกี่ยว วัน แต่ช่วงที่พบตัวอ่อนมากที่สุดคือช่วงข้าวอายุ 81วัน พบตัวอ่อน เฉลี่ย 743.05 ตัวต่อกอ และตัวเต็มวัย เท่ากับ 133.55 ตัวต่อกอ

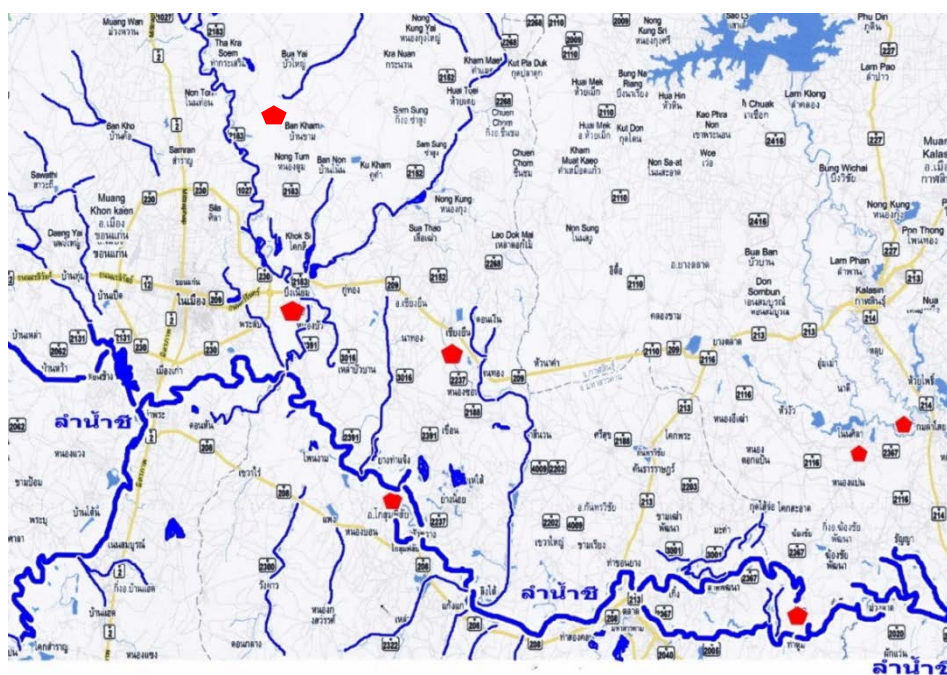
ในจังหวัดนครนายก พื้นที่แปลงปลูกอยู่ใน อ. องครักษ์ พบเพี้ยกระโดดสีน้ำตาลครั้งแรกเมื่อข้าวอายุได้ 11 วัน และพบประชากรมากที่สุดในช่วงข้าวอายุ 47-เก็บเกี่ยว วัน แต่ช่วงที่พบตัวอ่อนมากที่สุดคือช่วงข้าวอายุ 80 วัน พบตัวอ่อน เฉลี่ย 927.90 ตัวต่อกอ และตัวเต็มวัย เท่ากับ 94.25 ตัวต่อกอ (ภาพที่ 56)



ภาพที่ 56 แสดงการระบาดของเพี้ยกระโดดสีน้ำตาลในจังหวัดฉะเชิงเทราและจังหวัดนครนายก

3. การจัดการแปลงนา

ในการสำรวจนั้นทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้เลือกแปลงนาของเกษตรกรทั้งหมด 7 ราย ใน 3 จังหวัด 7 อำเภอ (ภาพที่ 57 และ 58) ได้สำรวจทั้งในช่วงฤดูกาลการทำนาปีและนาปรังแหล่งน้ำที่ใช้ในการทำนาได้มาจากน้ำฝนและระบบชลประทาน โดยวิธีการทำของเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นการทำนาหว่านน้ำตามการไถพรวนมี 2 ลักษณะคือไถ 2 ครั้งแล้วจึงหว่านข้าวกับการใช้รถไถบดดินในนาทำเป็นเทือกแล้วหว่าน ซึ่งแบบหลังนั้นจะมีระดับความลึกของเทือกน้อยกว่าแบบแรก อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว และพันธุ์ข้าวจะแตกต่างกันเมล็ดพันธุ์ที่ใช้มาจากการเก็บจากฤดูปลูกที่แล้วและซื้อจากร้านขาย โดยพันธุ์ข้าวจะแตกต่างกัน โดยเกษตรกรจะเลือกปลูกตามกระแสน้ำข้าวในท้องตลาด และพันธุ์ที่เก็บไว้กิน นอกจากนี้ประกอบกับการปลูกข้าวนาปีในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือปีนี้ ประสบปัญหาภัยแล้งในต้นฤดูปลูก เกษตรกรบางรายจึงหันมาปลูกข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เพื่อลดเวลาในการปลูกข้าวลง หรือบางแห่งหากอยู่ในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมก็จะมีปลูกด้วยเช่นกันในการจัดการแปลงข้าวของเกษตรกรส่วนใหญ่มีการจัดการที่คล้ายคลึงกันจึงได้ทำการสรุปลงในดังในตารางที่ 23 และ 24



ภาพที่ 57 แผนที่ดัดแปลงทดลอง



ภาพที่ 58 แปลงศึกษา (ก) อ.เมือง จ.ขอนแก่น (ข) อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น (ค) อ.เมือง จ.มหาสารคาม (ง.)อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม (จ) อ. โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม (ฉ) อ.กมลาไสย จ.กาฬสินธุ์ (ช) อ. หนองชัยพัฒนา จ. กาฬสินธุ์

การจัดการแปลงนาของเกษตรกรจะแตกต่างกันไม่มาก ขึ้นอยู่กับ ต้นทุนในการผลิตและเครื่องมือของแต่ละราย โดยเกษตรกรจะมีการจัดการตามเกษตรกรรายอื่นหากได้รับรู้ว่ารายใดได้ใช้วิธีการใดแล้ว ได้ผลดี ทั้งด้านการป้องกันกำจัดแมลงและโรค รวมไปถึงการใช้อัตราเมล็ดพันธุ์ ยกตัวอย่างเกษตรกรเชื่อว่าในฤดูนาปรัง หากต้องการได้ข้าวในปริมาณมากๆ ต้องใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวให้มากขึ้น ซึ่งเป็นผลให้เกิดการระบาดของโรคและแมลงอย่างมาก นอกจากนี้ยังทำให้สิ้นเปลืองปุ๋ยมากขึ้น คือมีความเชื่อว่าต้องใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ทุกครั้งที่คิดว่าข้าวเริ่มเหลือง ซึ่งยิ่งทำให้ต้นข้าวมีลักษณะอวบและเหมาะสำหรับเป็นอาหารต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลอยู่ตลอด เมื่อทำการสอบถามการจัดการแปลงนาของภาคกลางเปรียบเทียบแล้วทางภาคกลางมีการใช้สารเคมีมากกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และทางภาคกลางยัง ประสบปัญหาการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากกว่าด้วยเช่นกันดังในตารางที่ 25

ตารางที่ 23 ตารางการจัดการแปลงนาช่วงนาปี ปี 2553 ของเกษตรกรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ชื่อเกษตรกร ที่อยู่	พิกัดที่ตั้ง	รูปแบบการทำ นาและพันธุ์ข้าว	แหล่งน้ำ	การจัดการ	ปัญหาที่พบ
นายไสว ปัญญา 142 ม.4 บ้านบึงเนียม ต.เมืองเก่า อ.เมือง จ. ขอนแก่น	N. 16° 24' 37.08" E. 102° 53' 43.61"	นาหว่าน พันธุ์ กข. 6	น้ำฝน/ ชลประทาน	การจัดการแปลง : ก่อนไถจะแช่แปลงก่อน 1-2 เดือน จากนั้นไถ 2 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 18-20 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย : ช่วงแช่แปลงใส่ปุ๋ยน้ำหมักหอยเชอร์รี่ หลังจากหว่านข้าว 2 เดือน ใส่ปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 20 กก./ ไร่และช่วงข้าวตั้งท้อง ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ประมาณ 20 กก./ไร่	เพลี้ยกระโดด น้ำตาละบาดช่วง นาปรัง
นายสุรินทร์ พลคราม 122 ม.4 ต.บ้านขาม อ. น้ำพอง จ.ขอนแก่น	N. 16° 34' 58.44" E. 102° 55' 32.41"	นาหว่าน พันธุ์ กข. 6	น้ำฝน	การจัดการแปลง: ไถดิน 2 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 25 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: หลังจากหว่านข้าว 1-2 เดือน ใส่ปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 20 กก./ไร่และช่วงข้าวตั้งท้อง ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16- 20-0 ประมาณ 30 กก./ไร่	เพลี้ยกระโดด น้ำตาละบาดช่วง นาปรัง
นางสมหมาย ปัจสินธุ์ 54 ม.12 ต.ท่าตูม อ.เมือง จ.มหาสารคาม	N. 16° 12' 04.48" E. 103° 29'08.39"	นาหว่าน พันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105	น้ำฝน/ ชลประทาน	การจัดการแปลง: ไถบ่ม 1 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 20 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: ปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 25 กก./ไร่และช่วงข้าว ตั้งท้อง ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ประมาณ 25 กก./ไร่	

ชื่อเกษตรกร ที่อยู่	พิกัดที่ตั้ง	รูปแบบการทำ นาและพันธุ์ข้าว	แหล่งน้ำ	การจัดการ	ปัญหาที่พบ
นางต๋อย สิงห์คำป่อง 173 ม.19 ต.ภูทอง อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม	N. 16° 27' 21.16" E. 102° 59' 27.95"	นาดำ พันธุ์ กข.15	น้ำฝน/ ชลประทาน	การจัดการแปลง: ไถ 2 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 15 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: ใส่ปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 20 กก./ไร่ช่วงข้าวยังเป็นกล้า ช่วงก่อนข้าวตั้งท้องใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ และข้าวติดเมล็ด ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ประมาณ 30 กก./ไร่	เพลี้ยกระโดด น้ำตาลและหนูนากัดกินต้นข้าว
นายพนา คงเกตุ 11 ม.9 ต.ยางท่าแจ้ง อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม	N. 16°19' 28.13" E. 103° 03' 59.31"	นาหว่าน พันธุ์ กข.15	น้ำฝน	การจัดการแปลง: ไถ 2 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 25 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย : ใส่ปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 20 กก./ไร่ 1 ครั้ง และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ข้าวช่วงข้าวตั้งท้อง ประมาณ 30 กก./ไร่	เพลี้ยกระโดดสี น้ำตาลและหนูกัดกินต้นข้าว ป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมี
นายสมัย บรรพบุตร 66 ม.9 ต.เจ้าท่า อ.กมลาไสย จ. กาฬสินธุ์	N. 16°14' 24.86" E. 103° 35' 49.67"	นาหว่าน พันธุ์ กข .6	น้ำฝน/ ชลประทาน	การจัดการแปลง: ไถบ่ม 1 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 20 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: ปุ๋ยที่ใส่ คือปุ๋ยเคมี และปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยสูตร 16-20-0	หนอนหอยใบข้าว และเพลี้ยกระโดด สีน้ำตาลระบาด

ชื่อเกษตรกร ที่อยู่	พิกัดที่ตั้ง	รูปแบบการทำ นาและพันธุ์ข้าว	แหล่งน้ำ	การจัดการ	ปัญหาที่พบ
นายพันธ์ นาชัยนาค 40 ม.1 ต.โนนศิลาเลิง อ.หนองชัยพัฒนา จ.กาฬสินธุ์	N. 16° 19' 14.59" E. 103° 29' 53.82"	นาหว่าน ปลูกร ข้าวพันธุ์ กข.15	น้ำฝน	การจัดการแปลง: ไถ 2 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 20 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำเองและปุ๋ยเคมี จนข้าวใกล้ ออกรวงจึงใส่ปุ๋ยชีวภาพ รวมทั้งหมด 3 ครั้ง อัตราที่ใส่ 30 กก./ไร่ ปัญหาที่พบ: โรคไหม้ ระบาดในการทำนาปรัง	

หมายเหตุ: คุณสมบัติดิน จะดำเนินการสำรวจและเก็บตัวอย่างหลังจากเกษตรกรเก็บเกี่ยวข้าวเรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 24 ตารางการจัดการแปลงนาช่วงนาปรัง ปี 2554 ของเกษตรกรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ชื่อเกษตรกร ที่อยู่	พิกัดที่ตั้ง	รูปแบบการทำ นาและพันธุ์ข้าว	แหล่งน้ำ	การจัดการ	ปัญหาที่พบ
นายไสว ปัญญา 142 ม.4 บ้านบึงเนียม ต.เมืองเก่า อ.เมือง จ. ขอนแก่น	N. 16° 24' 37.08" E. 102° 53' 43.61"	นาหว่าน/ ชัยนาท 1	ชลประทาน	การจัดการแปลง: ก่อนไถจะแช่แปลงก่อน 1-2 เดือน จากนั้นไถ 2 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 25 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: ช่วงแช่แปลงใส่ปุ๋ยน้ำหมักหอยเชอร์รี่ หลังจากหว่านข้าว 1 เดือน ใส่ปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 30 กก./ ไร่และช่วงข้าวตั้งท้อง ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ประมาณ 30 กก/ไร่	เพลี้ยกระโดด น้ำตาละบาดช่วง นาปรัง
นายสุรินทร์ พลคราม 122 ม.4 ต.บ้านขาม อ. น้ำพอง จ.ขอนแก่น	N. 16° 34' 58.44" E. 102° 55' 32.41"	นาหว่าน/ ชัยนาท 1	ชลประทาน	การจัดการแปลง: ไถดิน 2 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 30 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: หลังจากหว่านข้าว 20 วัน และ 2 เดือน ใส่ ปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 35 กก./ไร่ และช่วงข้าวตั้งท้อง ใส่ ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ประมาณ 30 กก/ไร่	เพลี้ยกระโดด น้ำตาละบาดช่วง นาปรัง
นางสมหมาย ปัจสินธุ์ 54 ม.12 ต.ท่าตูม อ.เมือง จ.มหาสารคาม	N. 16° 12' 04.48" E. 103° 29'08.39"	นาหว่าน/ ชัยนาท 1	ชลประทาน	การจัดการแปลง: ไถบ่ม 1 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 30 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: ปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 25 กก./ไร่และช่วงข้าว ตั้งท้อง ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ประมาณ 25 กก/ไร่	

ชื่อเกษตรกร ที่อยู่	พิกัดที่ตั้ง	รูปแบบการทำ นาและพันธุ์ข้าว	แหล่งน้ำ	การจัดการ	ปัญหาที่พบ
นางตุ้ย สิงห์คำป่อง 173 ม.19 ต.ภูทอง อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม	N. 16° 27' 21.16" E. 102° 59' 27.95"	นาหว่าน/ ชัยนาท 1	ชลประทาน	การจัดการแปลง: ไถ 2 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 15 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: ใส่ปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 25 กก./ไร่ช่วงข้าวยังเป็นกล้า ช่วงก่อนข้าวตั้งท้องใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ และข้าวติดเมล็ด ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ประมาณ 30 กก./ไร่	เพลี้ยกระโดด น้ำตาลและหนูนากัดกินต้นข้าว
นายพนา คงเกตุ 11 ม.9 ต.ยางท่าแจ้ง อ.โกสุมพิสัย จ.มหาสารคาม	N. 16°19' 28.13" E. 103° 03' 59.31"	นาหว่าน/ ชัยนาท 1	ชลประทาน	การจัดการแปลง: ไถ 2 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 30-35 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: หลังจากหว่าน 20 วัน และ 2 เดือน ใส่ปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 35 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ข้าวช่วงข้าวตั้งท้อง ประมาณ 30 กก./ไร่	การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและหนูกัดกินต้นข้าว ป้องกันกำจัดโดยใช้สารเคมี

ชื่อเกษตรกร ที่อยู่	พิกัดที่ตั้ง	รูปแบบการทำ นาและพันธุ์ข้าว	แหล่งน้ำ	การจัดการ	ปัญหาที่พบ
นายสมัย บรรพบุตร 66 ม.9 ต.เจ้าท่า อ.กมลาไสย จ. กาฬสินธุ์	N. 16°14' 24.86" E. 103° 35' 49.67"	นาหว่าน/ ชัยนาท 1	ชลประทาน	การจัดการแปลง: ไถป่น 1 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 30 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: ปุ๋ยที่ใส่ คือปุ๋ยเคมี และปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยสูตร 16-20-0	หนอนห่อใบข้าว และเพลี้ยกระโดด สีน้ำตาลระบาด
นายพันธ์ นาชัยนาค 40 ม.1 ต.โนนศิลาเลิง อ.ฆ้องชัยพัฒนา จ.กาฬสินธุ์	N. 16° 19'14.59" E. 103° 29' 53.82"	นาหว่าน/ ชัยนาท 1	ชลประทาน	การจัดการแปลง: ไถ 2 รอบก่อนหว่านข้าว อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์: ประมาณ 30 กก./ไร่ การจัดการปุ๋ย: ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำเองและปุ๋ยยูเรีย จนข้าว ใกล้ออกรวงจึงใส่ปุ๋ยชีวภาพ รวมทั้งหมด 3 ครั้ง อัตราที่ใส่ 30 กก./ไร่ ปัญหาที่พบ: โรคไหม้ ระบาดในการทำนาปรัง	

ตารางที่ 25 ตารางการจัดการแปลงนาของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาภาคกลาง นาปี 2554

พื้นที่	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา		จังหวัดชัยนาท		จังหวัดนครนายก	จังหวัดฉะเชิงเทรา
	อำเภอภาชี	อำเภอนครหลวง	อำเภอสรรพยา	อำเภอมโนรมย์	อำเภอองครักษ์	อำเภอบางน้ำเปรี้ยว
เกษตรกร	นายโสภณ อยู่อร่าม	นายบุญเลิศ	นายศุภกิตติ บุญเย็น	นายสมศักดิ์ แดงโพธิ์	นายอาทิตย์ บุญท้วม	นายศิริชัย หุ่นกู๋
ที่อยู่	ต.พระแก้ว อ.ภาชี		ต. ตลุก อ.สรรพยา	ม.2 ต.ทางน้ำสาคร อ.มโนรมย์	ต.บางสมบุรณ์ อ.องครักษ์	ต.โยธะกา อ.บางน้ำเปรี้ยว
พิกัด	47P 0678618 UTM 1595191	47P 0679442 UTM 1597045	47P 0628995 UTM 1673634	47P 0624628 UTM 1690596	47P 0729460 UTM 1548578	47P 0730014 UTM 1544441
รูปแบบการทำนา/ พันธ์ข้าว	นาหว่านน้ำตม กข 31	นาหว่านน้ำตม สุพรรณบุรี 1	นาหว่านน้ำตม ปทุมธานี 1	นาหว่านน้ำตม กข 31	นาหว่านน้ำตม เบอร์17	นาหว่านน้ำตม
แหล่งน้ำ	ชลประทาน	ชลประทาน	ชลประทาน	ชลประทาน	ชลประทาน	ชลประทาน
การจัดการ	ปลูกข้าว 2 ครั้ง/ปี ใส่ปุ๋ย ครั้งแรกเมื่อข้าว อายุ 30 วัน สูตร 15-15-15 ครั้งที่ 2 อายุ 60 วัน สูตร 15-15-15	ปลูกข้าว 2 ครั้ง/ปี ใส่ปุ๋ย ครั้งแรกเมื่อข้าว อายุ 30 วัน สูตร 16-20-0 ก่อนปลูกครั้งต่อไปพัก นาไว้ 2 เดือน	ปลูกข้าว 2 ครั้ง/ปี ใส่ปุ๋ย ครั้งแรกเมื่อข้าว อายุ 20 วัน สูตร 16-20-0 ครั้งที่ 2 อายุ 60 วัน สูตร 46-0-0 ก่อนปลูกครั้งต่อไปพักนา ไว้ 1 เดือน	ปลูกข้าว 2 ครั้ง/ปี ใส่ปุ๋ย ครั้ง 1 เมื่อข้าวอายุ 30 วัน สูตร 16-12-8 ก่อนปลูกครั้งต่อไปพักนาไว้ 1 เดือน	ปลูกข้าว 2 ครั้ง/ปี ใส่ปุ๋ย ครั้งแรกข้าวอายุ 30 วัน สูตร 16-20-0 และ 46-0-0 ครั้งที่ 2 อายุ 70 วัน สูตร 46-0-0 ก่อนปลูกครั้ง ต่อไปพักนาไว้ 1-2 เดือน ใช้สารกำจัดศัตรูพืช 2 ครั้ง	ปลูกข้าว 2 ครั้ง/ปี ใส่ปุ๋ย ครั้งแรกข้าวอายุ 30 วัน สูตร 16-20-0 ครั้งที่ 2 อายุ 50วันสูตร 46-0-0 ก่อนปลูกครั้ง ต่อไปพักนาไว้ 1-2 เดือน ใช้สารกำจัด ศัตรูพืช 3ครั้ง
ปัญหาที่พบ	หน่อกระบาด ปี 52			BPH เมื่อปี 52	BPH เมื่อปี 54	BPH เมื่อ 4-5 ปีที่ผ่านมา

การดำเนินงาน

การสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ทำการสอบถามจากเกษตรกรเจ้าของแปลงตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดินจนถึงเก็บเกี่ยว ตลอดจนทำการเก็บตัวอย่างดินมาเพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินในแต่ละ พื้นที่ โดยส่งตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ที่สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 ขอนแก่น อำเภอเขาเมือ จังหวัดขอนแก่นคุณสมบัติทางเคมีของดิน ดังนี้

- ความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil reaction; pH)
- การนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity; EC)
- ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter; OM)
- ปริมาณไนโตรเจน (total nitrogen; N)
- ปริมาณฟอสฟอรัส (available phosphorus; P)
- ปริมาณโพแทสเซียม (water potassium; K)
- ปริมาณปรมาณโซเดียม (Na)
- ปริมาณปรมาณแคลเซียม (Ca)
- ปริมาณปรมาณแมกนีเซียม (Mg)

เกษตรกรในพื้นที่ทำการสำรวจ ส่วนใหญ่จะปลูกข้าวต่อเนื่องโดยอาจมีการพักแปลงประมาณ 1 เดือน โดยการเตรียมพื้นที่และการจัดการแปลงนั้นไม่มีความแตกต่างกันมากนัก คือหลังจากเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้นเกษตรกรจะเผาฟางแล้วไถพรวนดิน 1-2 ครั้ง หรือบ้นดินทำเทือกเลยทีเดียวในรายที่มีการปลูกต่อทันที ซึ่งก่อนไถนั้นเกษตรกรจะปล่อยน้ำลงในแปลงก่อนอย่างน้อย 7 วัน เพื่อให้พื้นดินนิ่ม และต่อข้าววันย่อยลงบ้าง เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ส่วนใหญ่จะซื้อใหม่จากร้านขายเมล็ดพันธุ์ และมีบางรายที่ทำการเก็บเมล็ดพันธุ์ใช้เอง ซึ่งใน 1 รอบการปลูกจะใส่ปุ๋ยทั้งหมด 2-3 ครั้งคือปุ๋ยยูเรีย (สูตร 46-0-0) ช่วงข้าว 20 วัน และ 60 วัน เมื่อข้าวตั้งท้องก็ใส่ปุ๋ย สูตร 16-20-0 อัตรา 25-30 กก./ไร่ ซึ่งปัญหาที่พบในการปลูกในฤดูนาปีปัญหาที่พบในบางพื้นที่คือปัญหาน้ำท่วม โดยรายละเอียดของการจัดการแปลงต่างๆมีรายละเอียดดังในตารางที่ 24

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

หลังจากที่เก็บดินในแต่ละแปลงมาและส่งวิเคราะห์ที่ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 ขอนแก่น อำเภอเขาเมือ จังหวัดขอนแก่น คุณสมบัติทางเคมีของดินที่วัดได้มีค่า

ความเป็นกรด- ด่างของดิน (pH) ซึ่งเป็นตัวช่วยให้ ธาตุอาหารในดินละลายออกมาเพื่อให้พืช ต้องการของพืช หรือในทางตรงกันข้าม ธาตุอาหารบางชนิดอาจจะละลายออกมามากเกินไป จนเป็นพิษต่อพืช ได้ สำหรับพืชทั่วไปมักจะเจริญเติบโตในช่วง pH 6-7แตเมื่อนำดินในพื้นที่สำรวจมาตรวจสอบ พบว่าอยู่ระหว่าง 4.3-6.3 ซึ่งจัดว่าเป็นดินที่มีค่า pH ต่ำ หรือดินส่วนใหญ่เป็นดินด่าง

ปริมาณเกลือละลายได้ในดิน (EC) ดินในพื้นที่สำรวจมาตรวจสอบ พบว่าอยู่ระหว่าง 0.3-0.8 ซึ่งจัดว่าดินมีความเค็มเล็กน้อยถึงปานกลาง

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเกิดธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการเจริญเติบโต ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินในแปลงพบอยู่ระหว่าง 1.6-2.89 ซึ่งอินทรีย์วัตถุในดินที่มาตรฐานการแปลความหมายค่าวิเคราะห์ดินได้กำหนดไว้คือ ตั้งแต่ 1.5 เป็นต้นไปจัดว่ามีอินทรีย์วัตถุในดินเหมาะสม

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (N) ไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการปริมาณมาก เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารประกอบหลายชนิดในพืช เช่น โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิกและวิตามิน เป็นต้นซึ่งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ในแปลงพบอยู่ระหว่าง 0.06-0.14 จัดอยู่ระดับปานกลางถึงระดับสูง ซึ่งในแปลงข้าวมีการใช้ปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงเป็นประจำต่อเนื่อง

ปริมาณฟอสฟอรัส (P) เป็นธาตุอาหารหลัก เพื่อให้การเจริญเติบโตพืชเป็นไปตามปกติ และมีบทบาทในการควบคุมการสังเคราะห์ด้วยแสงและเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตแล้ว ยังมีบทบาทต่อสมดุลของฮอร์โมนพืชด้วย ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ในแปลงพบค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งใน อ.เมือง จ.ขอนแก่น แปลงที่ 2 อ.โกสุมพิสัย และ อ.เมือง จ.มหาสารคาม อ.กมลาไสย จ.กาฬสินธุ์ ทั้ง 2 แปลง จัดอยู่ระดับต่ำคือ 0.7 - 4.54 และ อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น อ.เขียงยืน จ.มหาสารคาม และ อ.ฆ้องชัย จ.กาฬสินธุ์ทั้ง 2 แปลง จัดอยู่ระดับปานกลาง คือ อยู่ระหว่าง 07.69-12.47 ส่วนแปลง อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่นที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดเพียงแปลงเดียว คือ 36.2 จัดอยู่ในกลุ่มที่สูงมาก

ปริมาณโพแทสเซียม (K) โพแทสเซียมช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก ทำให้รากดูดน้ำได้ดีขึ้นทำให้พืชมีความต้านทานต่อโรคต่างๆ ปริมาณโพแทสเซียม ในแปลงสำรวจพบอยู่ระหว่าง 18-115 ซึ่งจัดอยู่ระดับต่ำ-ปานกลาง

ส่วนธาตุอาหารรองประกอบด้วย ปริมาณปริมาณโซเดียม (Na) ปริมาณปริมาณแคลเซียม (Ca) ปริมาณปริมาณแมกนีเซียม (Mg) พบว่าอยู่ในระดับต่ำดังในตารางต่อไปนี้ (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 ตารางผลการวิเคราะห์คุณภาพดิน

จังหวัด	อำเภอ	แปลง	พิกัด		pH	EC	OM	N	P	K	Na	Ca	Mg
ขอนแก่น	อ.เมือง	1	N.16°24'37.08"	E.102°53'43.61"	5.10	0.04	2.03	0.10	0.75	53.00	65.00	539.30	74.30
	อ.น้ำพอง	1	N. 16°34'58.44"	E. 102°55'32.41"	5.30	0.08	1.28	0.06	36.20	18.00	72.00	469.20	51.70
		2	N. 16°34'52.78"	E. 102°56'3.48"	4.90	0.04	1.66	0.08	12.47	34.00	38.00	319.10	44.10
มหาสารคาม	อ.โกสุมพิสัย	1	N. 16°19'28.13"	E.103°03'59.31"	4.80	0.06	1.70	0.09	3.64	28.00	59.00	451.60	59.00
		2	N. 16°19'2.61"	E.103°4'20.67"	4.80	0.05	2.86	0.14	0.70	95.00	122.00	753.00	96.50
	อ.เขียงยืน	1	N.16°27'21.16"	E.102°59'27.95"	5.50	0.05	1.06	0.06	7.69	47.00	29.00	317.10	33.30
	อ.เมือง	1	N.16°12'04.48"	E.103°29'08.39"	5.10	0.04	2.03	0.10	0.75	53.00	65.00	539.30	74.30
กาฬสินธุ์	อ.ฆ้องชัย	1	N.16°19'14.59"	E.103°29'53.82"	4.60	0.05	1.98	0.10	10.21	22.00	51.00	245.70	30.80
		2	N.16°19'55.00"	E.103°29'38.70"	4.30	0.04	2.32	0.12	12.15	19.00	62.00	234.80	38.80
	อ.กมลาไสย	1	N. 16°14'24.86"	E. 103°35'49.67"	5.10	0.03	1.92	0.10	4.54	115.00	134.00	604.90	52.20
		2	N. 16°14'12.99"	E.103°35'41.66"	6.30	0.05	1.52	0.08	3.61	34.00	38.00	688.00	43.10

หมายเหตุ EC: ค่าการนำไฟฟ้าของเกลือในดิน, OM : อินทรีย์วัตถุในดิน, N: ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน, P: ฟอสฟอรัส, K: โพแทสเซียม, Na: โซเดียม, Ca: แคลเซียม, Mg: แมกนีเซียม

สรุป

จากการสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลทั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง สามารถสรุปได้ดังนี้ ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการปลูกข้าวติดต่อกันเหมือนในพื้นที่ภาคกลางเนื่องจากปัจจัยของระบบชลประทาน ที่ไม่กว้างไกลเท่าทำให้การสะสมของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีไม่มากเท่าภาคกลางโดยเห็นได้ว่าจำนวนเฉลี่ยตอของเพลี้ยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือสูงสุดไม่เกิน 20 ตัวตอ ส่วนภาคกลางพบสูงสุดมากกว่า 900 ตัวตอ (จังหวัดนครนายก) ซึ่งข้าวแสดงอาการไหม้เป็นหย่อม (Hopper born) และช่วงที่พบการระบาดมากที่สุดคือตั้งแต่ช่วงข้าวแตกกอ คือตั้งแต่ข้าวอายุ 1 เดือนเป็นต้นไป ซึ่งในการป้องกันกำจัด หากสำรวจเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเฉลี่ย 10 ตัวตอควรรีบทำการกำจัดโดยเร็ว แต่ในส่วนใหญ่เกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลแต่ในช่วงที่ข้าวยังมีอายุน้อยๆ ซึ่งหากพบการระบาดมากในช่วงข้าวอายุ 70 วันขึ้นไปเกษตรกรจะไม่กำจัดเพลี้ยแล้วเพราะใกล้เก็บเกี่ยว

การสำรวจการระบาดของโรคไหม้ ซึ่งได้สำรวจเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพื้นที่ที่สำรวจพบอาการของโรคไหม้น้อยมาก คือเฉลี่ยอยู่ในระดับ class ตั้งแต่ 1-4 แต่ไม่ระบาดต่อ และจากการสำรวจบริเวณที่พบโรคไหม้มาก ที่สุดคือพื้นที่ที่มีน้ำท่วม หรือน้ำมาก และอยู่ใกล้หรือได้ร่มไม้ ป่าไม้ ซึ่งเมื่อปี 2554 ในช่วงการปลูกข้าวนาปี เกษตรกรบางพื้นที่(ต.บ้านค้อ อ.เมืองขอนแก่น) ที่อยู่นอกเหนือพื้นที่สำรวจ นาข้าวได้ถูกโรคไหม้ทำลายหลายรายหลังจากที่ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ซึ่งพื้นที่ดังกล่าว เป็นนาดอน ติดยาฆ่าซึ่งพอสรุปได้ว่าโรคไหม้ต้องการความชื้นที่เหมาะสม และยาวนานเพียงพอในการแสดงอาการของโรค

บทสังเคราะห์งานวิจัย โครงการแบบจำลองการระบาดของโรคไหม้และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

แบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

ปัญหา

การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เกิดจากสาเหตุที่เกษตรกรไม่สามารถทราบล่วงหน้าว่ามีการระบาด ทำให้ไม่ได้เตรียมการป้องกัน จึงได้มีแนวคิดในการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบ Mechanistic model สำหรับพยากรณ์และเตือนการระบาด เพื่อใช้แก้ไขปัญหาได้ทันการ

วัตถุประสงค์

- 1.พัฒนาแบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล
- 2.เพื่อเปรียบเทียบความสอดคล้องของข้อมูลระหว่างแบบจำลองและข้อมูลในสภาพไร่ของเพลี้ย

กระโดดสีน้ำตาล

ข้อค้นพบ

จากผลการวิจัยพบว่าสามารถใช้ state variable approach ทำงานผ่าน software การพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศ (ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิ (ต่ำ) อุณหภูมิ (สูง) ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และ ปริมาณน้ำฝน) และจำนวนเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลปีกยาวที่พบในช่วงเดือนแรกของการปลูกข้าว จาก

ข้อมูลดังกล่าว สามารถกำหนดการพยากรณ์ได้ว่าจะพยากรณ์ ข้าวพันธุ์ต้านทาน หรือพันธุ์อ่อนแอ ผลการพยากรณ์จะได้เป็น จำนวน วันไข่ ตัวอ่อน ตัวเต็มวัย ของเพลี้ยในพื้นที่ที่เวลาต่างๆ โปรแกรมสามารถใส่ข้อมูล survey เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลพยากรณ์ได้ โดยแสดงในรูปภาพและไฟล์ xml

แบบจำลองโรคไหม้ของข้าว

ปัญหา

โรคไหม้สามารถเกิดได้ทุกระยะการเจริญของข้าว การเกิดโรคจะต้องอาศัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเกิดโรค การใช้แบบจำลองโรคพืชเพื่อการพยากรณ์โรคจะทำให้สามารถวางแผนมาตรการในการป้องกันโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1. พัฒนาแบบจำลองการเกิดโรคไหม้ข้าว
2. วิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองในสภาพไร่

ข้อค้นพบ

แบบจำลองโรคไหม้ที่พัฒนาขึ้นได้อาศัยปัจจัยสภาพแวดล้อมได้แก่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างสูงต่อการเกิดโรคไหม้ของข้าว แบบจำลองนี้ได้พัฒนาต่อยอดจากแบบจำลองของ วิจิตและคณะ (2547) ซึ่งสามารถคำนวณดัชนีความรุนแรงของโรคและระยะเวลาที่จะเกิดโรคได้ จากแบบจำลองโรคไหม้ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถนำมาใช้เป็นเป็นส่วนหนึ่งของการเตรียมแผนการป้องกันโรคไหม้ได้ก่อนการระบาดของโรคจะมีความรุนแรงจนถึงขั้นความเสียหายทางเศรษฐกิจได้

คุณสมบัติการตอบสนองของโรคไหม้และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลต่อสภาพแวดล้อม

ปัญหา

อุณหภูมิเป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีผลโดยตรงต่อการเพิ่มจำนวนและการเจริญเติบโตทั้งของโรคไหม้และแมลงเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

วัตถุประสงค์

หาสัมประสิทธิ์การตอบสนองของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคไหม้ในสภาพห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการทำแบบจำลอง

ข้อค้นพบ

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถเจริญได้เหมาะสมในช่วง อุณหภูมิ 25-30 °C ในที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 °C การเจริญเติบโตใช้เวลานานในการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย และที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 °C การเจริญเติบโตจะใช้เวลาสั้นลงในการพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย

การพัฒนาการที่เชื้อ *Pyricularia grisea* สาเหตุโรคไหม้ของข้าวสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25-30 °C และไม่มีการเจริญเติบโตที่อุณหภูมิมากกว่า 35 °C และเจริญได้น้อยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 °C

การสำรวจ โรคไหม้ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ในสภาพไร่และการจัดการแปลง

ปัญหา

การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีปัจจัยเกี่ยวข้องที่สำคัญได้แก่พันธุ์ข้าวที่อ่อนแอ เหมาะสำหรับการเพิ่มจำนวนประชากร ร่วมกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกรโดยเฉพาะใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่มีผลกระทบต่อจำนวนประชากรศัตรูธรรมชาติที่สำคัญ รวมทั้งระบบการปลูกข้าวที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ทำให้การระบาดในสภาพแปลงนามีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่

วัตถุประสงค์

สำรวจข้อมูลประชากรของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในสภาพแปลงนาเกษตรกรในภาคกลางซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่มีการระบาดเป็นประจำ สำหรับใช้ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ข้อค้นพบ

ในข้าวพันธุ์อ่อนแอพันธุ์ธานี 1 และสุพรรณบุรี 1 พบปริมาณของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากที่สุดในระยะแตกกอเต็มที่ มีปริมาณสูงเกินกว่าระดับเศรษฐกิจ ($ET = 1$ ตัว/ต้น) สอดคล้องกับในข้าวพันธุ์ต้านทาน กข31 กข41 ที่พบจำนวนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมากในข้าวระยะแตกกอเต็มที่ และพบว่าปริมาณของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในพันธุ์ข้าวต้านทานมีปริมาณที่น้อยกว่าพันธุ์ข้าวอ่อนแอ

การวิเคราะห์เขตสภาพอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง

ปัญหา

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศของประเทศมีความหนาแน่นต่ำทำให้การนำข้อมูลไปใช้ในการประเมินผลผลิตพืชและการระบาดของแมลงอาจมีความคลาดเคลื่อนสูง

วัตถุประสงค์

วิเคราะห์หาความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศที่เพียงพอสำหรับการประเมินผลผลิตพืชแต่ไม่หนาแน่นมากเกินไปจนความจำเป็น

ข้อค้นพบ

สำหรับการวัดพลังงานแสงอาทิตย์และอุณหภูมิระยะห่างระหว่างสถานีไม่ควรเกิน 100 กม แต่สำหรับปริมาณฝนไม่ควรเกิน 20 กม อย่างไรก็ตามข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์นั้นเป็นข้อมูลที่ยังไม่ได้แยกสภาพอากาศในระดับ scale ที่แตกต่างกันออกจากกัน ดังนั้นระยะห่างที่พบอาจสูงกว่าที่ควรเป็นได้

การใช้ประโยชน์จากงานวิจัย

การศึกษานี้ได้พัฒนาแบบจำลองเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลข้าวที่มีอุณหภูมิเป็นปัจจัยในการพัฒนาการ และ distributed delay ด้วยวิธี boxcars โดยมีปัจจัยที่นำมาเป็น input ได้แก่ 1) model parameters (degree day, recruitment rate, maturity rate, mortality rate ของเพื่อยกระโดดในแต่ละ stage, distributed delay) 2) weather data (solar radiation, temperature, humidity, wind speed, rainfall) 3) immigration bph (เพื่อยกระโดดตัวเต็มวัยปีกยาว, macropterous form) โดยสำรวจประชากรเพื่อยกระโดดใช้วิธีการตามกรรมกรข้าว พบว่าผลการจำลองที่มีความเชื่อมั่นได้พอสมควร การจำลองการระบาดของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลจะช่วยเกษตรกรในขบวนการตัดสินใจในการจัดการเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้เป็นนโยบายในการบริหารจัดการต่อไป การพยากรณ์ด้วยข้อมูลภูมิอากาศล่วงหน้าจะสามารถนำไปคาดการณ์ผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อการระบาดของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลในอนาคตได้

แนวทางการศึกษาที่คาดว่าจะทำต่อไปในอนาคตน่าจะเป็นการศึกษาเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของตัวแบบที่ละประเด็น ซึ่งจะทำให้ระบบการคาดการณ์การระบาดของเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จากที่ได้กล่าวแล้วว่าแบบจำลองที่สร้างยังไม่ได้รวมปัจจัยเกี่ยวกับศัตรูธรรมชาติ เช่น มวนตัวห้ำไข่ แมงมุม สำหรับแมงมุมที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมเพื่อยกระโดด คือ แมงมุม *Padosa (Lycosa) annulata* โดยข้อมูลของแมงมุมชนิดนี้ในห้องปฏิบัติการและในสภาพไร่นา มีการศึกษาของ นักวิจัยจาก IRRI มาแล้ว ในประเทศไทยมีการศึกษาประสิทธิภาพการกินของแมงมุมโดยคุณปรีชา และคุณวิภาดา วังศิลาบัตร และพบว่าแมงมุมชนิดนี้หากมีมากกว่า ๒ ตัวจะกินกัน มวนตัวห้ำไข่ (*Cryptorhinus lividipennis*) เป็นแมลงศัตรูธรรมชาติที่ นอกจากนี้ คุณปรีชา วังศิลาบัตร และคุณเรวัต ภัทรสุมิต ได้มีการศึกษาสัดส่วนรวมทั้งประสิทธิภาพในการควบคุมทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและแปลงนาแล้ว จึงควรศึกษาเพิ่มเติมเฉพาะมวนตัวห้ำไข่ในโมเดลนี้ให้สำเร็จก่อนการดำเนินการเพิ่มปัจจัยอื่น การ coupling natural enemy ที่สำคัญคือ มวนตัวห้ำไข่ของเพื่อยกระโดด และทดสอบความสอดคล้องของแบบจำลอง ซึ่งผลที่ได้จะสามารถแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพตามธรรมชาติ และหรือ ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเพื่อยกระโดดโดยชีววิธีด้วยมวนตัวห้ำไข่

เนื่องจากการศึกษานี้ยังไม่ได้รวมปัจจัยของพืชต่อการกระจายตัวของโรคแมลงการบูรณาการความเชื่อมโยงกับแบบจำลองพืช (crop model) การเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองพืชกับแบบจำลองเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล แนวทางที่ทีมวิจัยได้ตั้งสมมติฐานในศึกษาประกอบด้วย

1. แบบจำลองข้าว โคร การนี้ได้เลือกใช้แบบจำลองข้าวที่พัฒนาโดย อ. เกริก ปั่นแห่งเพชรประกอบด้วยข้อมูลหลักที่จะส่งให้กับแบบจำลองเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล ได้แก่ ปริมาณน้ำตาด และปริมาณพื้นที่ใบที่ข้าวสร้างขึ้นในแต่ละวัน ผ่าน subroutine ที่ชื่อ subroutine crop

2. แบบจำลองเพื่อยกระโดดสีน้ำตาล ประกอบด้วยข้อมูล จำนวนเพื่อยกระโดดสีน้ำตาลระยะตัวอ่อน และตัวเต็มวัย ปริมาณน้ำตาดที่เพื่อยกระโดดสีน้ำตาลใช้เป็นอาหาร (Sogawa, 1994) และปริมาณพื้นที่ใบที่ถูกทำลายโดยแมลงหรือโรคพืชในแต่ละวัน ผ่าน subroutine ที่ชื่อ subroutine pests โดยเพิ่มการคำนวณ

ปริมาณน้ำตาลที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลใช้เป็นอาหาร (fooddemand) สัดส่วนปริมาณน้ำตาลที่ข้าวสร้างขึ้นในแต่ละวันต่อปริมาณน้ำตาลที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลใช้เป็นอาหาร (s2d) จำนวนผลที่เกิดขึ้นในการเจริญเติบโตและการผลิตลูกหลานของแมลง (relative effect) โดยใช้ logistic equation และส่งค่าปริมาณน้ำตาลที่สูญเสียไปในแต่ละวัน (ch2oloss) ให้กับแบบจำลองพืช

$$\text{fooddemand} = (6.0/4) * (\text{nnpop}) + (6.0/4) * (\text{napop})$$

$$\text{s2d} = \text{ch2o}/\text{fooddemand}$$

! y = relative effect, value between -1.0 to 1.0

! y = minimum + (maximum/(1 + EXP(slope*(center-x))))

$$\text{rel_effect} = -1.385338882 + (2.574796825/(1+\text{EXP}(1.799155892*(1.799155892-\text{s2d}))))$$

แสดงผลลัพธ์เพิ่มเติมในส่วนของ s2d, fooddemand, rel_effect, และ choloss

call output ('s2d', s2d)

call output ('rel_effect', rel_effect)

call output ('fooddemand', fooddemand)

call output ('choloss', choloss)

3. โมดูลเชื่อมโยง โดยเรียกแบบจำลองข้าวกับแบบจำลองเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ให้แบบจำลองส่งข้อมูลแลกเปลี่ยนเพื่อคำนวณผลลัพธ์ในแต่ละวัน ดังนี้

```
module inter_modules
```

```
real :: lai, lailoss, cho, choloss
```

```
end
```

```
subroutine model
```

```
implicit none
```

```
call crop
```

```
call pests
```

```
end
```

การผสมผสานการทำงานของระบบจำลองข้าวเข้ากับแบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ด้วยโมดูลชื่อ inter_module โดยแบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ส่งข้อมูลปริมาณน้ำตาลที่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลใช้เป็นอาหารไปยังแบบจำลองข้าว เพื่อทำการจำลอง

แล้วนำปริมาณน้ำตาล และปริมาณพื้นที่ใบที่ข้าวสร้างขึ้นในแต่ละวันจากแบบจำลองข้าว เข้าเชื่อมโยง

กลับไปยังแบบจำลองการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล สามารถใช้คาดการณ์ ผลผลิตข้าวที่มีผลกระทบจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลรวมอยู่ด้วย เป็นข้อมูลพื้นฐานนำไปสู่ในการพัฒนาฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ในพื้นที่อื่นๆ ของประเทศ รวมไปถึงการวิเคราะห์เชิงนโยบายในพื้นที่เป้าหมายที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ได้โดยสะดวกและรวดเร็วในอนาคต

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเชิงเทคนิค

1. พิจารณาเพิ่มเติมแบบจำลองของศัตรูธรรมชาติเพื่อให้สามารถใช้แบบจำลองในการช่วยจัดการศัตรูพืชแบบ Integrated Pest Management
2. ต้องทำการบูรณาการและความเชื่อมโยงกับแบบจำลองพืช เพื่อให้สามารถประเมินถึงผลของการจัดการพืช และพันธุ์พืชต่อการระบาดของโรคและแมลง
3. พันธุ์ข้าวเข้าไปใน model เช่นการเพิ่มเติมพันธุ์ต้านทานพันธุ์อ่อนแอ
การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้พันธุ์ข้าวที่เป็นตัวแทนพันธุ์อ่อนแอ (ข้าวดอกมะลิ 105) และพันธุ์ต้านทาน (ชัยนาท 1)ในการศึกษา การพิจารณาเพิ่มเติมพันธุ์ข้าวเข้าไปใน model เช่นการเพิ่มเติมพันธุ์ต้านทานพันธุ์อ่อนแอเพิ่มเติมก็เป็นสิ่งที่กระทำได้ แต่พันธุ์ต้านทานใหม่ที่ยังออกมาไม่ได้หมายความว่าจะมีการต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลตลอดไป มีงานวิจัยรองรับแล้วว่า เพลี้ยสามารถปรับตัวได้ถ้ามีการปลูกติดต่อกันนาน 6 ถึง 8 ฤดู อย่างไรก็ตามหากมีการเปลี่ยนพันธุ์ข้าวอาจใช้การศึกษานี้เป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมได้
4. การวิเคราะห์หีสืบจากแปลงนาด้วยภาพถ่ายดาวเทียม ก็เป็นแนวทางที่จะช่วยเสริมทำให้สามารถประเมินการระบาดเชิงพื้นที่ (spatial) ได้ดียิ่งขึ้นและสามารถพัฒนาร่วมกันกับงานวิจัยนี้ได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการป้องกันเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคฉ่ำ. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- มาตรการป้องกันและกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. 2552. มติคณะรัฐมนตรี กษ วันที่ 15 ธันวาคม 2552. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2552. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 414.
- วิจิตศิริสันธนะเกษมสุนทรอาจารย์พูนศักดิ์เมฆวัฒนากาญจน์อัจฉราพรณลำปางเนินพลับและสุจินต์แก้วฉิด .2547. ศึกษาการแพร่ระบาดและการพยากรณ์โรคข้าวที่สำคัญ. การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืช เมืองหนาวประจำปี 2547 ณ โรงแรมริเวอร์วิวเพลสจังหวัดพระนครศรีอยุธยาสถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร. หน้า 77-78.

ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. 2553. พันธุ์ข้าวต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล

แหล่งข้อมูล <http://www.kasetloongkim.com/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=172> ค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน 2553.

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวกำแพงเพชร. (ม.ป.ป.). สาเหตุการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. แหล่งข้อมูล :

<http://kpp-rsc.ricethailand.go.th/images2/serviceload/r4.pdf>. ค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2553.

Ancil, F., N. Lauzon, V. Andreassian, L. Oudin, C. Perrin. 2006. Improvement of rainfall-runoff forecasts through mean areal rainfall optimization. *Journal of Hydrology*, 328, 717-725.

Balme, M. T. Viscel, T. Lebel, C. Peugeot, and S. Galle. 2006. Assessing the water balance in the Sahel: Impact of small scale rainfall variability on runoff Part 1: Rainfall variability analysis. *Journal of Hydrology*, 331, 336-348.

Bastin G, Lorent B, Duque C, Gevers M. 1984. Optimal estimation of the average rainfall and optimal selection of raingauge locations. *Water Resour Res* 20:463-470

Calvero S.B. Jr., Coakley S.M., Teng P.S. 1996. Development of empirical forecasting models for rice blast base on weather factors. *Plant Pathology* 45, 667-678.

Chakraborty S. and Billard L. 1995. Quantitative relationships between *Colletotrichum gloeosporioides* infection of *Stylosanthes scabra* and weather factors under field conditions. *Plant Pathology* 44, 63-72.

Cheng, C.D., S.J. Cheng, J.C. Wen, and J.H. Lee. 2012. Effects of raingauge distribution on estimation accuracy of areal rainfall. *Water Resour. Manage.*, 26(1), 1-20.

Goudriaan, J. and H. J. W. van Roermund.. 1989. Modeling of ageing, development, delays and dispersion, pp. 47-79. *In* R. Rabbinge, S. A. Ward, and H. H. van Laar [eds.], *Simulation and systems management in crop protection*. Pudoc, Wageningen.

Goudriaan J, van Laar HH, 1994. *Modelling Crop Growth Processes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 219-236.

Heong, K.L. 1982. Population model of the brown plant hopper. *Mardi Res. Bulletin* 10 : 195-209.

Hilbert D.W. 1995. Growth based approach to modeling the development rate of arthropods. *Environ. Entomol.* 24, 771-778.

IRRI (International Rice Research Institute). 1988. *Standard Evaluation System for Rice*. Manila, Philippines.

Kaundal R., Kapoor A.S. and Raghava G.P.S. 2006. Machine learning techniques in disease forecasting: a case study on rice blast prediction. *BMC Bioinformatics* 7: 485

- Khor K.E. and Chua T.H. 1986. A rigorous population model for the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stal (Homoptera: Delphacidae). *Res. Popul. Ecol.* 28 : 103-116.
- Kim C.H., Mackenzie D.R. and Rush M.C. 1987. A model to forecast rice blast disease based on weather indexing. *Korean Journal of Plant Pathology* 3: 210-216.
- Kim C.H., MacKenzie, D.R. and Rush M.C. 1988. Field testing a computerized forecasting system for rice blast disease. *Phytopathology* 78, 931-934.
- Kuno, E. and H. Hokyo. 1970. Comparative analysis of the population dynamics of rice leaf hoppers. *Res. Popul. Ecol.* 12 : 154-184.
- Kutiel, H and Kay P.A. 1996. Effects of network design on climatic maps of precipitation. *Climate Research* 7:1-10.
- Leslie, P.H. (1945) "The use of matrices in certain population mathematics". [Biometrika](#), 33(3), 183–212.
- Long D. H., Lee F. N. and TeBeest D. O. 2000. Effect of nitrogen fertilization on disease progress of rice blast on susceptible and resistant Cultivars. *Plant disease* 84, 403-409.
- Lotka, A. J. 1925. *Elements of physical biology*. Baltimore: Williams & Wilkins Co.
- Pinnschmidt. H. O., W. D. Batchelo and P. S. Teng. 1995. Simulation of Multiple Species Pest Damage in Rice Using CERES-rice. *Agricultural Systems* 48, 193-222.
- Lsichaikul, S. and T. Ichikawa. 1993. Relative humidity as an environmental factor determining the microhabitat of nymphs of the rice brown planthopper *Nilaparvata lugens* (STAL) (Homoptera : Delphacidae). *Res. Popul. Ecol.* (1993)(1993)5:, 361-373.
- Luo Y., Teng P.S., Fabellar N.G. and TeBeest D.O. 1997. A rice-leaf blast combined model for simulation of epidemics and yield loss. *Agricultural Systems* 53:27-39.
- Perry, M. 2006. A spatial analysis of trends in the UK climate since 1914 using gridded datasets, Version 1.1: June 2006. National Climate Information Center, Met Office, FitzRoy Road ExeterDevon, EX1 3PB.
- Rogers, D., 1972. Random search and insect population models. *J. Anim. Ecol.*, 41: 369-383.
- Sharov, A. 1997. Quantitative population ecology.
<http://home.comcast.net/~sharov/PopEcol/popecol.html>
- Shoji, T., and H. Kitaura. 2004. Statistical and geostatistical analysis of rainfall in central Japan. *Computers and Geosciences*, 32. 1007-1024.
- Sogawa, K. 1994. Feeding behavior and damage mechanism of the rice plant-hoppers. In: *Analysis of Damage Mechanisms by Pest and Diseases and their Effects on Rice Yield*. SARP research proceedings, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The

Netherlands, and International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, pp. 143-154.

Surin A., Arunyanart P., Rojanahusdin W., Munkong S., Dithikiatipong R. and Disthaporn S. 1991. Using empirical blast models to establish disease management recommendations in Thailand. *In*: Rice Blast Modeling and Forecasting .Selected papers from the International Rice Research Conference, 27-31 August.

Suzuki H. 1975. Meteorological factors in the epidemiology of rice blast. . Annu. Rev. Phytopathol. 13: 239-256. *Ann. Ecol.*, 41: 369-383.

Van de Beek, C.Z., H. Leijnse, P.J.J.F. Torfs, and R. Uijlenhoet. 2011. Climatology of daily rainfall semi-variance in the Netherlands. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 171-183

Volterra, V. 1926. Variazioni e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. *Mem. R. Accad. Naz. dei Lincei. Ser. VI*, vol. 2.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 Matrix ของระยะห่าง (กม) ระหว่างตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศทั้ง 27 แห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

No	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	114	117	54	170	164	225	229	156	170	259	183	193	240	226	221	371	369	354	329	387	353	341	339	300	298	364
2		6	114	257	249	324	325	157	169	334	195	233	186	259	253	422	414	379	278	314	306	341	338	315	295	337
3			113	257	248	324	324	153	165	332	191	230	180	256	249	419	411	376	272	309	301	337	334	311	290	332
4				144	136	210	211	102	116	225	129	143	193	175	170	327	323	303	279	342	303	287	285	247	244	310
5					10	74	70	162	167	92	151	108	269	131	132	218	224	234	327	410	342	261	261	208	235	318
6						84	80	153	158	96	142	100	260	124	125	219	224	231	318	401	333	255	255	203	228	311
7							16	237	241	97	223	174	343	191	194	225	239	269	396	481	408	314	314	260	294	378
8								230	234	82	215	164	335	178	182	210	223	254	386	471	397	300	300	246	281	365
9									15	206	38	87	109	106	99	271	260	223	183	256	204	189	189	159	146	208
10										204	29	82	103	98	90	262	250	210	171	247	192	174	174	146	131	194
11											179	123	298	123	128	131	143	173	332	420	339	227	227	174	216	298
12												56	121	69	62	233	222	185	178	258	195	156	156	122	115	186
13													177	33	30	189	182	160	222	307	235	161	161	113	129	211
14														179	172	328	310	253	93	149	121	183	183	185	144	158
15															7	164	155	128	210	298	219	131	131	81	104	188
16																172	162	133	206	293	215	132	132	83	103	186
17																	26	96	324	411	320	182	182	148	197	259
18																		70	302	387	296	158	158	127	175	234
19																			234	318	227	88	88	68	111	164
20																				89	29	148	148	177	128	89
21																					92	231	231	265	215	160
22																						139	139	176	127	70
23																							5	52	47	82
24																								54	44	77
25																									50	125
26																										84

